بحث بعنوان

المسئولية الجنائية عن أخطاء الذكاء الاصطناعي في مجال الطب

مقدمة من الباحثة

نهال حمدي إبراهيم زيدان

المقدمة

جرائم الذكاء الاصطناعي هي جرائم الحاضر و المستقبل القريب والبعيد في ظل التقدم والتطور السريع, فقد ساعد التطور التكنولوجي خلال السنوات الماضية, في ظهور العديد من تلك الجرائم، حيث أعطت البرمجة المتطورة لبعض الآلات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي قدرات تصل خطورتها إلى بناء خبرة ذاتية تمكنها من اتخاذ قرارات منفردة في أية مواقف تواجهها مثل الإنسان البشري؛ لم يخيل للمجتمع الإنساني – والعربي بشكل خاص- أن يواجه مثل هذا الموقف القانوني المحرج تجاه الآلات الجامدة الباردة كما هو الحال اليوم؛ فالروبوت لم يعد ضرباً من ضروب الخيال العلمي أو قصص الأطفال المصورة، لقد انتقلت هذه الأحلام العلمية إلى الواقع المعاش، وصرنا نرى الآلات وهي تنتقل بهدوء واضطراد نحو مكانتا البشرية.

ومن أحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي (**الروبوتات الطبية**) , والتي يتم استخدامها في العديد من المجالات الطبية كروبوتات الرعاية الصحية التي تعتني بكبار السن أو المعاقين، والروبوتات الجراحية التي يتم استخدامها في العمليات الجراحية .

وعلى هذا الأساس عملت مختلف المراكز العلاجية والمستشفيات في مختلف دول العالم على تبني ما يعرف ب**" الجراحة الروبوتية "**من خلال اقتناء روبوتات مخصصة لهذا الغرض, وقد تتطور التكنولوجيا إلي صناعة روبوتات جراحة ذاتية التشغيل دون التدخل لإشراف الطيب ,من ابرزها الروبوت (**STAR**) , سيتم شرحة بشكل تفصيلي من خلال البحث .

وتثير الروبوتات الطبية العديد من الإشكاليات القانونية، منها ما يتعلق بالجوانب الأخلاقية ومنها ما يتعلق بالجوانب الاجتماعية، والمسؤولية عن الأخطاء الطبية التي تسببها الروبوتات, وبتالي فإن التنظيم القانوني للظواهر الجديدة أو المتطورة دائماً ما يطرح صعوبات كبيرة للمشرع.

أهداف البحث :

يهدف البحث لمعرفة الذكاء الاصطناعي في مجال الطب علي وجه الخصوص, الروبوتات الطبية والجراحية, ماهي وما فوائدها, وما أضررها, والمسئولية الجنائية لهذه الروبوتات

أهمية البحث :

تكمن أهمية هذا البحث في انتشار الذكاء الاصطناعي في شتى مجالات الحياة، ومع هذا الانتشار الواسع ستزيد الجرائم المتعلقة به، ومع التطور المتسارع لتقنيات الذكاء الاصطناعي واستخدامها في كافة مجالات الحياة، والبرمجة المتطورة لبعض الآلات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي والتي قد تصل خطورتها إلى حد القدرة على اتخاذ القرارات بشكل مستقل، وما يترتب على هذا التطور من تصور قيام تطبيقات الذكاء الاصطناعي بأعمال ينجم عنها جرائم، وبالتالي كان ضروري بحث المسئولية الجنائية عن الجرائم المرتكبة عن طريقه، ومن ستقع عليه المسئولية.

إشكالية البحث :

يقتضي البحث في موضوع المسؤولية الجنائية عن أخطاء الذكاء الاصطناعي في المجال الطبي, الإجابة عن عدد من الأسئلة المهمة :

ما هو تعرف الذكاء الاصطناعي؟ والفرق بينه وبين الذكاء البشري ؟

ما هو مفهوم الروبوت الطبي؟ وأهمية استخدامه في الطب ؟

ما هو مفهوم الجراحة الربوتية ؟ وبيان بعض الروبوتات الطبية الجراحية بشكل تفصيلي , مثال الروبوت الجراحي دافنشي – والروبوت الجراحي ستار , ومعرفة كلاً منهما علي حده ؟

وماهي مخاطر الجراحة الربوتية ؟ وبعض محاولات تقنين أنظمة الذكاء الاصطناعي عالماً وعربياً ؟

وما هي المسؤولية الجنائية لروبوت الطبي؟

المطلب الاول

الذكاء الاصطناعي في المجال الطبي

تمهيد :

