

الذكاء الاصطناعي  
في الطب والصحة



دار الرؤية الجديدة New Vision Publishing

سوريا - دمشق - حلبوني - بجانب معهد آسيا للمعلوماتية

هاتف: 00963112238750 - 00963112228261

جوال خدمة الزبائن: 00963931898375 - 00963933650977

[services@newvisionpub.com](mailto:services@newvisionpub.com)

[sales@newvisionpub.com](mailto:sales@newvisionpub.com)

[www.newvisionpub.com](http://www.newvisionpub.com)

# الذكاء الاصطناعي في الطبّ والصّحة

الرؤى والآفاق

د. حسّان أحمد قمحيّة      رائد حسّان قمحيّة





الطبعة الأولى - 2024 م

جميع الحقوق محفوظة

للمؤلف

## الفهرس

9	مقدّمة
11	الفصل الأوّل: نبذة تاريخية
19	الفصل الثاني: مصطلحات الذكاء الاصطناعي
33	الفصل الثالث: ChatGPT
41	الفصل الرابع: غوغل بازّد Google Bard
49	الفصل الخامس: الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحية
53	الفصل السادس: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحية
54	التنبؤ بالمخاطر
67	الذكاء الاصطناعي في الممارسة السريرية
69	- التصوير الشعاعي
73	- التشريح المرضي أو الباثولوجيا الرقمية
75	- التنظير الداخلي

---

77	- طبّ الطوارئ
83	- أمراض القلب والأوعية الدموية
91	- أمراض الكلى
93	- أمراض الكبد
94	- الجراحة
99	- علم التغذية: التقييم والتطبيق
100	- الأمراض النفسيّة
102	- الذكاء الاصطناعي في طبّ الأسنان
110	- الذكاء الاصطناعي في مجالات صحيّة أخرى
111	الذكاء الاصطناعي في البحوث الطبيّة الحيوية
112	- البحوث السريرية
114	- التجارب السريرية
115	- الطبّ الشخصي أو الدقيق
119	- اكتشاف الأدوية
124	الذكاء الاصطناعي في إدارة الرعاية الصحيّة



126 الذكاء الاصطناعي في الصحة العامّة والعالمية

126 - الصحة العامّة

128 - الصحة العالمية

131 الفصل السابع: مخاطر الذكاء الاصطناعي في  
الرعاية الصحيّة

132 الضرر على المرضى بسبب أخطاء الذكاء الاصطناعي

137 إساءة استعمال أدوات الذكاء الاصطناعي الطبيّة

143 خطر التحيّز والغبن في الذكاء الاصطناعي الطبيّ

150 غياب الشفافية

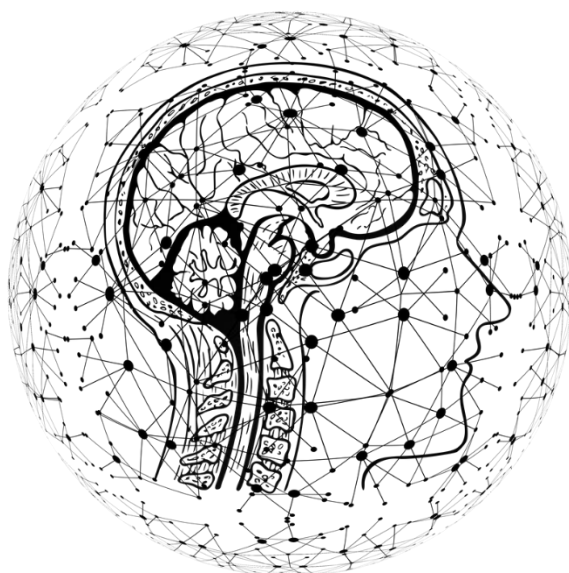
154 مسائل الخصوصية والأمن

155 الفصل الثامن: عوائق تنفيذ تطبيقات الذكاء  
الاصطناعي في الرعاية الصحيّة

168 التعامل مع قضايا المسؤولية وتبادل المعلومات  
القانونية

171 الالتزام بالمعايير ومتطلبات الجودة

173 ثبت المراجع





## مقدمة

إن مواكبة المستجدات، واستثمار ما هو نافع منها والتحفّظ على ما لم يظهر نفعه هو أمرٌ حكيم وأسلوب رشيد. وأمّا النظر إلى كلّ جديد على أنّه مرفوض أو ضارٌّ أو مؤذٍ أو ينطوي على ما لا تُحمد عقباه فهذا ليس من الحكمة أو المنطق في شيء. ومع ذلك، فإنّ كثيرًا ممّا يقدّ علينا أو يأتي به البحث والعلم الحديث قد يحمل معه كلا الأمرين، فقد يكون ذا خيرٍ كثيرٍ إن استثمر بالأسلوب الصحيح، أو يكون خلاف ذلك إذا أُسيء استخدامه. ومن أجل الأمثلة على ذلك في زماننا المعاصر وسائل التواصل الاجتماعي.

وممّا لا شكّ فيه أنّ كثيرًا ممّا قد لاحظ الضجّة الكبيرة التي أحدثتها منصّات الذكاء الاصطناعي في السنوات الأخيرة، لاسيّما في الأوساط المهنية، وقد ترافق ذلك بمخاوف كبيرة لدى قطاعات واسعة من احتمال أن يؤثّر هذا العلم المستجدّ في طبيعة حياتنا وعملنا ووظائفنا؛ فهل سيحلّ الذكاء الاصطناعي محلّ مهن وأعمال عدّة، ممّا يزيد من انتشار البطالة ويلغي تخصّصات وحرَفًا عدّة.

وبناء على ما تقدّم لا بدّ من التعامل مع هذه المنصّات الجديدة بعقلانية وحكمة، واستثمارها بشكل صحيح يلبي حاجتنا في مختلف العلوم، ويأتي بالخير العميم علينا. وهذا ما يستوجب وضع القوانين الحاكمة لهذا العلم بحيث



يبقى تحت السيطرة والمراقبة الإيجابية، وألاّ ينفلت الأمر، فيغدو وبألاً على بني البشر. ومن ذلك - في سياق الطب والصحة - مواكبة تطوّر الذكاء الاصطناعي واستخدام تطبيقاته في حلّ المشكلات الطبّية كبرى، كتطوير قراءتنا للصور الشعاعية واختياراتنا الدوائية وتشخيص الأمراض واكتشاف أدوية جديدة، كالمضادات الحيويّة للجراثيم المقاومة لها، مثل أدوية السلّ التي لا تزال هناك عصيّات لا تستجيب لها.

لقد حاولنا في هذا الكتاب أن نعتمد في الحصول على المعلومات على المجالات العلمية المحكّمة والمواقع الإلكترونيّة، أكثر من الكتب، لأنّ هذا العلم الجديد متسارع الخطى؛ فوجدنا أنّ من الأفضل مواكبة كلّ جديد فيه، راجين أن يكون قد سدّ ثغرةً في حاجة المكتبة العربية إلى مراجع تلبي الحاجة إلى هذه المعرفة المستجدة.

د. حسّان أحمد قمحية رائد حسّان قمحية

الرياض، ١٢ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٢٣ م

## الفصل الأول

### نبذة تاريخية

منذ اختراع أجهزة الحاسوب، يعمل الإنسان على تطوير أساليب مختلفة لزيادة سرعة تشغيلها وتقليل الحيز الذي تحتاج إليه مختلفة أنواع المعدات والتطبيقات. وبعد ظهور هذه الحواسيب لم يعد من أحد يشك أو يدحض قدرة الحاسوب على المعالجة المنطقية. لكن، بالنسبة للكثيرين من الناس، كان من غير المعروف ما إذا كان بإمكان الآلة التفكير، بل كان بعضهم لا يستطيع تصوّر ذلك أو تقبّله. ومع ذلك، بدأ التوسّع في الاستفادة من الأنظمة الحاسوبية، وبرز الاهتمام باستكشاف ما إذا كانت الآلة قادرة على التفكير والعمل والتصرّف مثل الإنسان. وقد أدّى هذا الفضول إلى ظهور «الذكاء الاصطناعي artificial intelligence»، وإنشاء آلات يتحكّم فيها الحاسوب (مثل الروبوت أو الإنسان الآلي) كالبشر تقريبًا.

جاءت كلمة «روبوت» أو ما يُعرّف اليوم «بالإنسان الآلي» على لسان كاتب مسرحي تشيكي منذ نحو مائة عام، أي في عشرينيّات القرن الماضي. ويعود أصل كلمة روبوت إلى كلمة سلافية قديمة هي رابوتا rabota، وتعني العمل القسري أو العبودية. وفي المسرحية التي ظهرت فيها هذه الكلمة،



استخدمت شركة تُسمّى روبوتات روسوم العالمية Rossum's Universal Robots (R.U.R.) التكنولوجيا الحيوية لإنتاج عمّال اصطناعيين، وهذا بعيد كلّ البعد عن الروبوتات الميكانيكية أو الآليّة الحالية. وقد استغرق الأمر أكثر من ٣٠ عامًا لاختراع أوّل روبوت حقيقي سنة ١٩٥٤ م. ويُعرّف الفيزيائي الأمريكي جوزيف فريدريك إنغلبرغر Joseph Frederick Engelberger (١٩٢٥-٢٠١٥ م) اليومَ بأنّه «أبو الروبوتات»، حيث دعا إلى استخدام مصطلح الروبوت وتوظيفه في التصنيع لأداء المهمّات التي كانت خطيرةً على البشر.

وضع عالم الحواسيب الأمريكي جون مكارثي John McCarthy (١٩٢٧-٢٠١١ م) مع علماء آخرين مصطلح الذكاء الاصطناعي أوّل مرّة في صيف سنة ١٩٥٦ م عندما عقد أوّل مؤتمر أكاديمي عن هذا الموضوع (مؤتمر دارتموث Dartmouth conference)؛ لكنّ التطلّع إلى ما إذا كان الآلات قادرة على التفكير حقًّا بدأت قبل ذلك بكثير، وهي تمتدّ إلى عصور غابرة، فقد جرى تصوير الإله هيفايستوس Hephaestus (أو إله النار) في الأساطير اليونانية وهو يصنع من الذهب خدمًا يشبهون الإنسان الآلي أو الروبوت. وهذا التفكير ليس بجديد؛ وأبسط شيء يدلّ عليه هو تشغيل المطاحن والنواعير



التي تسقي الأراضي الزراعية بالاستفادة من حركة أو جريان الماء في الأنهار، وكأن الأمر هو شكل بسيط جداً من الذكاء من خلال الاستفادة من طاقة الأشياء وتقليل عبء ذلك على الإنسان.

ويذكر بعضهم أن بديع الزمان أبو العز بن إسماعيل بن الرزاز الجزري<sup>(١)</sup> (١١٣٦-١٢٠٦ م) كان من أوائل من اكتشف «الروبوتات» بالمعنى القائم اليوم، أو ما يُسمى حينذاك «الآلات الذاتية الدفع»؛ وقد قدّم نصائح بهذا الشأن في كتبه، مثل كتاب «الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل» الذي قضى نحو ٢٥ عاماً في جمع مخترعاته الهندسية التي جاءت فيه. لقد تحدّث عن كيفية صنع الآلات الذاتية الحركة والهيدروليكية، ومضخات المياه الساحبة والدافعة ذاتياً من مياه الأنهار، من دون الحاجة إلى قوّة دفع من قبل

---

<sup>١</sup> انظر: حليلة الغراري، بُناة الفكر العلمي في الحضارة الإسلامية، منشورات المنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة «إيسيسكو» ٢٠٠٢ م، ص ٣٢؛ وفريد أبو سعدة، المهندس العظيم بديع الزمان أبو العز بن إسماعيل الرزاز (الجزري)، مجلّة العربي الكويتية، العدد ٢٠٢، تموز/ يوليو ٢٠٠٩ م، <https://alarabi.nccal.gov.kw/Little/Article/14049>؛ ومؤنس حوّاس، الجزري أوّل من ابتكر الروبوت لخدمة المسلمين، اليوم السابع، الاثنين، ١٣ أيار/ مايو ٢٠١٩ م، <https://2u.pw/swtaKos>؛ والدكتور محمد النعيمش، بديع الزمان والتدوين المؤسسي، مجلّة البيان الإماراتية، ٢٢ شباط/ فبراير ٢٠١٨ م، [https://www.albayan.ae/opinions/articles/2018-02-22-1.3192857#google\\_vignette](https://www.albayan.ae/opinions/articles/2018-02-22-1.3192857#google_vignette).



الحيوانات أو البشر. ومن آلاته أو روبوتاته، التي دوّنها بالصور، اختراعُه الذي فاق «مسرّح العرائس التقليدي»، وهو فرقة موسيقية تُصدر معزوفات حينما تطفو على سطح الماء، وجعلها لعبةً لتسلية ضيوف البلاط الملكي. كما ابتكر آليّة لتصريف مياه المغاسل، فيها مجسّم امرأة بملابس خادمة صغيرة، تملأ الحوض بالماء النظيف؛ وما أن ينتهي المستخدم حتّى يرفع المجسّم جزءاً معدنياً كي يُصرّف الماء فوراً، ثمّ يمتلئ الحوض مجدداً بالماء النقي، وهذا شبيه بالمغاسل في عصرنا؛ ومنها أيضاً روبوت على شكل غلام يمسك في يده إبريق ماء، وفي اليد الأخرى منشفة، وعلى عمامته طائر، وعندما يحين موعد الصلاة يصفّر الطائر، ثمّ يتقدّم الخادم نحو سيّده، ليصبّ الماء في الإبريق بمقدار معيّن، وعقب الانتهاء من الوضوء يقدّم له المنشفة، ثمّ يعود إلى مكانه.

وفي العصر الحديث اقترح المهندس والمخترع الأمريكي فانيفار بوش Vannevar Bush (١٨٩٠-١٩٧٤ م) نظاماً يُضاعف معرفة الناس وفهمهم. وفي سنة ١٩٥٠ م، كتب عالم الرياضيات والحواسيب الإنكليزي آلان ماتيسون تورينغ Alan Mathison Turing (١٩١٢-١٩٥٤ م) ورقة بحثية عن فكرة تنطوي على قدرة الآلات على محاكاة البشر والقيام بأشياء ذكية، مثل

## لعِب الشطرنج<sup>(١)</sup>.

ولذلك، يمكن تعريفُ الذكاء الاصطناعي بأنه "علم ومجموعة من الطرائق الحاسوبية المستوحاة من الأسلوب الذي يستخدم به البشرُ جهازهم العصبي وجسمهم للشعور والتعلّم والاستنتاج والاستدلال والتصرّف"<sup>(٢)</sup>، أو "العلم الذي يضمّ كلّ الخوارزميات والطرائق النظرية والتطبيقية التي تُعنى بأتمتة عملية اتّخاذ القرارات بدلاً من الإنسان، سواءً أكان ذلك بطريقة كاملة ومستقلّة أم جزئية موجهة بالإنسان، مع القدرة على التّأقلم أو الاقتباس أو التنبؤ"<sup>(٣)</sup>، أو "أنّه دراسة الخوارزميات التي تمنح الآلات القدرة على التفكير والقيام بالوظائف المعرفية مثل حلّ المشكلات والتعرّف إلى الأشياء والكلمات واتّخاذ

---

<sup>١</sup> انظر: تاريخ الذكاء الاصطناعي، كاريس سميث، جامعة واشنطن، كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٦ م، ص ٤؛ والذكاء الاصطناعي: التكنولوجيا والتطبيقات والتحدّيات، لافايانا شارما وبراديب كومر غارج، الطبعة الأولى، منشورات سي آر سي، مجموعة تايلور وفرانسيس، ٢٠٢٢ م، ص ٤.

<sup>٢</sup> انظر: الذكاء الاصطناعي: التكنولوجيا والتطبيقات والتحدّيات، لافايانا شارما وبراديب كومر غارج، الطبعة الأولى، منشورات سي آر سي، مجموعة تايلور وفرانسيس، ٢٠٢٢ م، ص ٣.

<sup>٣</sup> انظر: الذكاء الاصطناعي بين الواقع والمأمول (دراسة تقنية وميدانية)، د. سامية شهبي قمّورة وآخرون، الملتقى الدولي «الذكاء الاصطناعي - تحدّد جديد للقانون» الجزائر (جامعات)، ٢٠١٨ م، ص ٢.



القرارات"؛ وهو بذلك كينونة من صنع الإنسان قادرة على التفكير والتعلم والبحث وتخزين المعلومات واسترجاعها من الذاكرة وحلّ المشكلات وفهم الأفكار المعقّدة واستخدام اللغة الطبيعية بطلاقة والتصنيف والإنتاج والتصرّف في نهاية المطاف.

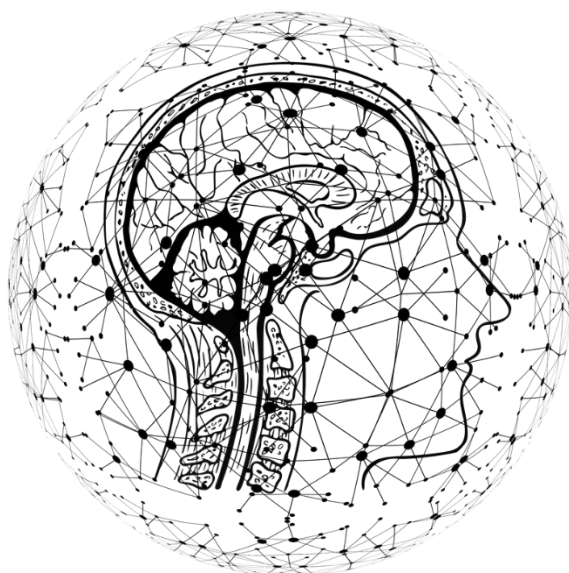
تعدّ الخوارزمية algorithm، التي تمثّل مجموعة من الخطوات الرياضية والمنطقية والمتسلسلة اللازمة لحلّ مشكلة ما، أساس الذكاء الاصطناعي. وقد سُمّيت بهذا الاسم نسبة إلى العالم أبو جعفر محمد بن موسى الخوارزمي (٧٨٠-٨٥٠ م) الذي ابتكرها في القرن التاسع الميلادي. لقد انتشرت هذه الكلمة في اللغات اللاتينية والأوروبية، وتعني في الأصل التسلسل والاختيار والتكرار. تساعد الخوارزميات في الذكاء الاصطناعي على إنجاز المهمّات التي كانت تتطلّب محاكمة بشرية، مثل قيادة الطائرات وقيادة المركبات وصياغة رسائل البريد الإلكتروني وتقديم التوصيات بشأن الكتب والأفلام. وتساعد أجهزة الحاسوب المعاصرة والمتطوّرة على تنفيذ هذه الخوارزميات بسرعات كبيرة.

جرى تطوير الحواسيب الحديثة في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين. ومع ظهور الأنواع العالية السرعة منها، أصبح من الممكن تطوير





أفكار الذكاء الآليّة واختبارها. وقد انطلق هذا المشروع الرائد في خمسينيّات القرن الماضي. ومنذ ذلك الحين، تحاول الصناعات المختلفة تطوير الذكاء الاصطناعي والاستفادة منه، حتى وصلنا إلى يومنا هذا الذي بات فيه استثمار الذكاء الاصطناعي في كلّ شيء أمرًا مطلوبًا، حتّى في الدراسات والبحوث والاقتصاد والطب والصحة والخدمات والصناعة المدنية والعسكريّة والفنون بمختلف أنواعها. وليس يُعرَف إلى أي مدى يمكن أن يصل هذا الفكر الجديد.



## الفصل الثاني

# مصطلحات الذكاء الاصطناعي

لا بدّ من التعريف بمصطلحات الذكاء الاصطناعي والمفاهيم الرئيسية المستخدمة في تطبيقاته، وسنُجملها في الجدول اللاحق:

المصطلح	تعريفه
الذكاء الاصطناعي	ينصّ التعريف التاريخي للذكاء الاصطناعي artificial intelligence (AI) على أنّه قدرة الآلة على محاكاة الذكاء البشري أو تجاوزه لأداء مهمّة معيّنة، مثل التنبؤ أو الاستدلال. ولكننا سنركّز هنا على حقل فرعي واحد للذكاء الاصطناعي السائد في مجال الرعاية الصحيّة، وهو التعلّم الآلي machine learning (ML).
التعلّم الآلي	حقل فرعي من الذكاء الاصطناعي، يتعلّق بالطرائق التي تقود إلى تعلّم أداء مهمّات معيّنة، مثل التنبؤ أو التصنيف، بناءً على البيانات أو المعطيات الموجودة. وبشكل عام، يتعامل التعلّم الآلي مع البيانات.
البيانات الضخمة	يستخدم مصطلح البيانات الضخمة أو الكبيرة big data في الحالات التي تكون فيها عيّنات البيانات كبيرة جداً بحيث لا يمكن تحليلها بشكل مناسب باستخدام أساليب الذكاء



<p>الاصطناعي التقليديّة. وفي هذه الحالة، يمكن استخدام طرائق جديدة مثل الشبكات العصبية العميقة (المعروفة باسم التعلّم العميق deep learning).</p>	
<p>الشبكات العصبية (neural networks (NNs، المعروفة تقنيًا باسم الشبكات العصبية الاصطناعية، هي طريقة في الذكاء الاصطناعي تكون على هيئة حلقات أو دارات تتكوّن من عدد مضبوط من الخلايا العصبية (العُصبونات) أو العُقد المترابطة والمنتظمة هرميًا في طبقات تشبه الدماغ البشري، والقادرة على التعلّم لأداء مهمّات معقّدة للغاية من البيانات. تعمل كلّ خلية عصبية كنوع من وحدات المعالجة المتخصصة التي تحول بيانات الإدخال إلى إشارات خرج. تُعلّم الشبكة العصبية أجهزة الحاسوب معالجة البيانات بطريقة مستوحاة من الدماغ البشري، وهي نوع من عمليّة التعلّم الآلي، يُسمّى التعلّم العميق؛ وتُنشئ نظامًا تكيّفياً تستخدمه الحواسيب لتتعلّم من أخطائها وللتحسين المستمر. وبذلك، تحاول الشبكات العصبونية الاصطناعية حلّ المشكلات المعقّدة بدقة أكبر، مثل تلخيص المستندات أو التعرّف إلى الوجوه.</p>	<p>الشبكات العصبية</p>
<p>التعلّم العميق هو مجموعة فرعية من التعلّم الآلي، ويمثّل في الأساس شبكة عصبية ذات ثلاث طبقات أو أكثر. تحاول هذه</p>	<p>التعلّم العميق</p>



<p>الشبكاتُ العصبية محاكاةً لسلوك الدماغ البشري - وإن كانت بعيدة عن مطابقة قدرته - ممّا يسمح له «بالتعلّم» من مقادير كبيرة من البيانات. وفي حين أنّ الشبكة العصبية ذات الطبقة الواحدة يمكنها تحقيق تنبؤات تقريبية، قد تساعد الطبقات المخفية الإضافية على تحسين الدقّة وتعزيزها.</p> <p>يقود التعلّم العميق الكثير من تطبيقات الذكاء الاصطناعي وخدماته التي تعمل على تحسين الأتمتة، وأداء المهّمات التحليلية والفيزيائية دون تدخّل بشري. تقف تكنولوجيا التعلّم العميق وراء المنتجات والخدمات اليومية (مثل المساعدين الرقميين، وأجهزة التحكم عن بعد التلفزيونية الداعمة للصوت، واكتشاف الاحتيال في بطاقات الائتمان)، بالإضافة إلى التقنيّات أو الطرائق الناشئة (مثل السيّارات الذاتية القيادة). وبشكل عام، يتعامل التعلّم العميق مع الصور.</p>	
<p>نموذج الذكاء الاصطناعي (AI) artificial intelligence model هو برنامج يحلّل مجموعات البيانات لإيجاد الأنماط والقيام بالتنبؤات، ويبنى اعتمادًا على خوارزمية الذكاء الاصطناعي AI algorithms التي تؤدّي إلى بناء النماذج الخاصّة بالكثير من التطبيقات المختلفة التي تعدّ نتاجًا لخوارزمية التعلّم الآلي. أمّا نمذجة الذكاء الاصطناعي AI</p>	<p>نماذج الذكاء الاصطناعي وخوارزمياته وأدواته</p>

<p>modeling فهي تطوير نموذج الذكاء الاصطناعي وتنفيذه، حيث تعمل على استنساخ الذكاء البشري، وتكون أكثر كفاءة عندما تتلقّى نقاط بيانات متعدّدة. يمكن أن يؤدّي التنفيذ التنظيمي لنموذج الذكاء الاصطناعي إلى حلّ المشكلات المعقّدة بدقّة مع الحفاظ على تقليل التكلفة التشغيلية.</p> <p>يكون نموذج الذكاء الاصطناعي خاصّاً بتطبيق معيّن (مثل التنبؤ باستجابة المريض لمعالجة معيّنة للسرطان). ولكن، غالباً ما تُستخدم مصطلحات خوارزميات الذكاء الاصطناعي ونماذج الذكاء الاصطناعي بشكل متبادل، أي ينوبان عن بعضهما بعضاً. أمّا أدوات الذكاء الاصطناعي AI tools فهي نماذج ذكاء اصطناعي مُعبّأة يعتمد عليها المستخدمون النهائيون، لذا فهي تحتوي على أكثر من مجرد نموذج الذكاء الاصطناعي، مثل واجهات المستخدم. وفي الأدبيات غير المتخصصة، تُستخدم نماذج الذكاء الاصطناعي والخوارزميات والأدوات والحلول والبرامج مكنن بعضها بعضاً، لاسيّما في الدوائر الطبيّة.</p>	
<p>الذكاء الاصطناعي التوليدي generative AI هو ذكاء اصطناعي يمكنه إنشاء شيء مثل النصوص والصور والأصوات والفيديوهات والنماذج الثلاثية الأبعاد. تحلّل أنظمة</p>	<p>الذكاء الاصطناعي التوليدي</p>



<p>الذكاء الاصطناعي التوليدي وتستخدم البيانات والمُدخلات الموجودة من المستخدم لإنشاء هذه الأشياء. ويُعرّف تقديم مدخلات الذكاء الاصطناعي التوليدي باسم الكتابة أو الهندسة الفورية للذكاء الاصطناعي AI prompt writing or engineering.</p>	
<p>الكتابة (أو الهندسة) الفورية للذكاء الاصطناعي (البرومبت) prompt هي عملية إنشاء مُدخلات (نصّ عادةً) لتوجيه الذكاء الاصطناعي التوليدي generative AI بهدف إحداث الاستجابة المطلوبة، أي أنّ هذه الكتابة هي الطريقة التي نطلب بها من الذكاء الاصطناعي القيام بشيء ما. وكلّما كانت الطريقة التي تحفّز أو تسأل الذكاء الاصطناعي فيها بشكل متخصص ومحدّد كانت النتائج أفضل وأكثر دقّة. وتشتمل الأنماط المختلفة من البرومبتات (أو المطالبات) على التعليمات والأسئلة والبيانات والأمثلة. يعدّ البرومبت أحد أهمّ الطرائق المستخدمة في مجال الذكاء الصناعي، ويهدف إلى تمثيل ونمذجة الشبكات العصبية البشرية في الحواسيب وتعلّمها من البيانات المتاحة. وهو يعتمد على</p>	<p>الكتابة الفورية للذكاء الاصطناعي (البرومبت)<sup>(١)</sup></p>

<sup>١</sup> أُخذت بعض معلومات هذا المصطلح من منشور على الفيسبوك للأستاذ ماهر مسالمة، الذي استفاد من منصّة الذكاء الاصطناعي Chat GPT في الحديث عنه.



<p>تنمية نماذج تعلّم عميق تستطيع فهم البيانات المعقّدة والمختلفة وتحليلها. يُستخدم البرومبت في الكثير من تطبيقات الذكاء الصناعي، مثل التعرّف إلى الصوت والصورة وتحليل النصوص وترجمة اللغات وتصنيف المعلومات وتوصيات المُنتجات والقيادة الذاتية للسيّارات والتحليل الاقتصادي والتشخيص الطّبيّ؛ ويمكن باستخدامها تحسين الأداء والكفاءة في العمليات الصناعية وتحسين تجربة المستخدم في تطبيقات الهواتف الذكية والتجارة الإلكترونية وتحسين الرعاية الصحيّة وتشخيص الأمراض وتحسين الأمن والسلامة في المجتمعات. وتعدّ شبكات البرومبت من أقوى الأدوات في مجال الذكاء الصناعي، حيث تمتاز بقدرتها على استخلاص المعلومات المهمّة من البيانات الضخمة والمتشابهة. وتقوم هذه الشبكات بتحليل البيانات واكتشاف النماذج والتصنيفات والعلاقات بينها، ممّا يساعد على اتّخاذ القرارات الذكية والتنبؤ بالمستقبل بشكل مشابه للبشر.</p> <p>عند تعلّم كتابة البرومبت (الطلب) لمواقع الذكاء الصناعي أو تجربتها، يوجد بعض التعليمات العامّة لتحقيق ذلك:</p> <p>– <b>تحديد الهدف:</b> قبل البدء في كتابة البرومبت، ينبغي تحديد الهدف الذي يرغب الشخص في تحقيقه من النموذج ليكون لديه</p>	
---	--





<p>نقطة انطلاق واضحة؛ فمثلاً، هل يُراد الحصول على إجابات محدّدة؟ أم إيجاد نصوص إبداعية؟</p> <p>- البدء برومبت بسيط: في البداية، يمكن كتابة برومبت بسيط ومباشر، وذلك باستخدام جملة قصيرة وواضحة توجّه النموذج إلى ما يُرغَب في الحصول عليه؛ فعلى سبيل المثال، «اكتب قصّة قصيرة عن...» أو «أريد نصيحة عن...».</p> <p>- الطلب المتعدّد: يمكن تجربة عدّة برومبتات مختلفة للحصول على نتائج مختلفة، ومن ثمّ دمج النتائج والحصول على شيء جديد. كما يمكن تغيير بنية البرومبت، أو استخدام أمثلة واضحة أو تعليمات محدّدة لتوجيه النموذج بشكل أكبر.</p> <p>- التحكم في الناتج أو المُخرجات: يمكن التحكم في ناتج النموذج من خلال إضافة تعليمات أخرى في البرومبت؛ كاستخدام جُمْل مثل «أريد إجابة موجزة» أو «أريد نصّاً إبداعياً ومفصّلاً».</p> <p>- التجربة والتعديل: يمكن تجربة البرومبت وتحليل النتائج المتولّدة عنه، ثمّ تعديله وفقاً لذلك. كما يمكن استخدام طريقة «التجربة والخطأ» لتحسين مهاراتك في كتابة البرومبت.</p> <p>- استخدام الأمثلة الموجهة: يمكن اللجوء إلى أمثلة موجهة لتوجيه النموذج بشكل أكبر؛ فمثلاً أعطِ النموذج أمثلة</p>	
---	--

لنصوص التي ترغب في الحصول عليها، واستخدم جملاً مثل «استنادًا إلى المثال السابق، أكمل النصّ...» أو "استنادًا إلى الأمثلة اللاحقة، أعطني نصًّا عن...". واحرص على الاستمرار في التعلّم والتجريب وتحسين مهاراتك في كتابة البرومبت، فقد يحتاج الشخص إلى بعض الوقت والممارسة لبلوغ النتائج المطلوبة.

هناك الكثير من المكتبات المتاحة للاستخدام في كتابة برومبتات مواقع الذكاء الصناعي، من أشهرها:

• **OpenAI GPT-3**: توفّر هذه المكتبة واجهة يمكن استخدامها لتوليد نصوص إبداعية وإجابات عن بعض الأسئلة.

• **Hugging Face Transformers**: توفّر هذه المكتبة واجهة برمجة للوصول للكثير من النماذج اللغوية المتقدّمة مثل GPT-2 و BERT وغيرها. ويمكن استخدامها لإيجاد النصوص وتحليل اللغة الطبيعية وغير ذلك.

• **Trax**: هذه المكتبة هي إطار تجريبي لتدريب النماذج اللغوية باستخدام ما يُسمّى TensorFlow. ويمكن استخدامها لتدريب نماذج البرومبت الخاصّة بالشخص، وتجريب مختلف الأفكار والتقنيات.