يتكون الذكاء الاصطناعي من مفردتين، هما : كلمة الذكاء وكلمة الاصطناعي، ولكل منهما تعريف، فالذكاء هو القدرة على إدراك وفهم الظروف وتعلم الحالات الجديدة والمتغيرة، بمعنى آخر فإن مفاتيح الذكاء تتجلى في الإدراك والفهم والتعلم، أما كلمة الصناعي أو الاصطناعي فتشتق من الفعل يصنع أو يصطنع، وبالتالي تطلق على المواد التي تنشأ وتتشكل نتيجة النشاط أو الفعل من خلال الاصطناع وتجعلها بصورة تتميز عن الأشياء الموجودة بفعل الطبيعة بدون تدخل البشر، ومن أمثلة الاصطناع, هناك ذكاء مصطنع يتمثل في روبوت, وفي مجال الطب يعرف باسم الروبوت الطبي, وعلي وجهه الخصوص الخاص بالعمليات الجراحية , الذي يعرف باسم الروبوتات الجراحية , ولمعرفة كلاً منهم علي حده سنقسم هذا المطلب لعدده فروع .

الفرع الأول

تعريف الذكاء الاصطناعي

نتناول في هذا الصدد تعريف الذكاء الاصطناعي أولاً ثم الفرق بينه وبين الذكاء البشري .

أولاً : الذكاء الاصطناعي من الناحية التقنية هو" ألة مبرمجة بالكمبيوتر تستخدم خوارزميات وإجراءات محددة لأداء مهمو أو عمل معين, ويحصل هذا الجهاز المبرمج علي مدخلات تلقائياً ويطبق نفس الشيء وفقاً للبرنامج " وفقاً لهذا التعريف يتضح أن الآلات التي تستخدم تقنية الذكاء الاصطناعي تعمل من خلال أجهزة الكمبيوتر, وتكون مدخلاتها علي شكل رموز وقواعد وتستخدم خوارزميات برمجية محددة, ويمكن العثور علي أحد الاستخدامات الخالصة للذكاء الاصطناعي في الروبوت الذكي[١].

١ – خالد ممدوح إبراهيم , التنظيم القانوني للذكاء الاصطناعي, دار الفكر الجامعي ,الإسكندرية, ط الأولي, ٢٠٢١, ص ١٧ .

ويرى البعض أن الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence يعتبر ، قبل كل شيء ، هو التكنولوجيا التي تجعل الآلات تفكر والتي تمكنهم من القيام بمهام مثل البشر، فخوارزميات وبرامج الذكاء الاصطناعي لا تتذكر البيانات وتعالجها فقط كما تفعل البرامج الشائعة، بل إنها تمكن الآلات من التفكير بمفردها – مثل العقل البشري – واتخاذ قرارات منطقية . وبتحليل الرأي السابق يتضح أن الذكاء الاصطناعي يحتوي على العناصر الآتية :

١. أنظمة الذكاء الاصطناعي هي برمجيات software ، وأحيانا تكون أجهزة أو آلات .
٢. من صنع وتصميم البشر
٣. تعمل على تحقيق هدف محدد من خلال الحصول على البيانات، أو معالجة المعلومات المستمدة من هذه البيانات، واتخاذ أفضل الإجراءات لتحقيق الهدف المحدد .
٤. يمكنها تعديل سلوكها – بمفردها – بناء على الخبرات التي اكتسبتها من أفعالها السابقة دون الرجوع إلى العنصر البشرى ، ولعل هذا ما قد يثير المسئولية القانونية عن أنظمة الذكاء الاصطناعي عن أفعالها المستقلة.

ويمكن القول أن مصطلح الذكاء الاصطناعي - من الناحية التقنية - أصبح مصطلحا شاملا لوصف أي تقدم في الحوسبة والأنظمة, والتكنولوجيا حيث يمكن لبرامج الكمبيوتر – أو الآلات الذكية - أداء المهام أو حل المشكلات التي تتطلب نوعا من الذكاء البشري [١].

ثانياً مفهوم الذكاء البشري :

الذكاء البشري هو البراعة الفكرية للبشر، والتي تتميز بالوظائف المعرفية المعقدة والمستويات العالية من الدوافع والوعي الذاتي بسبب الذكاء البشري، يمتلك البشر القدرات المعرفية للتعلم، وصياغة المفاهيم، والفهم، واستعمال المنطق، بما في ذلك القدرة على التعرف على الأنماط، وفهم الأفكار، والتخطيط، وحل المشكلات، واتخاذ القرارات، والاحتفاظ بالمعلومات، واستخدام اللغة للتواصل[٢] .

---

١ – خالد ممدوح إبراهيم , المرجع السابق, ص ١٨ .

٢ – Kirs Tirri and Erkki Komulainen , MODELING A SELF –RATED INTELLIGENCEPROFILE FOR THE VIRTUAL UNIVERSITY , University of Helsinki , CHAPTER ٦ , ٢٠٠٢ , p ٣, Gardner’s Theory of Multiple Intelligences .

والذكاء الإنساني, أيضاً يرتبط بالقدرات العقلية مثل القدرة علي التكيف مع ظروف الحياة والاستفادة من التجارب والخبرات السابقة والتفكير والتحليل والتخطيط و حل المشاكل والاستنتاج السليم والاحساس بالآخرين, والتفاعل مع غيرنا من البشر[١] .

ثالثاً: الفرق بين الذكاء الاصطناعي والذكاء البشري :

يختلف الذكاء الاصطناعي والذكاء البشري اختلافاً كبيراً في طبيعتهما وقدرتهما والأليات الكامنة وراءهما فيما يلي :

النشأة والتطور:

الذكاء الاصطناعي : يتم إنشاء الذكاء الاصطناعي من قبل البشر باستخدام خوارزميات الكمبيوتر ولغات البرمجة ,إنه نتاج الإبداع البشري والبحث العلمي .

الذكاء البشري : الذكاء البشري متأصل في البشر ويتطور بشكل طبيعي نتيجة للعمليات البيولوجية والمعرفية .

التعلم والتكيف :

الذكاء الاصطناعي : تتعلم أنظمة الذكاء الاصطناعي من البيانات باستخدام خوارزميات التعلم الألي , يمكنهم تكييف وتحسين أدائهم بمرور الوقت من خلال التدريب المستمر .

الذكاء البشري : يتعلم البشر من الخبرات والتعليم والتفاعلات مع العالم, يمكنهم تكيف سلوكهم بماء علي المعلومات الجديدة والطروف المتغيرة.

القدرة والنطاق : الذكاء الاصطناعي : تتفوق أنظمة الذكاء الاصطناعي في أداء المهام المحددة صُممت من أجلها, في حين أن الذكاء الاصطناعي العام , إذا تحقق , سيمتلك ذكاء شبيه بالبشر عبر مهام متنوعه .

---

١ – خالد ممدوح إبراهيم , مرجع سابق , ص ٢٦ .

الذكاء البشري : واسع وعامة الأغراض , مما يمكن البشر من أداء مجموعة واسعة من المهام المعرفية , بما في ذلك حل المشكلات و الإبداع و العاطفة و التفاعلات الاجتماعية .

وعي وعواطف :

الذكاء الاصطناعي : يفتقر الي الوعي والعواطف , في حين أن بعض أنظمة الذكاء الاصطناعي يمكنها محاكاه المشاعر لتطبيقات محددة, إلا أنها لا تمتلك فهمًا عاطفيا حقيقيا .

الذكاء البشري : البشر كائنات واعية لديها عواطف ووعي ذاتي وقدرة على تجربة وفهم المشاعر المعقدة .

الحدس و الإبداع :

الذكاء الاصطناعي : يفتقر الذكاء الاصطناعي إلي الحدس والإبداع بنفس الطريقة التي يمتلكها البشر, بينما يمكن للذكاء الاصطناعي إنشاء حلول جديدة بناءً علي أنماط البيانات, إلا أنه ليس مبدعاً أو بديهياً حقاً .

الذكاء البشري : يسمح الحدس البشري باتخاذ قرارات سريعة بناءً علي الغرائز والمعرفة المتراكمة, يظهر البشر أيضاً إبداعاً, ويولدون أفكاراً أصيلة وتعبيرات فنية .

الأخلاق :

منظمة العفو الدولية : **الذكاء الاصطناعي** يفتقر إلي التفكير الأخلاقي و الحكم الأخلاقي, تعمل علي أساس الخوارزميات والبيانات دون الشعور بالصواب أو الخطأ .

والذكاء البشري : يمتلك البشر بوصلة أخلاقية ويمكنهم اتخاذ قرارات أخلاقية بناءً علي القيم والتعاطف والأعراف المجتمعية . [1]

---

١ – مقال عن الفرق بين الذكاء البشري والذكاء الاصطناعي عبر هذا الموقع , تمت الزيارة ١ –٩ –٢٠٢٣

.https://molhem.com/@technology

الفرع الثاني

مفهوم الروبوت الطبي

تعرف جمعية صناعات الروبوت في الولايات المتحدة الأمريكية, علي أنه هو المعالج الطرفي اليدوي المتعدد الأغراض والذي يمكن إعادة برمجته لتحريك المواد وأجزاء الأجهزة من خلال حركات مبرمجة لتنفيذ العديد من الأغراض, هذا وقد عرفت شبكة المراقبة الأوربية (EFMIN) ٢٠٠٨ روبوتات الرعاية الصحية أو الطبية بأنها أنظمة قادرة علي تنفيذ إجراءات كهروميكانيكية منسقة مجهودات القوة أو الحركة بناء علي معالجة المعلومات المكتسبة من خلال تقنية المرضي . وتشتمل الروبوتات المستخدمة في مجال الراعية الصحية علي درجات متفاوتة من الاستقلالية وتشمل علي نطاق واسع التكنولوجيا التابعة بما في ذلك أنظمة الاستعارة, وخوارزميات معالجة البيانات[١] .