<p>• <b>AllenNLP</b>: توفر هذه المكتبة أدوات ونماذج لمعالجة اللغة الطبيعية وتحليلها. ويمكن استخدامها لتوليد بروبمبات وتحليل النصوص ومهمّات أخرى ذات صلة.</p> <p>قد يتطلّب استخدام هذه المكتبات بعض المعرفة في البرمجة. ويمكن الاستفادة من مصادر متعدّدة ومن التجارب الشخصية لتحسين المهارة في هذا المجال، مثل موقع الذكاء الصناعي <b>OpenAI Playground</b> (<a href="https://playground.openai.com/">https://playground.openai.com/</a>) الذي يوفّر واجهة برمجية تفاعلية لتجريب كتابة البرومبت وتعلّمه، و <b>Hugging Face</b> (<a href="https://huggingface.co/models/">https://huggingface.co/models/</a>) الذي يعطي واجهة برمجية للتفاعل مع مجموعة واسعة من نماذج الذكاء الصناعي، ويمكن تجريب البرومبت وتعديله للحصول على النتائج المطلوبة؛ و <b>DeepAI</b> (<a href="https://deepai.org/">https://deepai.org/</a>) الذي يوفّر مجموعة مختلفة من الأدوات والنماذج للتعامل مع الذكاء الصناعي. وقد تتطلّب بعض هذه المواقع إنشاء حساب مجاني قبل البدء باستخدامها.</p>	
<p>تمثّل بيانات التدريب <b>training data</b> مجموعات بياناتٍ يستخدمها مطوّرو الذكاء الاصطناعي لتدريب نماذجهم من الذكاء الاصطناعي؛ كما يستخدمون بيانات التحقق</p>	<p>بيانات التدريب والتحقّق والاختبار</p>

<p>validation data أيضًا. ولكن، تُستخدم الأخيرة لتحسين معالم نماذج الذكاء الاصطناعي بحيث يمكن تطبيقها على بيانات جديدة غير بيانات التدريب. وبمعنى آخر، تُستخدم بيانات التحقق لضبط نماذج الذكاء الاصطناعي، وجعلها قابلةً للتعميم. أمّا بيانات الاختبار testing data فهي بيانات جديدة تختلف عن تلك المستخدمة في تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي وتحسينها، وتُستخدم لتقييم نماذج الذكاء الاصطناعي، من الناحية المثالية، من قبل المقيّمين الذين لم يشاركوا في مرحلة تطوير الذكاء الاصطناعي، أي بواسطة مقيّمين مستقلّين خارجيين، مع أنّ نماذج الذكاء الاصطناعي لا تزال تخضع في الممارسة العملية للتقييم على نطاق واسع من قبل الفرق نفسها التي طوّرتها في المرحلة الأولى).</p>	
<p>يركّز الذكاء الاصطناعي الطبيّ medical AI أو الصحيّ healthcare AI على تطبيقات معيّنة في الطبّ أو الرعاية الصحيّة.</p>	<p>الذكاء الاصطناعي الطبيّ أو الصحيّ</p>
<p>يمثّل تصميم الذكاء الاصطناعي وتطويره وتقييمه ونشره الخطوات الرئيسية لدورة حياة الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحيّة؛ ففي البداية، تُصمّم أدوات الذكاء الاصطناعي عادةً بشكل أسلوب أو مقارنة ابتكارية مشتركة، ومن خلال التعاون</p>	<p>تصميم الذكاء الاصطناعي وتطويره وتقييمه ونشره</p>

<p>بين مطوري الذكاء الاصطناعي والخبراء السريريين في هذا المجال (أو عبر إشراك المرضى وغيرهم من الخبراء أحياناً، مثل مديري الرعاية الصحية). يكتب مطورو الذكاء الاصطناعي بعض التعليقات البرمجية لبناء نماذجهم وتحسينها اعتماداً على بيانات التدريب والتحقق المتوفرة لديهم. وبعد ذلك، يجري تقييم نموذج الذكاء الاصطناعي باستخدام بيانات الاختبار التي تختلف عن بيانات التدريب والتحقق. كما يجري تقييم أداة الذكاء الاصطناعي (نموذج ذكاء الاصطناعي مع واجهة مستخدم) مع المستخدمين النهائيين (مثل الأطباء أو المرضى أو كليهما). إذا كان التقييم ناجحاً ومقنعاً للمعنيين (كالمرضى والأطباء ومديري الرعاية الصحية والسلطات التنظيمية)، يجري التحقق من صحة أداة الذكاء الاصطناعي والموافقة عليها، ثم نشرها في الممارسة العملية. يعدّ التسلسل السابق ذكره هو السيناريو المثالي؛ أمّا من الناحية العملية، فهناك درجة معينة من الاختلاف في دورة حياة تطوير الذكاء الاصطناعي.</p>	
--	--

## الفرق بين التعلّم العميق والتعلّم الآلي

إذا كان التعلّم العميق يمثل مجموعة فرعية من التعلّم الآلي، فما الفرق



بينهما؟ يميّز التعلّم العميق عن التعلّم الآلي الكلاسيكي بنوع البيانات التي يعمل معها والطرائق التي يتعلّم من خلالها.

تستفيد خوارزميّات التعلّم الآلي من البيانات المنظّمة والهادفة إلى الخروج بتنبّؤات، أي أنّ الملامح النوعيّة تُحدّد من بيانات الإدخال للنموذج وتُنظّم في جداول. ومع ذلك، لا يعني هذا بالضرورة أنّها لا تستخدم بيانات غير منظّمة؛ ولكن، إذا حدث ذلك، فإنّها تمرّ ببعض المعالجة المسبقة لتنظيمها في تنسيق أو هيئة منظّمة.

أمّا التعلّم العميق فيحذف بعض عمليات المعالجة المسبقة للبيانات التي توجد في التعلّم الآلي عادةً. ويمكن لهذه الخوارزميّات استيعاب البيانات غير المنظّمة ومعالجتها، مثل النصوص والصور، وتقوم بأنّتمّة استخلاص الملامح، وإزالة بعض الاعتماد على الخبراء البشريين؛ فعلى سبيل المثال، لنفترض أنّ لدينا مجموعة من الصور لحيوانات أليفة مختلفة، وأردنا تصنيفها إلى «قطّ» و «كلب» ... إلخ. يمكن لخوارزميّات التعلّم العميق في هذه الحالة تحديد الملامح الأكثر أهميّة (مثل الأذنين) لتمييز كلّ حيوان عن الآخر. وأمّا في التعلّم الآلي، فيجري إنشاء هذا التسلسل الهرمي للملامح يدويًا على يد خبير بشري.



بعد ذلك، ومن خلال عمليّات النزول المتدرّج والانتشار العكسي، تعدّل خوارزمية التعلّم العميق وتضبط نفسها من أجل الدقّة، ممّا يسمح لها بإجراء تنبّؤات عن صورة جديدة للحيوان بدقّة متزايدة.

كما تعدّ نماذج التعلّم الآلي والتعلّم العميق قادرةً على أنماط مختلفة من التعلّم تُصنّف عادة على أنّها تعلّم تحت الإشراف supervised learning وتعلّم غير خاضع للإشراف unsupervised learning وتعلّم معزّز reinforcement learning. يستخدم التعلّم الخاضع للإشراف مجموعات البيانات المعدة لتصنيف أو إجراء التنبّؤات، وهذا ما يتطلّب نوعاً من التدخل البشري لتسمية بيانات الإدخال بشكل صحيح. وفي المقابل، لا يتطلب التعلّم غير الخاضع للإشراف مجموعات بيانات معدّة أو مصنفة، بل يكتشف النماذج في البيانات، ويجمعها بحسب أي خصائص مميزة. وأمّا التعلّم المعزّز فهو عملية يتعلّم فيها النموذج أن يصبح أكثر دقّة لأداء عمل ما في بيئة تعتمد على التغذية الراجعة من أجل تعزيز المكافأة (النتائج).

إذاً، يمكن تصوير العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والتعلّم الآلي والتعلّم العميق كما يأتي: يشتمل الذكاء الاصطناعي على التعلّم الآلي، بينما يشتمل التعلّم الآلي على التعلّم العميق؛ فالذكاء الاصطناعي يكون عندما يحاكي



الحاسوب الذكاء البشري بهدف إنجاز مهمّة معيّنة (مثل التشخيص الطبّي).  
وأما التعلّم الآلي فهو فرع من الذكاء الاصطناعي يتعلّم أداء مهمّات معلومة  
من البيانات، ويتحسّن مع اكتساب الخبرة. وأما التعلّم العميق فهو فرع من  
التعلّم الآلي، يستعمل شبكات عصبية كبيرة وبيانات ضخمة لتقديم حلّ  
أفضل للمشكلات المعقّدة.

عندما يتعلّق الأمر بالطبّ، فإنّ الذكاء الاصطناعي قادر على مراجعة مقادير  
كبيرة من البيانات من سجلّات المرضى والفحوصات الشعاعية ومقاطع  
الفيديو الجراحية، واستخدام تلك المعلومات للكشف والتصنيف والتنبؤ.



## الفصل الثالث

# تشات جي بي تي ChatGPT

يَرمز شات أو تشات جي بي تي ChatGPT إلى العبارة «محوّل الدردشة التوليدي المسبق التدريب Chat Generative Pre-trained Transformer»، وهو روبوت دردشة قائم على نموذج لغوي كبير، جرى تطويره بواسطة شركة OpenAI، وهي منظّمة أمريكية غير ربحية للذكاء الاصطناعي، ولكن فيها شركة فرعية ربحية OpenAI Global, LLC. تأسست منظّمة OpenAI في كانون الأوّل/ ديسمبر ٢٠١٥ م على يد سام ألتمان وجريج بروكمان وإيلون ماسك وإيليا سوتسكيفر ووجيتش زاريمبا وجون شولمان. جمع الفريق المؤسّس خبراته المختلفة في ريادة الأعمال التقنية والتعلّم الآلي وهندسة البرمجيات لإنشاء منظّمة تركّز على تطوير الذكاء الاصطناعي بطريقة تفيد البشرية.

تستطيع نماذج GPT الأساسية GPT base فهم اللغة الطبيعية أو التعليمات البرمجية وإنشاءهما، ولكنها غير مدربة على اتّباع التعليمات. تجسّد رحلة ChatGPT، من المفهوم إلى النموذج المؤثّر، التطوّر السريع للذكاء الاصطناعي؛ فلقد أدّى هذا النموذج الرائد إلى دفع التقدّم في تطوير الذكاء الاصطناعي وتحفيز التحوّل عبر مجموعة كبيرة من الصناعات. ولكن الرحلة لم تنتهِ بعد.

أُطلقت هذه المنصّة الذكيّة في ٣٠ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٢٢ م،  
وغايتها تمكين المستخدمين من تحسين المحادثة وتوجيهها ضمن نسق  
مرغوبة من حيث الطول والتناسق والأسلوب والمستوى واللغة.

### رحلة مراحل GPT

كان **GPT-1** النموذج الذي قُدّم في حزيران/يونيو ٢٠١٨ م، وهو الإصدار  
الأوّل لمجموعة GPT (المحوّل التّوليدي المدرّب مسبقاً)، ويتكوّن من  
١١٧ مليون معلّم. وقد أدّى إلى تأسيس البنية الأساسية أو القاعدية لمنصّة  
ChatGPT كما نعرفها اليوم. أظهر GPT-1 قوّة التعلّم غير الخاضع للمراقبة في  
مهمّات فهم اللغة، وذلك باستخدام الكُتب كبيانات تدريبية للتنبؤ بالكلمة  
اللاحقة في الجملة.

يمثّل **GPT-2**، الذي صدر في شباط/فبراير ٢٠١٩ م، ترقية مهمّة تتضمّن  
١,٥ مليار معلّم. وقد أظهر تحسّناً كبيراً في القدرة على إنشاء النصوص،  
واستطاع إنتاج نصّ متين متعدّد الفقرات. ولكن بسبب احتمال سوء استخدامه،  
لم يُطلق في البداية للجمهور؛ لكن حصل ذلك فيما بعد في تشرين  
الثاني/نوفمبر ٢٠١٩ م بعد أن أجرت شركة OpenAI عملية طرح مرحليّة  
لدراسة المخاطر المحتملة والتخفيف منها.

ثمّ جاء **GPT-3** بمنزلة قفزة هائلة إلى الأمام في حزيران/ يونيو ٢٠٢٠ م. وقد دُرّب هذا النموذج على ١٧٥ مليار معلّم مذهل. وأدّت قدراته المتقدّمة في إنشاء النصوص إلى استخدامه على نطاق واسع في عدد من التطبيقات، بدءًا من صياغة رسائل البريد الإلكتروني وكتابة المقالات وحتى نظم الشعر وإنشاء أكواد أو رواميز البرمجة. كما أظهر قدرةً على الإجابة عن الأسئلة الواقعية والترجمة بين اللغات. وعندما أُطلق كان بمنزلة لحظة فاصلة بدأ العالم عندها بالاعتراف بهذه التقنية الرائدة. ومع أنّ النماذج كانت موجودة قبل بضع سنوات، إلّا أنّ **GPT-3** فتح الباب للأفراد للتفاعل مع **ChatGPT** مباشرة، وطرح الأسئلة عليه، وتلقّي إجابات شاملة وعملية.

ويمثّل **DALL·E** إصدارًا من **GPT-3** مُدرّبًا على إنشاء صور بحسب أوصاف النصّ، وباستخدام مجموعة بيانات من التزاوج بين النصوص والصور. وهو ذو قدرات متعدّدة، بما في ذلك إنشاء نسخ مجسّمة من الحيوانات والأشياء، والجمع بين المفاهيم غير المترابطة بطرائق منطقية، وتوليد النصوص، وتطبيق التحوّلات على الصور الموجودة.

يعدّ **Whisper** نموذجًا يعتمد على الشبكات العصبية التي طوّرتها منظمة **OpenAI** لحلّ مهمّات تحويل الكلام والصوت إلى نصّ بدقة عالية جدًّا.



وهو ينتمي إلى عائلة GPT-3. ولا يقتصر الأمر على تعامله مع اللغة الإنكليزية، بل تمتدّ قدرته إلى أكثر من ٥٠ لغة. ويمكنه ترجمة الصوت من أيّ لغة إلى الإنكليزية.

وهناك **Embeddings** الذي يمثل مجموعة من النماذج التي يمكنها تحويل النصّ إلى شكل رقمي أو عددي.

يواصل **GPT-4**، وهو أحدث إصدار، هذا الاتجاه من التحسين المتسارع، مع إضافة تغييرات وخصائص جديدة مثل:

- تحسين محاذاة أو مُحاذاة النموذج model alignment، أي القدرة على متابعة هدف أو قصد المستخدم.
- التقليل من احتمالية توليد مُخرجات هجومية أو خطيرة.
- زيادة الدقة الواقعية.
- تعزيز إمكانية التوجيه، أي القدرة على تغيير السلوك وفقاً لطلبات المستخدم.

• الاتصال بالإنترنت (تتضمّن أحدث الميزات القدرة على البحث في الإنترنت في الوقت الحقيقي، بحيث يحصل الزائر على أحد المعلومات).



وكلّ معلّمٍ رئيسيّ من هذه المعالم يجعلنا أقرب إلى المستقبل، حيث يتكامل الذكاء الاصطناعي بسلسلة في حياتنا اليومية، ممّا يعزّز الإنتاجية والإبداع والتواصل.

يعدّ GPT-4 نموذجًا ضخمًا متعدّد الوسائط، إذ يقبل مدخلات النصوص ويصدر مخرجات نصّية جيّدة، وسيكون بالإمكان إدخال صور في المستقبل. ويمكنه حلّ المشكلات الصعبة بدقّة أكبر من النماذج السابقة، بفضل ذاكرته العامّة والواسعة وقدرته على التفكير بإمكانيات متقدّمة.

ينتمي Moderation إلى GPT-4، وهو نموذج دقيق يمكنه اكتشاف ما إذا كان النصّ حساسًا أو غير آمن. ويستطيع أيّ شخص من خلاله الإشراف على المحتوى، وهو قابل للتطوير ومتناسق وقابل للتخصيص بسهولة. ويمكن لهذا النموذج أن يتكيّف بسرعة مع السياسات الجديدة التي وضعتها الحكومات، بل ويمكن تعديله ليتوافق مع القواعد الخاصّة بالمنصّة؛ فقد مضى وقت طويل كان فيه الإشراف على المحتوى الجزء الأكثر إزعاجًا في الإنترنت، حيث يكون بعض المحتوى الذي ينشئه المستخدمون غير مقبول من بعض الناس. ومع أنّ بعض المنصّات المعنيّة، لاسيّما وسائل التواصل الاجتماعي، تبذل قصارى جهدها لإزالته، إلّا أنّ ذلك غير كافٍ.

وهناك نماذج أخرى من GPT و ChatGPT.

## تطبيقات ChatGPT

لقد ترك ChatGPT تأثيرًا عميقًا على تطوّر الذكاء الاصطناعي، ممّا مهّد الطريق للتقدّم في فهم اللغة الطبيعية وتوليدها. وقد أثبت كفاءة النماذج القائمة على المحوّلات في المهّمات اللغوية، وهذا ما شجّع باحثين آخرين في مجال الذكاء الاصطناعي على اعتماد هذه البنية وتحسينها. كما أدّى نجاح النموذج إلى تحفيز الاهتمام بالبحوث والتطوير في هذا المجال. وكان لمنصّة ChatGPT تأثيرات كبيرة في مختلف الصناعات، بما في ذلك:

• **خدمة العملاء:** تستفيد الشركات من ChatGPT في أتمتة الردود التلقائية على الأسئلة والاستفسارات الشائعة.

• **التعليم:** يُستخدم ChatGPT لإنشاء أنظمة تعليمية ذكية قادرة على تقديم المساعدة الشخصية للطلّاب.

• **إنشاء المحتوى:** يمكن أن يستخدم هذه المنصّة الصحفيون ومؤلفو النصوص ومنشئو المحتوى لإيجاد أفكار إبداعية ومسودّات نصوص، وحتى نظم الشعر.

• **الشركات والمؤسسات:** يستخدم المهنيون برنامج الدردشة الآلي لأتمتة بعض المهام، مثل صياغة رسائل البريد الإلكتروني أو كتابة التعليمات البرمجية.

• **الترفيه:** يمكن استخدام ChatGPT لكتابة قصص لألعاب الفيديو ونصوص الأفلام وصياغة الحوار وتحسين الألعاب.

• **الرعاية الصحيّة:** يمكن أن يستفيد مقدّمو الخدمات والموظفون من منصّة ChatGPT في بعض الحالات، مثل دعم القرار السريري وحفظ السجلات الطبيّة وتحليل الأدبيات الطبيّة وتفسيرها وترصد الأمراض. سألنا مثلاً تشات جي بي تي عن داء أديسون فكتب:





تعمل شركة مِكروسوفت Microsoft حاليًا على دمج الذكاء الاصطناعي وفهم اللغة الطبيعية في منتجاتها الأساسية. ويجري تعزيز محرك البحث بينغ Bing باستخدام تقنية GPT لمواجهة هيمنة غوغل Google. كما تخطط Microsoft لدمج وظيفة ChatGPT في أدوات الإنتاجية الخاصة بها، بما في ذلك وورد Word وإكسل Excel وأوتلوك Outlook في المستقبل القريب.



## الفصل الرابع

### غوغل بارد Google Bard

أطلقت غوغل على برنامجها للدردشة الآليّة اسم «بارد Bard» في إشارة إلى قدرته على الإبداع وسرد القصص؛ فكلمة «بارد» تعني الشاعر أو الراوي عادة، وهي ليست اختصارًا لبضع كلمات كما في تشات جي بي تي ChatGPT.

غوغل بارد Google Bard أداة دردشة أو محادثة آليّة (روبوت دردشة) chatbot تعمل بالذكاء الاصطناعي، صمّمتها شركة غوغل لمحاكاة المحادثات البشرية من خلال معالجة اللغة الطبيعية والتعلّم الآلي. أُعلن عن غوغل بارد في البداية بتاريخ ٦ شباط/ فبراير ٢٠٢٣ م، ولكن لم تكن إجاباته عن الأسئلة دقيقة، وقد صدر بمرحلة اختبارية في المملكة المتحدة في ٢١ آذار/ مارس ٢٠٢٣ م باستخدام عائلة نموذج لغوي خاص بغوغل للتطبيقات الحوارية (لامدا) Language Model for Dialogue Applications (LaMDA) الذي صدر سنة ٢٠١٧ م، وهي عائلة من نماذج لغوية كبيرة large language models (LLMs)، ثمّ باستخدام نموذج لغة المسالك Pathways Language Model (PaLM) لاحقاً، وبالتحديد النموذج الثاني PaLM2 ، وهو نموذج لغة صدر في أواخر سنة ٢٠٢٢ م.

يمكن استخدام بارد بلغات مختلفة، مثل الإنكليزية الأمريكية واليابانية والكورية



والعربية والتركية. وبالإضافة إلى دعم محرّك بحث غوغل، يمكن دمج بارد في مواقع الويب أو منصّات المراسلة أو التطبيقات الأخرى لتوفير أجوبة واقعية باللغة الطبيعية عن أسئلة المستخدمين.

### عمل غوغل بارد

صُمّم بارد لتطوير البحث، بهدف السماح بمزيد من الاستعلام والبحث باللغة الطبيعية، بدلاً من الكلمات الرئيسية. يُدرّب الذكاء الاصطناعي الخاص بمنصّة بارد على الاستفسار والاستجابة التحدّثية التي تبدو طبيعية. وعوضاً عن تقديم قائمة بالإجابات فقط، فإنّه يتيح سياقاً لها. كما أنّه مصمّم للمساعدة على وضع أسئلة المتابعة، وهذا شيء جديد في البحث، فبعد أن يعطي نتائج للمطالبة أو الاستفسار الأوّل، يمكنه طرح أسئلة متابعة يحصل من خلالها المستخدم على أفضل إجابة عن سؤاله. كما يتمتع بارد بوظيفة مشاركة المحادثة ووظيفة التحقق المزدوج التي تساعد المستخدمين على تحرّي صحّة النتائج الحاصلة. بالنسبة إلى وظيفة مشاركة المحادثة يمكن مشاركة مطالبة معيّنة واستجابة بارد لها أو مشاركة الدردشة بأكملها، ويكون ذلك بإنشاء رابط عام ثمّ مشاركته، كما هي الحال في تطبيق المراسلة، أو نشره على منصّات التواصل الاجتماعي المفضّلة لدى المستخدم.

يستطيع بارد التوصل إلى المعلومات من خلال عدد من تطبيقات غوغل وخدماته، بما في ذلك اليوتيوب والخرائط والفنادق ورحلات الطيران والبريد الإلكتروني جيميل Gmail ومستندات غوغل (دوكس Docs) وغوغل درايف Drive، ممّا يسمح



للمستخدمين بتطبيقه على محتواهم الشخصي.

اعتمد الإصدار الأوّل من بارّد على نسخة بسيطة من لامدا LaMDA، لا تتطلّب قدرة حوسبة كبيرة لتوسيع نطاق التوصل إلى المزيد من المستخدمين معًا. ولكن، يتيح له دمج نموذج لغة بالم PaLM أن يكون أكثر وضوحًا في الإجابة عن استفسارات المستخدمين. وقد دمج بارّد مع غوغل لينس Google Lens، ممّا يتيح للمستخدمين تحميل الصور، بالإضافة إلى الأوامر المكتوبة.

مثل جميع روبوتات الدردشة المدعومة بالذكاء الاصطناعي، يجب أن يتعلّم بارد ويتدرّب على تقديم الإجابة الصحيحة وتمييزها عن المعلومات غير الدقيقة أو المضلّة، وهذا ما كان واضحًا خلال العرض التوضيحي الأول. ولذلك، يعدّ تدريب الذكاء الاصطناعي عملية مستمرة، وتحتاج إلى حوسبة مكثفة نظرًا لوجود معلومات جديدة دائمًا ينبغي تعلّمها.

وفيما يأتي مثال عن سؤال prompt طرحته على «بارّد» عن أعمال الخير. كان السؤال

على النحو التالي:

تحدّث لي عن أعمال الخير

فكان الجواب كما جاء بالضبط:

أعمال الخير هي كلّ فعل يصدر من الفرد بهدف إسعاد الآخرين ومساعدتهم دون انتظار أي ردّ أو مكسب ماديّ أو كلمات شكر عمّا فعله من أعمال خير. وهي من أحبّ



الأعمال إلى الله تعالى، وقد حثنا عليها في كتابه الكريم وسنّه رسوله صلى الله عليه وسلم.

تتنوّع أعمال الخير بتنوّع احتياجات الناس، فمنها:

- المساعدة المادّية، مثل التبرّع للمحتاجين، أو تقديم المساعدات المالية أو العينية للجمعيات الخيرية.

- المساعدة المعنوية، مثل تقديم النصيحة، أو المساعدة في حلّ مشكلة، أو مجرّد الكلمات الطيبة والدعم المعنوي.

- المساعدة العملية، مثل التطوّع في الأعمال الخيرية، أو مساعدة الآخرين في أعمالهم اليومية.

لأعمال الخير العديد من الفوائد، منها:

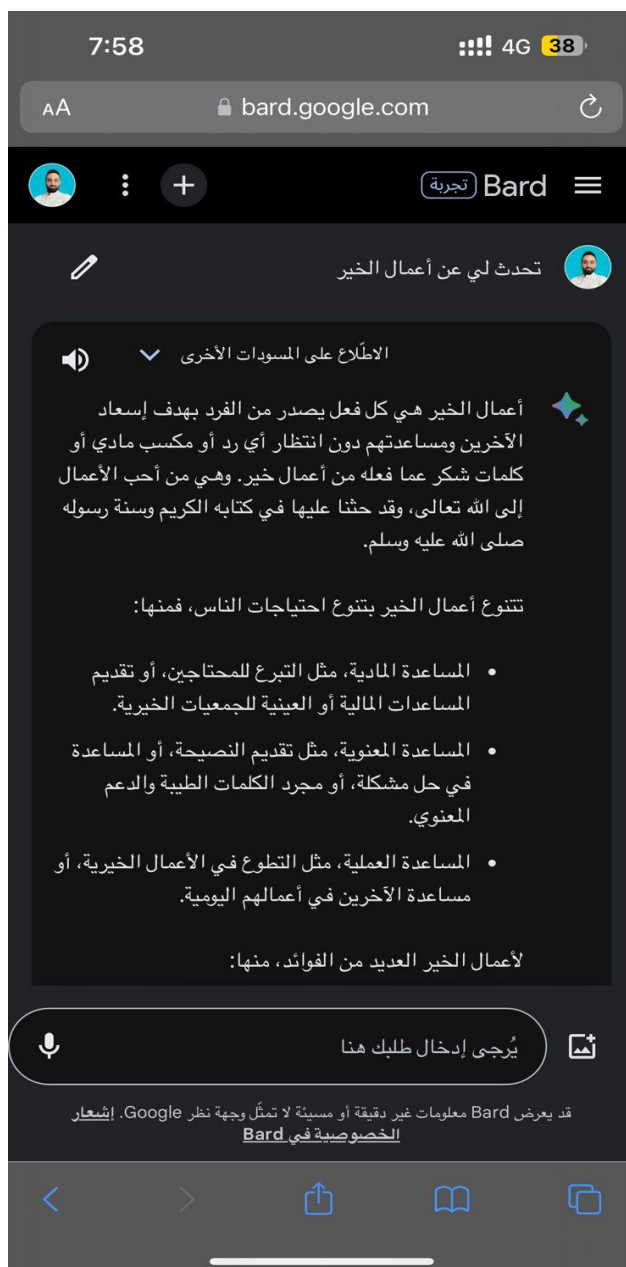
- إسعاد الآخرين، وجعلهم يشعرون بالسعادة والرضا.

- تحسين المجتمع، وجعله مكاناً أفضل للعيش فيه.

- تقوية العلاقات الاجتماعية، ونشر المحبة والترابط بين الناس.

- تحقيق السعادة للفاعل، حيث يشعر بالرضا والطمأنينة عند مساعدة الآخرين.

لا توجد أعمال خير صغيرة أو كبيرة، فكلّ عمل خير يقربنا إلى الله تعالى، ويعود علينا بالنفع والخير؛ فحتّى أصغر الأعمال الخيرية يمكن أن تصنع فرقاً كبيراً في حياة الآخرين.





فيما يلي بعض الأمثلة على أعمال الخير:

- تبرّع ببعض المال للجمعيات الخيرية التي تساعد المحتاجين.
  - تطوُّع في جمعية خيرية لمساعدة الآخرين في أعمالهم.
  - مساعدة كبار السنّ أو ذوي الاحتياجات الخاصّة.
  - مساعدة شخص غريب على الطريق.
  - إعطاء الطعام للمحتاجين.
  - التطوُّع في تنظيف البيئة.
  - مساعدة شخص في أداء عمله.
  - الكلمة الطيبة والدعم المعنوي.
- فقط افتح قلبك للآخرين، وكن على استعداد لمساعدة من يحتاجون، وستجد أنّك تشعر بالسعادة والرضا.

## الفروق بين غوغل بارد وشات أو تشات جي بي تي

يعدّ كلٌّ من غوغل بارد Google Bard وتشات جي بي تي ChatGPT (من شركة OpenAI) روبوتَي دردشة يعملان بالذكاء الاصطناعي، مما يعني أنّهما مصمَّمان للتفاعل مع الأشخاص من خلال استخدام نماذج اللغة الطبيعية والتعلّم الآلي. ويستخدم كلاهما أحد نماذج اللغة الكبيرة LLM، وهو نموذج للتعلّم الآلي لإنشاء نصّ المحادثة وخلقها.



يستخدم تشات جي بي تي الذكاء الاصطناعي التوليدي، ممّا يعني أنّه يمكنه إنتاج محتوى أصلي؛ فعلى سبيل المثال، يمكن أن يطلبَ المستخدمون منه كتابةً أطروحة حول خصائص الذكاء الاصطناعي. كما يقوم غوغل بارذ بعمله أيضًا، مع أنّه مختلف قليلًا عن سابقه، فقد صُمِّمَ لجعل البحث طبيعيًا ومفيدًا أكثر، ولتجميع معلومات جديدة في إجاباته.

ولكنّ تشات جي بي تي يستطيع المساعدة على تحسين عمليّات البحث أيضًا. ولذلك، في كانون الثاني/يناير ٢٠٢٣ م، وقّعت مايكروسوفت صفقة بقيمة ١٠ مليارات دولار مع شركة OpenAI لترخيص ودمج تشات جي بي تي في محرّك البحث الخاص بها (بينغ Bing) لتوفير المزيد من نتائج البحث التحدّثي، على غرار غوغل بارد، وهذا يفتح الباب أمام محرّكات البحث الأخرى للاستفادة من تشات جي بي تي، في حين أنّ بارد يهدف إلى دعم غوغل فقط.

ومن أكبر الفوارق بين الاثنين أنّ استجابات تشات جي بي تي تعتمد على البيانات المتاحة حتّى سنة ٢٠٢١ م، ولكنّ ذلك يخصّ النسخة المجّانية وهو الإصدار Chat GPT 3.5، أمّا الإصدار Chat GPT 4.5 فهو بمقابل مدفوع حتّى تاريخه. أمّا بالنسبة إلى غوغل بارد فهو مجّانيّ حاليًّا، ويعتمد على البيانات الحالية المحدّثة، وقد يُطرح منه في المستقبل أكثر من إصدار يكون مجّانيًّا أو مدفوعًا بحسب نمط الإصدار. وكي يكون تشات جي بي تي قابلاً للتطبيق كتقنية محرّك بحث، يجب أن يكون قادرًا على الإجابة عن الأسئلة باستخدام بيانات حديثة، وليس بيانات مضي عليها عامان.



تدرك شركة OpenAI احتمال الانتحال باستخدام تشات جي بي تي، ولذلك تقدّم للمعلّمين أداة لكشفه بهدف ضبط أعمال الطلبة الذين يستخدمونه في واجباتهم المنزلية. ولكن، حتّى الآن، لا توجد معلومات عمّا إذا كان غوغل بارد يمتلك أداة خاصّة به لكشف الانتحال أم لا. يستشهد بازّد أحياناً بمحتوى آخر في ردوده، ويربط ذلك بالمصدر؛ إلّا أن هناك وظيفة للتحقق المزدوج فيه تبحث في غوغل عن معلومات مشابهة للمحتوى المنشأ، وتوفر عنوان الرابط URL لمصدر تلك المعلومات.

ومن الجدير بالذكر أنّ هناك بدائل لغوغل بازّد وتشات جي بي تي، فكلاهما لم يأت من فراغ. لقد كانت روبوتات الدردشة المدعومة بالذكاء الاصطناعي موجودة منذ زمن، ولكن بأشكال أقل تنوعاً، مثل تشات سونيك ChatSonic ودردشة جاسبر Jasper Chat ودردش YouChat وغيرها.



## الفصل الخامس

### الذكاء الاصطناعي

### في الرعاية الصحيّة

نظرًا للتقدّم في تقنيّات أو طرائق جمع البيانات الرقمية، وكذلك التعلّم الآلي والبنية التحتية للحوسبة، تتوسّع تطبيقات الذكاء الاصطناعي بشكل متزايد في مختلف المجالات، ومنها المجال الطيّ؛ فقد حملت لنا السنوات الأخيرة تعزيز دوره في الطبّ والرعاية الصحيّة، من اكتشاف الأدوية إلى تأمين الرعاية الصحيّة، لما ينطوي عليه من وعود مشرقة ولافتة من حيث تسهيل هذه الرعاية وتيسير عملها، وتحسين الإجراءات السريرية وجودة حياة المرضى، وإيجاد حلول لبعض التحديات أو الصعوبات التي تواجهها أنظمة الرعاية الصحيّة حول العالم. ولكنّه في الوقت نفسه جاء بجدلٍ محتدم بشأن ما قد يقود إليه من مشكلات على مستوى الخصوصية وسوء الاستخدام.