أهمية استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال الطب : -

لا شك أن تقنيات الذكاء الاصطناعي توفر وسائل الرعاية الصحية في أوقات الأزمات ، وفي الحالات الحرجة بدون مخاطر ، حيث يمكن للروبوت العمل في حالات الجوائح الصحية ، وتفشي الأوبئة بدون مخاوف من الإصابة بنقل العدوى .

ويمكن للذكاء الاصطناعي تحديد الأنماط ومساعدة الباحثين على انشاء مجموعة ديناميكية للمريض لأجراء دراسات وتجارب سريرية ، وباستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يمكن

١ – أحمد السيد عبد الرازق بطور, مدي مسئولية الروبوت الطبي جنائياً كأحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي, المجلة القانونية (مجلة قانونية متخصصة في الدراسات والبحوث القانوني) ,(دراسة تحليلية تأصيلية), ص ٢٠٥– ٢٠٦ .

للأطباء الحصول على معلومات العمليات الطبية ومخاطرها ، وكيفية إجرائها ، واحتمالات نجاحها.

وترجع سرعة انتشار تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الرعاية الصحية إلى نجاحها في القيام بمهامها بسرعة فائقة ، ودقتها العالية في انجاز العمليات الطبي, ولم يعد الأمر اليوم فيما يتعلق

بدور الذكاء الاصطناعي يقتصر فقط علي تخزين البيانات وحفظ الملفات، بل تعدى ذلك إلى تحليل تلك البيانات والتوصل إلى استنتاجات دقيقة وتشخيص الحالة في فترة قياسية ، وتقرير العلاج ، بل والمشاركة في إجراء العمليات الجراحية , فقد كثر استخدام الذكاء الاصطناعي في قطاع الرعاية الصحية وبات يعتمد عليه في التشخيص وإنتاج الأدوية وتحسين سير العمل داخل أروقة المستشفيات وبين الأقسام الطبية وغيرها .

ولقد أصبح الذكاء ا لاصطناعي قادر علي جعل الأجهزة والآلات قابلة للتطور، وقادرة على التعلم من خلال إدخال بيانات ضخمة والعمل على تطويرها آلياً ؛ أي أنها آلات قادرة على التعلم والمعالجة المنطقية لتحقيق التكامل بين عمل الأطباء والمقصود هنا الذكاء البشري ،مع الذكاء الاصطناعي لتحقيق المزيد من التطورات في القطاع الصحي [١].

الفرع الثالث

مفهوم جراحة الروبوت

لأول استخدام لإجراء جراحي تم توثيقه كان بمساعدة الروبوت عام ١٩٨٥, عندما تم استخدام الذراع الجراحية لروبوت " puma ٥٦٠ " في جراحة الأعصاب الدقيقة , وهي جراحة دقيقة بالمنظار, وسمح النظام الألي بإجراء جراحات روبوتية ناجحة وإمكانية الحصول علي دقة أكبر عند استخدامه في طفيفة التوغل .

أدت الجراحة الروبوتية عام ١٩٨٥ إلي إجراء أول منظار يتضمن نظاماً روبوتياً, وتم استئصال المرارة في عام ١٩٨٧, وفي العام التالي تم استخدام نفس نظام puma لإجراء

١ – محمد جبريل إبراهيم حسن , المسئولية الجنائية الناشئة عن مضار استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الطبي (دراسة تحليله) , بحث, مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية , ٢٠٢٢ , ص ٦ –٧ .
٢ – محمد حسين موسي عبد الناصر, المسئولية الجنائية عن أخطاء الجراحات الروبوتية , بحث, مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية , ٢٠٢٢ , ص ٤٨٤ .

جراحة روبوتية , وفي عام ١٩٩٠ , تم اعتماد أول نظام ألي من قبل الإدارة الأمريكية للغذاء والدواء , وهو نظام " Aesop " المصمم من قبل شركة كمبيوتر " Computer Motion " لإجراء العمليات الجراحية بالمنظار[٢] .

وفي عام ٢٠٠٠ , أطلق نظام جراحة دافنشي , هو منظومة جراحية روبوتية مصادق عليها من طرف هيئة الغذاء والدواء الأمريكية. صممت هذه المنظومة لتسهيل العمليات الجراحية المعقدة , وهو من الناحية التقنية عبارة عن جهاز مدعوم بالحاسوب وثلاثة أنظمة فرعية متكاملة هي :

١ - وحدة تحكم الجراح : وهي مركز التحكم في النظام ككل .

٢ - عربة المريض : بما في ذلك الروبوت بأذرعه الميكانيكية .

٣ - عربة الرؤية : تحتوي على مكونات الأجهزة والبرامج الداعمة بما في ذلك وحدة

الجراحة الكهربائية.

يستخدم نظام دافنشي الجراحي في أغلب دول العالم التي تتبنى الجراحة الروبوتية الغربية منها وكذلك العربية، ففي عام ٢٠٠٤ م استخدم هذا النظام بنجاح ولأول مرة في مستشفى الملك خالد الجامعي بالمملكة العربية السعودية وهذا خلال لإجراء عملية جراحية نادرة في جراحة الأطفال تتعلق بربط المعدة من خلال روبوت لطفلة كانت تعاني من السمنة المفرطة والتي أدت لعدم قدرتها على الحركة الطبيعية، واستخدم بعدها لإجراء عملية استئصال المرارة وكذا في جراحة القلب والأورام .

وعلى مدار السنوات الماضية تم تطوير إصدارات **نظام دافنشي** حيث تتمثل إصدارته الأولى في كل من أنظمة (S.Si.Xi) والتي صممت في الأصل لجراحة البطن والمسالك البولية، في حين صمم النظام الأخير- (Da Vinci SP) - كنظام أحادي المنفذ وهو أكثر ملائمة للجراحة في نطاق وتجويف ضيق صمم خصيصا لجراحات الحنجرة والبلعوم وله خصائص تقنية عالية الجودة مقارنة بالإصدارات السابقة مما يجعل نسبة الأخطاء الطبية خلال استعماله أقل[١].

---

١ – كوثر منسل – وفاء شناتلية . إثبات الخطأ ال طبي في مجال الجراحة الروبوتية نظام دافنشي– نموذجا , الملتقى الوطني : عبء إثبات الخطأ الطبي المرفقي بالمؤسسات العمومية للصحة و تطبيقاته

مزايا نظام دافنشي الجراحي :

لنظام دافنشي عدة مزايا سواء من الناحية التقنية ، أو من الناحية الطبية والتي جعلته رائدا في مجال الجراحة الروبوتية. فمن الناحية التقنية يتمتع هذا النظام بعدة مزايا أهمه :

١. رؤية ثلاثية الأبعاد عالية الدقة
٢. التصوير بالأشعة تحت الحمراء
٣. يؤمن جراحة طفيفة التوغل
٤. يوفر رفاهية في الجلوس للجراح
٥. التصوير أيضا بالموجات فوق الصوتية

أما من الناحية الطبية العملية فتتميز الجراحة الروبوتية باستخدام نظام دافنشي بمزايا عدة أبرزه :

١. نظام آمن له معدلات نجاح مرضية ووفيات أقل
٢. تسمح بمكوث أقل للمريض في العيادة أو المشفى
٣. تحسن نوعية الحياة بعد الجراحة
٤. خسارة أقل للدم خلال الجراحة ومعدلات ضئيلة جدا لحدوث النزيف
٥. نسب أقل لمضاعفات ما بعد الجراحة

وعلى الرغم من هذه المزايا فإن استخدام هذا النظام له عدة عوائق تأتي في مقدمتها تكلفة معداته خاصة في ظل عزوف شركات التأمين عن التعامل مع الروبوتات الجراحية وغياب إلزامية ذلك ،إضافة إلى التخوف من هذه التكنلوجيا ومن آثارها التي قد تبدو غير واضحة بعد[١].

القضائية في الجزائر , ٢٠٢١ , ص ٨ .

١ – كوثر منسل – وفاء شناتلية , مرجع سابق , ص ٨ .