نحاول في هذا الكتاب أن نأتي بلمحة عامّة عمّا يُنتظر من الذكاء الاصطناعي بالنسبة إلى تحسين الرعاية الصحيّة في المستقبل، لاسيّما زيادة كفاءة الأطباء والارتقاء بالتشخيص الطيّ والمعالجة وكشف الأمراض في وقت مبكر أو تتبّع مسارها بمرور الوقت، أو حتّى الوقاية منها، وحُسن



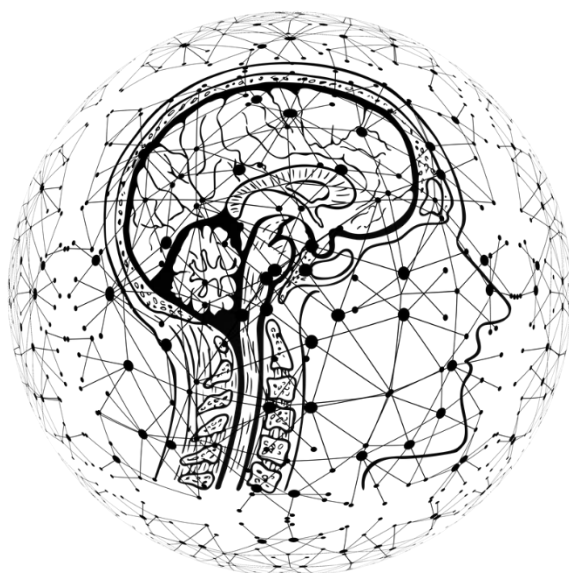
تخصيص الموارد البشرية والتقنية. وتركز الأبحاث في مجال الذكاء الاصطناعي للرعاية الصحية بشكل رئيسي على السرطان وأمراض الجهاز العصبي وأمراض القلب والأوعية الدموية؛ ويمكن اليوم الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تحديد مدى استفادة مرضى الأورام من المعالجة، وتقدير معدل البقاء على قيد الحياة بعدها. وقد وجد الذكاء الاصطناعي حديثاً طريقه إلى الرعاية الصحية للأطفال أيضاً.

تشتمل بعض التطبيقات الرئيسية للذكاء الاصطناعي في الطب على دراسة الصور الطبية والتحليل الآلي للمعطيات الجينية والتنبؤ بالأمراض والروبوتات الطبية والتطبيب عن بُعد والأطباء الافتراضيين. وقد أدت جائحة فيروس كورونا إلى تسريع تطوير تطبيقات الذكاء الاصطناعي ونشرها في المجالات الطبية والسريية.

ولكن، كما هي الحال في أشكال التقدم التكنولوجي الأخرى، يأتي الذكاء الاصطناعي في مجال الرعاية الصحية بمنافعه ومخاطره النوعية، ولذلك فهو يحتاج إلى مجموعته الخاصة من الأطر التنظيمية التي تعالج الآثار الاجتماعية والأخلاقية لاستخدامه، وتقي من سوء استثماره. وفي حين أن تطبيقاته بالنسبة للرعاية الصحية تحمل وعوداً براقية، لكن هذا المجال السريع التطور يثير



مخاوف لدى المرضى وأنظمة الرعاية الصحيّة والمجتمع أيضًا. وتشتمل هذه المخاوف على قضايا السلامة السريرية والوصول العادل والخصوصية والأمن والاستخدام المناسب والمستخدمين، بالإضافة إلى المسؤولية والتنظيم. ومن هنا تبرز قضايا أخلاقية حيوية مهمّة، بما في ذلك كيفية تقييم مخاطر الذكاء الاصطناعي ومنافعه في الرعاية الصحيّة، وكيفية إرساء المساءلة في الميدان الطّبي الحيوي، وطرائق تنظيم استخدامه في هذا السّياق العالي المخاطر بشكلٍ خاص. والسؤال المهمّ الآخر ما إذا كان الذكاء الاصطناعي قد يضمن الإنصاف في معاملة كلّ المجتمعات، أو ما إذا كان يخاطر باستدامة الفوارق الموجودة من قبل على المستوى الصحيّ أو زيادتها.



## الفصل السادس

### تطبيقات الذكاء الاصطناعي

#### في الرعاية الصحية

تمتدّ المعلومات الناتجة عن العلوم الطبيّة حاليّاً إلى نطاق واسع جدّاً؛ وهي تنمو بسرعة واستمرار من حيث الحجم والتنوّع؛ كما أنّ إمكانيّات الذكاء الاصطناعي في مجاليّ الطبّ والصحة أصبحت هائلة، وهي تتوسّع باستمرار جنباً إلى جنب مع تطوّر تقنيات أو طرائق الذكاء الاصطناعي. ومن المتوقع أن يؤدّي إدماج التقنيّات القائمة على الذكاء الاصطناعي في الممارسة الطبيّة إلى إحداث تغييرات جوهرية في الكثير من حقول الطبّ والرعاية الصحيّة.

لقد أمكن تطوير الذكاء الاصطناعي والارتقاء به وإدماجه بشكل مُطّرد في مجالات الطبّ والصحة كافّة تقريباً، بدءاً من الرعاية الأوليّة إلى الأمراض النادرة وطبّ الطوارئ والبحوث الطبيّة الحيوية والصحة العامة. كما أنّ من المأمول أن يستفيد الكثير من الجوانب الإداريّة المتعلّقة بالإدارة الصحيّة (مثل زيادة الكفاءة، ومراقبة الجودة، والحدّ من الاحتيال والمراوغة) والسياسات الصحيّة من الأدوات الجديدة التي يسهم فيها الذكاء الاصطناعي.



تُصنّف أدوات الذكاء الاصطناعي للرعاية الصحيّة بحسب مجموعات المستخدمين المَعْنين غالبًا، أي المرضى وعامّة الناس والأطباء ومقدّمي الرعاية ومديري الرعاية الصحيّة ومِهنيي الصحة العامّة وصانعي السياسات. كما يمكن أن يعتمد تصنيف أدوات الذكاء الاصطناعي الطبيّة الحيوية على الموقع الذي تُستخدم فيه الأدوات: المرافق السريرية (المستشفيات ومراكز الرعاية الأوليّة ومراكز رعاية الطوارئ؛ ومراكز الأدوية والتحليل والتصوير الطبيّ (المختبرات، الصيدليّات، أقسام الأشعّة ... إلخ)؛ والمواقع الإداريّة.

## التنبؤ بالمخاطر

يركّز التنبؤ بالمخاطر على تقييم احتمالية تعرّض الأفراد لحالة أو بعض العواقب الصحيّة، ويتراوح ذلك عادة ما بين الموت إلى المضاعفات الشديدة (مثل السكتة الدماغية واحتشاء عضلة القلب وكسور العظام). وتتضمّن العملية تحديد الأفراد المصابين بأمراض أو حالات معيّنة وتصنيفهم بحسب المرحلة والخطورة وخصائص أخرى. وقد يُوجّه هؤلاء الأفراد لاحقًا لتلقّي مداخلات طبيّة نوعيّة.

كثيرًا ما كانت نماذج التنبؤ بالمخاطر متاحةً في مجال الرعاية الصحيّة، ومعتمدة على الإحصاء؛ ولكنها قد تستند في المستقبل إلى وجود كمّ كبير من

البيانات وطرائق الذكاء الاصطناعي، حيث ظهرت إشارات واعدة لدور الذكاء الاصطناعي في تكيف الأساليب التقليدية الخاصة بالمريض للتنبؤ بالمخاطر؛ فعلى سبيل المثال، أظهرت النماذج التنبؤية المستندة إلى الذكاء الاصطناعي في تقييم مخاطر أمراض القلب والأوعية الدموية تحسّن الأداء عند مقارنتها بنماذج المخاطر التنبؤية المشتقة إحصائيًا.

واليوم، يمارس الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في التعامل مع المخاطر في مختلف الصناعات، بما في ذلك المخاطر الصحيّة؛ فمن خلال الاستفادة من الخوارزميات المتقدّمة وطرائق التعلّم الآلي، يمكن للذكاء الاصطناعي مساعدة المؤسسات على التعرّف إلى المخاطر وتحليلها وتخفيفها بشكل أكثر فعالية وكفاءة. فيما يلي بعض المجالات الصحيّة النوعيّة التي يُستخدم فيها الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر وتدبيرها:

### استخدام الذكاء الاصطناعي لإدارة المخاطر في المستشفيات

يمكن أن يمارس الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في إدارة المخاطر في المستشفيات من خلال تحليل كمّيات هائلة من البيانات لتحديد الأخطار المحتملة، وتقديم رؤى تساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ قرارات بشكل أفضل. وسنعرض فيما يأتي بعض الطرائق النوعيّة التي يمكن من خلالها



الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في التعرّف إلى المخاطر في المستشفيات  
التعامل معها:

**الذكاء الاصطناعي وسلامة المرضى:** يمكن لخوارزميّات الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات المرضى، بما في ذلك السجلات الطبيّة ونتائج المختبرات والعلامات الحيويّة، لتحديد المخاطر المحتملة على سلامة الأشخاص؛ فعلى سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي الإبلاغ عن المرضى المعرضين لخطر الإصابة بالعدوى أو لخطر السقوط من خلال حالتهم الصحيّة أو سجلّهم الطّبيّ، ممّا يمكن أن يساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ التدابير الوقائيّة الملائمة لتقليل احتمال هذا الضرر.

وفيما يأتي بعض الطرائق النوعية التي يمكن من خلالها استخدام الذكاء الاصطناعي لضمان سلامة المرضى:

**- أنظمة الإنذار المبكر:** تستطيع خوارزميّات الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات المريض، مثل العلامات الحيويّة ونتائج الاختبارات وسجلّ التاريخ الطّبيّ، لتحديد مؤشّرات الإنذار المبكر الخاصّة بالمضاعفات المحتملة، مثل التعرّف إلى المرضى المعرضين لخطر الإصابة بالإنّتان أو الذين قد يعانون من تراجع في الوظائف التنفّسية، ممّا قد يساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة





على اتّخاذ تدابير وقائية في الوقت المناسب لتقليل احتماليّة حصول الضرر.

- **الوقاية من حوادث السقوط:** يمكن أن تحلّل خوارزميات الذكاء الاصطناعي بيانات المرضى لمعرفة المرضى المعرضين لخطر السقوط، وتقديم رؤى تساعد مقدّمي الرعاية الصحية على اتّخاذ التدابير الوقائية، مثل تحليل تاريخ الأدوية للمريض وتحديد الأدوية التي قد تزيد من خطر السقوط أو الدوخة، وهذا ما قد يساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على تعديل خطط المعالجة لتقليل المخاطر.

- **الوقاية من العدوى:** تستطيع خوارزميات الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات المريض لتحديد احتمال إصابته بالعدوى، وتقديم ما يساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ التدابير الوقائية، مثل دراسة سجلّات المرضى لتحديد المعرضين منهم لخطر الإصابة بالعدوى المكتسبة من المستشفيات وتقديم إرشادات بشأن استراتيجيات الوقاية منها.

- **سلامة الأدوية:** يمكن أن يفيد الذكاء الاصطناعي في التعرّف إلى سلامة الأدوية من خلال تحليل بيانات المريض لتحديد التفاعلات الدوائية المحتملة أو الآثار الجانبية أو التفاعلات الضارّة؛ فمثلاً، يمكنه تحليل تواريخ الأدوية للمريض وتنبيه مقدّمي الرعاية الصحيّة إلى المخاطر المحتملة أو

التفاعلات الدوائية التي قد تتطلّب تعديل خطط المعالجة.

- **السلامة الجراحية:** يمكن أن تساعد خوارزميّات الذكاء الاصطناعي على تعزيز السلامة الجراحية من خلال تحليل بيانات المريض لتحديد المضاعفات المحتملة، وتقديم إرشادات تساعد القائمين على الرعاية الصحيّة على تقليل المخاطر والأضرار؛ فعلى سبيل المثال، يمكن أن يحلّل الذكاء الاصطناعي سجلّات المرضى لتحديد المعرّضين منهم لخطر النزف أو العدوى بعد الجراحة، وتقديم رؤى تساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتخاذ التدابير الوقائية. كما يمكن أن يساعد الذكاء الاصطناعي على تحسين سلامة المرضى من خلال تحليل كمّيات كبيرة من بياناتهم وتقديم ما يساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ الإجراءات الوقائية.

إذاً، خوارزميات الذكاء الاصطناعي قادرة على تحديد المخاطر المحتملة، وتقديم إرشادات تساعد القائمين على الرعاية الصحيّة على اتّخاذ أفضل القرارات وتقليل المخاطر والأضرار المحتملة. ولكن، من المهمّ ملاحظة أنّ الذكاء الاصطناعي لا ينوب عن الخبرة البشرية تمامًا، ولذلك يجب أن يستند تعزيز سلامة المرضى في المستشفيات إلى توليفة تجمع بين خدمات الذكاء الاصطناعي والمحاكمة البشرية.



الذكاء الاصطناعي والتفاعلات أو التداخلات الدوائية: تستطيع خوارزميات الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات المريض لتحديد التفاعلات الدوائية المحتملة التي قد تؤدي إلى استجابات سلبية أو آثار جانبية؛ فمثلاً، يمكن أن يحدّد الذكاء الاصطناعي المرضى الذين يتناولون عدداً من الأدوية التي قد تتفاعل مع بعضها بعضاً بشكل مضرّ، ومن ثمّ تنبيه مقدّمي الرعاية الصحيّة إلى المخاطر المحتملة.

وفيما يأتي بعض الطرائق النوعيّة التي يمكن من خلالها الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تدبير التفاعلات الدوائية:

- تحديد التفاعلات المحتملة: يمكن أن تحلّل خوارزميات الذكاء الاصطناعي العلاقة المتبادلة بين أدوية المريض، وتحدّد التفاعلات الدوائية المحتملة التي قد تؤدي إلى ردود فعل سلبية أو آثار جانبية. وهي تستخدم تقنيّات أو طرائق التعلّم الآلي للتعرفّ إلى عوامل الخطر وجرعات الدواء ومدة المعالجة والتركيبية السكّانية للمرضى، لتوفير رؤى يعتمد عليها الأطباء ومقدّمو الرعاية الصحيّة في معالجتهم ومتابعتهم.

- تنبيه مقدّمي الرعاية الصحيّة: يمكن أن ينبّه الذكاء الاصطناعي مقدّمي الرعاية الصحيّة إلى التفاعلات الدوائية المحتملة بين الأدوية، ويقدم إرشادات



عن الأدوية البديلة أو تعديل الجرعات؛ كما يمكنه التنبيه إلى المكملات الغذائية التي يمكن أن تساعد على تجنب ردود الفعل السلبية.

- **الطب الشخصي *personalized medicine***: يساعد الذكاء الاصطناعي

على تعزيز الطب الشخصي أو الفردي من خلال تحليل بيانات المريض لتحديد التفاعلات الدوائية الخاصة به. ويمكن أن تأخذ الخوارزميات في الاعتبار التركيبة السكانية للمرضى والمعلومات الوراثية وعوامل أخرى لتوفير رؤية شخصية مناسبة لمقدمي الرعاية الصحية.

- **المراقبة المستمرة**: يساعد الذكاء الاصطناعي على مراقبة تفاعلات

الأدوية عبر تحليل بيانات المريض آتياً، وتقديم تنبيهات لمقدمي الرعاية الصحية بمجرد اكتشاف التفاعلات المحتملة. وهذا ما يمكن أن يساعد على تجنب ردود الفعل السلبية وتقليل المخاطر.

إذاً، يمارس الذكاء الاصطناعي دوراً مهماً في التعامل مع التفاعلات الدوائية من خلال تحليل كميات كبيرة من بيانات المرضى، وتقديم الرؤى المناسبة لمقدمي الرعاية الصحية. ويمكن أن تساعد الخوارزميات على تحديد التفاعلات الدوائية المحتملة، وتقديم إرشادات عن الأدوية البديلة أو تعديل الجرعات لتقليل من احتمال حدوث الأضرار.



**الذكاء الاصطناعي والنّمدجة التنبؤية predictive modelling:** يمكن لخوارزميات الذكاء الاصطناعي بناء نماذج تنبؤية لتحديد المرضى المعرضين لخطر الإصابة ببعض المشكلات الصحيّة أو المضاعفات من خلال تحليل مقادير كبيرة من بياناتهم؛ فعلى سبيل المثال، يستطيع الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات المرضى للتنبؤ بالمعرضين منهم لخطر الإصابة بالإنتان أو غيره من الحالات، ومساعدة مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ تدابير وقائية لتقليل الضرر. وفيما يأتي بعض الطرائق النوعيّة التي يمكن من خلالها استخدام الذكاء الاصطناعي للنمذجة التنبؤية:

- **التنبؤ بالنتائج عند المرضى:** يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات المرضى، مثل سجلّ التاريخ الطّبي ونتائج الفحوص المختبرية والعلامات الحيوية، للتنبؤ بالمآل عندهم؛ فمثلاً، يستطيع الذكاء الاصطناعي التنبؤ باحتمالية إعادة القبول في المستشفى أو حدوث مضاعفات بعد الخروج منها، ممّا يساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ التدابير الوقائية الملائمة لتقليل المخاطر.

- **التنبؤ بتفاقم المرض:** يمكن أن يساعد الذكاء الاصطناعي على تحليل بيانات المريض للتنبؤ بتطوّر المرض أو تفاقمه، وتحديد المرضى

المعرّضين لخطر الإصابة بمضاعفات؛ فعلى سبيل المثال، يمكن التنبؤ باحتمالية الإصابة باعتلال الشبكية السكري أو حدوث الداء الكلوي، مما يساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على مراقبة المريض عن كثب وتقديم مداخلات مبكّرة لتقليل الضرر.

- **التنبؤ بالالتزام بالأدوية:** يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالالتزام بالأدوية من خلال تحليل بيانات المريض، مثل تاريخ إعادة صرف الدواء، وتحديد الأنماط التي قد تشير إلى عدم الالتزام، وتقديم مقترحات لمقدّمي الرعاية الصحيّة للمساعدة على تحسين التزام المريض.

- **التنبؤ باحتياجات التوظيف:** يمكن أن يفيد الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمدى الحاجة إلى التوظيف من خلال تحليل البيانات التاريخية عن أعداد المرضى وحالاتهم ومستويات التوظيف؛ فعلى سبيل المثال، يساعد الذكاء الاصطناعي على التنبؤ بعدد المرضى المتوقع قبولهم في أقسام المستشفى، والتوصية بمستويات التوظيف بناءً على ذلك.

إذاً، يمكن الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في النمذجة التنبؤية لتحسين النتائج عند المرضى وتقليل المخاطر وتحسين استخدام الموارد، وذلك من خلال تحليل كمّيات كبيرة من البيانات لتحديد النماذج والخروج بتنبؤات عن



الأحداث المستقبلية، وهذا ما قد يساعد مُقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ قرارات أفضل وتحسين رعاية المرضى.

**الذكاء الاصطناعي ومراقبة الجودة:** يساعد الذكاء الاصطناعي على مراقبة الجودة من خلال تحليل بيانات المريض، وتقديم رؤى تساعد مقدّمي الرعاية الصحيّة على تحسين جودة هذه الرعاية؛ فمثلاً، يمكن أن يحلّل الذكاء الاصطناعي بيانات المرضى للتعرفّ إلى المجالات القابلة لتحسين الرعاية فيها، مثل تقليل أوقات الانتظار أو تحسين النتائج عند المرضى.

وفيما يأتي بعض الطرائق النوعية التي يمكن من خلالها استخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة الجودة:

- **تحليل الصور:** يمكن استثمار الذكاء الاصطناعي لتحليل صور المنتجات والأدوات الطبيّة والصحيّة بهدف التعرفّ إلى العيوب أو الشذوذات، مثل تحليل صور المنتجات على خط التصنيع وتحديد العيوب في الوقت الفعلي، ممّا قد يساعد على تقليل الفاقد وتحسين جودة المنتج.

- **معالجة اللغة الطبيعيّة:** يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل اللغة المكتوبة أو المنطوقة لتحديد مشكلات الجودة، مثل تحليل مراجعات



العملاء للمنتجات وتحديد الشكاوى أو المشكلات الشائعة، وهذا ما قد تساعد الشركات على تحسين مُنتجاتها وتعزيز رضا العملاء.

- **النمذجة التنبؤية:** يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بقضايا الجودة من خلال تحليل البيانات التاريخية وتحديد النماذج التي قد تشير إلى مشكلات الجودة في المستقبل، مثل التنبؤ باحتمالية حدوث عيوب استنادًا إلى البيانات التاريخية، وتقديم رؤى للشركات للمساعدة على منع مشكلات الجودة قبل حدوثها.

- **تحليل بيانات المُستشعرات *sensor data analysis*:** يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات المستشعرات في معدّات التصنيع لتحديد الأنماط التي قد تشير إلى مشكلات في الجودة، مثل تحليل بيانات المستشعرات في وحدة الإنتاج وتحديد الأنماط التي قد تشير إلى عطل في المعدّات أو عيوب في المنتجات، ممّا قد يساعد على الوقاية من مشكلات الجودة. يمكن أن يمارس الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في مراقبة الجودة من خلال تحليل كمّيات كبيرة من البيانات، وتحديد الأنماط والشذوذات التي قد تشير إلى مشكلات الجودة. كما يمكن أن توفر الخوارزميات رؤى في الوقت الفعلي للمساعدة على انقضاء مشكلات الجودة، وتقليل الهدر وتحسين جودة المنتجات وكسب رضا العملاء.





**الذكاء الاصطناعي وجدولة الموظفين:** تساعد خوارزميات الذكاء الاصطناعي المستشفيات على تحسين جدولة الموظفين لتقليل احتمال الإرهاق، والتأكد من أنّ مستويات التوظيف مناسبة لحاجات المرضى؛ ويكون ذلك - على سبيل المثال - من خلال تحليل الذكاء الاصطناعي لبيانات المرضى للتنبؤ بمتطلباتهم ومساعدة مقدّمي الرعاية الصحيّة على جدولة الموظفين وفقاً لذلك.

وفيما يأتي بعض الطرائق النوعية التي يمكن من خلالها استخدام الذكاء الاصطناعي لجدولة الموظفين:

- **النمذجة التنبؤية:** يمكن استثمار الذكاء الاصطناعي في التنبؤ باحتياجات التوظيف المستقبلية من خلال تحليل البيانات التاريخية الخاصّة بحركة المراجعين والزوّار والعوامل الأخرى التي قد تؤثر في مستويات التوظيف، مثل التنبؤ بعدد المراجعين المتوقع زيارتهم للمرفق في وقت معيّن والتوصية بمستويات التوظيف بناءً على حركة المرور المتوقعة.

- **توفر الموظفين:** يمكن أن يفيد الذكاء الاصطناعي في تحليل مدى توفر الموظفين وجدولة المناوبات أو ساعات العمل وفقاً لذلك؛ فعلى سبيل المثال، يستطيع الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات توفر الموظفين وجدول



الدوام بما يناسب الموظف، مع تلبية احتياجات العمل أيضًا.

- **تحسين المناوبات أو الورديات:** يمكن الاستفادة من الذكاء الاصطناعي

في تحسين جداول المناوبات لتحسين الإنتاجية، وتقليل تكاليف العمل الإضافي؛ فمثلاً، يستطيع الذكاء الاصطناعي تحليل البيانات التاريخية الخاصة بإنتاجية الموظفين والتوصية بالورديات التي تزيد الإنتاجية إلى أقصى حد، مع تقليل الحاجة إلى العمل الإضافي.

- **التعديلات في الوقت الفعلي:** يمكن استثمار الذكاء الاصطناعي في

إجراء تعديلات في الوقت الفعلي على جداول الموظفين بناءً على التغيرات غير المتوقعة في حركة مرور العملاء أو عوامل أخرى؛ فمثلاً، إذا كانت حركة مرور العملاء أعلى من المتوقع، يمكن أن يوصي الذكاء الاصطناعي بإضافة موظفين إضافيين للمساعدة على تلبية الطلب.

إذاً، يمكن أن يساعد الذكاء الاصطناعي على تحسين جدولة عمل الموظفين من خلال تحليل كميات كبيرة من البيانات، وتحديد الأنماط التي قد تساعد على تحسين مستويات التوظيف وتحسين الإنتاجية وخفض التكاليف. وبذلك، يمكن أن تقدم الخوارزميات رؤى في الوقت الفعلي تساعد المديرين على اتخاذ قرارات أفضل بشأن التوظيف، أي التأكد من أن لدى الشركة الموظفين



المناسبين، في المكان المناسب، وفي الوقت المناسب.

والخلاصة أنّ الذكاء الاصطناعي يمكن أن يساعد المستشفيات على إدارة المخاطر بشكل أكثر كفاءة من خلال تحليل كمّيات كبيرة من بيانات المرضى، وتقديم رؤى تساعد مقدّمي الرعاية الصحية على اتّخاذ القرارات بشكل أفضل. ولكن، من المهمّ ملاحظة أنّ الذكاء الاصطناعي ليس بديلاً عن الخبرة البشرية حتّى الآن؛ ولذلك، يجب أن تستند إدارة المخاطر في المستشفيات إلى مجموعة أو توليفة من رؤى الذكاء الاصطناعي والمحاكمة البشرية.

### الذكاء الاصطناعي في الممارسة السريرية

تعدّ إمكانات تطبيق الذكاء الاصطناعي في البيئات السريرية هائلة، وتتراوح من أتمتة عمليات التشخيص إلى اتّخاذ القرارات العلاجية وإجراء البحوث السريرية. تأتي البيانات اللازمة للتشخيص والمعالجة من عدّة مصادر، بما فيها الملاحظات السريرية والاختبارات والمعطيات الصيدلانية والتصوير الطبي والمعلومات المَـجِـنية (الوراثية).

يسهم الذكاء الاصطناعي بدورٍ رئيسي في عدد من المهمّات، مثل أتمتة تحليل الصور (مثل التصوير الشعاعي وطبّ العيون والأمراض الجلدية والباثولوجيا «التشريح المرضي») ومعالجة الإشارات (مثل تخطيط كهربية القلب وعلم السَّمع



وتخطيط كهربية الدماغ). وبالإضافة إلى دوره في تفسير الاختبارات والصور، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لإدماج النتائج وتصنيفها أو ربطها مع المعطيات السريرية الأخرى لتسهيل مساق العمل السريري وانسيابيته.

عندما يعمل الطبيب على تشخيص مرض أو حالة معينة لدى المريض بمساعدة الذكاء الاصطناعي، "يمكن تقليل الوقت اللازم لوضع هذا التشخيص وتحسين الكفاءة التشخيصية بشكل كبير؛ فمن خلال تحليل البيانات السريرية الشعاعية (مثل التصوير بالأشعة السينية والأشعة المقطعية المحوسبة والرنين المغناطيسي) والفحوصات الباثولوجية والتنظيرية وبالموجات فوق الصوتية والفحوصات الكيميائية الحيوية لمؤشرات جسم الإنسان ذات الصلة، يمكن أن يخرج الذكاء الاصطناعي بنتائج سريعة تتجاوز النموذج الطبي التقليدي البطيء الذي قد لا يكون قادرًا على إعطاء استنتاجات دقيقة في الوقت المناسب، لاسيما بالنسبة للتشخيص المعقدة. وبالإضافة إلى ذلك، نظرًا لأن الذكاء الاصطناعي يمكنه حل المشكلات خلال مدة قصيرة، يمكن أن يضع الأطباء خطة علاجية أكثر دقة وتفصيلاً بحسب حالة المريض"<sup>(١)</sup>.

---

<sup>1</sup> See: Current Medical Science, Application of Artificial Intelligence in Medicine: An Overview, Peng-ran LIU et al, 2021, p1105. DOI <https://doi.org/10.1007/s11596-021-2474-3>.

## التصوير الشعاعي

يعدّ علم الأشعة من بين التخصصات الطبيّة الضرورية للتشخيص الطبيّ، حيث يشارك حاليّاً في إجراءات تشخيص جميع الأمراض تقريباً. ويتزايد الطلب على التشخيص الشعاعي بمعدّل كبير سنوياً؛ ولكن، لا يمكن تحقيق التنمية على مستوى القدرات الطبيّة بين عشية وضحاها، كما أنّ عدد الأطباء الخبراء في الطبّ الشعاعي يتزايد ببطء. ومع تزايد الفجوة بين ما هو متاح وما هو مطلوب بالنسبة للأطباء في هذا المجال، لوحظ زيادة الحاجة إلى المتخصّصين في هذا الحقل الطبيّ وارتفاع معدلات التشخيص الخاطئ. لذلك، كان من الأهميّة بمكان إيجاد طرائق أخرى، مثل استثمار تطبيقات الذكاء الاصطناعي للاستجابة لهذا الوضع الملحّ في مجال التشخيص الشعاعي.

ولذلك، شهد علم الأشعة نمواً مهمّاً في مجال الذكاء الاصطناعي على مدار السنوات الماضية. وأبسط طريقة للاستفادة من هذا المجال التقني هو إنشاء برنامج تُدخل فيه آلاف الصور الشعاعية مع المرض الموازي لكل صورة أو مجموعة صور، ثم يُطلّب منه قراءة الصور الجديدة.

تبدو طرائق التصوير بالذكاء الاصطناعي واعدةً في مساعدة أطباء الأشعة في مجال تقييس quantification الصوّر الطبيّة؛ فعلى سبيل المثال، أمكن إنجاز



التجزّيء أو التقطيع<sup>(١)</sup> segmentation بإشراف بشري محدود اعتماداً على نماذج الشبكة العميقة، وهذا ما يُمكن من تحديد وترسيم حواف البنى أو الآفات التشريحية تلقائياً. كما يمكن أن تحدّد أدوات الذكاء الاصطناعي هذه أهميّة النتائج أو الموجودات التي تتطلّب الاهتمام المبكر بحسب الأولويّة وتتبّعها، وتُمكن اختصاصيي الأشعّة من التركيز على الصور التي يُرجّح أن تكون شاذّة أو غير طبيعية. ومن الأمثلة الجيدة على دور أدوات الذكاء الاصطناعي في تجزئة الصور الطّبيّة ما يُشار إليه بالرمز "cvi42"، أي منصّة تصوير القلب والأوعية الدموية<sup>(٢)</sup> cardiovascular imaging platform التي سوّقتها الشركة الكندية Circle CVI وجرى تبنيها في أكثر من ٤٠ دولة.

---

<sup>١</sup> تشير تجزئة الصورة الطّبيّة أو تقطيعها medical image segmentation إلى مهمّة بصرية للحاسوب تتضمّن تقسيم الصورة الطّبيّة إلى أجزاء متعدّدة، حيث يمثّل كلّ جزء أو قطعة عنصراً أو بنية مختلفة ذات أهميّة في الصورة. والهدف من تجزئة الصورة الطّبيّة أو تقطيعها هو الخروج بتمثيل دقيق ومضبوط للأشياء المهمة داخل الصورة، لغاية التشخيص والتخطيط للمعالجة والتحليل الكمي عادةً.

<sup>٢</sup> تصوير القلب والأوعية الدموية الحلقي cvi42 هو برنامج للمعالجة اللاحقة لصور القلب والأوعية الدموية، يهدف إلى أن يكون أداة لعرض نتائج التصوير بالرنين المغناطيسي MRI والتصوير المقطعي المحوسب CT للقلب والأوعية الدموية وتحليلها اللاحق وتقييمها الكمي بتنسيق أو شاكلة معيارية للتصوير الرقمي والتواصل في الطبّ Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). ويمثّل الأخير المعيار العالمي لتوصيل الصور والبيانات الطّبيّة ومعالجتها. =



وهناك تقنية أو طريقة أخرى لمعالجة الصور تُسمى المحاكاة الشعاعية أو راديوميكس Radiomics، وقد أثبت فيها الذكاء الاصطناعي فائدته. ومع أن هذا المصطلح غير محدد بدقة، لكنّه يهدف بشكل عام إلى استخراج المعلومات الكمية (أو ما يُسمى ملامح المُحاكاة الشعاعية radiomic features) من صور التشخيص والتخطيط العلاجي. تلتقط ملامح المُحاكاة الشعاعية خصائص الأنسجة والآفات، مثل التغيرات (أو اللاتجانُس) والشكل، ويمكن استخدامها بمفردها لحلّ المشكلات السريرية أو بالاشتراك مع المعطيات السكانية (الديموغرافية) أو النسيجية أو المجينية (الوراثية) أو البروتينية (البروتينية الوراثية). يزداد مفعول المحاكاة الشعاعية عندما تُعالج ثروة المعلومات التي توفرها باستخدام طرائق الذكاء الاصطناعي. وبعد كل ذلك، هل سيلغي الذكاء الاصطناعي الحاجة إلى تخصُّص التصوير الشعاعي للأطباء أم سيقَلِّص من أعدادهم بدرجة كبيرة!؟

---

= وتتمثل مهمته في ضمان قابلية التشغيل المُتبادل للأنظمة المستخدمة في إنتاج الصور الطبيّة وتخزينها ومشاركتها وعرضها وإرسالها والاستعلام عنها ومعالجتها واسترجاعها وطباعتها، فضلاً عن إدارة سير العمل المرتبط بها. لقد صُمِّمت هذه التقنية للاستخدام السريري والبحثي، وهي تنطوي تحت نظام أرشفة الصور والتواصل بشأنها Picture Archiving and Communication System (PACS).



قارنت إحدى الدراسات الحديثة، التي استقّت معلوماتها من عدّة بحوث، بين أداء برامج للتعلّم العميق واختصاصيي الأشعة في مجال التشخيص القائم على التصوير، ف لوحظ أنّ الأداء التشخيصي لنماذج التعلّم العميق يعادل أداء المتخصّصين في الرعاية الصحيّة. ولكن بمراجعة تلك البحوث وُجد أنّ معظمها انطوى على قيود جسيمة، وقد تمثّل ذلك فيما يأتي<sup>(1)</sup>:

- اتّخذت معظم البحوث أسلوب تقييم الدقة التشخيصية للتعلّم العميق بشكل معزول أو انتقائي (أي استبعد عددٌ من الدراسات عند الاستقصاء لأنّها لم تقدّم مقارنات بين الإنسان والآلة).

- ذكرت دراساتٌ قليلة جدًا مقارنات مع الاختصاصيين الصحيّين باستخدام مجموعة بيانات الاختبار نفسها.

- كانت الدراسات الاستباقية prospective التي أُجريت في بيئات سريرية حقيقية قليلة جدًا، فمعظمها كان بأثر رجعي واستندت إلى مجموعات بيانات مجمّعة مسبقًا.

---

<sup>1</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p6.





- أظهرت البحوث التي خضعت للمراجعة وجود تناقضات فيما يتعلّق بالمصطلحات الرئيسية.

### التشريح المرضي أو الباثولوجيا الرقمية

التشريح المرضي أو علم الأمراض (الباثولوجيا) هو حجر الأساس في تشخيص الأورام وبعض الآفات الأخرى. ومع تقدّم طرائق التفرّس الباثولوجي وترقية البرامج الحاسوبية ذات الصلة، أصبحت تكنولوجيا تصوير الشرائح بكاملها طريقة تشخيصية روتينية في هذا التخصص. ولكن، لا تزال هناك مشكلات في كيفية التحليل التلقائي والسريع والحصول على تشخيص دقيق من الصور الباثولوجية المناسبة، ممّا يتطلّب حلاً سريعاً.

عندما وُضع مصطلح التشريح المرضي الرقمي، كانت يُقصد به في البداية رَقْمَنَة digitising صور شرائح العينات النسيجية بأكملها باستخدام طرائق تفرّس أو مسح الشرائح المتقدّم. ولكنّه يدلّ اليوم أيضاً على الأساليب القائمة على الذكاء الاصطناعي لكشف الصور الرقمية وتحليلها. وفي حين أنّ استخدام الدلائل الإرشادية المُقيّسة أو الموحّدة يمكن أن يدعم تنسيق أو مواءمة منهجية التشخيص، لكنّ التحليل النسيجي الباثولوجي يعتمد في الأساس على طبيعته الذاتية وعلى الفوارق في المحاكمة بين الخبراء المستقلين.

يمكن أن يسهم الذكاء الاصطناعي في تسير بعض الصعوبات التي يواجهها أطباء الأورام واختصاصيو التشريح المرضي، بما في ذلك التباين أو الاختلاف الشخصي في قراءة العينات. تُظهر دراساتٌ عدّة أنّ الذكاء الاصطناعي يمكن أن يتمتّع بمستوى من الدّقة مماثل لمستوى المُشرّحين المَرَضِيّين أي اختصاصيي الباثولوجيا. فضلاً عن ذلك، يمكنه تحسين أدائهم التشخيصي عند استخدامه في عملهم. في التشريح المَرَضِي الرقمي، طُبّق الذكاء الاصطناعي على مجموعة مختلفة من مهمّات معالجة الصور وتصنيفها. ويشمل ذلك مهمّات بسيطة، مثل الاكتشاف والتركيز على مشكلات التعرّف إلى الأشياء، بالإضافة إلى المهمّات ذات المستوى الأعلى مثل التنبؤ بتشخيص المرض ومآله، وتقييم شدّة المرض وعواقبه، واستخدام المقاييسات للتنبؤ بالاستجابة للمعالجة.

إنّ أبسط طريقة للاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تشخيص الأمراض بالاعتماد على الباثولوجيا هو إنشاء برنامج تُدخّل فيه آلاف الصور التشريحية المرضية للعينات النسيجية مع المرض الموازي لكلّ صورة أو مجموعة صور، ثم يُطلَب منه قراءة الصور الجديدة.

إذاً، لقد أظهر تطبيقُ الذكاء الاصطناعي على التشريح المرضي آفاقاً مشرقة.

في أثناء العمل التحليلي، ومع تعزيز خوارزمية الذكاء الاصطناعي، زادت عمليّات تجزئة الصور الباثولوجية وتحديد الأورام والنقائل، وانتهى العمل بجودة أعلى ومدة أقصر. كما أظهرت الأبحاث أنّه في بعض الحالات، تتفوّق خوارزمية الذكاء الاصطناعي على اختصاصيي الباثولوجيا السريرية في التشخيص بناءً على صور المحضّرات التشريحية؛ فعلى سبيل المثال، استخدم بعضهم الشبكة العصبية التلافيفية للتمييز بين آفات سبيتز الميلانينية الخلايا Spitz melanocytic lesions<sup>(١)</sup> وآفات الخلايا الميلانينية التقليدية conventional melanocytic lesions ، وهما نمطان مرضيّان مختلفان، وكانت النتائج ذات دقّة عالية للغاية.

### التنظير الداخلي

بالنسبة إلى دور الذكاء الاصطناعي في التنظير الداخلي endoscopy، فمع زيادة الانخراط في هذه التكنولوجيا، حدث تطوّر كبير في تحريّ الأمراض والآفات عبر هذا الإجراء الطّبيّ، ممّا أدى إلى تغيير الأسلوب التقليدي القديم

<sup>١</sup> وحة سبيتز هي نمطٌ من الشامات غير السرطانية (الحميدة) التي تظهر خلال مرحلة الطفولة عادةً. وتبدو كأنّها نتوء وردي مدوّر عادة؛ ويمكن أن تبدو مسطّحة أو خشنة أحياناً، أو يكون لها لون مختلف كالأزرق أو الأسود أو البنيّ.



في التشخيص وتحسين كفاءته. "يمكن أن تعزز تقنية الذكاء الاصطناعي اليوم كثيرًا اكتشاف الآفات وسلائل أو بوليبيات القولون والمستقيم، فضلًا عن سرطان المعدة والمريء اعتمادًا على التنظير الداخلي؛ فمن خلال التعلم العميق، يمكن أن تحسّن هذه التقنية بشكل كبير تشخيص أمراض المعدة والأمعاء، بما في ذلك مريء باريت والسرطانة الحرشفية وسرطان المعدة، بتسريع كشف المرض وتحسين دقة التشخيص. لقد قام بعض العلماء بجمع ٧٥٥٦ صورة سريرية عبر التنظير الداخلي، وحلّلوها بتقنية الذكاء الاصطناعي لتوفير خوارزمية شبكة عصبية عملية بهدف الكشف التلقائي لآفات الأمعاء. أظهرت النتائج أنّ التنظير الداخلي المُشرك مع خوارزمية الذكاء الاصطناعي الجديدة كان ذا حساسية أعلى وتوضيح أكثر دقة لآفات الأمعاء مقارنةً بالنموذج التقليدي. ومع تزايد الأبحاث القائمة على جدوى الذكاء الاصطناعي، بالإضافة إلى مشاركة التنظير الداخلي في تشخيص الأمراض المختلفة وتصنيفها، سيكون هناك مستقبلٌ واعد لهذه التكنولوجيا الجديدة"<sup>(١)</sup>.

<sup>1</sup> See: Current Medical Science, Application of Artificial Intelligence in Medicine: An Overview, Peng-ran LIU et al, 2021, p1106. DOI <https://doi.org/10.1007/s11596-021-2474-3>.



## طبّ الطوارئ

يعدّ طبّ الطوارئ مجالاً ضاغظاً وشديداً التوتر، حيث يمكن للشواني أن تصنع الفرق بين الحياة والموت. وهو يتطلّب من مقدّمي الرعاية الصحيّة اتّخاذ قرارات سريعة ودقيقة بناءً على معلومات محدودة. ولذلك، يتمتّع الذكاء الاصطناعي بالقدرة على إحداث ثورة في هذا التخصص الطبي من خلال مساعدة القائمين عليه على اتّخاذ قرارات أكثر استنارة، وتحسين العواقب لدى المرضى، وإنقاذ الأرواح.

يمكن أن يستفيد طبّ الطوارئ من الذكاء الاصطناعي في مراحل مختلفة من التدبير العلاجي للمريض؛ فعلى سبيل المثال، يقدّم قيمة محتملة لتحسين تحديد الأولويّات في إسعاف المرضى خلال فرزهم، وهو متعدّد الاستخدامات في تحليل العناصر المختلفة للتاريخ السريري للمريض، أو ما يُسمّى *التحليل التنبؤي*؛ "فمن خلال تحليل مقادير هائلة من بيانات المرضى، يمكن أن تتعرّف خوارزميّات الذكاء الاصطناعي إلى المرضى المعرضين لخطر الإصابة بحالات خطيرة على الحياة، كالإنتان أو الإصابة الكلوية الحادّة أو السكتة القلبية، وهذا يسمح لمقدّمي الرعاية الصحيّة بالاستجابة مبكّراً وتقديم المعالجة الأكثر

دقة<sup>(١)</sup>؛ فعلى سبيل المثال، "أظهرت دراسة أُجريت في كلية الطب بجامعة شيكاغو أنّ خوارزمية الذكاء الاصطناعي كانت قادرة على التنبؤ بداية الإنتان بدقة بلغت ٩٦٪، مما سمح لمقدمي الرعاية الصحية بمباشرة المعالجة في وقت مبكر وتحسين العواقب عند المرضى. كما أظهرت دراسة أخرى أُجريت في جامعة كاليفورنيا، بسان فرانسيسكو، أنّ هذه الخوارزمية استطاعت التنبؤ بتدهور حالة المريض قبل نحو ١٢ ساعة من حدوثه، مما سمح للأطباء بالتدخل بسرعة للحيلولة دون سوء العواقب"<sup>(٢)</sup>.

أمّا في الوقت الحالي، فيجري تقييم المرضى من خلال معلومات محدودة في قسم الطوارئ.

يعدّ الذكاء الاصطناعي باللغات الطبيعية natural language artificial intelligence تكنولوجيا أو نظام ذكاء اصطناعي متطور يمكن أجهزة الحاسوب من فهم اللغات البشرية والاستجابة لها والتفاعل معها وتوليدها، ومن ثمّ إتاحة المزيد من الخبرات والاستجابات الطبيعية والبديهة للمستخدم، ممّا يعني

<sup>1</sup> Artificial Intelligence in Emergency Medicine, Ejder Saylav Bora, May 2023, p33. DOI:10.5606/jebms.2023.1043. <https://www.researchgate.net/publication/371351030>.

<sup>2</sup> See: Artificial Intelligence in Emergency Medicine, Ejder Saylav Bora, May 2023, p33. DOI:10.5606/jebms.2023.1043. <https://www.researchgate.net/publication/371351030>.



التعرّف إلى الكلام والمحادثة مع أجهزة الحاسوب. ولدى هذا النظام تطبيقات في الترجمة وخدمة العملاء وغير ذلك، بما يهدف إلى سدّ فجوة التواصل بين البشر والآلات. وبناء على ذلك، يمكن الاستفادة منه في طبّ الطوارئ لتحسين الكفاءة والدقة في رعاية المرضى، وكذلك لتبسيط التواصل بينهم وبين الكوادر الطبيّة المختصّة. والآن، سنستخدم تشات جي بي تي 3 ChatGPT-3 لمناقشة بعض منافع الذكاء الاصطناعي باللغات الطبيعية في طبّ الطوارئ.

يمكن أن يقدّم استخدام الذكاء الاصطناعي باللغات الطبيعية، في الجدولة والتّوثيق على مستوى الطبّ، الكثير من المزايا للأطباء؛ فعلى سبيل المثال، تساعد هذه التكنولوجيا على تقليل عبء إدخال البيانات يدوياً واستعادتها، إذ تسمح للطبيب بجمع معلومات المريض بسرعة ودقّة من خلال استخراج البيانات المطلوبة من سجلّ زيارات العيادة والاستشفاء وتاريخ الوصفات الطبيّة؛ بالإضافة إلى توثيق التواصل مع شركات التأمين الصحيّ، حيث يمكنه القيام بالمهمّات المتعلّقة بتراخيص التأمين لقبول المرضى، ممّا يسمح بقضاء المزيد من الوقت في رعايتهم بدلاً من الانشغال بمتابعة موافقات التأمين.

إذاً، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي باللغات الطبيعية لتسهيل التواصل



مع المرضى، حيث يستطيع مقدّمو الرعاية الصحية إعداد ملخصات خروجهم أو تخريجهم discharge من المرفق الصحي بسرعة ودقة. وقد تتضمن هذه الملخصات معلومات محدّدة مسبقاً تستهدف مستوى فهم المريض. وفضلاً عن ذلك، يسمح الذكاء الاصطناعي للأطباء بترجمة ملخصات التخريج بسرعة إلى لغات متعدّدة. ولنضرب مثلاً على ذلك: قدّمنا لمنصّة الذكاء الاصطناعي من نموذج تشات جي بي تي ٣ دافنشي GPT-3 Davinci<sup>(١)</sup> الطلب الآتي:

"اكتب لنا ملخصاً عن تخريج المريض والتعليمات الموجهة له واحتياطات عودته لرجل يبلغ من العمر ٦٥ عاماً، اشتكى من ألم بطني وشُخصت إصابته بنوبة حادة لالتهاب البنكرياس المزمن، مع العلم أنّه قليل

---

<sup>١</sup> تشات جي بي تي ٣ دافنشي GPT-3 Davinci هو اسم أحد المستويات أو المحركات الخاصّة بواجهة برمجة تطبيقات GPT-3 التي يقدّمها الذكاء الاصطناعي المفتوح OpenAI؛ ومحرك دافنشي Davinci هو المحرك الأكثر تقدّماً وتكلفة من بين محركات GPT-3، حيث يقدّم أفضل أداء من حيث فهم النصوص وإنشاؤها بما يشبه الإنسان. كما يعدّ Text-Davinci-003 الجديد من الذكاء الاصطناعي نموذجاً رائداً لإكمال النصوص، بحيث يمكنه أن يغيّر الطريقة التي نستخدم بها أجهزة الحاسوب. يستطيع هذا النموذج الجديد باللغات الكبيرة Large Language Model (LLM) إنشاء نصّ أكثر طبيعية ودقّة وأطول من سابقه من الإصدار السابق Text-Davinci-002. يُستخدم GPT-3 Davinci في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك صياغة رسائل البريد الإلكتروني وكتابة المقالات وإنشاء محتوى مكتوب وترجمة اللغات ومحاكاة الشخصيات لألعاب الفيديو وغير ذلك.



المعرفة والتعليم".

فكان الجواب على النحو اللاحق:

ملخص الخروج الموجّه للمريض: "لديك ألم في البطن وقد شُخص لك التهاب البنكرياس المزمن (الطويل الأمد)؛ وخضعت للمراقبة في قسم الطوارئ، وتلقّيت المعالجة المناسبة، بما في ذلك إعطاء السوائل والمسكّنات".

**التعليّات:** "يرجى الاستمرار في شرب الكثير من السوائل وتناول أدويةك؛ كما يُرجى تجنب شرب الكحول وتدخين السجائر".  
وُصِفَت لك الأدوية التالية:

١. أوكسيكودون (على شكل أقراص) لتسكين الألم.
  ٢. إنزيمات البنكرياس (على شكل أقراص) للمساعدة على الهضم.
  ٣. أوميبرازول (على شكل أقراص) لتقليل حموضة المعدة.
- "من الضروري أن تتناول كلّ هذه الأدوية. ويجب أن تتناول الأوكسيكودون وإنزيمات البنكرياس مع الطعام، والأوميبرازول في الصباح على معدة فارغة. كما يجب تناول جميع الأدوية بحسب التوجيهات، دون أن تتجاوزَ ما هو موصوف لك. يرجى مراجعة طبيبك الخاص في غضون أسبوع واحد".

### احتياطات الرجوع أو العودة:

يجب عليك العودة إذا شعرت بأيّ من الأعراض التالية:

١. تفاقم ألم البطن.

٢. الغثيان أو التقيؤ.

٣. الحمى أو القشعريرة.

وبالمحصّلة يمكننا القول: إنّ استخدام الذكاء الاصطناعي باللغات الطبيعية، لتقليل عبء إدخال البيانات وزيادة دقّة المعلومات عن المريض، يمكن أن يساعد الأطباء على تقديم رعاية ناجعة، كما قد يقلّل من إجهاد المهّمّات الإدارية، ويحسّن التواصل بين مقدّمي الرعاية الصحيّة والمرضى. وبناء على ذلك، من المرجّح أن يصبح هذا النموذج من الذكاء الاصطناعي أداةً طبيعيّة ذات أهميّة متزايدة في طبّ الطوارئ، ممّا يمنح مقدّمي الرعاية الصحيّة قدراتٍ جديدة وفاعلة في تحسين رعاية المرضى، وهذا ما يستدعي أن يكون أطباء الطوارئ هم أوّل من يتبنّى استثمار الذكاء الاصطناعي في عملهم. وبذلك، فإنّ خوارزميّات الذكاء الاصطناعي أخيرًا، يمكنها دعم قرار أطباء الطوارئ من خلال اقتراح الخيارات العلاجية بناءً على بيانات المريض والأدلة الإرشادية السريرية، ممّا يساعد على تقليل الاختلاف في الرعاية وتحسين



النتائج لدى المرضى.

## أمراض القلب والأوعية الدموية

يعدّ اكتشاف الأمراض القلبية الوعائية وتشخيصها ومعالجتها مبكراً أمراً مهماً للغاية في إبطاء تفاقمها وتحسين النتائج. وغالباً ما يكون تخطيط كهربيّة القلب وتصويره بالرنين المغناطيسي هما المعيارين الذهبيين لتشخيص بعض هذه الأمراض، مثل خلل الوظيفة البطينية وتضيّق الأبهر واعتلال عضلة القلب التوسّعي. ولكن تُجرى هذه الاختبارات الإضافية للمرضى المشتبه في إصابتهم بأعراض، وليس للذين ليس لديهم ذلك. إنّ تطبيق هذه الأدوات الإضافية محدود بسبب التكلفة العالية، ممّا يجعلها غير مناسبة كأدوات تحرّ لعامة الناس، وهذا ما يجلب صعوبات للتشخيص المبكر لأمراض القلب والأوعية الدموية. ولذلك، يبقى الكثير من المرضى في كثير من الأحيان دون تشخيص حتّى مرحلة متأخرة من المرض، مع ظهور عواقب أسوأ في الحالات المتأخرة.

يمثّل تخطيط كهربيّة القلب ECG اختباراً مساعداً بسيطاً ومتاحاً على نطاق واسع، وهو منخفض التكلفة، وغالباً ما يُستخدم حتّى في الأماكن ذات الموارد المحدودة؛ وقد بقي مدّة طويلة أداة تشخيصية قيّمة للأمراض القلبية



الوعائية. ولكن تفسير الطبيب لمخطط كهربية القلب يعتمد على مستويات خبرته ومعرفته. كما أن الأشكال الموجية له تحتوي على عشرات الآلاف من نقاط البيانات التي يصعب على الأطباء تحليلها، مما يتسبب في التقليل من استثمار خصائصها في الاستخدام السريري الكامل. ومع ذلك، نظرًا لقوة الذكاء الاصطناعي الحاسوبية، وقدرته على التحليل الرسومي والتعلم، يمكن اكتشاف معلومات دقيقة ذات معنى لأشكال موجات مخطط القلب التي لا يستطيع الأطباء ملاحظتها، مما يعني سبر العلاقة بين خصائص هذه الموجات وبعض أمراض القلب والأوعية.

يتجلى التطبيق الواعد للذكاء الاصطناعي في التعامل الآلي مع بيانات تصوير القلب، وهذا أمر ضروري لتقييم بنية القلب ووظيفته عند مقارنة أمراض القلب. من المعلوم أن طرائق تصوير القلب، مثل استخدام الموجات فوق الصوتية والتصوير المقطعي الحاسوبي والتصوير بالرنين المغناطيسي للقلب والأوعية الدموية، تقدم بيانات مكانية وزمانية معقدة، قد تكون مملّة وتستغرق وقتًا طويلاً لمعالجتها بواسطة أطباء القلب. ولذلك، أدى توفر طرائق تقنية جديدة للتعامل مع صور القلب اعتمادًا على الذكاء الاصطناعي إلى ثورة في الممارسة السريرية في طب القلب، من خلال تمكين

الأطباء من إجراء تقييم أسرع للمرضى في عملهم اليومي.

لقد أمكن إعداد نماذج التعلم الآلي لتحسين القدرة التشخيصية لتخطيط صدى القلب (التصوير بالأمواف فوق الصوتية) echocardiography الذي يشكّل الطريقة السائدة لتصوير القلب، ولكنه ما زال يعتمد بشكل كبير على الخبرة البشرية. ومن المتوقع أن يكشف إنشاء مخططات أكثر دقة وأتمتة لصدى القلب باستخدام الذكاء الاصطناعي عن ميزات تصويرية غير معروفة من شأنها أن تسهل تشخيص أمراض القلب والأوعية الدموية مع تقليل القيود المرتبطة بالتفسير البشري أو محدوديته. وينطبق ذلك بالفعل على تخطيط كهربية القلب ECG، حيث أنشئت نماذج للذكاء الاصطناعي - مثل الشبكات العصبية التلافيفية للتعلم العميق - باستخدام مجموعات كبيرة من بيانات تخطيط كهربية القلب الرقمية المستمدة من السجلات السريرية. ونتيجة لذلك، أصبحت أجهزة تخطيط القلب المدعومة بالذكاء الاصطناعي قادرة الآن على كشف أمراض مثل خلل وظيفة البطين الأيسر غير المصحوب بأعراض والرجفان الأذيني الصامت silent atrial fibrillation، بالإضافة إلى الملامح الظاهرية phenotypic، بما في ذلك الجنس والعمر والعرق. وهناك أجهزة اليوم تعمل عمل السّاعة الطّبية التقليدية، ويمكن تسميتها السّاعة الطّبية الذكية، حيث



تُوضَع على منطقة القلب فتعطي تقريرًا عن حالة الصمامات والجريان الدموي القلبي والأصوات القلبية بدقّة كبيرة، فترشد الطبيب إلى التشخيص والتقييم؛ فهل يتوصّل الذكاء الاصطناعي في المستقبل إلى زرع شريحة أو أداة صغيرة في جدار أحد الشرايين الكبيرة، فيعطينا معلومات عن حالة الأوعية الدموية من حيث سالكيّتها وحالتها الفيزيولوجية والتشريحية للتنبؤ بأيّ مشكلة وعائية قبل حدوثها.

وسنضرب أمثلة على دور الذكاء الاصطناعي في استثمار مخطّط كهربية القلب لتشخيص بعض أمراضه:

**أمراض القلب الصّمامية valvular heart diseases:** يتضمّن عدد من أمراض القلب الصّمامية فترات طويلة خالية أعراض؛ ولكن، بمجرد ظهورها، يزداد معدّل الوفيات بشكل كبير. ولذلك، غالبًا ما تؤدّي متابعة المرضى الذين لا تظهر عليهم أعراض واستبدال الصمامات عند الذين يشكون من أعراض إلى نتائج جيّدة. ومع ذلك، فإنّ كيفية التعرّف إلى أولئك الذين لا تظهر عليهم الأعراض لا تزال أمرًا صعبًا. يعدّ تخطيط صدى القلب المعيار الذهبي لتأكيد تشخيص أمراض صمامات القلب، ولكنّه غير مناسب لاختبارات التحريّ أو الاستقصاء screening tests. ولذلك، فقد أصبح ممكنًا استخدام مخطّط كهربية

القلب المعزّز بالذكاء الاصطناعي (AI-enhanced Electrocardiogram (AI-ECG) على نطاق واسع كأداة متاحة لتحريّ المرضى الذين لا تظهر عليهم أعراض.

"لقد طوّر كوون Kwon وآخرون خوارزمية قائمة على التعلّم العميق تجمع بين الإدراك الحسي المتعدّد الطبقات (MLP) multilayer perceptron والشبكة العصبية التلافيفية (CNN) Convolutional neural network بهدف كشف تضيق الأهر المتوسط أو الشديد من خلال تخطيط كهربية القلب. أظهر تحليل الحساسية أنّ الخوارزمية ركّزت على الموجة T للاتّجاه البرّكي أو الصدري precordial lead لكشف وجود تضيق الأهر؛ وكانت القيمة التنبؤية السلبية أكبر من ٩٩٪، ممّا يشير إلى أنّه يمكن استخدام هذه الخوارزمية كأداة تحرّ لاستبعاد هذه المشكلة؛ وقد تأكّد هذا العمل من قبل آخرين<sup>(١)</sup>. وتشير هذه الدراسة وغيرها إلى أنّ تخطيط كهربية القلب المعزّز بالذكاء الاصطناعي قد يكون مقياسًا واعدًا ودقيقًا لتحريّ أمراض القلب الصمامية في المستقبل.

**الرجفان الأذيني atrial fibrillation:** غالبًا ما يكون الرجفان الأذيني،

<sup>1</sup> See: Artificial intelligence in cardiovascular diseases: diagnostic and therapeutic perspectives, Xiaoyu Sun et al, European Journal of Medical Research (2023) 28:242, p2. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01065-y>.



ولاسيما الشكل الانتيابي، مخاتلاً ومن دون أعراض. وقد يظهر تخطيط كهربية القلب لدى هؤلاء المرضى نظماً جيئاً طبيعياً، مما يمكن أن يؤدي إلى تأخر التشخيص. ولكن بنية القلب تبدأ بالتغير بمجرد حدوث هذه المشكلة. لذلك، قد تتعرض مخططات كهربية القلب ذات النظم الجيبي الطبيعي لتغيرات طفيفة أو خافية يمكن لخوارزمية مدربة تدريباً عميقاً كشفها والتنبؤ بالرجفان الأذيني. "قام بعض الباحثين بتطبيق شبكة عصبية تلافيفية لتحديد المرضى المصابين بالرجفان الأذيني خلال نظم جيبي طبيعي مُشاهد على مخططات معياري لكهربية القلب استمر مدة ١٠ ثوانٍ في ١٢ اتجاهًا. جرى تدريب النموذج باستخدام نحو ٥٠٠ ألف مخطط لكهربية القلب، وطُبّق على جميع مخططات كهربية القلب على مدى ٣١ يوماً قبل أول تسجيل للرجفان الأذيني. وقد أظهرت النتائج أنّ هذه الخوارزمية استطاعت اكتشاف المصابين بهذه الحالة في مخططات جيبي طبيعي لكهربية القلب"<sup>(١)</sup>؛ ويمكن تطبيق هذا الاختبار الذكي على المرضى الذين يكون لديهم عوامل خطر، مثل السكتة الدماغية، وذلك بوضع جهاز تخطيط قلبي نقال لديهم.

<sup>1</sup> See: Artificial intelligence in cardiovascular diseases: diagnostic and therapeutic perspectives, Xiaoyu Sun et al, European Journal of Medical Research (2023) 28:242, p4. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01065-y>.



كما يمكن أن يشمل دورُ الذكاء الاصطناعي في تشخيص الأمراض القلبية مشكلات أخرى، مثل داء القلب التاحي (الذبحة الصدرية والاحتشاء) وفشل القلب واعتلال العضلة القلبية وأمراض القلب الخلقية.

إن الساعات الذكية التي يرتديها الشخص في يده بدأت اليوم تقيس، إضافة إلى النبض ومستوى الأكسجين في الدم، الضغط الدموي ومستوى السكر في الدم. والمأمول أن تُطوّر لتصبح مختبراً كاملاً، فتعطينا مستويات مختلف المؤشرات الدموية كالشحوم والهرمونات والفيتامينات وتعداد عناصر الدم... إلخ. وبذلك ربّما تلغي دورَ المختبرات التقليدية.

وربّما يتمكن العلم عمّا قريب من اختراع جهاز تصوير بالأموح فوق الصوتية (إيكو) يعمل بالذكاء الاصطناعي، بحيث يقرأ الصور بنية القلب ويخرج بنتائج دقيقة عن حالته وحالة ما فيه من بنى، كحالة الصّمامات والأجواف وحركة الجدران.

كما يُستخدم الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع في طبّ القلب النووي، الذي يدرس جريانَ الدم عبر عضلة القلب وقيّمه بأدوات تصوير غير جراحية أو غير باضعة، فضلاً عن أمور أخرى. طُبّقت نماذج التعلّم الآلي على تقنيتين بشكل خاص: التصوير المقطعي المحوسب بقذف فوتون واحد single-

photon emission computed tomography (SPECT) وتصوير تروية العضلة القلبية (myocardial perfusion imaging (MPI)، لتعزّيز كشف داء الشرايين التاجية الانسدادي وتشخيصه في نهاية المطاف. ويُعتَقَد أن درجات الخطر القلبي (حساب خطر الإصابة بداء القلب والأوعية الدموية خلال ١٠ سنوات) سيجري تقييمها بشكل أكثر دقة باستخدام خوارزميّات التعلّم الآلي القادرة على استقراء المعلومات، وتحديد النماذج غير المرئية في البيانات المستمدّة من السجّلات السريرية.

مع أنّ طبّ القلب والأوعية يبدو في طليعة اهتمام الذكاء الاصطناعي على مستوى الصحة، لكنّه سيبقى معتمداً - إلى حدّ ما - على خبرة المتخصّصين في أمراض القلب. لذلك، من المهمّ أن يشارك الممارسون بقوة في هذا المجال الجديد والناشئ حتّى تصل تقنيات معالجة الصور الطبيّة إلى إمكاناتها الكاملة، فربما تُحدّث ثورة في رعاية المرضى.

## أمراض الكلى

إلى الآن، لا يزال تطبيق طرائق الذكاء الاصطناعي في أمراض الكلى قليلاً جداً مقارنةً بمجالات الطبّ الأخرى. ولكنّ إمكاناته تظهر يوماً بعد يوم بسبب التقدّم الواعد الذي يشهّره؛ فعلى سبيل المثال، يكشف نموذج التعلّم العميق



الجديد لتصوير الكلى غير الباضع (من دون جراحة أو وخز) بالموجات فوق الصوتية أمراض الكلى المزمنة ويصنّفها. وبالإضافة إلى ذلك، أصبح التحليل الرقمي لصور التشريح المرضي النسيجية (الباثولوجيا) أسهل من خلال تطوير شبكة عصبية عميقة قادرة على قراءة خزعات الكلى البشرية وتصنيفها. وفي محاولة لتحسين المعالجة المبكرة للإصابة الكلوية الحادة، استفاد العلماء من الزيادة الواسعة النطاق في البيانات الموجودة في السجلات الإلكترونية للرعاية الصحيّة لتطوير نموذج ذكاء اصطناعي يسمح بالتنبؤ بعوارض هذه الإصابة لدى المرضى في المستشفيات خلال ٤٨ ساعة. ومن ناحية أخرى، جرى تدريب ما يسمّى بخوارزمية تحليلات البيانات المضمّنة خلال الجراحة (Intraoperative Data Embedded Analytics (IDEA algorithm للتنبؤ بخطر حدوث الإصابة الكلوية الحادة بعد الجراحة من خلال دمج البيانات الفيزيولوجية المكتشفة قبل العملية وبعدها.

كما ينطوي الذكاء الاصطناعي على القدرة على تشخيص سرطان الكلى بمساعدة الحاسوب؛ فنظرًا إلى أنّ الخوارزميات أصبحت أكثر قوّة وقابلية للتعميم، فقد صارت أفضل شيئًا فشيئًا في التعرف إلى الكتل الكلوية والتمييز بين الحميدة منها والسرطانية. ومن المرجّح بشكلٍ عام أن يؤدّي تطبيق نماذج



الذكاء الاصطناعي على أمراض الكلى إلى تسهيل تشخيصها، وتعزيز الطبّ الخاص بالشخص personalised، وتقليل العبء العام لهذه الأمراض.