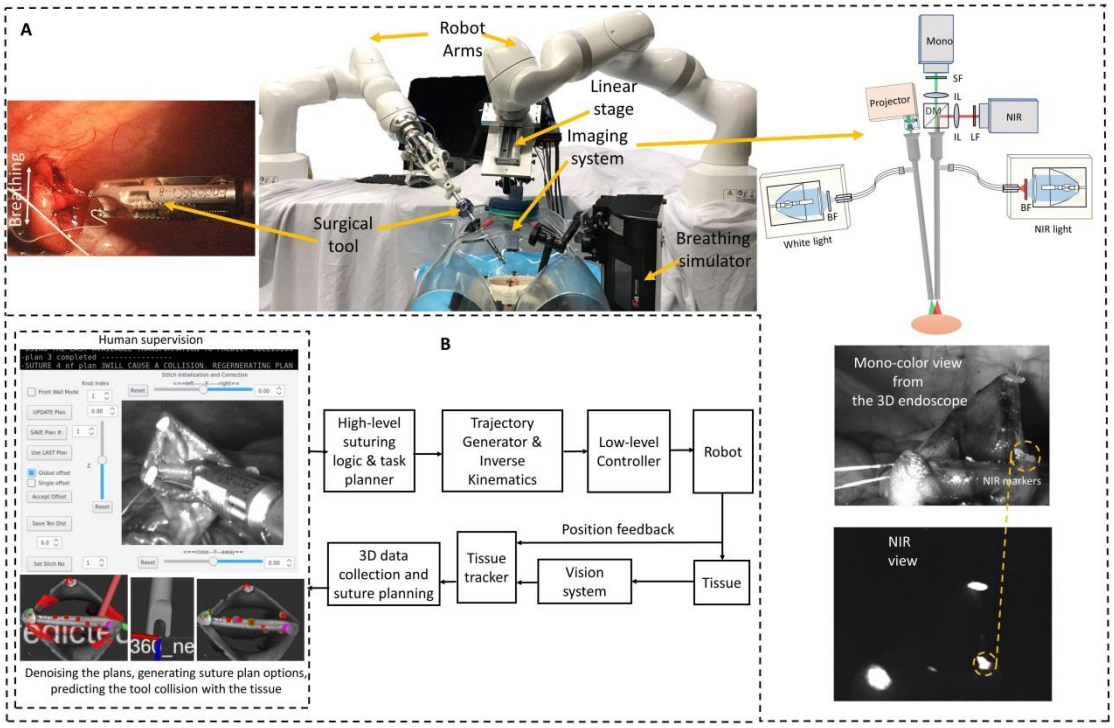
هناك العديد من المحاولات والتجارب لإحياء الروبوتات الجراحية المستقلة وإدخالها إلى السوق وإلى غرف العمليات ، وكمثال على ذلك، يعمل مختبر (Brain Tool) علي تطوير روبوت لإزالة أورام الدماغ بشكل مستقل، كما تعاونت شركة (Johnson & Johnson) مع شركة (Google) إلى خلق ما يسمي (مستقبل الجراحة) من خلال الجمع بين الخبرة والذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة الذاتي ، من خلال إجراء تجارب جراحية على عمليات العظام والأذن والخياطة الجراحية و خزعات الرئة، حيث ستقدم هذه النماذج مثالا حقيقاً عن الروبوت الجراحي المستقل[١].

ولكن في عام ٢٠٢٢ صمم فريق بحثي من جامعة جونز هوبكنز روبوت ذكي مستقل للأنسجة, والذي أكمل بنجاح جراحة الأنسجة الرخوة علي خنزير دون توجيه بشري .

يعرف باسم الروبوت (STAR) :

أول روبوت جراحي مستقل يقوم بإجراء المفاغرة في الأنسجة الرخوة, تصميم النظام لتعزيز الحكم الذاتي, وهذا شرح تفصيلي لطريقة عمل الروبوت :

١ – زينب مسعود علي, أحكام المسؤولية القانونية الجنائية للروبوت الطبي , رسالة ماجستير, قانون الخاص, جامعة الإمارات العربية المتحدة, ٢٠٢١, ص ٣٥.



يظهر الشكل ١ النسخة التنظيرية من **STAR** مع البنية المستقلة المقترحة, ويتكون النظام من روبوت (**KUKA LBR Med**) واحد مع أداة خياطة (**Endo ٣٦٠**) بمحرك للخياطة الآلية وروبوت (**KUKA LBR Med**) الثاني الذي يحمل نظام كاميرا مزدوجة بالمنظار يتكون من كاميرا **NIR** ومنظار داخلي أحادي اللون ثلاثي الأبعاد, يسمح نظام الكاميرا لـ **STAR** بتتبع علامات **NIR** المتوافقة حيويًا بشكل مستقل على الأنسجة, وإعادة بناء السطح ثلاثي الأبعاد للأنسجة (المستخدم لتخطيط الغرز), قدمت علامات **NIR** طريقة لتتبع المعالم المرغوبة على الأنسجة (**على سبيل المثال، نقاط البداية والنهاية لعملية الخياطة على الأنسجة المستهدفة**) والتي تكون قوية بالنسبة لانسداد الدم والأنسجة الرقيقة أثناء الجراحة, تسمح الطريقة المقترحة أيضًا بتتبع حركة التنفس للمريض بغض النظر عن ظروف الإضاءة داخل الحيوان (**على سبيل المثال، الضوء الأبيض المستخدم لمراقبة الجراحة**), تم أيضًا استخدام العرض ثنائي الأبعاد للكاميرا كملاحظات مرئية للمشغل عند الإشراف على التحكم الذاتي (الشكل A١)[١]. يتم توفير

المنظر من المنظار الداخلي أحادي اللون ثلاثي الأبعاد عندما لا يكون قيد التشغيل في وضع جمع السحابة النقطية (**أي عرض هامش للكشف عن الشكل ثلاثي الأبعاد للأنسجة**)، وهو ما قد يكون مربكًا للمشغل, ونظرًا لأن الروبوت يعمل بخط عرض مرتفع استنادًا إلى طرق الكشف عن الأنسجة ثلاثية الأبعاد وتخطيط المهام، فإن العرض ثنائي الأبعاد كان كافيًا للمهام الإشرافية

باستخدام النظام المطور, لاحقًا في هذه المقالة (**في قسم "Cascaded U-Net** للكشف عن **المعالم بمساعدة التجزئة"**)، نقدم تتبعًا قويًا لمعالم الأنسجة عبر هذه الكاميرا والذي من شأنه تجنب الحاجة إلى كاميرا **NIR** في الأعمال المستقبلية[١] .