### أمراض الكبد

شهد طبّ الكبد، على مدى العقدين الماضيين، تطوّرًا كبيرًا في أدوات التشخيص ونماذج المآل والخيارات العلاجية ممّا يجعله أحد التخصصات الطبيّة الفرعية الأكثر تعقيدًا. ومع دخول الذكاء الاصطناعي والتعلّم الآلي ساحة الطبّ، أصبحت الحواسيب قادرة الآن على التعلّم من مجموعات البيانات السريّة المعقّدة والمختلفة لحلّ المشكلات الطبيّة في العالم الحقيقي بأداء يفوق أداء الأطباء في بعض المجالات. إذًا، فأبحاث الذكاء الاصطناعي تتقدّم بشكل مطّرد في عددٍ من المجالات الطبيّة، وليس طبّ الكبد استثناءً منها. لقد استُخدمت نماذج التعلّم الآلي بشكل واسع لتسهيل تشخيص أنواع عدّة من الأمراض الكبدية، لاسيّما ما يشكّل خطرًا على الحياة. وقد تركّز الاهتمام بشكل رئيسي على التعرّف الآلي إلى داء الكبد الدهني غير الكحولي (تشحّم الكبد غير الكحولي) (non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD)، حيث يبقى معظم المصابين به من دون أعراض حتّى ظهور تشمّع الكبد، وقد بلغت دقّة التشخيص ٩٧,٢٪ في إحدى الشبكات العصبية التي تعمل بالذكاء



الاصطناعي. والأهم من ذلك أن النموذج نفسه قادر على التمييز بين المصابين بداء الكبد الدهني غير الكحولي وأولئك المصابين بشكله الأكثر تقدماً، التهاب الكبد الدهني غير الكحولي (non-alcoholic steato-hepatitis (NASH). كما طُورت نماذج تنبؤية لتقدير شدة التهاب الكبد الفيروسي المزمن ومآله، بالإضافة إلى الفشل الكبدي الحاد المضاف إلى الفشل الكبدي المزمن. ولكن، على الرغم من التقدم الكبير في دور الذكاء الاصطناعي في تشخيص أمراض الكبد، إلا أن هناك عددًا من الحالات لا يزال قيد البحث في هذا المجال، مثل أمراض الكبد المرتبطة بالكحول وأمراض الكبد الوراثية والمناعية الذاتية، التي تستدعي اعتماد الذكاء الاصطناعي على نطاق أوسع في أمراض الكبد.

يجري في الوقت الحالي تنفيذُ خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تصوير الكبد وتفسير دراسته التشريحية المرضية والاختبارات غير الجراحية.

تمثل طرائق التصوير حجرَ الزاوية في تقييم أمراض الكبد؛ فالقدرة على تقييم شكل الكبد وترويته، بالإضافة إلى تحري الكتل أو التنكس الدهني الكبدي، أمرٌ غير مسبوق في منطق الرعاية. ومع أن التصوير بالموجات فوق الصوتية (إيكو الكبد) يمثل تقنية الخطّ الأول في العيادات والمستوصفات



اليوم، "لكنّ طرائق التصوير المتطوّرة تشمل التصوير بالرنين المغناطيسي ونسبة كثافة البروتونات الدهنية (PDFF) proton density fat fraction لتقييم التنكّس الكبدي الدهني، وتصوير المرونة بالرنين المغناطيسي magnetic resonance elastography لتقييم تصلّب الكبد والطحال، وغير ذلك. وباللجوء إلى هذه التقنيات، أصبح من الممكن إجراء تقييم كامل لمرحلة المرض الكبدي، كما قلّت الحاجة إلى التقييم الأكثر بضعاً من خلال خزعة الكبد. إنّ ثروة البيانات التي يُستحصل عليها بطرائق التصوير هذه تجعلها مناسبة بشكل خاص للاستثمار باستخدام الذكاء الاصطناعي، حيث يمكنه بناء صورة تُرشد اتّخاذ القرار السريري"<sup>(1)</sup>.

## الجراحة

في مجال الجراحة، يجب في بعض الأحيان اتّخاذ القرارات في ظلّ قيود الوقت والشكّ فيما يتعلّق بالتشخيص والاستجابة المتوقّعة للمعالجة. وقد يكون الشكّ بسبب عدم توفّر بيانات المريض (مثل سجلّات المستشفى الخارجية أو الاختبارات التشخيصية) أو غياب الأدلّة الدقيقة التي تعين على

---

<sup>1</sup> See: Artificial Intelligence Applications in Hepatology, Jörn M. Schattenberg et al, Clinical Gastroenterology and Hepatology 2023;21:2015–2025.



أخذ القرارات العلاجية المهمة. وفي ضوء هذا وذاك، قد يعوّل الجراحون على المعرفة الشخصية والأحكام السريعة القائمة على النمطية والحدس. ويمكن أن يؤدي ذلك في نهاية المطاف إلى التحيز والخطأ والضرر الذي يمكن اتقاؤه عند اتخاذ القرار الجراحي. وهنا يبرز دور نماذج الذكاء الاصطناعي في التغلب على هذه التحديات؛ ففي الواقع، توفر أدوات الذكاء الاصطناعي مصادر مختلفة للمعلومات المتكاملة (عوامل الخطر الخاصة بالمريض، المعلومات التشخيصية، الرؤى البحثية... إلخ) التي يمكن أن تساعد على اتخاذ أفضل القرارات الجراحية، قبل الإجراء الجراحي وبعده، وحتى في أثناءه مثل أحدث الإرشادات الجراحية واقتراح اختبار أو دواء ما.

من المُرْتَقَب أن تجعلَ تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي العمليات في المستشفيات والنظام الصحي أكثر كفاءة وأقل تكلفة، وأن تساعد في التعامل مع الضغوط كنقص القوى العاملة؛ فعلى سبيل المثال، من خلال تقدير الوقت المتبقي للجراحة، سيساعد الذكاء الاصطناعي المستشفيات على التخطيط بشكل أفضل لأعداد أسرة المستشفى المتاحة وإبلاغ أسرة المريض بشكل أكثر دقة عن وقت انتهاء العملية الجراحية.

كما يمكن أن يقلل الذكاء الاصطناعي من الحاجة إلى وجود ممرضة تحت



الطلب من خلال توفير روبوت محادثة أو دردشة chatbot للإجابة عن أسئلة المرضى، إذ يمكن للمريض الذي يستيقظ في الساعة الواحدة صباحًا بعد يومين من إجراء عملية جراحية أن يتّصل ببرنامج الدردشة الآلي ليسأل: "أنا أعاني هذه الأعراض، فهل هذا طبيعي؟"، ويأخذ من الجواب المناسب. وبالفعل جرى تجريب استخدام روبوتات المحادثة في طبّ التوليد، وكانت النتائج إيجابية في ٩٦٪ من المريضات اللواتي تعاملنَ مع هذه الأداة.

إذًا، يمكن تقسيم دور الذكاء الاصطناعي في الجراحة إلى ثلاثة أنماط:

- التخطيط قبل الجراحة.

- التوجيه في أثناء العملية.

- الروبوتات الجراحية.

### التخطيط قبل الجراحة

يعدّ التحضير قبل دخول غرفة العمليات مثالًا ممتازًا على دور الذكاء الاصطناعي في الجراحة، كما في جراحة العظام؛ حيث يسمح الذكاء الاصطناعي للجراح بالتنبؤ بالمخرجات المحتملة للجراحة، ومن ثمّ تقليل التكاليف والمخاطر، ويعود ذلك إلى الطريقة التي تستفيد بها هذه التقنية بشكل أكبر من التصوير الطبي.



من الأمثلة العملية على الأتمتة في جراحة العظام تجزئة صورة العظام أو تقطيعها، للتوصل إلى البيانات المختلفة؛ إذ تشير الدراسات إلى أنه باستخدام هذه التقنية، تزداد الدقة على نطاق غير مسبوق. وهذه ليست سوى بعض المزايا التي يمكن تعلمها من الذكاء الاصطناعي في التخطيط قبل الجراحة، وخاصة جراحة العظام. وربما يصبح للذكاء الاصطناعي دور كبير في جراحة التجميل، حيث يمكن تلقيم برامجه بكل الاحتمالات التي ينطوي عليه أي إجراء جراحي تجميلي؛ فقبل الإقدام على هذا الإجراءات يطلع الشخص على الشكل قد يبدو عليه بعد تنفيذ الجراحة بحسب نوعها وموضعها بناء على ما هو عليه الحال قبل ذلك.

### التوجيه في أثناء العملية

هناك استخدام آخر للجراحة بمساعدة الذكاء الاصطناعي، وهو كيفية دمجها مع الأنظمة الروبوتية لتعزيز العمليات الجراحية القليلة البضع. وتتمثل مساهمته الرئيسية في توفير رؤية معززة وتحديد الموضع خلال جراحة العظام. تنقسم التطبيقات الحديثة للذكاء الاصطناعي في التوجيه خلال الجراحة إلى أربعة مواضيع:

- تمثيل الشكل **shape instantiation** الذي يستخدم عددًا محدودًا من الصور فقط، حيث يتيح الذكاء الاصطناعي إعادة بناء الشكل الثلاثي الأبعاد



للمنطقة الجراحية في الوقت الفعلي.

• التنقل أو الاستكشاف بالمنظار، ممّا يحسّن طرائق المناورة نحو الموضع المستهدف.

• تتبّع الأنسجة، ممّا يساعد على تمييز الأعضاء عن الخلفية.

• الواقع المعزّز الذي يحسّن رؤية الجراح خلال العملية لبلوغ المنطقة المرغوبة، مع الأخذ في الاعتبار الصورة قبل الجراحة.

### الروبوتات الجراحية

بخلاف التوجيه في أثناء الجراحة، ينطبق الذكاء الاصطناعي في الجراحة الروبوتية على استراتيجيات مختلفة أيضًا، وهي العمليّات الجراحية بمساعدة الروبوت. ومن خلال الجمع بين كليهما، يصل الجراحون إلى أساليب مداخل مختلفة فيما يتعلّق بالبيئات الحية، وهذا ما يسمح لهم بتحسين الأداء بشكل كبير على مستوى الدقّة والسلامة.

يعمل الذكاء الاصطناعي على تغيير مستقبل الجراحة، ليس جراحة العظام فقط، ولكن في الكثير من المجالات الجراحية. ولذلك، لم تُعد الجراحة الحديثة اليوم أسرع فحسب، بل هي دقيقة ومستقلّة وذات مخاطر قليلة مع



استمرار زيادة الكفاءة. تُظهر الدراسات أنَّ مستقبل دور الذكاء الاصطناعي في الجراحة سيؤثر في عدّة نقاط، مثل:

- الحاجة إلى زيادة قواعد البيانات، ممّا يُوفّر المزيد من المعلومات.
- الاكتشاف والتشخيص المبكر بناءً على معلومات متعددة الوسائط.
- جراحة الواقع الاصطناعي وعن بعد.
- روبوت النانو nanorobot<sup>(1)</sup> للتشخيص.

### علم التغذية: التقييم والتطبيق

من الواضح أنَّ تقييم الحالة التغذوية للمريض يدعم التخطيط لرعايته من حيث تغذيته الغذاء الصحي المناسب. ويعتمد ذلك غالباً على المعلومات الغذائية التي يذكرها لاختصاصي الرعاية الصحية أو اختصاصي التغذية. لقد طُوّرت الأجهزة التي تستثمر الذكاء الاصطناعي في المساعدة على مثل هذه التقييمات الغذائية بدرجات عالية من الدقّة، باستخدام المتغيّرات الصوتية وحركة الفكّ والصور المتحرّكة للمضغ والأكل.

ولكن، من غير المرجّح أن يحلّ الذكاء الاصطناعي محلّ خبراء التغذية أو الاختصاصيين بشكل كامل خلال السنوات القليلة القادمة، حيث تعدّ التغذية

---

<sup>1</sup> الروبوتية النانوية Nanorobotics هي مجال في العلوم والتكنولوجيا يركّز على تصميم وإنشاء روبوتات أو آلات صغيرة للغاية، على مقياس النانومتر عادةً، لأداء المهمّات والوظائف على المستوى الجزيئي أو الخلوي.



مجالاً معقّداً ومتعدّد الأوجه ولا يقوم على تقديم التوصيات الغذائية فحسب، بل يشمل أيضاً مراعاة الظروف الصحيّة للأفراد وتفضيلاتهم وخلفياتهم الثقافية والعوامل الخاصّة بنمط الحياة. ومع ذلك، من المأمول أن يراعي الذكاء الاصطناعي الخاص بالتغذية كلّ ذلك في قادم الأيام؛ فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام البرامج المدعومة بالذكاء الاصطناعي لتحليل مقادير كبيرة من البيانات المتعلقة بتركيبة الغذاء وحالة التغذية والنتائج الصحيّة لتطوير خطط الوجبات الشخصية والتوصيات الغذائية. كما يمكن الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لتطوير المواد التعليمية والأدوات التفاعلية التي قد تساعد المرضى على الانخراط في موضوع التغذية ومجالاتها واتّخاذ الخيارات الصحيّة الملائمة.

إذاً، يمكن أن يمارس الذكاء الاصطناعي في المستقبل دوراً أكبر في مجال التغذية، وأن يعزّز عمل خبراء التغذية واختصاصيي التغذية، ممّا يسمح لهم بتقديم رعاية أكثر تحسّصاً وكفاءة لمرضاهم.

### الأمراض النفسيّة

تشكّل الأمراض النفسية عبئاً كبيراً على القطاع الصحيّ في بعض المجتمعات؛ فعلى سبيل المثال تشكّل الاضطرابات العصبية النفسية ٢٦٪.



من إجمالي الأمراض في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي. وتبلغ تكلفة التعامل الطبي والمعيشي مع اضطرابات المزاج والقلق فيه نحو ١٧٠ مليار يورو سنوياً بحسب إحصاء لمنظمة الصحة العالمية سنة ٢٠٢١. وبالإضافة إلى ذلك، فقد تبين أنّ الاكتئاب والقلق يسهمان بشكل كبير في الإجازات المرضية المزمنة والتغيّب عن العمل.

وهناك تبرز أهمية الذكاء الاصطناعي لتقديم الدعم لمرضى الصحة النفسية والتخفيف من آثار قلة العاملين الصحيين المتخصصين في هذا المجال.

وفي الواقع، هناك في هذا الصدد أدوات مختلفة قيد التطوير حالياً، تشمل على التبع الرقمي للاكتئاب وحالة المزاج عبر التفاعل مع لوحة المفاتيح والكلام والصوت، والتعرّف إلى الوجوه، وأجهزة الاستشعار، واستخدام روبوتات الدردشة التفاعلية.

يمكن الاستفادة من المقدرة الحاسوبية التي تسخرها أنظمة الذكاء الاصطناعي لكشف الفيزيولوجيا المرضية المعقدة للاضطرابات النفسية، ومن ثمّ إعلام التطبيقات العلاجية بشكل أفضل. لقد جرى استكشاف التعلم الآلي للتنبؤ بفعالية الأدوية المضادة للاكتئاب، وتحديد خصائص هذا المرض، والتكهّن باحتمال الانتحار والذهان psychosis لدى مرضى الفصام.



كما يمكن أن يساعد الذكاء الاصطناعي على التمييز بين التشخيص ذات المظاهر السريرية المتداخلة، ولكن مع وجود خيارات علاجية مختلفة، مثل تحديد الاكتئاب الثنائي القطب مقابل الاكتئاب الأحادي والتمييز بين أنماط الخرف.

تمثّل وسائل التواصل الاجتماعي، في الوقت الحاضر، شكلاً من أشكال التواصل اليومي لجزء كبير من الناس. ولذلك، فإنّ تفحص المحتوى ونماذج اللغة في هذه الوسائل تحليلهما باستخدام التعلّم الآلي يمكن أن يوفر رؤى ويخلق فرصاً جديدة للتشخيص النفسي التنبؤي ومراقبة الانتكاس.

### الذكاء الاصطناعي في طبّ الأسنان

كما هي الحال في التخصصات الأخرى، بدأ دور الذكاء الاصطناعي في طبّ الأسنان في الازدهار في السنوات الأخيرة. ويمكن تصنيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي فيه إلى التشخيص واتخاذ القرار والتخطيط العلاجي والتنبؤ بنتائج المداواة. ومن بين جميع هذه التطبيقات، فإنّ التشخيص هو أكثرها شيوعاً، حيث يمكن للذكاء الاصطناعي وضع تشخيص أكثر دقة وكفاءة، ومن ثمّ تقليل عبء العمل على أطباء الأسنان الذين باتوا يعتمدون بشكل متزايد على برامج الحاسوب لاتخاذ القرارات. كما أصبحت برامج الحاسوب المستخدمة



في طبّ الأسنان أكثر ذكاءً ودقّةً وموثوقيةً، وانتشرت الأبحاث عن دور الذكاء الاصطناعي في جميع مجالات هذا التخصص الطبيّ.

ومع أنّ عددًا كبيرًا من المقالات المتعلقة بالذكاء الاصطناعي في طبّ الأسنان قد نُشرت، لكن لا يزال من الصعب مقارنة بعضها ببعض من حيث تصميم الدراسة وتخصيص البيانات (أي مجموعات التدريب والاختبار والتحقّق من الصلاحيّة) وأداء النموذج (أي الدقّة والحساسية والنوعية).

يقوم أطباء الأسنان بتشخيص التسوّس من خلال الفحص البصري واللمسي أو بالفحص الشعاعي. ولكن اكتشاف الآفات في مرحلة مبكرة يمثل تحدّيًا عند وجود شقوق عميقة، وسطوح تماسية بينية ضيّقة، وآفات ثانوية. وبذلك، يُكتشف الكثير من الآفات في مراحل متقدّمة من تسوّس الأسنان، ممّا يؤدّي إلى صعوبة المعالجة وتعقيدها، مثل وضع تاج للسنّ أو معالجة قناة الجذر أو حتّى الزرع. ومع أنّ التصوير الشعاعي للأسنان (سواء أكان المناظر البانورامية أم المحيطية أم الرقيقة العَضّ bitewing) واستخدام المستكشف explorer (أو مسبار الأسنان) قد استُخدما على نطاق واسع، ويعدّان من الأدوات التشخيصية الموثوقة للغاية لكشف تسوّس الأسنان، لكنّ معظم التحرّي والتشخيص النهائي يميل إلى الاعتماد على خبرة الأطباء.



وبمناسبة الحديث عن دقة استخدام الأدوات التشخيصية للذكاء الاصطناعي لتقييم الأسنان في الصور الشعاعية، ومقارنة ذلك بقراءة الطبيب لهذه الصور، نسوق هنا دراسة قامت بها جامعة الملك سعود بن عبد العزيز للعلوم الصحيّة عن تحرّي حالة جذور الأسنان في الصور الشعاعية<sup>(1)</sup>. لقد تبين في هذه الدراسة أن نمطاً من الخوارزميات العصبية العميقة، يُطلق عليه اسم VGG-16، مفيدٌ في كشف فقدان العظم السنخي في الصور الشعاعية لها حول ذرى جذور الأسنان، وكشف شدّة هذا الفقدان. وتشير النتائج إلى أنّه يمكن للآلة أن تعمل بشكل أفضل بناءً على تصنيف الصور الشعاعية وخصائص التشخيص بها. ويتمثل الهدف في أن يكون نظام الكشف بمساعدة الحاسوب قادراً على كشف مشاكل اللثة وتحديد مراحلها.

سعت الدراسة إلى تطوير نظام كشف بمساعدة الحاسوب يعتمد على خوارزمية الشبكة العصبية التلافيفية العميقة convolutional neural network (CNN)، وإلى تقييم دقة هذا النظام ومنفعته في كشف انكماش أو نقص العظم

---

<sup>1</sup> Artificial intelligence (AI) diagnostic tools: utilizing a convolutional neural network (CNN) to assess periodontal bone level radiographically—a retrospective study, Alotaibi et al, BMC Oral Health (2022) 22:399, College of Dentistry, King Saud bin Abdulaziz University for Health Sciences, Riyadh, Saudi Arabia.



السنخي في الصور الشعاعية لما حول جذور الأسنان في المنطقة الأمامية للأقواس السنيّة. وبمعنى آخر، كان الهدف تقييم فائدة هذا النظام في تصنيف شدّة أو درجة فقدان العظام بسبب أمراض اللثة. جرت الدراسة على أكثر من ١٧٠٠ صورة قديمة داخل الفم لجذور الأسنان الأمامية، العلويّة والسفلية، تعود إلى نحو ١٦٠٠ مريض بالغ بجامعة الملك سعود بن عبد العزيز للعلوم الصحيّة. وبإدماج عناصر البناء العصبي العميق السابق التدريب والشبكة الذاتية التدريب، جرى استخدام الصور الشعاعية لتحديد الخوارزمية العصبية المثلّي. كما حُسبت الدقة التشخيصية ودرجة التنبؤ والمضبوطة ... إلخ.

فُسّمت مجموعة بيانات الصور الشعاعية لما حول جذور الأسنان بشكل عشوائي بحسب الغاية من التصوير. وباستخدام خوارزمية التعلّم العميق، بلغت الدقة التشخيصية لتصنيف الحالة الطبيعية مقابل الحالة المرضية ٧٣٪. و ٥٩٪ بالنسبة لتصنيف مستويات شدّة فقدان العظمي. كشفت هذه الدراسة أنّ خوارزمية الشبكة العصبية التلافيفية العميقة من نمط VGG-16 كانت مفيدة في كشف فقدان العظم السنخي في الصور الشعاعية لما حول ذروة جذور الأسنان، ولها قدرة مُقنّعة على اكتشاف درجة فقدان العظمي في الأسنان. وبذلك، تشير النتائج إلى أنّه يمكن لآلة أن تعمل بشكل أفضل بناءً على تصنيف

الصور الشعاعية الملتقطة وخصائصها لوضع التشخيص. ومع التحسين الإضافي لمجموعة بيانات صور اللثة، يُتوقع أن يصبح نظام الكشف بمساعدة الحاسوب إجراءً فعالاً ومُجدياً لتعزيز كشف أمراض اللثة وتحديد مراحلها.

في طبّ الأسنان الجراحي أو جراحة الأسنان **operative dentistry**، تجري بحوث غايتها كشف تسوّس الأسنان وكسور الجذور العمودية والآفات القميّة **apical lesions** وتقدير مقاسات الحيز اللبّي وتقييم تآكل الأسنان. في الصورة الشعاعية ذات البُعدين، يكون لكلّ بكسل من الصورة ذات التدرّج الرمادي كثافة، أي سطوع، ويمثّل ذلك كثافة البنية أو العنصر. ومن خلال تعلّم الخصائص المذكورة آنفاً، يمكن لخوارزمية الذكاء الاصطناعي أن تتعلّم النموذج وتتنبأ بأقسام السنّ وتكتشف التسوّس، وما إلى ذلك. لقد أظهرت نتائج الدراسات (كما في الدراسة السابقة) أنّ الذكاء الاصطناعي كان أكثر فعالية وأقلّ تكلفة في التشخيص من أطباء الأسنان.

يعدّ التهاب اللثة ودواعم الأسنان من أكثر أمراض الأسنان انتشاراً، وإذا لم يُعالج، يمكن أن يؤدي إلى تقلقل الأسنان وربّما فقدانها. وللوقاية من التهاب اللثة الشديد، لا بدّ من كشفه ومعالجته مبكّراً. في الممارسة السريرية، يعتمد تشخيص أمراض اللثة على التقييم بالمسبار وتقدير الانحسار اللثوي.



ويُستخدم مؤشر تحرّي أو استقصاء اللثة (PSI) periodontal Screening Index عادةً لتحديد حجم فقدان السيري لارتباط الأسنان أو دواعمها. ولكنّ هذا التقييم السيري لا يتمتّع بموثوقية عالية، فاستقصاء أمراض اللثة لا يزال يعتمد على خبرة أطباء الأسنان الذين قد لا يلاحظون فقدان الموضع لأنسجة اللثة. لقد استُخدم الذكاء الاصطناعي في أمراض اللثة ودواعم الأسنان periodontics لتشخيص المشكلات اللثوية وتصنيفها. وبالإضافة إلى ذلك، هناك أنظمة خوارزمية لكشف فقدان العظام حول الأسنان في الصور الشعاعية البانورامية، والأسنان المعرضة للخطر.

أمّا بالنسبة لدور الذكاء الاصطناعي في تقويم الأسنان orthodontics، فقد كان التخطيط لهذه المعالجة يعتمد على خبرة الاختصاصي وتفضيلاته عادة. وبما أنّ لكلّ مريض واختصاصي تقويم الأسنان ما يناسبهما، فإنّ المعالجة تُحدّد بالتوافق بين الجانبين. يتطلّب الأمر في العادة الكثير من الجهد من قبل اختصاصي التقويم لتشخيص سوء الإطباق، حيث يجب وضع عددٍ من المتغيّرات في الحسبان عند تحليل قياسات الرأس، ولذلك يصعب تحديد الخطّة العلاجية والتنبؤ بنتائجها. لذلك، يعدّ الذكاء الاصطناعي أداة مثالية لحلّ مشكلات تقويم الأسنان، فقد اشتملت تطبيقاته على التخطيط العلاجي والتنبؤ



بنتائجها، مثل محاكاة التغيرات في مظهر صور الوجه قبل المعالجة وبعدها، حيث يمكن رؤية تأثير المعالجة بتقويم الأسنان والنماذج الهيكلية والمعالج التشريحية في مخططات الرأس الجانبية بوضوح بمساعدة خوارزميات الذكاء الاصطناعي، مما يساعد بشكل كبير على التواصل بين المرضى وأطباء الأسنان.

تمثل باثولوجيا الفم والوجه والفكين **oral and Maxillofacial Pathology** تخصصًا يتفحص الحالات التشريحية المرضية ويعمل على تشخيص الأمراض في منطقة الفم والوجه والفكين، وأخطر هذه الأمراض سرطان الفم، حيث تشير إحصائيات منظمة الصحة العالمية إلى أن هناك أكثر من ٦٥٧ ألف مريض تُشخّص إصابتهم بسرطان الفم على مستوى العالم كل سنة، ومن بينهم أكثر من ٣٣٠ ألف وفاة. لقد جرى بحث دور الذكاء الاصطناعي بشكل خاص لكشف الأورام والسرطانات بالاعتماد على الصور الشعاعية والمجهرية والتصوير بالموجات فوق الصوتية، والتعرّف إلى التوضّعات الشاذة أو غير الطبيعية من خلال الصور الشعاعية بواسطة الذكاء الاصطناعي، مثل الأعصاب في تجويف الفم، وعضلات اللسان المتداخلة، والغدد النكفية والغدد اللعابية. وقد ثبت أن بعض الخوارزميات تمثل أداة مناسبة للكشف التلقائي عن السرطان. ومن الجدير بالذكر أن الذكاء

الاصطناعي يسهم في تدبير انشقاق الشفة والحنك من خلال التشخيص والتنبؤ بالمخاطر وجراحة تقويم العظام قبل الجراحة وتقييم الكلام.

يعدّ الاكتشاف والتشخيص المبكران لمختلف الآفات المخاطية أمراً ضرورياً لتصنيف الحميدة منها والخبيثة. ولكن بعض هذه الآفات تبدو متشابهة في المظهر، مما يستلزم التشخيص من خلال الخزعة والصور الشعاعية. يقوم اختصاصيو الباثولوجيا بتشخيص الأمراض من خلال مراقبة شكل العينات الملونة على شرائح زجاجية باستخدام المجهر، وهذا عمل شاقّ يتطلب الكثير من الجهد؛ فمن بين جميع الخزعات المفحوصة، وُجد أن نحو ٢٠٪ منها فقط كانت أوراماً خبيثة. وبذلك، يمكن أن يكون الذكاء الاصطناعي أداة مناسبة لمساعدة اختصاصيي الباثولوجيا على هذه المهمة.

في مجال التعويضات السنية **prosthodontics**، تتضمن عملية المعالجة النموذجية لتحضير التاج السني إعداد الأسنان لهذه المرحلة، وأخذ الطبعة، وتشذيب القوالب، وتصميم الحشوة، والتصنيع والتجريب والتثبيت. يتجلى تطبيق الذكاء الاصطناعي في التعويضات السنية بشكل أساسي في تصميم الحشوة أو الطعم؛ وقد أدّى ذلك إلى زيادة كبيرة في كفاءة عملية التصميم من خلال استخدام مكتبة الأسنان لتصميم التيجان، لكن لا يزال الأمر بحاجة إلى



مزيد من التطوير من خلال التعلّم من تصاميم الفنّين والتدريب عن إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد للأسنان.

وبصرف النظر عن التعويضات السنية الثابتة، فإنّ التصميم في التعويضات السنية المتحرّكة يعدّ أكثر صعوبة، حيث يستلزم وضع المزيد من العوامل والمتغيّرات في الحساب. لا تتوفّر اليوم خوارزمية تعلّم آلي لغرض تصميم أطقم أو بدلات الأسنان المتحرّكة. لذلك، تركّز خوارزميّات التعلّم الآلي الحالية بشكل أكبر على المساعدة في عملية تصميم هذا النمط من أطقم الأسنان، مثل تصنيف الأقواس السنية والتنبؤ بمظهر الوجه لدى المرضى فاقد الأسنان.

### الذكاء الاصطناعي في مجالات صحيّة أخرى

في طبّ العيون يمكن أن يصل الذكاء الاصطناعي لتصنيع مناظير عينية ذكيّة، تُغني عن المناظير التقليدية الحالية، حيث يصبح بمقدور المنظار أن يزوّد الطبيب بمعلومات مفصّلة عن حالة شبكية العين والأوعية فيها، ويقتصر دور الطبيب على توسيع الحدقة والتنقّل بالمنظار يدويّاً على قاع العين؛ وربّما يتطوّر الأمر إلى أن يكون المنظار الذي ثابتاً، حيث يجلس المريض أمامه ويتّخذ وضعية معيّنة لعينه في مواجهته، ويقرأ المنظار تفاصيل قعر العين من

خلال آلية تجوّل مناسبة على المنطقة المفحوصة.

وفي مجال طبّ الشيوخ يُؤمل بأن تُصنّع روبوتات قادرة على مساعدة كبار السنّ والعاجزين في شؤونهم الصحيّة اليومية، من تذكير بمواعيد الأدوية (على نسق أقوى من التطبيقات الحالية في الأجهزة والهواتف الذكية) إلى المساعدة في الحركة والنظافة الشخصية وإبلاغ الطوارئ عند الضرورة.

## الذكاء الاصطناعي في البحوث الطبيّة الحيوية

### البحوث السريرية

يبدو أنّ البحوث الطبيّة الحيوية تستفيد أكثر من الحلول المستمدّة من أنظمة الذكاء الاصطناعي مقارنةً بالتطبيقات السريرية، حيث تُظهر التطوّرات الحديثة تطبيقاتٍ واعدةً للذكاء الاصطناعي في استحضار المعرفة السريرية؛ فمثلاً، تستخدم مصادر المعرفة الطبيّة السائدة بالفعل خوارزميّات التعلّم الآلي لتصنيف نتائج البحوث، بما في ذلك الخوارزميّات التي تتعلّم باستمرار من سلوك أبحاث المستخدمين. ومن الأمثلة على ذلك محرّك الأبحاث PubMed، وهو منصّة تُستخدم على نطاق واسع في الأدبيّات الطبيّة الحيوية. تقوم طرائق الذكاء الاصطناعي التي تعتمد على منصّة PubMed لتحسين وظيفة البحث الخاصّة بها على التعلّم الآلي وخوارزميات معالجة اللغة الطبيعيّة التي تُدرّب على النماذج الموجودة



في أنشطة المستخدمين من أجل تعزيز بحثهم. ولنضرب مثلاً على ذلك، تمثّل طريقة «أفضل تطابق أو ملائمة Best Match» خوارزمية بحث جديدة لمنصّة PubMed، تعمل على الاستفادة من ذكاء مستخدمي PubMed وتكنولوجيا التعلّم الآلي المتطوّرة كبديل للترتيب التقليدي للفرز بحسب التاريخ. يجري تدريب هذه الخوارزمية باستخدام عمليّات البحث السابقة للمستخدمين مع العشرات من إشارات (أو عوامل) تصنيف التطابق أو الملاءمة، وأهمّها الاستخدام السابق للمقالة وتاريخ نشرها ودرجة ونمطها وهذا التطابق أو الملاءمة. لقد حسّنت هذه الخوارزمية بشكل كبير إيجاد المعلومات المطلوبة عبر الترتيب الزمني الافتراضي في PubMed، وزادت من استخدام البحث ذي الصلة بمرور الوقت. ومن خلال الاستفادة من بعض التقنيّات، كاستخراج المعلومات والتلخيص التلقائي لها والتعلّم العميق، يتّصف الذكاء الاصطناعي بالقدرة على تحويل المقالات السردية الثابتة إلى أدلّة سريرية نوعية أو خاصّة بالمريض.

ويمكن استثمار الذكاء الاصطناعي في تصحيح المغالطات الصحيّة أو الشائعات المناوئة للطب والصحة، ومن ذلك ما جرى قبل بضعة سنوات بالنسبة للقاح كوفيد ١٩؛ حيث أشارت دراسة حديثة<sup>(١)</sup> إلى أنّ ChatGPT يمكن أن

<sup>1</sup> See: Chatting with ChatGPT to learn about safety of COVID-19 vaccines – A perspective, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21645515.2023.2235200>.



يساعد على زيادة أخذ اللقاحات من خلال فضح الخرافات بشأن سلامتها؛ فقد سأل معدّو الدراسة «روبوت الدردشة chatbot» الذي يعمل بالذكاء الاصطناعي عن أكثر ٥٠ سؤالاً شيوعاً فيما يتعلّق بلقاح كوفيد-١٩؛ وتضمّنت الأسئلة استفساراً مبنياً على أساطير وقصص مزيفة، مثل أنّ أخذ اللقاح يسبّب مرضاً مزمنًا. أظهرت النتائج أنّ ChatGPT سجّل ٩ من أصل ١٠ وسطياً من حيث الدقّة، وكانت بقية النتائج صحيحة، ولكنّها تركت بعض الثغرات في المعلومات المقدّمة، بحسب الدراسة. وبناءً على هذه النتائج، قال الذين أعدّوا الدراسة إنّ أداة الذكاء الاصطناعي هي «مصدر موثوق للمعلومات غير التقنية لعامة الناس»، لاسيّما من ليس لديهم معرفة علمية متخصصة. ولكنّ هذه النتائج سلّطت الضوء على بعض المخاوف بشأن التكنولوجيا، مثل تغيير ChatGPT لإجاباته في بعض المواقف أو الظروف. ذكر الباحثون أنّ ChatGPT يقوم - بشكل عام - ببناء سرد يتماشى مع الأدلّة العلمية المتاحة، ويفضح المغالطات المتداولة على وسائل التواصل الاجتماعي. وبذلك، قد يسهل زيادة استخدام اللقاحات. ويمكن لمنصّة ChatGPT اكتشاف الأسئلة المزيّفة المتعلّقة باللقاحات والتطعيم. ومع أنّنا نقرّ بأنّ الإصدار الحالي من ChatGPT لا يمكن أن يحلّ محلّ دليل خبير أو علمي، لكنّ النتائج تشير إلى أنّه



يمكن أن يكون مصدرًا موثوقًا للمعلومات عند العامّة. لقد ارتأت منظّمة الصحة العالمية سنة ٢٠١٩ أنّ التردّد في أخذ اللقاحات يقع ضمن أكبر ١٠ تهديدات للصحة العالمية؛ ففي أثناء جائحة فيروس كورونا المستجدّ، أسهمت المعلومات الخاطئة المنتشرة عبر وسائل التواصل الاجتماعي في عدم ثقة الجمهور بالتطعيم ضد هذا الفيروس.

### التجارب السريرية

تُعدّ التجارب المعشّاة ذات الشواهد (التجارب العشوائية المنضبطة) randomised controlled trials أقوى طريقة لتقييم مخاطر أي مداخلّة طبيّة ومنافعها. ولكنّ إجراء تجربة معشّاة ذات شواهد ليس ميسّرًا دائمًا؛ حيث تشتمل الصعوبات الشائعة التي تتسبّب في عدم نجاحها على سوء اختيار المرضى وعدم كفاية التوزيع العشوائي ونقص حجم العيّنة وسوء اختيار نقاط النهاية أو النتائج. يمكن تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي لاختيار المشاركين في الدراسة بشكل أفضل باستخدام الأساليب الإحصائية المتقدّمة، وتقييم النتائج بطريقة تعتمد على البيانات. سيؤدّي تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى تنفيذ أكثر كفاءة وقوّة إحصائية أكبر من تلك المتوقّعة من التجارب المعشّاة ذات الشواهد التقليدية.

وبالإضافة إلى عملية الاختيار الفعّالة، يعدّ وجود حجم عيّنة كبير بما فيه الكفاية أمرًا بالغ الأهمية للتمكّن من اكتشاف الفوارق المهمّة إحصائيًا بين المجموعات. يتطلّب الكثير من التجارب المعشّاة ذات الشواهد حجمًا كبيرًا من العيّنة، لأنّ تأثير المعالجة المقصودة يمكن أن يكون صغيرًا. يتمتع الذكاء الاصطناعي بالقدرة على اختيار المرضى المناسبين لإجراء هذه التجارب؛ كما قد يتيح إجراء قياس كمّي أكثر حساسية لنتائج الدراسة الرئيسية مقارنةً بالطريقة التي تُقاس بها عادةً، وسيعمل على تحسين هذه التجارب واستكشافها بشكل كبير في المستقبل. ولكنّ تعزيز التعاون والتآزر بين الأطباء والباحثين وأهل الصناعة ضروري لاستخدام خوارزميّات الذكاء الاصطناعي إلى أقصى إمكاناتها في التجارب المعشّاة ذات الشواهد.

### الطبّ الشخصي أو الدقيق

الطبّ الشخصي personalised medicine أو الدقيق precision medicine هو مجال متقدّم يحمل إمكانات كبيرة لتطبيقات الرعاية الصحيّة في المستقبل على مستوى التنبؤ والتشخيص والمعالجة. يسمح هذا الفرع من الطبّ بالمعالجة التي تستهدف مجموعات معيّنة مختلفة من المرضى، ممّا يمكن من تخصيصها وملاءمتها للمرضى الأفضل استجابة، مع تجنّب غير المستجيبين



الذين قد يُصابون بآثارها الضارة. تعدّ البيانات التي تسمح بتحديد مجموعة المرضى المناسبين وربطها بالحالات الكامنة أمرًا بالغ الأهمية في البحث عن الطبّ الشخصي.

يعتمد الطبّ الشخصي بقوة على الفهم العلمي لكيفية جعل الخصائص الفريدة للمريض، مثل السمات الجزيئية والوراثية، التي تجعله عرضة للأمراض وحساسًا للتدابير العلاجية. لقد أمكنَ تحديدُ مئات الجينات المساهمة في الأمراض لدى الإنسان، كما استُخدم التغير الوراثي لتمييز الاستجابات الفردية للمعالجات.

توسّع المفهوم الأساسي للطبّ الشخصي ليشمل خصائص أخرى وميزات سريرية فردية، ويشكّل في نهاية المطاف مفهومًا جديدًا يُسمّى «الطبّ الشخصي الموسّع» (extended personalised medicine). وطُوّر هذا الأخير من مصادر إضافية للمعلومات، مثل المصادر السريرية والبيانات الديموغرافية والاجتماعية ومعايير أسلوب الحياة (ساعات النوم والنشاط البدني والعادات الغذائية ... إلخ) والظروف البيئية، وما إلى ذلك.

تعرّز أدوات الذكاء الاصطناعي التقدّم المحرّز في الطبّ الشخصي من خلال تقييم المنفعة السريرية لأساليب البحث المختلفة وأنماط البيانات



المتعدّدة. ويشكّل التنبؤ بالأهداف الدوائية ونَمذجة الشبكة الاستقلابية وتحديد أنماط الوراثة السكّانية بعضًا من التطوّر الحديث في هذا المجال، الذي يعتمد على النمذجة الحسابية. ولكن، للتأثير بشكل حقيقي في الرعاية الروتينية، يجب أن تمثّل البيانات تنوّع مجموعات المرضى. ولذلك، فإنّ التحوّل نحو نظام الطبّ الشخصي القائم على البيانات سيكون له آثار بعيدة المدى في المرضى والأطباء وصناعة الأدوية.

لقد أمكن التغلّب على العوائق الكبيرة أمام تطوير الطبّ الدقيق أو الشخصي والتكاليف والتكنولوجيا. وقد كان لإحدى طرائق الذكاء الاصطناعي، أيّ التعلّم الآلي، دورٌ بارز في هذا السيناريو. تسعى هذه الطرائق، بشكل عام، إلى تحديد النماذج في مجموعات البيانات، ويمكن مثلاً تطبيقها في تطوير الأنماط التنبؤية لميل الفرد إلى الإصابة بمرض ما أو الاستجابة للمعالجة.

والأكثر من ذلك أنّ الكثيرين ينظرون إلى الذكاء الاصطناعي على أنّه أداة بحثية مهمّة في علم الوراثة والجينات؛ وهذا أمر منطقي للغاية إذا عرفنا أنّنا لا نزال لا نعرف سوى القليل عن وظائف الجينوم البشري، وكيف تنعكس على صحتنا ووظائف أجسامنا، رغم الزيادة التي تحقّقت حديثاً في سلسلة الجينات، وحتىّ تعديلها.

قال جون وانغ Jun Wang، رئيس شركة BGI الصينية المتعددة الجنسيات، في تصريح لمجلة نيتشر Nature: "الحياة رقمية، مثلها مثل برنامج حاسوبي؛ فإذا كنت تريد فهم نتائج البرمجة، وكيف تؤدي الجينات إلى الأنماط الظاهرية phenotypes، فأنت بحاجة إلى نظام ذكاء اصطناعي لاكتشاف القواعد". وهو بذلك يحمل رؤية تضع الذكاء الاصطناعي كأحد الموارد الرئيسية للمكتشفات الجديدة في علم الجينوم، وهو مجال علم الوراثة الذي يدرس جميع جينات الكائن الحي وكيفية تنظيمها. لكن أحد الأسئلة الأولى التي يجب طرحها للناس هو: ما هي أنواع التقدم التي يمكن أن يحققها الجمع بين الذكاء الاصطناعي وعلم الجينوم في السنوات القادمة؟

سُلط الضوء على الكثير من المشاريع البحثية العامة والخاصة للحصول على معرفة جديدة بأصول أنماطنا الظاهرية. لقد أفرزت هذه المشاريع مقادير كبيرة من البيانات الجينومية والفيزيولوجية والصحية والبيئية وبيانات أسلوب الحياة، وتُستخدم الآن لتطوير خوارزميات الذكاء الاصطناعي.

وبالإضافة إلى ذلك، يجب أن يخوض الذكاء الاصطناعي في مستقبل الطب الوقائي أيضًا؛ فلا جدال في أهمية الكشف المبكر عن الأمراض، إمّا لتحسين السيطرة عليها أو لزيادة فرص الشفاء. والآن لتتخيل إمكانية اكتشاف الواسمات

الجينية genetic markers المسؤولة عن كشف الإصابة بالسرطان من خلال اختبار دموي بسيط، فهذه واحدة من الأفكار الكبيرة اليوم وراء ما يُسمّى **الخزعة السائلة**<sup>(١)</sup> *liquid biopsy* التي تعتمد على تكنولوجيا التحليل. إنّ القدرة على إيجاد تلك الواسمات على المستوى السكاني والشخصي بدقة طبّية وإحصائية سوف يتطلّب طرائق تقنيّة مثل التعلّم الآلي وقدرته على المقارنة على نطاق واسع.

### اكتشاف الأدوية

يُنْفَق سِتّة إلى سبعة في المائة من الناتج المحليّ الإجمالي العالمي (٥, ٨ إلى ٩ تريليون دولار أمريكي) على الرعاية الصحيّة سنويًا، ويكلّف إدخال دواء جديد إلى السوق ما يزيد عن مليار دولار أمريكي، ويمكن أن يستغرق ذلك نحو ١٤ عامًا، منها ثلاث إلى ست سنوات في المراحل ما قبل السريرية عادة. إنّ النجاح في تطوير الأدوية (المحدّد بالمرحلة الأولى من التجارب

---

<sup>١</sup> الخزعة السائلة هي اختبار دموي يكتشف علامات الأورام السرطانية، بما في ذلك الخلايا السرطانية وحمضها النووي الوراثي DNA. يمكن للاختبارات الحالية المعتمّدة من إدارة الغذاء والدواء الأمريكية اكتشاف بعض أنواع السرطانات المتقدّمة والتنبؤ بالتشخيص ومساعدة مقدّمي الرعاية الصحيّة على اتّخاذ القرارات العلاجية.



السريّة للموافقة على الدواء) قليل جدًّا في جميع الفئات العلاجية في جميع أنحاء العالم، فعلى سبيل المثال، بلغ معدّل إخفاق أدوية السرطان خلال التجارب السريّة ٩٧٪؛ وهذا ما يجعل الاستثمار في هذه الصناعة محفوفًا بالمخاطر، وسببًا في تضخيم أسعار الأدوية للتعويض عن ذلك.

ولكن، مع رَقْمَنَة digitization السجّلات الطّبيّة، سوف تتمكّن التجارب السريّة والطبّ الشخصي أو الدقيق precision medicine واكتشاف الأدوية والسياسة الصحيّة من الاستفادة من الأساليب القائمة على البيانات. لقد تغيّرت آليّة اكتشاف الأدوية بشكل جذري على مدى العقد الماضي من خلال هذه الأساليب التحليلية الجديدة والتقدّم الحاسوبي. ومن هنا برز الاهتمام الكبير بتطبيق أساليب الذكاء الاصطناعي لتحسين المراحل المختلفة لاكتشاف الأدوية، بما في ذلك تصميم الجزيئات الجديدة وتحسينها وتصميم الأدوية القائم على البنية والتطوير قبل السريري والسريري. إنّ مجموعة من أدوات الذكاء الاصطناعي أحدثت ثورةً في كلّ مرحلة من مراحل عملية اكتشاف الأدوية، ممّا يوفرّ إمكانيات كبيرة لإعادة تشكيل سرعة الصناعة واقتصادياتها.

كثيرًا ما يطبّق مصمّمو الأدوية طرائق أو تقنيّات التعلّم الآلي والتعلّم العميق



لاستخلاص المعلومات الكيميائية من قواعد بيانات مركبة كبيرة، وتنسيق الأدوات اللازمة لاكتشاف أو تصنيع أدوية جديدة واختبار تطبيقاتها السريرية. ومن الأمور المهمة في هذا التحول تطوير أساليب الذكاء الاصطناعي لتنفيذ النمذجة المبتكرة بناءً على الطبيعة الكبيرة لمجموعات البيانات الدوائية. ونتيجة لذلك، باتت أساليب الذكاء الاصطناعي التي جرى تطويرها حديثاً تقدّم حلولاً جديدة لتعزيز فعالية الأدوية المرشحة وتقييم سلامتها بناءً على نمذجة البيانات الضخمة وتحليلها.

يمكن أن تسهّل هذه النماذج من الذكاء الاصطناعي فهمًا أكبر لمجموعة واسعة من أنماط الأدوية والنتائج السريرية التي قد تقدّمها فمثلاً، قام الباحثون منذ مدة قريبة بتدريب خوارزمية التعلم العميق للتنبؤ بالنشاط المحتمل للجزيئات المضادة للميكروبات، حيث تفحصت أكثر من مليار جزيء، واختبرت فعلياً أكثر من ١٠٧ ملايين، وحددت ثمانية مركّبات مضادة للجراثيم كانت بعيدة بنوياً عن المضادات الحيوية المعروفة. يحمل الذكاء الاصطناعي إمكانيات كبيرة كوسيلة لتقييم المركّبات بحسب قدراتها البيولوجية وسميّتها، وللتنبؤ بأعداد كبيرة من المركّبات الجديدة.

يتكوّن مسار اكتشاف الأدوية عادة من عدّة مراحل. وفي الاكتشاف القائم



على الهدف، تتمثّل الخطوة الأولى في تحديد أهداف جديدة *target identification*، مع وجود دليل على ارتباطها بالمرض، من ضمن مجموعة كبيرة من البروتينات في الجسم. يجري تحديد الجزيئات المتفاعلة المحتملة عبر تحرّ عالٍ الإنتاجية لمكتبات المركّبات الخاصّة بهذه الأهداف. كما يجري تحسين المركّبات للحصول على خصائص دوائية مفضّلة، واختبارها في تجارب ما قبل سريرية وسريّة، والحصول على موافقة إدارة الغذاء والدواء في الحالة المثالية. يمكن أن تستفيد جميع مراحل اكتشاف الأدوية من الذكاء الاصطناعي، كالنماذج التوليدية *generative models* لتصميم جزيئات تخليقيّة جديدة، والتعلّم المعزّز لتحسين خصائص الجزيئات في اتّجاه معيّن، والشبكات العصبية البيانية *graph neural networks* للتنبؤ بالعلاقات أو الروابط بين الأمراض والأدوية وإعادة استخدام الأدوية، الاستجابة للدواء. كما يمكن استخدام معالجة اللغة الطبيعية *natural language processing* لإيجاد الأدوية عن طريق التنقيب في الأدبيّات العلمية وأتمتة خطوات موافقة إدارة الغذاء والدواء.

غالبًا ما يكون التنبؤ بالبنى الثلاثية الأبعاد للبروتينات المستهدفة المحتملة، من خلال تسلسل الحموض الأمينية، ضروريًا لاكتشاف الأدوية؛



وقد حققت أنظمة الذكاء الاصطناعي نجاحًا كبيرًا في هذا المجال في الآونة الأخيرة. وبما أن تطبيقات اكتشاف الأدوية تركز على البنى الثلاثية الأبعاد للجزيئات (البروتينات والـ DNA والرنا RNA والأدوية والعقاقير) وتداخلاتها، فإن الذرة هي الوحدة الأساسية لهذه البنى، ويمكن النظر إليها «كنمط من بيانات التعلم الآلي».

كان التحري أو الاستقصاء التجريبي العالي الإنتاجية، والكيمياء التوافقية، وغيرهما من الأساليب التقنية هي الخيارات الرئيسية لإنشاء كيانات كيميائية جديدة ذات ملامح نوعية مرغوبة؛ ولكن تطبيقات الذكاء الاصطناعي لديها الآن القدرة على أن تكون أفضل من الخبراء البشريين.

وبما أن الحديث هنا هو الأدوية؛ فلا بد من التطرق إلى الصيدلة؛ فهل بات انتهاء عمل الصيدلة والصيدليات قريبًا في ظل ثورة الذكاء الاصطناعي؟ ليس من باب الأمنيات، بل بحكم الواقع الجديد؛ حيث يمكن استحداث صرّافات كبيرة مثل صرّافات النقود؛ حيث يدخل الشخص الوصفة إلكترونيًا إلى جيب أو مكان مخصص في الصرّافات الدوائية عبر بطاقة خاصة بالمريض أو يدخل رقم أو كود الوصفة، فيُخرج له الأدوية المطلوبة بأسمائها التجارية التي وصفها الطبيب، أو يُدرج له البدائل قبل صرفها إن لم توجد الأدوية الموصوفة. وفي



حال لم يحتوِ الصراف على الدواء المطلوب بسبب نفاذه، يمكن أن يُدرج له الصرّافات التي تحتوي على ذلك الدواء من خلال شبكة إلكترونية جامعة. كما قد يصل الذكاء الاصطناعي الصيدلاني إلى تخصيص صرّافات للأدوية بحسب الحالة المرضية، فتكون هناك صرّافات للأدوية القلبية وأخرى للأدوية العصبية وثالثة للمسكّنات وما إلى ذلك. ولكن لا بدّ من إيجاد آلية ناظمة تمنع سوء استخدام بعض الأدوية وصرف الأدوية الخاصّة (كالمهدّئات والمنوّمات والمسكّنات الأفيونية ... إلخ). وقد يشتمل ذلك على ضرورة وصف أدوية أخرى، كالأدوية العضلية والوريدية، من الطبيب أو الصيدلاني حصراً.

كما يمكن تخصيص صرّافات للأدوية التي تُعطى من دون وصفة طبيّة؛ وتكون كل تلك الصرّافات مربوطة بالحساب البنكي للشخص لحسم التكلفة. والأمر مفتوح على احتمالات وأفكار أخرى بوجود خوارزميات الذكاء الاصطناعي وطرائقه.

### الذكاء الاصطناعي في إدارة الرعاية الصحيّة

تتميّز أنظمة الرعاية الصحيّة بسير عمل إداري كثيف مع مجموعة واسعة من الجهات الفاعلة والمؤسّسات، بما في ذلك المرضى (مثل إدارة الفواتير) والمهنيين الصحيين ومرافق الرعاية الصحيّة ومنظّماتها (مثل تدفّق



المرضى<sup>(١)</sup> ومرافق التصوير الطّبيّ والمختبرات (مثل سلسلة التوريد للمواد الاستهلاكية) والصيّدليات والشؤون المالية والإدارية؛ فهناك في مرافق الرعاية الأولى مثلاً الكثير من مجالات الاهتمام المحتملة ضمن هذا العبء الإداري الكثيف، ويشتمل ذلك على الوقت المستغرق في استرداد التكاليف المالية وإدخال البيانات في مختلف أنظمة المعلومات القائمة على الممارسة غير المتكاملة ومعالجة المعلومات من المستشفيات ومقدّمي الخدمات الخارجية الآخرين ومساعدة المرضى على التنقّل في نظام صحيّ مجزأ أو متفاصل.

لقد تبيّن في إحدى الدراسات أنّ أكثر من ٥٠٪ من وقت الممارسة يُنفق على الأسلوب البيروقراطي في العمل، مع أنّه يمكن تجنّب معظم ذلك؛ حيث يستطيع الذكاء الاصطناعي أداء هذه المهمّات الروتينية بطريقة أكثر كفاءة ودقّة وإنصافاً. ولكن، مع أنّ استخدام الذكاء الاصطناعي في الممارسات الإدارية يجعل الأخطاء في هذه الأنشطة أقلّ خطورة من الأخطاء في البيئة

---

<sup>١</sup> يمكن أن تكون تطبيقات الذكاء الاصطناعي حاسمة في تنظيم تدفق المرضى؛ فعلى سبيل المثال، بعدّ عدم توفّر الأسرة سبباً مهماً لإلغاء العمليات الجراحية؛ ولكنّ هذا خطأ إداري يمكن تجنّبه، حيث تحدث هذه المشكلة عادةً، وهي ترتبط بالتأخّر في الخروج من الجناح السريري.

السريّة، غير أنّ خطرَ القرصنة وانعدام الخصوصية والأمان لا يزال قائماً.

## الذكاء الاصطناعي في الصحة العامّة والعالمية

### الصحة العامّة

للصحة العامّة عدّدٌ من التعريفات، ولكنّ أحد التعريفات المُستخدمة عادة هو أنّها "علم وفنّ الوقاية من الأمراض وإطالة الحياة وتعزيز الصحة من خلال الجهود المنظّمة والاختيارات المستنيرة للمجتمع والمنظّمات والقطاعين العام والخاص والمجتمعات والأفراد"<sup>(١)</sup>. وهناك تجارب حاليّاً على حلول الذكاء الاصطناعي ذات الصلة في عدّة مجالات من الصحة العامّة، وسنطرح بعضها لاحقاً.

يمكن أن يساعد الذكاء الاصطناعي على تحديد نوعية التركيبة السكانية أو المواقع الجغرافية التي ينتشر فيها مرض ما أو سلوكيّات خطرة. كما أنّ نطاق حلول الذكاء الاصطناعي التي يمكنها تحسين مراقبة الأمراض كبير أيضاً؛ حيث يشير التصرّد الوبائي الرقمي digital epidemiological surveillance إلى تكامل التصرّد القائم على الحالات والأحداث (مثل الأخبار ووسائل الإعلام

<sup>1</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p12.

عبر الإنترنت، وأجهزة الاستشعار، والآثار الرقمية، والأجهزة المحمولة، ووسائل التواصل الاجتماعي، والمختبرات الميكروبيولوجية، والتقارير السريرية) لتحليل أساليب التحقق من التهديدات. وقد جرى تنفيذ ذلك لبناء أنظمة إنذار مبكر للأحداث الضارة المتعلقة بالعقاقير وتلوث الهواء.

لقد حقق الذكاء الاصطناعي بالفعل منجزات كبيرة في مجال الصحة البيئية والمهنية من خلال البيانات التي أنشئت بواسطة أجهزة الاستشعار (المُسْتَشْعِرَات) والروبوتات. يتمتع الذكاء الاصطناعي بالقدرة على تكثيف التواصل مع المرضى، فضلاً عن توجيه الخدمات لهم. ويتضمن أحد العناصر الأساسية لهذه المبادرات التواصل مع أعداد كبيرة منهم عبر مجموعة مختلفة من الأساليب الآلية القابلة للتطوير بسهولة، مثل الرسائل النصية وبوابات المرضى patient portals.

يجعلنا الذكاء الاصطناعي في أوج تطلعاته نفكر في تصنيع روبوتات أو واجهات طبية منشورة في المستوصفات والمراكز الصحية، تقوم مقام الطبيب العام، حيث يُدخِل المريض فيها بطاقة صحية خاصة تحتوي على معلومات شاملة عن كامل سجله أو تاريخه الطبي؛ ثم يكتب على شاشة الروبوت ما يعانیه من شكوى صحية حالية، فيسأله الجهاز عن بعض الأشياء،

وربّما يطلب منه وضع يده أو إصبعه على حسّاس ما للحصول على معلومات آنية، وقد يكون موصولاً بكمّ لقياس الضغط، فيصف له الأدوية المطلوبة أو يوجّه إلى الطبيب المختصّ. وقد لا يستلزم الأمر بعد ذلك سوى أن يتحقّق الطبيب من التشخيص والأدوية بعد أن تظهر لديه على شاشة متّصلة بالروبوت تضمّ كل ما أدخله المريض فيه. كم سيوفّر ذلك من وقت وجهد؟! بل إنّ الروبوت المزوّد بخوارزميّات عن الأدوية والأمراض سيتجنّب عند وصف الأدوية المناسبة المداخلات الدوائية والمرضيّة التي قد يخطئها الطبيب أو تغيب عنه.

### الصحة العالمية

قد يوفرّ الذكاء الاصطناعي فرصاً لمواجهة التحدّيات والصعوبات الصحيّة في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسّط. وتشتمل هذه التحدّيات على النقص الحادّ في القوى العاملة الصحيّة وضعف أنظمة ترصد الصحة العامّة. ومع أنّ هذه التحدّيات لا تقتصر على هذه البلدان، لكنّها ذات أهميّة خاصّة في تلك البيئات، نظراً لمساهمتها في معدّلات الإصابة بالأمراض والوفيات؛ فعلى سبيل المثال، استكملت المداخلات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في بعض الحالات عملية اتّخاذ القرارات السريرية من

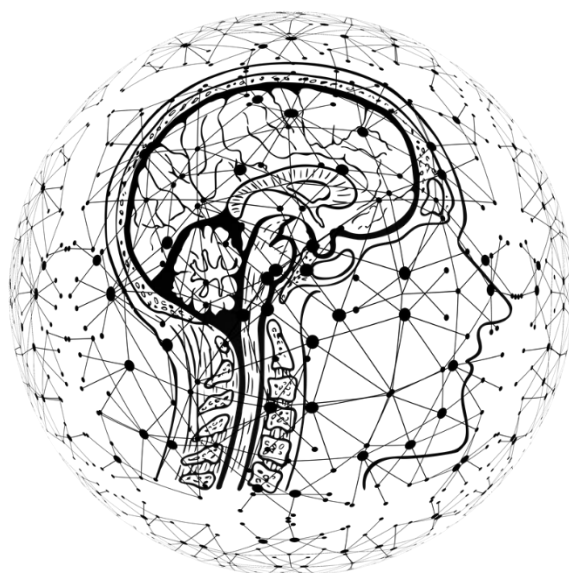




أجل تقليل عبء العمل الواقع على عاتق العاملين الصحيّين. كما ساعدت التطوّرات الجديدة في الذكاء الاصطناعي على التعرّف إلى فاشيّات الأمراض في وقت أبكر من الأساليب التقليدية.

لقد تناولت دراسات الذكاء الاصطناعي في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسّط أيضًا الصّحة العامّة من منظور أوسع، لاسيما السياسات والإدارة الصحيّة؛ وهي تهدف إلى تحسين أداء المرافق الصحيّة، ودعم تخصيص الموارد من منظور الأنظمة، والحدّ من الإصابات المرتبطة بالمرور، بالإضافة إلى مشكلات النظام الصحيّ الأخرى.

ولكن، مع أنّ الذكاء الاصطناعي يمكن أن يساعد على معالجة الكثير من المصاعب الصحيّة الحالية والناشئة في البلدان النامية، لكنّ عددًا من القضايا تتطلّب المزيد من الاستكشاف. وتتعلّق هذه القضايا بإيجاد مداخلات صحيّة نوعية معتمدة على الذكاء الاصطناعي وذات فعّالية وكفاءة الحقيقية. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تنفيذ المعايير التنظيمية الأخلاقية من أجل المساعدة على حماية مصالح المجتمعات المحليّة وتأمين احتياجاتها ومحاولة زيادة البحث والمشاركة المجتمعية. وأخيرًا، يتطلّب التدشين الناجح للكثير من أدوات الذكاء الاصطناعي في البلدان النامية الاستشارَ لتعزيز أنظمة الرعاية الصحيّة القائمة.



## الفصل السابع

# مخاطر الذكاء الاصطناعي

## في الرعاية الصحية

ذكر بعضُ الكتّاب والدارسين منذ سنين عدّة أنّ علَم الحوسبة قد يمارس تأثيراته الرئيسية من خلال تعزيز الوظائف الفكرية للطبيب بدرجة كبيرة، ولكنّه يمكن أن يجلّ محلّه في بعض الحالات. ولذلك، رغم الأمثلة الواعدة لحلول الذكاء الاصطناعي في مجال الرعاية الصحيّة، غير أنّ هناك مخاوف من أن يزيد من بطالة البشر ويشكّل أخطارًا عليهم ويُنتج عواقب سلبية بطريقة أو بأخرى، سريرية وتقنية واجتماعية وأخلاقية.

قد لا تؤدّي المخاطر إلى أضرار لدى المرضى والمواطنين فحسب، بل يمكنها أيضًا تقليل مستوى ثقة جانب الأطباء والمجتمع في خوارزميّات الذكاء الاصطناعي. ولذلك، ينبغي أن يكون تقييم المخاطر وتصنيفها وإدارتها جزءًا لا يتجزأ من عمليات تطوير الذكاء الاصطناعي وتقييمه ونشره. سوف نركّز في هذا الفصل على سبع فئات من المخاطر والتحديات التي يمكن أن ينطوي عليها استخدام الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحيّة.

## الضرر على المرضى بسبب أخطاء الذكاء الاصطناعي

مع أنّ توفّر البيانات والتعلّم الآلي في تقدّم مستمرّ، إلّا أنّ الحلول السريرية الموجهة بالذكاء الاصطناعي في مجال الرعاية الصحيّة قد تترافق مع حالات فشل أو إخفاق يمكن أن تؤدّي إلى مخاوف على مستوى السلامة لدى المستخدمين النهائيين لخدمات الرعاية الصحيّة؛ فعلى سبيل المثال قد تقود أخطاء خوارزمية الذكاء الاصطناعي الصحيّة إلى:

- نتائج سلبية كاذبة على شكل إخفاق أو إغفال في تشخيص بعض الأمراض الخطرة على الحياة.

- تقديم معالجات غير ضرورية بسبب نتائج إيجابية كاذبة (تصنيف الأشخاص الأصحاء بشكل غير صحيح على أنّهم مرضى بواسطة خوارزمية الذكاء الاصطناعي).

- مداخلات غير مناسبة بسبب التشخيص غير الدقيق، أو الترتيب غير الصحيح لأولويّة المداخلات في أقسام الطوارئ.

إذا افترضنا أنّ مطوّري الذكاء الاصطناعي قادرون على بلوغ مجموعات واسعة النطاق من البيانات ذات الجودة الكافية لتدريب طرائق الذكاء الاصطناعي لديهم، تبقى هناك ثلاثة مصادر رئيسية على الأقلّ للخطأ في تطبيقه في الممارسة السريرية.



أوّلًا، يمكن أن تتأثّر تنبّؤات الذكاء الاصطناعي بشكل كبير بالتشويش في البيانات المُدخلة خلال استخدام الأداة الذكيّة؛ فعلى سبيل المثال، من المعروف أنّ الفحص بالموجات فوق الصوتية (وهي طريقة التصوير الأكثر استخدامًا في الممارسة السريرية نظرًا لانخفاض تكلفتها وقابليّتها للنقل) معرّض للأخطاء؛ ويعتمد ذلك بشكل خاص على خبرة المشغل أو الفاحص وتعاون المريض والسياق السريري (مثل التصوير بالموجات فوق الصوتية في حالات الطوارئ). وحتى في البلدان الغنيّة، حيث يوجد مستوى عالٍ من التدريب الطّبي، من المتوقّع حدوثُ مثل تلك الأخطاء في بعض عمليات الفحص، ممّا يؤثّر في تنبّؤات الذكاء الاصطناعي اللاحقة.

ثانيًا، قد تظهر أخطاء في التصنيف بالذكاء الاصطناعي بسبب الانزياح في مجموعة البيانات، وهذه مشكلة شائعة في التعلّم الآلي تحدث عندما يتحوّل التوزيع الإحصائي للبيانات المستخدمة في الممارسة السريرية، ولو بشكل طفيف، عن التوزيع الأصلي لمجموعة البيانات المستخدمة لتدريب خوارزمية الذكاء الاصطناعي. وقد يكون هذا التحوّل أو الانزياح بسبب الفوارق في المجموعات السكّانية، أو بروتوكولات الاستحواذ بين المستشفيات، أو استخدام الآلات من شركات مصنّعة مختلفة؛ فقد أظهرت



إحدى الدراسات الحديثة أنّ نماذج الذكاء الاصطناعي المدربة على عمليات التصوير بالرنين المغناطيسي للقلب من ماسحتين أو مفراسين (مثل سيمنس وفيليس) تفقد الدقة عند تطبيقها على بيانات التصوير بالرنين المغناطيسي المكتسبة من أجهزة مختلفة (مثل جنرال إلكتريك و كانون).

وهناك مثال آخر على انزياح مجموعة البيانات في دراسة متعددة المراكز جرت في الولايات المتحدة، حيث قامت ببناء نظام ذكاء اصطناعي دقيق للغاية لتشخيص الالتهاب الرئوي استناداً إلى بيانات من مستشفيات. وعند الاختبار باستخدام بيانات من مستشفى ثالث، لوحظ نقص كبير في الدقة، ممّا يشير إلى تحييز محتمل خاص بالمستشفى. وفي مثال ثالث، طوّرت شركة ديب مايند DeepMind نموذجاً للتعلّم العميق جرى تدريبه على مجموعة بيانات كبيرة للتشخيص الآلي لأمراض الشبكية من خلال التصوير المقطعي بالتماس البصري<sup>(١)</sup> (optical coherence tomography (OCT)؛ ووجد أنّ نظام الذكاء الاصطناعي كان مرتباً عند تطبيقه على الصور التي استُحصِل عليها من جهاز مختلف عن الجهاز المستخدم للحصول على البيانات في مرحلة التدريب على

---

<sup>١</sup> يعدّ التصوير المقطعي بالتماس البصري وتصوير الأوعية المقطعي بالتماس البصري من اختبارات التصوير غير الباضعة، تُستخدم فيها الموجات الضوئية لالتقاط صور مقطعية لشبكية العين.