يصف ما يلي سير العمل العام لنظام STAR المعزز المستقل المستخدم في هذه الدراسة أولاً: بدأ المشغل تسلسل التخطيط مع STAR باستخدام واجهة المستخدم الرسومية (**GUI**) الموضحة في الشكل **B١.** تم اكتشاف خوارزمية تتبع الأنسجة (**المفصلة والمختبرة في قسم "تتبع حركة الأنسجة"**) عندما كان المريض لا يتنفس مؤقتًا (**أي أن الأنسجة المستهدفة وصلت إلى وضع التوقف بسبب توقف دورة التنفس),**

عندما كان النسيج ثابتًا، أنشأت **STAR** خطتين أوليتين للخياطة لربط علامات **NIR** المجاورة المتوافقة حيويًا والموجودة على زوايا النسيج, تمت بعد ذلك تصفية مخططات الخياطة بحثًا عن الضوضاء وتوقعت **STAR** حدوث تصادمات بين الأدوات والأنسجة , تم التخلص من خطط الخياطة غير القابلة للاستخدام، وتم إنشاء مجموعة جديدة من الخطط للتنبؤ بالتصفية والتصادم. بمجرد أن تصبح مجموعة الخطط قابلة للاستخدام، اختار المشغل خطة خياطة تخلق إما تباعدًا موحدًا للخياطة عبر العينة بأكملها أو تباعدًا موحدًا للخياطة مع غرز إضافية في زوايا الأنسجة للحصول على إغلاق خالٍ من التسرب في الهندسة الصعبة. بمجرد قيام المشغل باختيار إحدى الخطط والموافقة عليها، **نفذ STAR** روتين وضع الغرز عن طريق تحريك الأداة إلى موقع الغرز المخطط الأول، وتطبيق الغرز على الأنسجة،

وانتظر المساعد لإزالة الغرز السائبة من الحقل، و توترت الخياطة. بعد الانتهاء من روتين الخياطة، أعادت **STAR** تصوير المجال الجراحي لتحديد مقدار تشوه الأنسجة , إذا اكتشف

---

١ – H. Saeidi, J. D. Opfermann, M. Kam, S. Wei, S. Leonard, M. H. Hsieh, J. U. Kang, and A. Krieger, Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis , Science Robotics Magazine , ٢٠٢٢ , p٣.

STAR تغيرًا في موضع الأنسجة أكبر من ٣ مم مقارنة بالخطة الجراحية الحالية، فإنه يخطر المشغل لبدء خطوة جديدة للتخطيط والموافقة على الخياطة بخلاف ذلك، اقترح **STAR** إعادة استخدام الخطة الجراحية الأولية والاستمرار في روتين الخياطة التالي. وتكررت هذه العملية لكل خياطة في الخطة الجراحية, في الحالات التي لم يتم فيها وضع الغرزة المخططة بشكل صحيح أو إذا لم يمتد الخيط عبر طبقتين من الأنسجة، كرر المشغل الغرزة الأخيرة مع تعديل طفيف للموضع عبر واجهة المستخدم الرسومية قبل أن يستمر STAR في تنفيذ خطة الخياطة. ومن الجدير بالذكر أنه على الرغم من استخدام التدخل المباشر من قبل المشغل لتصحيح الغرز المفقودة، إلا أن معظم سير العمل تم إكماله بطريقة مستقلة, يمكن توسيع هذه الاستراتيجية في الأعمال المستقبلية حيث يقوم نظام **STAR** بشكل مستقل باكتشاف الغرزة المفقودة وضبطها وتكرارها ليؤدي إلى إجراء مفاغرة مستقلة تمامًا. يظهر الشكل مخططًا تقنيًا أكثر تفصيلاً لاستراتيجية التحكم الشاملة [١].

وفي كامبريدج، المملكة المتحدة ٢٧ .يناير ٢٠٢٢ – أعلنت الشركة العالمية أنظمة الجراحة الروبوتية عن إطلاق نظامها " Versius " (فيرسيوس) للجراحة الروبوتية في مصر :

وقد أُدخِل نظام" Versius " في كلٍ من مستشفى عين شمس التخصصي والمستشفى الدولي للكلى والمسالك البولية، حيث تتعاون شركة **CMR** مع مجموعة **ATG** لتلبية الطلب الكبير

على نظام **Versius** من واحدة من أكبر بلدان منطقة الشرق الأوسط وأفريقي, ويُستخدم نظام **Versius** لإجراء مجموعة كبيرة من الجراحات العامة وعمليات المسالك البولية التي تساعد في علاج المرضى المصابين بسرطانات القولون والمستقيم والمسالك البولية، وأمراض الأمعاء والكلى.