الذكاء الاصطناعي، مع زيادة خطأ التشخيص من ٥, ٥٪ إلى نسبة مذهلة بلغت ٤٦٪. إذًا، توضّح هذه الأمثلة التحدّيات الحالية التي تواجه عملية بناء أدوات الذكاء الاصطناعي قبل أن تنجز مستوى عاليًا من الدقّة، حتّى لو كانت البيانات غير متجانسة بين مختلف السكّان أو المستشفيات أو الأجهزة.

وأخيرًا، يمكن أن تكون التنبّؤات خاطئة بسبب صعوبة تكيّف خوارزميات الذكاء الاصطناعي مع التغيّرات غير المتوقّعة في البيئة والسياق اللذين طُبّقَت فيهما. ولتوضيح هذه المشكلة، نشير إلى أنّ الباحثين في كلّية الطب بجامعة هارفارد وصفوا مثالًا رائعًا في مجال الذكاء الاصطناعي للتصوير الطّبي؛ فلقد تخيّلوا نظام ذكاء اصطناعي جرى تدريبه على اكتشاف الظلال أو الملامح الكثيفة على صور الأشعّة السينية للصدر المرتبطة بالآفات في بعض الأمراض الرئيسية، مثل سرطان الرئة؛ ثمّ قاموا بإدراج عدد من السيناريوهات البسيطة التي قد يؤدّي فيها الذكاء الاصطناعي إلى تنبّؤات غير صحيحة، كأن يترك فني الأشعّة السينية موصلات جهاز تخطيط كهربية القلب اللاصقة على صدر المريض، أو إذا كان المريض يرتدي خاتم الزواج ويضع يده على صدره خلال الفحص. في هذين السيناريوهين، قد يخطئ نموذج الذكاء الاصطناعي في اعتبار هذه القطع الخادعة الدائرية من آفات الصدر المعروفة، ممّا يؤدّي إلى نتيجة إيجابية كاذبة.

هناك ثلاث طرائق على الأقلّ لتقليل احتمال التعرّض لأخطاء الذكاء



الاصطناعي وقضايا سلامة المرضى. بادئ ذي بدء، يجب تحديد الأساليب والإجراءات الموحّدة أو المعيارية لإجراء تقييم واسع النطاق، ثم الموافقة التنظيمية على حلول الذكاء الاصطناعي، لا سيّما فيما يتعلّق بقابليتها للتعميم على مجموعات سكانية جديدة وحساسيتها للضوضاء والضجيج. ثانيًا، يجب تصميم خوارزميّات الذكاء الاصطناعي وتنفيذها كأدوات مساعدة (بدلاً من أدوات مستقلّة تمامًا)، بحيث يبقى الأطباء جزءاً من سير العمل عند معالجة البيانات لاكتشاف الأخطاء المحتملة والتغيّرات السياقية والإبلاغ عنها، ومن ثمّ تقليل الضرر الذي قد يلحق بالمرضى.

كما ينبغي أن تكون حلول الذكاء الاصطناعي المستقبلية في مجال الرعاية الصحيّة ديناميكية ومرنة، أي يجب أن تكون مدجّة مع آليّات تضمن مواصلة التعلّم من السيناريوهات والأخطاء الجديدة عند اكتشافها في الممارسة. ولكنّ هذا الجانب الأخير سيظلّ بحاجة إلى درجة معيّنة من التحكّم البشري واليقظ لكشف المشكلات عند حدوثها؛ وهذا ما قد يزيد بدوره التكاليف ويقلّل المنافع الأوليّة للذكاء الاصطناعي. ويتطلّب الأمر أيضاً تطوير البنية التحتية والتقنيّات لتمكين التحديث المنتظم للذكاء الاصطناعي (استناداً إلى التدريب السابق والجديد)، وسيكون من الضروري تنفيذ السياسات التي تضمن دمج هذه الآليّات في إعدادات الرعاية الصحيّة.



## إساءة استعمال أدوات الذكاء الاصطناعي الطبيّة

كما هي الحال في معظم التقنيات والطرائق الصحيّة، هناك احتمال حدوث خطأ بشري وسوء استعمال الإنسان للذكاء الاصطناعي الطبيّ. وحتى عندما تكون خوارزميات الذكاء الاصطناعي المطوّرة دقيقة ومتينة، فإنّها تعتمد على الطريقة التي تُستثمر بها عملياً من قبل المستخدمين النهائيين، بما في ذلك الأطباء ومتخصّصي الرعاية الصحيّة والمرضى. يمكن أن يؤدي الاستعمال غير الصحيح لأدوات الذكاء الاصطناعي إلى تقييم طبيّ خاطئ واتّخاذ قرارات غير صائبة، ومن ثمّ إلى ضرر محتمل للمريض. ولذلك، لا يكفي أن يتمكن الأطباء وعامة الناس من استعمال أدوات الذكاء الاصطناعي الطبيّة، بل من الضروري أن يفهموا كيف ومتى يستخدمون هذه التقنيّات أيضاً.

هناك عدّة عوامل تجعل تقنيات أو طرائق الذكاء الاصطناعي الطبيّة الحالية معرّضة للخطأ البشري أو الاستخدام الخاطئ. ونُجمل تلك العوامل فيما يأتي:

- غالباً ما تُصمّم طرائق الذكاء الاصطناعي الطبيّ، وتُطوّر بواسطة علماء الحوسبة والبيانات ومشاركة محدودة من المستخدمين النهائيين والخبراء السريريين. ولذلك، ينبغي على المستخدم (أي الطبيب أو الممرضة أو مدير البيانات أو المريض) أن يتعلّم كيفية استخدام تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي



الجديدة والتكيف معها، مما قد يؤدي إلى تفاعلات وتجارب غير مألوفة ومعقدة. وبالمقابل، قد يواجه المستخدم السريري صعوبات في فهم خوارزمية الذكاء الاصطناعي وتطبيقها في الممارسة اليومية، وهذا ما يحد من استيعاب عملية اتخاذ قرارات مستنيرة، مع زيادة فرص الخطأ البشري.

وتتفاقم هذه المشكلة بسبب حقيقة أن برامج التدريب الحالية في الطب لم تُصمم بعد للذكاء الاصطناعي الطبي، وهي لا تزود الأطباء الجدد عمومًا بالمعرفة والمهارات في هذا المجال. لقد "أظهر استطلاع أُجري في أستراليا ونيوزيلندا سنة ٢٠٢١ م بمشاركة ٦٣٢ متدربًا طبيًا (في مجالات طب العيون والأمراض الجلدية والأورام) أن ٧١٪ من المشاركين يعتقدون أن الذكاء الاصطناعي سيحسن مجالهم الطبي، لاسيما من حيث تحسين استقصاء الأمراض وتسهيل الإجراءات الطبية والمهام الـرتبية"<sup>(١)</sup>.

ولكن معظم المشاركين أشاروا إلى أنهم لم يستخدموا تطبيقات الذكاء الاصطناعي مطلقًا في عملهم الطبي (أكثر من ٨٠٪)، بينما رأى ٥٪ فقط أن لديهم معرفة ممتازة في هذا المجال. "وفي دراسة أخرى أُجريت في

<sup>1</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p18.



المملكة المتحدة واستطلعت آراء ٤٨٤ طالباً من ١٩ كلية طب، وُجد أن أياً من الطلاب لم يتلقَ أي تدريس لنظام الذكاء الاصطناعي كجزء من المناهج الإلزامية<sup>(١)</sup>؛ ولوحظ مثل ذلك في الاتحاد الأوروبي بشأن معرفة المداخلات القائمة على التكنولوجيا واستخدامها في مجالات الرعاية الصحية الأخرى بين المهنيين الصحيين.

كما تنطبق هذه الأفكار بشأن تعليم الذكاء الاصطناعي على الأصحاء والمرضى، الذين سيصبحون مستخدمين نشطين لحلول الذكاء الاصطناعي الطبية في المستقبل؛ "فقد بينت دراسة أُجريت سنة ٢٠٢١ م في خمس دول (أستراليا والولايات المتحدة وكندا وألمانيا والمملكة المتحدة) على أكثر من ستة آلاف مواطن أن عامة الناس ليس لديهم وعي وفهم واضحان للذكاء الاصطناعي واستخدامه في الحياة اليومية"<sup>(٢)</sup>. في حين أن الشباب والرجال وخرجي الجامعات يميلون إلى أن يكونوا أكثر وعياً وفهماً للذكاء الاصطناعي،

<sup>1</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p18.

<sup>2</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p18.



لكنّ التقارير تشير إلى أنّ هذه الفئات أيضًا ليس لديها مستوى عالٍ من فهم الذكاء الاصطناعي.

- هناك سبب أو عامل آخر يقف وراء سوء الاستخدام المحتمل للذكاء الاصطناعي الطبي، ممّا قد يقود إلى ضرر لدى الأصحاء والمرضى، وهو انتشار تطبيقات الذكاء الاصطناعي الطبيّة التي يسهل الوصول لها؛ فعلى سبيل المثال، قامت شركاتٌ عدّة بتطوير تطبيقات تجارية للهاتف المحمول لكشف سرطان الجلد بهدف تمكين الأفراد من التقاط صورة لجلدهم وتحميلها من خلال التطبيق، وبعد ذلك يجري تحليلها وتقييمها مباشرة بواسطة خوارزمية الذكاء الاصطناعي الخاصّة بالتطبيق، ومن الأمثلة على هذه التطبيقات SkinVision و MelApp و SkinScan و SpotMole.

- مع أنّ الوصول لهذه الأدوات من قِبَل عامّة الناس سهل، لكن غالبًا ما تكون هناك معلومات محدودة عن كيفية تطوير خوارزميّات الذكاء الاصطناعي المعنّية والتحقّق من صحتّها، في حين لا يمكن إثبات موثوقيتها وفعاليتها السريرية دائمًا؛ فمثلاً، "أظهرت دراسة حديثة، قامت بتقييم ستّة تطبيقات للهواتف المحمولة خاصّة بكشف سرطان الجلد، افتقارها إلى الكفاءة وزيادة احتمال التحيز. واستنتج معدّو الدراسة أنّه لا يمكن الاعتماد على تطبيقات

الهواتف الذكية الحالية القائمة على الخوارزميات لكشف جميع حالات سرطان الجلد الميلانيني أو سرطانات الجلد الأخرى<sup>(١)</sup>. وبذلك فإنّ الإجراءات التنظيمية الحالية الخاصة بمنح بطاقة أمان وموثوقية للتطبيقات المستندة إلى الخوارزميات لا تقدّم حماية كافية للمستخدمين.

كما يُظهر البحث السريع أنّ الكثير من الأدوات عبر الإنترنت أو الهاتف المحمول، التي تعمل بالذكاء الاصطناعي، قد شملت مجموعة واسعة من المجالات الطبية، وتقدّم تجاريًا على أنّها للتشخيص ومراقبة الصحة، مثل Diagnostics.ai و DDXRX Doctor Ai و Symptomate و Achu Health. وفي حين أنّ هذه الخدمات يمكن أن تشكّل حلًا واعدًا للتشخيص عن بعد ومتابعة الأمراض، لكنّ انتشارها على نطاق واسع عبر الإنترنت يمكن أن يصبح مصدر قلق للصحة العامة، بالطريقة نفسها التي أسهمت بها صيدليات الإنترنت التي يسهل الوصول لها في إساءة استخدام الناس للأدوية.

- نظرًا لوجود الكثير من المكاسب المالية التي يمكن تحقيقها من خلال تطوير وتسويق التطبيقات الصحية على الإنترنت أو الهاتف المحمول

<sup>1</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p19.

المدعومة بالذكاء الاصطناعي، سيستمرّ هذا القطاع في جذب الكثير من اللاعبين والشركات الجديدة بمعايير مختلفة من الأخلاق والتميز والجودة. ومن الجدير بالذكر أنّ الشركات التي تقدّم أدوات الذكاء الاصطناعي الطبيّة القائمة على الويب أو الهاتف المحمول على مواقعها الإلكترونيّة تقرّ بأنّ منتجاتها الخاصّة بها ليست أجهزة طبيّة معتمدة، وغالبًا ما تشير شروط الخدمة إلى إخلاء المسؤولية. ولذلك، يمكن للمرء أن يجد بسهولة ما يدلّ على ذلك، مثل عبارة «صُمّم هذا الموقع ليقدم لك معلومات صحيّة عامّة، للأغراض التعليميّة فقط» أو «المعلومات الصحيّة المقدّمة على هذا الموقع والاستجابات التفاعلية ليس المقصود منها أن تكون نصيحة متخصصة، ولا تهدف إلى أن تحلّ محلّ استشارة طبيب مؤهل أو صيدلاني أو غيرهما من المتخصّصين في الرعاية الصحيّة». ولكن، قد لا ينتبه معظم المستخدمين بالضرورة إلى ما يدلّ على إخلاء المسؤولية ولا يقرؤون ذلك ويفهمونه، ومن ثمّ قد يعتمدون على معلومات وتشخيص توفرها أدوات الذكاء الاصطناعي ويمكن أن تكون غير صحيحة، ممّا قد يؤثّر سلبيًا في اتّخاذ القرار الخاصّ بصحتهم.

هناك عدّة أساليب لتقليل الأخطاء البشرية أو الاستخدام غير الصحيح لحلول الذكاء الاصطناعي الطبيّة المستقبلية. في البداية، يجب أن يشارك



المستخدمون النهائيون، مثل مهنيي الرعاية الصحية أو الاختصاصيين أو الفنيين أو حتّى المرضى بشكل وثيق في تصميم حلول الذكاء الاصطناعي وتطويرها لضمان دمج وجهات نظرهم وتفضيلاتهم واهتماماتهم بشكل جيّد في الأدوات النهائية التي ستُنشر وتُستخدَم. كما ينبغي تطوير برامج التعليم والتثقيف فيما يتعلّق بالذكاء الاصطناعي عامّةً والذكاء الاصطناعي الطّبي بشكل خاصّ، ثمّ تعميمها عبر دوائر التعليم والمجتمع لزيادة معارف المستخدمين النهائيين ومهاراتهم في الذكاء الاصطناعي مستقبلاً، ومن ثمّ تقليل الأخطاء البشرية. وأخيراً، من المهمّ أن تساعد الوكالات العامّة على تنظيم قطاع الذكاء الاصطناعي الطّبي عبر الإنترنت والهاتف المحمول (الجوّال)، بحيث يكون الناس على دراية ووقاية جيّدة من سوء استخدام تقنيّات الذكاء الاصطناعي الناشئة التي يسهل الوصول لها.

### خطر التحيّز والغُبن في الذكاء الاصطناعي الطّبي

على الرغم من التقدّم المستمرّ في الأبحاث الطّبية وتقديم الرعاية الصحيّة، لا تزال هناك فوارق كبيرة وإجحاف في الرعاية الطّبية في معظم البلدان حول العالم. وتشتمل العوامل الرئيسية التي تسهم في هذه التفاوتات واللاإنصاف على الجنس والعمر والانتماء العرقي والدخل والتعليم والجغرافيا.



وفي حين أنّ بعض أوجه غياب المساواة منهجي، مثل الفوارق الاجتماعية والاقتصادية والتمييز، لكنّ التحيز البشري يمارس دوراً مهماً أيضاً؛ فعلى سبيل المثال، أظهرت الأبحاث الحالية في الولايات المتحدة أنّ الأطباء لا يأخذون شكاوى المرضى السود من الألم على محمل الجدّ، ولا يستجيبون لها بالسرعة نفسها التي يستجيبون بها لنظرائهم البيض. ويعدّ التمييز المستمرّ في معظم البلدان حول العالم، بدرجاتٍ متفاوتة، مثلاً آخر على التحيز الشائع والمتأصل في أنظمة الرعاية الصحيّة، أي التمييز على أساس الجنس. ومن جديد، أشارت الدراسات في مجال تدبير الألم إلى زيادة النزعة النفسية أو الإخفاء لدى المريضات عند الإبلاغ عن الألم.

ولذلك، كانت هناك مخاوف في السنوات الأخيرة من أنّ حلول الذكاء الاصطناعي المستقبلية، يمكن أن تؤدي - إذا لم تُنفذ وتُقيّم وتُنظّم بشكل صحيح - إلى ترسيخ، وربّما تضخيم، الفوارق المنهجية والتحيز البشري اللذين يسهمان في غياب المساواة في الرعاية الصحيّة.

لقد أظهرت إحدى الدراسات سنة ٢٠١٩ م أنّ الخوارزمية المستخدمة في الولايات المتحدة للمساعدة على إجراءات إحالة المرضى، الذين يحتاجون إلى رعاية إضافية أو متخصصة، متحيّزة تجاه المرضى السود؛ فقد أوضح معدّو



الدراسة أنّه باستخدام هذه الخوارزمية، «يكون المرضى السود عند درجة خطر معيّنة أكثرَ توعّكًا بكثير من المرضى البيض، مثلما يَسْتَتِين من علامات الأمراض غير المنضبطة»؛ ومن شأن معالجة هذا التفاوت أن يزيدَ نسبة المرضى السود الذين يتلقّون مساعدة إضافية من ١٧,٧ إلى ٤٦,٥٪. كما قامت دراسة كندية سنة ٢٠٢٠ م بتقييم درجة الإنصاف في أحدث خوارزميّات التعلّم العميق المستخدمة لكشف الشذوذات، مثل الكسور والآفات الرئوية والعُقيدات والالتهاب الرئوي وما إلى ذلك في صور الأشعّة السينية للصدر؛ فأظهرت أنّ أعلى معدّل لإغفال أو خطأ التشخيص كان لدى الشابات (بعمّر حتّى ٢٠ سنة) والمرضى السود والمرضى الذين يخضعون للتأمين الصحيّ العام من الأشخاص والأسر ذات الدخل المنخفض. كما أنّ المرضى الذين لديهم هويات متعدّدة الجوانب (مثل المريضة من أصل إسباني التي تتمتع بتأمين صحيّ منخفض الدخل) تعرّضوا لأعلى معدّلات إغفال أو خطأ التشخيص. وخلص الباحثون إلى أنّ «النماذج المدربة على مجموعات البيانات الضخمة لا توفّر تكافؤ الفرص بشكل طبيعي، ممّا يؤدّي بدلًا من ذلك إلى تباينات وفوارق محتملة في الرعاية إذا استُخدمت من دون تعديل».

يُقال على نطاق واسع إنّ السبب الأكثر شيوعًا لغياب العدالة أو الإنصاف

في الذكاء الاصطناعي الطبيّ هو التحيّز في البيانات المستخدمة لتدريب نماذج التعلّم الآلي. وكما ذكرت مرضية قاسمي Marzyeh Ghassemi من جامعة تورنتو في عرض تقديمي حديث عن الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحيّة: "إن التحيّز هو بالفعل جزء من المشهد السريري، ليس لأنّ التعلّم الآلي يهدف إلى النيل منّا. ولكن، عندما نتدرّب على البيانات التي يصنعها البشر ويصنّفونها ويعلّقون عليها، فقد نلتقط بعض التحيّزات التي أدخلوها في تلك البيانات"<sup>(١)</sup>؛ فعلى سبيل المثال، في سنة ٢٠٠٢ م، تبين أنّ تجربة التحريّ الرئوي الوطني National Lung Screening Trial، التي ضمّت مجموعات بيانات من ٥٣٠٠٠ مدخّن لاستقصاء طرائق التشخيص المبكر لسرطان الرئة، كانت تشتمل على ٤٪ فقط من المشاركين السود في البيانات. كما جرى تدريب خوارزميّات التعلّم الآلي لكشف سرطان الجلد على مجموعات بيانات شديدة التحيّز في كثير من الأحيان، مثل التعاون الدولي لتصوير الجلد، وهي إحدى قواعد البيانات المفتوحة الأكثر استخدامًا للآفات الجلدية، وتحتوي على صور لذوي البشرة الفاتحة غالبًا، لمرضى من الولايات المتحدة وأوروبا

<sup>1</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p21.



وأستراليا. ومن الجدير بالذكر أنّ النماذج التشخيصية التي تُدرَّب على مجموعات البشرة الفاتحة فقط يمكن أن تكونَ ضارّة بعملية تشخيص آفات الجلد السرطانية (من نموذج الميلانوما) التي توجد عند الأفراد من ذوي البشرة الداكنة. وبالمثل، فإنَّ الطريقة التي يبدو أنَّ فيروس كورونا يصيب بها المرضى بشكل مختلف وفقًا لمجموعتهم الجنسية تعني أنَّ خوارزمية الذكاء الاصطناعي المدربة على البيانات السريرية الموجودة من المرجَّح أن تنطوي على نقص العدالة عند التنبؤ بخطورة المرض والوفيات لدى الرجال والنساء.

هناك نمط آخر من التحيز الذي يظهر في مجموعات البيانات، وهو ذو طبيعة جغرافية؛ فني سنة ٢٠٢٠ م، أجرى باحثون في حقول الأشعة والأبحاث الطبية الحيوية من جامعة ستانفورد مراجعةً للمقالات المنشورة (على مدار خمس سنوات) التي استُخدمت في تدريب خوارزميات التعلم العميق المتعلقة برعاية المرضى، فوجدوا أنَّ ٧١٪ من الدراسات الأمريكية التي جرى فيها تحديدُ الموقع الجغرافي استخدمت بيانات من كاليفورنيا وماساتشوستس ونيويورك فقط. وبالإضافة إلى ذلك، وجدوا أنَّ الدراسات لم تتضمن أي بيانات من ٣٤ ولاية من أصل ٥٠ ولاية في الولايات المتحدة. كما يمكن أن يكون التحيز الجغرافي مشكلةً مهمّة في أوروبا أيضًا، حيث تُوزَّع



البيانات المتوفرة ويُتاح الوصول للمعدّات الرقمية بشكلٍ غير متساو، لاسيّما في مناطق أوروبا الشرقية.

ولا يقتصر الأمر على ما سبق، فهناك مصدر آخر محتمل للإجحاف في الذكاء الاصطناعي الطّبي، وهو التحيّز في تصنيف البيانات خلال التقييم السريري؛ فمثلاً، أظهرت الأبحاث الحالية أنّه نتيجة القوالب النمطية بين الجنسين، تكون هناك زيادة أو شطط في تشخيص إصابة النساء ببعض الأمراض مثل الاكتئاب، بينما يُغفل أو يقلّ تشخيص أمراض أخرى مثل السرطان. كما وجدت دراسة دنماركية واسعة النطاق، قامت بتحليل البيانات المتعلقة بدخول المستشفيات لنحو ٧ ملايين مواطن و ١٩ مجموعة من الأمراض، أنّه بالنسبة للكثرة الكاثرة من الأمراض، تُشخص المشكلات الصحيّة لدى النساء في وقت متأخر عن الرجال. والأهمّ من ذلك، بالنسبة للكثير من هذه الحالات الطّبية كالإصابات والتسمّم والتشوّهات الخلقية والأمراض المُعدية، لا يمكن تفسير هذه التناقضات عبر الفوارق التشريحية أو الوراثية. وإذا تأثرت تسميات أو سوم البيانات في السجّلات الصحيّة بمثل هذه الفوارق في الرعاية الصحيّة، كما هي الحال في البيّات التي شُخصت مجموعات معيّنة خطأً بشكل منهجي بسبب الوصمة أو التصرّوات النمطية،



فمن المرجّح أن تتعلّم نماذج الذكاء الاصطناعي إدامة هذا التفاوت والتحيز. ولكن، زاد الوعي بالتحيز الخوارزمي في السنوات الأخيرة؛ وبدأ الباحثون، لاسيّما في أمريكا الشمالية، في تقصي تدابير التخفيف لمعالجة خطر الإجحاف في الذكاء الاصطناعي الطبي. أوّلاً، من الواضح أنّ مطوّري الذكاء الاصطناعي، بالتعاون مع الخبراء السريريين والمتخصّصين في الرعاية الصحيّة، يجب أن يولوا اهتماماً كبيراً ومستمرّاً لاختيار وتصنيف أو وسم البيانات والمتغيّرات التي ستُستخدم خلال تدريب النماذج. كما ينبغي أن تكون هذه العناصر ممثلة ومتوازنة فيما يتعلّق بالسّمات الرئيسيّة مثل الجنس والعمر والاقتصاد الاجتماعي والانتماء العرقي، فضلاً عن الموقع الجغرافي. وفضلاً عن ذلك، لا يُوصى بمشاركة علماء البيانات والباحثين في الطبّ الحيوي فقط في فرق التطوير، إنّما علماء الاجتماع وعلماء الأخلاقيّات الطبيّة الحيوية وخبراء الصحة العامّة أيضاً، بالإضافة إلى المرضى والأصحاء. ويجب أن تكون المجموعة الأخيرة متنوّعة قدر الإمكان لضمان أخذ التعدّد المناسب من حيث الخلفيّات والخبرات والاحتياجات في الحسبان خلال دورة حياة إنتاج الذكاء الاصطناعي، وكي تكون الأدوات التي أنشئت تمثيلية فعلاً وقائمة على أبحاث من صميم المجتمع.

## غياب الشفافية

مع أن الذكاء الاصطناعي الطبي في تقدّم متواصل، لا يزال الأفراد والخبراء ينظرون إلى الخوارزميات الحالية على أنها تقنيات وطرائق معقّدة وغامضة، يصعب فهمها والثقة بها واعتمادها بشكل كامل؛ فلقد حظيت خوارزمية الذكاء الاصطناعي الحديثة التي طوّرتها غوغل Google لتحري سرطان الثدي باهتمام كبير لأدائها الواعد، حيث إنّها تعهّدت بتحسين سرعة تحري هذا المرض وكفاءته، وبأن تشمل الناس في بلدان متعدّدة خارج تلك المستخدمة لهذا التطبيق، بل وأن تتفوّق على أطباء الأشعة في بعض الحالات. ولكن هذا العمل تلقى أيضًا بعض الانتقادات في وسائل الإعلام وفي مجتمع الذكاء الاصطناعي، حيث جرى تقديمه من دون أي تفاصيل تقريبًا عن كيفية إنشاء الخوارزمية والأوصاف التقنية الرئيسية؛ وشكك بعض المهتمين في فائدة أداة الذكاء الاصطناعي هذه وسلامتها، كما استخدم بعض العلماء هذه الخوارزمية كمثال رئيسي عن الحاجة إلى مزيد من الشفافية في الذكاء الاصطناعي الطبي.

يُنظر إلى الافتقار إلى الشفافية على نطاق واسع على أنّه قضية مهمّة في تطوير أدوات الذكاء الاصطناعي الحالية واستخدامها في الرعاية الصحيّة. ومن



المتوقع أن يؤدي ذلك إلى نقص كبير في الثقة بها، لاسيما في المجالات الحساسة كالطب والرعاية الصحية التي تركز على عافية الناس وصحتهم. وفي الوقت نفسه، من الواضح أن غياب الثقة سيؤثر في مستوى اعتماد المرضى والأطباء وأنظمة الرعاية الصحية لخوارزميات الذكاء الاصطناعي الناشئة.

ترتبط شفافية الذكاء الاصطناعي ارتباطاً وثيقاً بمفهومَي قابلية التتبع traceability وقابلية التفسير explainability، وهما يتوافقان مع مستويين متميزين يتطلبان الشفافية فيهما، أي:

- شفافية عمليات تطوير الذكاء الاصطناعي واستخدامه (قابلية التتبع).

- شفافية قرارات الذكاء الاصطناعي (قابلية التفسير).

تعد إمكانية أو قابلية التتبع مطلباً رئيسياً للذكاء الاصطناعي الجدير بالثقة، وتشير إلى التوثيق الشفاف لعملية تطويره بأكملها، بما في ذلك تتبع كيفية عمل نموذج الذكاء الاصطناعي في الممارسة الواقعية بعد النشر أو التوزيع، لاسيما الحفاظ على حساب كامل لما يأتي:

• تفاصيل النموذج (القصد من الاستخدام ونمط الخوارزمية أو الشبكة

العصبية والمعالِم الفائقة hyperparameters<sup>(١)</sup>، بالإضافة إلى خطوات ما قبل معالجة النموذج وما بعدها).

- بيانات التدريب والمصادقة (عملية التجميع وتكوين البيانات وبروتوكولات الاكتساب وتوسيم أو تصنيف البيانات).
- مراقبة أدوات الذكاء الاصطناعي (مقاييس الأداء وحالات الفشل أو الإخفاق والتقييم الدوري).

ولكن، في الواقع، يندر أن يُصرَّح حاليًّا عن أدوات الذكاء الاصطناعي في مجال الرعاية الصحيّة مع إمكانية التتبّع الكامل فيها؛ حيث تفضّل الشركات في كثير من الأحيان عدم الكشف عن الكثير من المعلومات حول خوارزميّاتها،

---

<sup>١</sup> المعالِم الفائقة هي متغيّرات تكوين أو تشكيل خارجية external configuration variables يستخدمها علماء البيانات لتدريب نماذج التعلّم الآلي، ويُطلَق عليها في بعض الأحيان المعالِم الفائقة للنموذج model hyperparameters، وتُحدّد يدويًّا قبل تدريب النموذج، وتدلّ على معدّل أو سرعة التعلّم وعدد الطبقات في الشبكة العصبية... إلخ؛ وهي تختلف عن المعالِم التقليدية parameters التي تمثّل معالِم داخلية تُستقّ تلقائيًّا خلال عمليّة التعلّم، ولا يضعها علماء البيانات. عند تدريب نماذج التعلّم الآلي، تحتاج كلّ مجموعة بيانات وكلّ نموذج إلى مجموعة مختلفة من المتغيّرات التي تعدّ نوعًا من المعالِم الفائقة، والطريقة الوحيدة لتحديد مجموعات المعالِم الفائقة هي من خلال تجارب متعدّدة، حيث تُختار مجموعة من المعالِم الفائقة وتُشغّل من خلال النموذج؛ وتسمّى هذه العملية ضبط المعالِم الفائقة.





إذ تُقدّم كأدوات مبهمة يصعب فهمها وتفحصها من قِبَل أطراف مستقلة. وهذا بدوره يقلّل من مستوى الثقة والاعتماد في الممارسة الفعلية. وبذلك، فإنّ حلول الذكاء الاصطناعي، لاسيّما الشبكات العصبية العميقة، تفتقر إلى الشفافية، وغالبًا ما تُوصَف بأنّها «الصندوق الأسود للذكاء الاصطناعي black box AI»، في إشارة إلى حقيقة أنّ هذه النماذج تتعلّم وظائف معقّدة يصعب على البشر فهمها، ولا تُعرَف هذه الوظائف ولا عمليّات اتّخاذ القرار فيها.

إنّ غياب الشفافية يجعل من الصعب على الأطباء والمُعنيين الآخرين دمج حلول الذكاء الاصطناعي في ممارساتهم الفعلية، لأنّ العمل مع الحلول النوعية للذكاء الاصطناعي يحتاج إلى أن يكون الأطباء قادرين على فهم المبادئ الأساسية وراء كلّ قرار أو تنبؤ، حتى عندما يكون لدى الخوارزمية نفسها القدرة على تعزيز إنتاجيّة الطبيب. وفضلاً عن ذلك، يدلّ الافتقار إلى القدرة على التفسير على أنّه من المتعذّر تحديد مصدر أخطاء الذكاء الاصطناعي وتحديد المسؤولين عندما تسوء الأمور.

في حين أنّ إمكانية أو قابليّة التتبّع تعالج شفافية دورة حياة خوارزمية الذكاء الاصطناعي، لكنّ إمكانية شرح أو تفسير الذكاء الاصطناعي مهمّة لضمان الشفافية لكل تنبؤ وقرار له. هناك عدد من السُّبل المتاحة لتحسين



شفافية تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الرعاية الصحية. أولاً، هناك حاجة إلى «جواز سفر الذكاء الاصطناعي AI passport» الذي يمكن أن يكون مطلباً لكل خوارزمية خاصة به لتوثيق جميع المعلومات الأساسية للنموذج. كما أن هناك حاجة إلى تطوير أدوات التتبع لمراقبة استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي بمجرد نشرها، مثل تسجيل الأخطاء المحتملة وتدهور الأداء، بالإضافة إلى إجراء عمليات تدقيق أو تفتيش دورية. ولتحسين إمكانية تفسير خوارزميات الذكاء الاصطناعي، من المهم أن يقوم مطوّره بإشراك المستخدمين السريريين النهائيين منذ بدء عملية التطوير لتحديد أفضل أسلوب لقابلية تفسير كل تطبيق، والتأكد من أن التفسيرات المختارة مفيدة ومقبولة جيداً في الممارسة السريرية. وأخيراً، يمكن للهيئات التنظيمية أن تمارس دوراً مهماً من خلال النظر في إمكانية تتبع أدوات الذكاء الاصطناعي وقابليتها للتفسير كمتطلبات مسبقة للحصول على الشهادة.

## مسائل الخصوصية والأمن

لقد أفرز التطور الهائل لحلول الذكاء الاصطناعي وتقنياته في مجال الرعاية الصحية، لاسيّما خلال جائحة فيروس كورونا المستجد (كوفيد-١٩)، مخاطر محتملة بسبب نقص خصوصية البيانات لدى المرضى والأصحاء وسريتها

وحمايتها. وهذا ما قد ينطوي على عواقب وخيمة، مثل الإفصاح عن البيانات الحساسة واستخدامها بما يتعارض مع حقوق الناس أو إعادة استخدام بيانات المرضى لتحقيق مكاسب غير طبية.

ترتبط هذه المشكلات أولاً بما يُسمى الموافقة المستنيرة informed consent، أي إتاحة المعلومات الكافية للمرضى لاتخاذ قرارهم على علم ومعرفة، مثل مشاركة البيانات الصحية الشخصية. تعدّ الموافقة المستنيرة جزءاً مهماً ومتكاملاً من تجربة المريض في الرعاية الصحية؛ وهي ترتبط بمسائل أخلاقية مختلفة، بما في ذلك الحماية من الأذى واحترام الاستقلالية وحماية الخصوصية وحقوق الملكية المتعلقة بالبيانات أو الأنسجة. ولكن إدخال خوارزميات الذكاء الاصطناعي المبهمة ونماذج الموافقة المستنيرة المعقدة يحدّ من مستوى الاستقلالية ومثانة اتخاذ القرار المشترك بين المريض والطبيب. لقد أصبح من الصعب على المرضى شيئاً فشيئاً فهم عملية اتخاذ القرار والطرائق المختلفة التي يمكن من خلالها إعادة استخدام بياناتهم، والمعرفة الدقيقة للكيفية التي يمكنهم بها أن يختاروا إلغاء الموافقة على مشاركة بياناتهم. كما تتجلى مسائل الموافقة المستنيرة في أبحاث البيانات الضخمة بشكل خاص، لاسيّاً أبحاث البيانات الصحية القائمة على المنصات

الرقمية، حيث قد لا يكون المريض على دراية كاملة أو فهم تام لمدى مشاركة بياناته وإعادة استخدامها، وقد حصل ذلك بالفعل. كما ينطوي استخدام الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحيّة على خطر انتهاك أمن البيانات، حيث قد تكون المعلومات الشخصية متاحةً على نطاق واسع، ممّا ينتهك حقوق الناس في الخصوصية، ويعرّضهم لخطر سرقة الهوية وأنماط أخرى من الهجمات الإلكترونية.

ومن المخاوف المستمرة الأخرى مسألة إعادة استخدام البيانات، وهذا ما يُشار إليه في سياقات معيّنة باسم «زحف الوظيفة function creep»، حيث يُعاد استخدام البيانات المأخوذة لغرض معيّن في غرض آخر؛ وقد حذّرت منظّمة الصحة العالمية من خطر زحف الوظائف خلال جائحة كوفيد-١٩، حيث سلّطت الضوء على حالة في سنغافورة حيث جرى إتاحة البيانات للتحقيقات الجنائية من تطبيقات تتّبع كوفيد-١٩ الحكومية. ويعدّ ذلك مثلاً صارخاً على إعادة استخدام البيانات المتعلقة بالصحة لأغراض غير متعلّقة بالرعاية الصحيّة، ولكن يمكن أن تحدث إعادة الاستخدام أيضاً داخل حقل الرعاية الصحيّة نفسه؛ فقد لوحظت إعادة استخدام بيانات المرضى في صناعة بعض الأدوية بالاعتماد على بيانات السجّلات الصحيّة الإلكترونية.



بالإضافة إلى القضايا المتعلقة بخصوصية البيانات وأمنها، فإن أدوات الذكاء الاصطناعي معرضة للهجمات الإلكترونية بشكل خاص، وهذا ما يمكن أن يتمخض عن عواقب خطيرة جداً بحسب السياق؛ "ففي أيلول/سبتمبر ٢٠٢٠ م، تُوفي أحد المرضى بعد أن اضطر إلى إعادة توجيهه إلى مستشفى آخر عندما تعرض مستشفى جامعة دوسلدورف لهجوم إلكتروني على بيانات المستشفى، مما عطل النظام الحاسوبي في المركز. ومع أنه قيل لاحقاً إنه لا يمكن إثبات أن الوفاة كانت ناجمة بشكل مباشر عن الهجوم السيبراني، لأن المريض كان مصاباً بالفعل بحالة مهددة لحياته، لكن هذه الحالة سلّطت الضوء على الأضرار الجسدية الحقيقية التي قد تسببها الهجمات السيبرانية في الرعاية الصحية"<sup>(١)</sup>.

وفضلاً عن ذلك، أظهرت الأبحاث أن الأجهزة الطبية الشخصية التي يتحكم فيها الذكاء الاصطناعي معرضة أيضاً للهجمات؛ فعلى سبيل المثال، اكتشف الباحثون أن مضخات الأنسولين التي يستخدمها مرضى السكري وتعمل بالذكاء الاصطناعي يمكن اختراقها والتحكم فيها عن بعد من مسافات

---

<sup>1</sup> Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022, p25.

مختلفة، بل ويمكن التلاعب بها لإغراق جسم المريض بكميّة زائدة من الأنسولين. ومع أنّ هذا الاختراق لم يحدث مطلقاً في العالم الحقيقي، لكنّ تطوير الباحثين لهجوم الذكاء الاصطناعي كشف عن نقاط ضعف خطيرة في وظائف هذا النظام. لقد حظيت هذه الأحداث باهتمام كافٍ لتسليط الضوء على مسألة مفادها: كيف يمكن للأمن الخوارزمي (أو الافتقار إليه) أن يؤثر في بقاء الإنسان في سياق شديد الخطر، مثل الرعاية الصحيّة. ولذلك، من خلال التركيز على أدوات الذكاء الاصطناعي كجزء من المجال التكنولوجي الكبير، فمن الواضح أنّه يجب مراقبة مخاطر الهجمات والقرصنة باستمرار. وللتعامل مع هذه القضايا المهمّة، لابدّ من زيادة الوعي بمخاطر الخصوصية والأمن، وكذلك بأهميّة الموافقة المستنيرة والأمن السيبراني. كما يجب توسيع اللوائح والأطر القانونية بحيث لا تتناول الخصوصية فحسب، بل المساواة وحماية الناس أيضاً من اختراق البيانات وإعادة استخدامها. وينبغي تعزيز الأساليب اللامركزية في التعامل مع الذكاء الاصطناعي للاستفادة من قوّة البيانات الضخمة من المراكز السريرية دون الحاجة إلى عمليات النقل غير الآمنة للبيانات. ولا بدّ في الوقت نفسه من مواصلة البحث وتسريعه لتحسين أمن الأنظمة السحابيّة وحماية خوارزميّات الذكاء الاصطناعي من الهجمات السيبرانية.



تعدّ المساءلة مهمّة للذكاء الاصطناعي الطّبي بشكل خاص، لأنّها تسهم في قبوله والثقة به واعتماده مستقبلاً في المجتمع والرعاية الصحيّة؛ فمثلاً، من غير المرجّح أن يتبنّى الأطباء - الذين يشعرون بأنّهم مسؤولون دومًا عن كلّ الأخطاء الطّبيّة المرتبطة بالذكاء الاصطناعي (حتّى عندما تكون الخوارزميّات مصمّمة من قبل أفراد أو شركات أخرى) - هذه الحلول الناشئة للذكاء الاصطناعي في ممارساتهم اليوميّة. وبالمثل، سيفقد الأصحاء والمرضى الثقة إذا بدا لهم أنّه لا يمكن محاسبة مطوّري أو مستخدمي أدوات الذكاء الاصطناعي عن الضرر الذي قد يحدث. إذًا، هناك حاجة إلى آليات وأطر جديدة لضمان المساءلة الكافية في مجال الذكاء الاصطناعي الطّبي وإدارة عمليات المطالبات والتعويضات والعقوبات عند الضرورة، وكذلك لضمان عدم تكرار هذه الأفعال.

نظرًا لحدّثة الذكاء الاصطناعي الطّبي وغياب الأسبقيّات القانونية المتعلّقة به، لذلك لا يوجد حاليًا وضوح كافٍ بشأن تعريف المسؤوليات عن الأخطاء الطّبيّة المرتبطة بالذكاء الاصطناعي، التي يمكن أن تؤدّي إلى ضرر للمريض. يفرض مجال الذكاء الاصطناعي الطّبي السريع التغيّر والنموّ تحديات جديدة أمام المنظّمين وواضعي السياسات والمشرّعين؛ وهو يدفع اللوائح



والسياسات والقوانين الحالية إلى تكييف طرائقها التقليدية للنظر في المسؤولية والمساءلة والتعامل مع الواقع الجديد للرعاية الصحية المدعومة بالذكاء الاصطناعي. تشمل التحديات التي تواجه تطبيق القانون الحالي ومبادئ المسؤولية في تطبيقات الذكاء الاصطناعي الناشئة في الطب:

- مشكلة تعدد الجهات الفاعلة في الذكاء الاصطناعي الطبي، مما يجعل من الصعب تحديد المسؤوليات بين المشاركين المتعددين في تطوير هذه الخوارزميات وتنفيذها واستخدامها (مثل مطوري الذكاء الاصطناعي ومديري البيانات والأطباء والمرضى ومنظمي الرعاية الصحية، وما إلى ذلك).

- صعوبة تحديد السبب الدقيق لأي خطأ طبي متعلق بالذكاء الاصطناعي، حيث يمكن أن يكون بسبب خوارزمياته أو نتيجة البيانات المستخدمة للتدريب عليها أو استخدامها وفهمها بشكل غير صحيح في الممارسة السريرية.

- تعدد أطر الحوكمة وغياب المعايير الأخلاقية والقانونية الموحدة في صناعة الذكاء الاصطناعي.

مع أن العلاقة بين المريض والطبيب كانت من الناحية التاريخية في قلب القضايا المتعلقة بسوء الممارسة الطبية أو الإهمال، لكن إدخال أدوات الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحية أضاف طبقة جديدة من الجهات الفاعلة في



العلاقة بين المريض والطبيب، فلم تُعدّ الجهات الفاعلة تشمل المريض والطبيب ومراكز الرعاية الصحيّة ونظامها فحسب، بل باتت تضمّ مطوّري الذكاء الاصطناعي والباحثين والمصنّعين أيضًا، وجميعهم يتدخلون الآن بطريقة أو بأخرى في عملية اتّخاذ القرار الطبيّ. ولا يسهم وجود كلّ هذه الجهات الفاعلة الجديدة والافتقار إلى الوضوح في ارتباطك المسؤولية عن هذا القرار وتعقيد الموقف فقط، بل يطرح التساؤل كذلك عن كيفيّة عمل أدوات الذكاء الاصطناعي ذاتها.

وفي حين أنّ العاملين في القطاع الطبيّ يخضعون لمسؤولية تنظيمية تنسّق أفعالهم عادة، وهذا مطلب يشكّل جزءاً لا يتجزأ من مهمتهم الطبيّة المهنيّة، لكنّ مطوّري وتقنيّي الذكاء الاصطناعي يعملون بشكل عام بموجب قواعد أخلاقية. لذلك، بالنسبة للمهنيين الطبيّين، فإنّ عواقب عجزهم عن تفسير أفعالهم واتّخاذ قراراتهم العمليّة قد تعني فقدان ترخيصهم لممارسة الطبّ. أمّا في ظلّ الممارسة الحالية، فإنّ غياب المساءلة بالنسبة لاختصاصيي التكنولوجيا قد يعني شيئاً أقلّ خطراً بكثير؛ فحتّى لو تبيّن أنّ الشركة المصنّعة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي مسؤولة عن خطأ ما، فغالباً ما يكون من الصعب إلقاء اللوم على شخص واحد بعينه، نظراً لأنّ الكثير من المطوّرين والباحثين



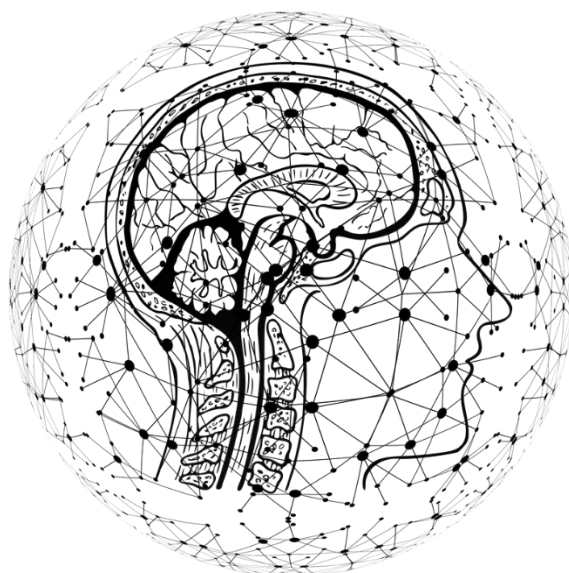
المختلفين يعملون في أيّ نظام ذكاء اصطناعي معيّن، أي إنّ المسؤولية مبعثرة. وبالإضافة إلى ذلك، تتّصف القواعد الأخلاقية ومعايير المساءلة التي يستخدمها الكثير من الكيانات الخاصة بأنّها غامضة، ومن الصعب ترجمتها إلى ممارسة قابلة للتنفيذ.

لا بدّ من ملاحظة أنّ قضايا المساءلة والمسؤولية فيما يتعلّق بالذكاء الاصطناعي في مجال الطبّ والرعاية الصحيّة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمسألتي قابليّة التفسير والشفافية؛ فكلّما كانت خوارزمية الذكاء الاصطناعي مبهمّة، كان من الصعب إيجاد المسؤول عن خطأ يتعلّق بمريض أو قرار طبّي، وبذلك من الأرجح أن يقع عبء المسؤولية بشكل أكبر على الطبيب الذي استخدم أداة ذكاء اصطناعي طبيّة غير شفّافة، وغير القادر على تفسير قراره الطبّي أو الخطأ الذي حدث. وينطبق ذلك بشكل خاص على أدوات الذكاء الاصطناعي المساعدة، التي تهدف إلى مساعدة الطبيب في عملية اتّخاذ القرار ويمكن النظر إليها كمكافئ لاستشارة طبيب خبير آخر.

هناك أساليب للتعامل مع الخلل الحالي في المساءلة فيما يرتبط بالذكاء الاصطناعي الطبّي. أوّلاً، ينبغي إنشاء عمليّات لتحديد أدوار مطوّري الذكاء الاصطناعي والمستخدمين السريريين عندما تُلحق القرارات الطبيّة



المدعومة بالذكاء الاصطناعي الضرر بالمرضى. وثانيًا، هناك حاجة إلى إيجاد وكالات تنظيمية مخصّصة للذكاء الاصطناعي الطبي، تعمل على تطوير الأطر التنظيمية وإنفاذها لضمان إمكانية مساءلة الجهات الفاعلة المحددة في مجال الذكاء الاصطناعي الطبي، بما في ذلك الشركات المطوّرة لتطبيقاته.



## الفصل الثامن

# عوائق تنفيذ تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحية

لقد جرى تطويرُ واقتراح عددٍ كبير من خوارزميات الذكاء الاصطناعي الطبيّة على مدى السنوات الخمس الماضية، ضمن مجموعة واسعة من التطبيقات الطبيّة. ولكن، حتّى عند التحقق من صحّة تقنيّات أو طرائق الذكاء الاصطناعي الطبيّة بشكل جيّد وتبيان أنّها قوية وآمنة سريريّاً، فضلاً عن كونها سليمة ومنسجمة مع الناحية الأخلاقية، فإنّ الطريق إلى تنفيذها في الرعاية الصحيّة وتكاملها معها واعتمادها لا يزال يواجه بعض العقبات في الواقع؛ فاختصاصيوّ الرعاية الصحيّة يتأخّرون عن غيرهم من المهنيين عادةً فيما يتعلّق باعتماد التقنيات الجديدة في نشاطهم اليومي. تُظهر التجارب السابقة في مجال الرعاية الصحيّة أنّ مدّة التنفيذ هي مرحلة أساسية في عملية الابتكار. ومن الناحية العملية، لا يكفي اختراع تكنولوجيا جديدة للذكاء الاصطناعي واختبارها، بل يجب أيضاً مراعاة العوامل الأخرى التي يمكن أن تعيق تنفيذها في واقع الرعاية الصحيّة، مثل:

- بنية البيانات المحدودة وجودتها في الأنظمة الصحيّة الإلكترونيّة الحالية.

- تبدل العلاقة بين الطبيب والمريض.

- الصعوبات المتعلقة بالتكامل السريري وقابلية التشغيل أو التبادل البيئي.

قبل كل شيء، تعدّ جودة البيانات الصحيّة الإلكترونية في الممارسة العملية أمراً أساسياً لتسهيل تنفيذ الذكاء الاصطناعي الطبي. ولكن، من المعروف أنّ البيانات الطبيّة غير منظّمة وصاخبة، ومعظم مجموعات البيانات الموجودة غير قابلة للتوظيف في خوارزميّات الذكاء الاصطناعي. كما تختلف تنسيقات البيانات السريرية وجودتها بشكل كبير بين المراكز السريرية. ولذلك، قبل تنفيذ أدوات الذكاء الاصطناعي الطبيّة الناشئة بالكامل واستخدامها على نطاق واسع، ستطلّب البيانات الحالية مراجعة بشرية كبيرة ومكلفة، ومراقبة الجودة، والتنقية وإعادة التصنيف. وبالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن تعمل تقنيات الذكاء الاصطناعي على تعديل العلاقة بين المرضى ومتخصّصي الرعاية الصحيّة بطرائق لا يمكن التنبؤ بها بشكل كامل بعد. لقد خضعت بعض التخصّصات، لاسيّما تلك المتعلقة بتحليل الصور، بالفعل لتحوّلات كبيرة بسبب الذكاء الاصطناعي. وبظهور تقنيات أو طرائق الذكاء الاصطناعي التي تركّز على المريض أصبح من الممكن تحويل العلاقة الأبوية التاريخية بين الطبيب والمريض إلى مساهمة مشتركة في عملية اتّخاذ القرار



بسبب زيادة الشفافية والمحادثات العميقة بينهما. ولكن لا بدّ من توضيح الآثار أو المضامين الشخصية والأخلاقية المترتبة على توصيل المعلومات عن خطر الإصابة بمرض ما (مثل الاستعداد للإصابة بالسرطان أو الخرف). وستحتاج الدلائل الإرشادية السريرية ونماذج الرعاية إلى التحديث لمراعاة العلاقات التي يتوسطها الذكاء الاصطناعي بين العاملين في مجال الرعاية الصحيّة والمرضى.

وأخيراً، يعمل الأطباء ومقدّمو الرعاية وفقاً للدلائل الإرشادية السريرية والمعايير الفنية المعتمدة. ولذلك، سيكون لإدخال تقنية الذكاء الاصطناعي في الممارسة اليومية آثار عملية وتقنية وسريّة بالنسبة إلى كلّ من الأطباء والمرضى. ويتمثّل الأمر الثاني في أنّه ليس من الواضح ما إذا كانت أدوات الذكاء الاصطناعي الطبيّة ستكون قابلة للتشغيل المتبادل بشكل منهجي عبر المواقع السريرية والأنظمة الصحيّة، وأنّها ستدمج بسهولة ضمن سير العمل السريري والتقني الحالي، دون تعديلات كبيرة على الممارسات السريرية الحالية ونماذج الرعاية، وحتىّ برامج التدريب.

سيحتاج مطوِّرو الذكاء الاصطناعي، بالتعاون مع المتخصّصين في الرعاية الصحيّة ومؤسّساتها، إلى وضع إجراءات تشغيل موحّدة لجميع أدوات



الذكاء الاصطناعي الجديدة لضمان قابلية التشغيل السريري التبادلي عبر المواقع السريرية المتميّزة وتكاملها عبر أنظمة الرعاية الصحيّة الإلكترونيّة المختلفة. وينبغي بشكل خاص تطوير أدوات جديدة للذكاء الاصطناعي مع ضمان تكاملها وتواصلها في المستقبل مع التقنيات الموجودة بالفعل، مثل التسلسل الجيني وسجّلات المرضى الإلكترونيّة واستشارات الصحيّة الإلكترونيّة.

## التعامل مع قضايا المسؤولية وتبادل المعلومات القانونية

يرى المسؤولون عن الرعاية الصحيّة أنّ واقع القوانين والسياسات الحالية الخاصّة بتنفيذ أنظمة الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحيّة تشكّل تحدّيًا لهم، ولكنّ هذه المسألة باتت واقعًا لا بدّ من التعامل معه؛ كما يرون أنّ القوانين والسياسات الحالية لم تعدّ تواكب التطوّرات التكنولوجية وتنظيم الرعاية الصحيّة في مجتمع اليوم، وهي تحتاج إلى مراجعة لضمان المسؤولية والمساءلة.

يُنظر الآن إلى المساءلة بين الأفراد والمنظّمات وأنظمة الذكاء الاصطناعي فيما يتعلّق بالقرارات المستندة إلى الدعم من خوارزمية الذكاء الاصطناعي على أنّها خطر، وعامل لا بدّ من معالجته. ولكن، لم يجرِ تنظيم قضية المساءلة في





القوانين الحالية التي تثير شكوكًا إشكالية فيما يتعلق بتوزيع عناصرها وتفصيلها؛ فأين تكمن المسؤوليات بالنسبة إلى القرارات التي تتخذها خوارزميات الذكاء الاصطناعي؟ فعلى سبيل المثال، إذا أُعطيَ المريض نصيحة قائمة على الذكاء الاصطناعي من بوابة المريض التي تديرها جهة ما في النظام الصحيّ فيما يتعلق بالفرز واقتراح الرعاية الذاتية، وكان ينبغي أن تكون النصيحة بدلًا من ذلك هي زيارة قسم الطوارئ، فمن يتحمّل المسؤولية؟ هل نظام الذكاء الاصطناعي نفسه هو المسؤول؟ أم مطوّرو النظام أم مجلس المحافظة؟ ومن يتحمّل المساءلة إذا تبين أن النصيحة لم تكن دقيقة.

لقد أُثيرت تساؤلات عن كيفية التعامل مع الأخطاء عندما تسهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في اتّخاذ القرار، ممّا يسلّط الضوء على الحاجة إلى قوانين وسياسات واضحة. في حال اتّخذ متخصصو الرعاية الصحية قرارات خاطئة بناءً على أنظمة الذكاء الاصطناعي، فهل يتحمّلون المسؤولية وقد يُلغى ترخيصهم الطّبيّ، مع ما قد يحمله هذا التهديد الوشيك من وضع مرهق لهم؟ ولذلك، هل ستكون أنظمة الذكاء الاصطناعي أنظمةً داعمة لقرارات أولئك المتخصّصين أم أنظمة يمكنها اتّخاذ قرارات آلية ومستقلّة. وبناء على ما تقدّم،



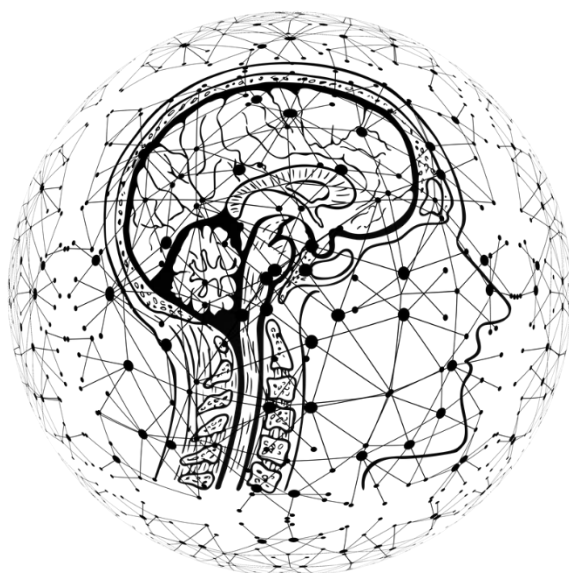
هناك حاجة إلى تغيير في القوانين قبل أن تدخل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الممارسة العملية، مع أنّه يمكن تقديم بعض جوانب الرعاية دون أي تدخل بشري.

إنّ التشريعات والسياسات التي تخضع اليوم للدراسة والتحليل قد تشكّل عقبات أمام تنفيذ أنظمة الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحيّة، مثل جمع معلومات المرضى واستخدامها ودمجها وتحليلها. لذلك، هناك حاجة إلى تغيير كبير في القوانين التي تنظّم إمكانيات تبادل المعلومات بين مقدّمي الرعاية المختلفين. وبالإضافة إلى ذلك، هناك صعوبات في تعريف البيانات الشخصية في القوانين التي تنظّم السلامة الشخصية وفي خطر التعرّف إلى الأفراد عند استخدام تلك البيانات للتحليلات المحوسبة المتقدّمة. ينصّ القانون على أنّه لا يجوز مشاركة البيانات الشخصية، لكنّ حدود ما تشكّله هذه البيانات في مجتمع اليوم تتغيّر، بسبب المقادير المتزايدة من البيانات وفرص التحليل المعقّد والذكي. لذا، تمثّل القوانين واللوائح تحديات أمام المنظّمة أو المؤسّسة التي ترغب في إدخال أنظمة الذكاء الاصطناعي في ممارسة الرعاية الصحيّة، حيث إنّ تلك القوانين ذات أغراض مختلفة وتتعارض مع بعضها بعضاً، مثل قانون الخدمات الصحيّة والطبيّة، وقانون المرضى وقانون

السرية، فبعضها قد عفا عليه الزمن في الممارسة الصحية. ولكن، ليس الهدف التخلي عن الرؤى والأفكار الصحيحة، بل محاولة إيجاد الثغرات في القوانين الحالية واستخدام القوانين بدلاً من خرقها؛ ويمكن أن يتحقق ذلك من خلال محاولة التأثير في صناع القرار على المستوى السياسي والوطني لتعديل القوانين.

### الالتزام بالمعايير ومتطلبات الجودة

يعتقد المسؤولون عن الرعاية الصحية أنه قد يكون من الصعب اتباع سياسات موحدة عند تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحية؛ فتنفيذ هذه الأنظمة قد يفرز مشكلة بسبب الشك في أن تكون خوارزمية الذكاء الاصطناعي صالحة وآمنة تمامًا لتكون جزءًا من عملية الرعاية الموحدة. وقد تتوفر الموارد اللازمة للوفاء بالمتطلبات في كل القطاعات الصحية، الصغيرة والكبيرة. ولذلك، يجب دعم شركات الذكاء الاصطناعي للتغلب على هذه المتطلبات كي تنجح في تقديم منتجاتها وتطبيقاتها بما يتفق سياسة موحدة لتقديم الرعاية.



## ثبت المراجع

### - الكتب والدوريات

- الذكاء الاصطناعي: التكنولوجيا والتطبيقات والتحديات، لافايانا شارما وبراديب كومر غارج، الطبعة الأولى، منشورات سي آر سي، مجموعة تايلور وفرانسيس، ٢٠٢٢ م.

- تاريخ الذكاء الاصطناعي، كاريس سميث، جامعة واشنطن، كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٦ م.

- بُناة الفكر العلمي في الحضارة الإسلامية، حليلة الغراري، منشورات المنظمة الإسلامية للثقافة والعلوم «إيسيسكو» ٢٠٠٢ م.

- Artificial intelligence in cardiovascular diseases: diagnostic and therapeutic perspectives, Xiaoyu Sun et al, European Journal of Medical Research (2023) 28:242. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01065-y>.

- Artificial intelligence (AI) diagnostic tools: utilizing a convolutional neural network (CNN) to assess periodontal bone level radiographically—a retrospective study, Alotaibi et al, BMC Oral Health (2022) 22:399, College of Dentistry, King Saud bin Abdulaziz University for Health Sciences, Riyadh, Saudi Arabia.

- Artificial Intelligence Applications in Hepatology, Jörn M. Schattenberg et al, Clinical Gastroenterology and Hepatology 2023;21:2015–2025.

- Artificial Intelligence in Emergency Medicine, Ejder Saylav Bora, May 2023, p33. DOI:10.5606/jebms.2023.1043. <https://www.researchgate.net/publication/371351030>.



- Artificial intelligence in healthcare (Applications, risks, and ethical and societal impacts), European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 729.512 – June 2022.

- Current Medical Science, Application of Artificial Intelligence in Medicine: An Overview, Peng-ran LIU et al, 2021. DOI <https://doi.org/10.1007/s11596-021-2474-3>.

- cvi42 / cmr42/ ct42, USER MANUAL, February 2017, Circle Cardiovascular Imaging Inc.

- Lavanya Sharma, Pradeep Kumar Garg, Artificial intelligence: technologies, applications, and challenges, first edition, Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press, 2022.

## المراجع الإلكترونية

- بديع الزمان والتدوين المؤسسي، د. محمد النغيمش، جريدة البيان الإماراتية، ٢٢

شباط / فبراير ٢٠١٨ م:

<https://www.albayan.ae/opinions/articles/2018-02-22-1.3192857>

- **A Short History Of ChatGPT: How We Got To Where We Are Today**, Bernard Marr, May 19, 2023:

<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/05/19/a-short-history-of-chatgpt-how-we-got-to-where-we-are-today/?sh=d9c4483674f1>

- **Algorithm: Origins of Artificial Intelligence in Islamic Golden Age**, Riaz Haq, JULY 15, 2019

<https://www.riazhaq.com/2019/07/algorithm-origins-of-artificial.html>

**Android Authority, What does Google Bard stand for? How did it get its name? Calvin Wankhede, June 21, 2023:**

<https://www.androidauthority.com/google-bard-name-stand-for-meaning-3337952/>



**- Bill of Health: How Artificial Intelligence is Revolutionizing Drug Discovery, Matthew Chun, March 20, 2023**

<https://blog.petrieflom.law.harvard.edu/2023/03/20/how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-drug-discovery/>

**- BMC Health Services Research, Lena Petersson et al, 01 July 2022**

<https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-022-08215-8>

**- Cleveland Clinic: Liquid Biopsy**

<https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/23992-liquid-biopsy>

**- Frontiers Media S.A:**

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdmed.2023.1085251/full>  
<https://www.frontiersin.org/research-topics/53028/artificial-intelligence-for-child-health-and-wellbeing>

**- IBM:**

[https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing#:~:text=Natural%20language%20processing%20\(NLP\)%20refers,same%20way%20human%20beings%20can](https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing#:~:text=Natural%20language%20processing%20(NLP)%20refers,same%20way%20human%20beings%20can)

**- INVENTOR OF THE ROBOT ARM AND ITS CONTINUED DEVELOPMENT: OCTOBER 2019 / BY UNIVERSAL ROBOTS**

<https://2u.pw/en5PL6R>

**- Molecular Cancer: Liquid biopsy: a step closer to transform diagnosis, prognosis, and future of cancer treatments, Saife N. Lone, et al, 18 March 2022**

<https://molecular-cancer.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12943-022-01543-7>

**- National Library of Medicine:**

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29389679/>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5995666/>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10302550/>



**- OpenAI platform:**

<https://platform.openai.com/docs/models/embeddings>

**- PEEK HEALTH S.A Orthopedics and healthcare technology:**

<https://blog.peekmed.com/artificial-intelligence-surgery>

**- RESEARCHGATE - THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RISK MANAGEMENT**

[https://www.researchgate.net/publication/370005124 THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RISK MANAGEMENT](https://www.researchgate.net/publication/370005124_THE_ROLE_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_IN_RISK_MANAGEMENT)

**- RESEARCHGATE: THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RISK MANAGEMENT, Velibor Božić, General hospital Koprivnica, April 2023.**

<http://www.riazhaq.com/2019/07/algorithm-origins-of-artificial.html> -

<https://aws.amazon.com/ar/what-is/neural-network/>

<https://www.ibm.com/topics/deep-learning>

<https://paperswithcode.com/>

<https://www.oit.va.gov/Services/TRM/ToolPage.aspx?tid=8243> –

[https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644\(23\)00035-5/fulltext](https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644(23)00035-5/fulltext)

**- ScienceDirect: Clinical Nutrition ESPEN: Artificial intelligence & clinical nutrition, What the future might have in store, Volume 57, October 2023, Pages 542-549**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2405457723011865>

**- Techslang:**

<https://www.techslang.com/definition/what-is-nanorobotics/>

**- TechTarget Editorial, Google Bard, Andy Patrizio, September 2023:**

<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Google-Bard>

**- The American College of Surgeons:**

<https://www.facs.org/for-medical-professionals/news-publications/news-and-articles/bulletin/2023/june-2023-volume-108-issue-6/ai-is-poised-to-revolutionize-surgery/>





- **VARSOMICS: The future of Artificial Intelligence in precision medicine**

<https://blog.varsomics.com/en/the-future-of-artificial-intelligence-in-precision-medicine/>

- **W3Schools: Generative AI Prompt Writing Introduction**

[https://www.w3schools.com/gen\\_ai/gen\\_ai\\_prompt\\_intro.php#:~:text=AI%20Prompt%20Writing%20](https://www.w3schools.com/gen_ai/gen_ai_prompt_intro.php#:~:text=AI%20Prompt%20Writing%20)