١ – H. Saeidi, J. D. Opfer mann, M. Kam, S. Wei, S. Leonard, M. H. Hsieh, J. U. Kang, and A. Krieger, Previous reference , p ٤-٥.

وتتبوأ الرعاية الجراحية ذات التقنية العالية مكانة بارزة للغاية في النظام الصحي في مصر، لا سيَّما مع تزايد تبني أحدث التقنيات الجراحية بمساعدة الروبوت تزايدًا سريعًا في المستشفيات الحكومية التي تدعمها وزارة الصحة في مصر مثل مستشفى عين شمس[١] .

وتعد مستشفى عين شمس واحدة من أكبر المستشفيات التعليمية في أفريقيا والشرق الأوسط وتحظى بسمعة قوية على المستوى العالمي بوصفها مركز أبحاث ومعهد تدريب ، وكانت المستشفى هي أول من تبنى نظام " **Versius** " في مصر ,حيث يستخدم في مجموعة من العمليات الجراحية العامة والعمليات الخاصة بالمسالك البولية , كما يستخدم نظام " **Versius** " في إجراء جراحات المسالك البولية في المستشفى الدولي للكلى والمسالك البولية .وقد يؤدي استخدام جراحة ثقب المفتاح الروبوتية في هذه الحالات إلى تقليل وقت استشفاء المريض مقارنة بالجراحة المفتوحة ويمكن أن يقلل بشكل كبير من الإجهاد البدني للجراح أثناء إجراء الجراحة.

وعلق مارك سلاك رئيس الخدمات الطبية والجراحية بشركة CMR قائلاً:

"ثمة إمكانات هائلة للروبوتات الجراحية في مصر التي تمتلك نظام رعاية صحية يشتهر بتميزه السريري والأكاديمي .ويمثل تبني نظام **Versius** في مستشفى عين شمس، التي تعد من أكبر

---

١ – بيان صحفي صادر عن شركة **CMR Surgical Limited**, ٢٠٢٢, من خلال الموقع تمت الزيارة في ١٥ سبتمبر ٢٠٢٣ .

https://www.globenewswire.com/en/news-release.

نبذة عن شركة :

هي شركة عالمية للأجهزة الطبية تستهدف إحداث طفرة في الجراحة باستخدام نظام **Versius** الروبوت الجراحي من الجيل التالي.

وتلتزم شركة CMR – التي يقع مقرها في كامبريدج بالمملكة المتحدة، بالعمل مع الجراحين والفرق الجراحية والمستشفيات الشريكة، لتوفير أداة مثالية لجعل الجراحات الروبوتية ذات الحد الأدنى من التوغل متاحة عالميًا وبأسعار معقولة .ومن خلال نظام **Versius** , نتولى مهمة إعادة تعريف سوق الروبوتات الجراحية بتقنية وبيانات عملية ومبتكرة يمكنها تحسين الرعاية الجراحية. وتتميز الشركة , التي تأسست عام ٢٠١٤ ، بأنها شركة خاصة محدودة ومدعومة بقاعدة مساهمين دوليين.

المستشفيات التعليمية العامة، والمستشفى الدولي للكلى والمسالك البولية، وهي مركز مخصص للمسالك البولية، مجرد بداية، حيث يشهد تنوع العمليات التي تُجرى في كلٍ من مستشفى عين شمس والمستشفى الدولي للكلى والمسالك البولية على تعدد استخدامات نظام **Versius** , ومن المشجِع أن نرى أنهم في غضون الفترة القصيرة التي استخدموا فيها نظام **Versius** , قد تمكنوا من إجراء عدد كبير من العمليات التي تعالج بشكل أساسي مجموعة من أمراض السرطان، الأمر الذي يعزز القيمة التي يمكن أن يقدمها نظام **Versius** إلى أنظمة الرعاية الصحية عالميًا.

ويقول الدكتور طارق يوسف، أستاذ الجراحة العامة وجراحات القولون والمستقيم بمستشفى جامعة عين شمس :

" بفضل حجم نظام **Versius** وتصميم وحداته، قمنا بتضمينه في إجراءاتنا السريرية الحافلة بسهولة، حيث أجرينا جراحات معقدة كان سيتطلب إجراؤها في السابق استخدام الجراحة المفتوحة .ويقدم نظام **Versius** مميزات من حيث الدقة والبراعة المتزايدة وهما ميزتان بالغتا الأهمية لجراحات، فضلًا عن تقديم فوائد كبيرة أيضًا للمرضى .ويسعدنا أن نكون من المبتكرين في مصر بصفتنا أول من استخدم نظام **Versius** , ونتطلع إلى إجراء المزيد من العمليات الجراحية الروبوتية للمرضى في المستقبل. "

من هو نظام Versius للجراحة الروبوتية :

يعيد نظام **Versius** إرساء التوقعات المرجوة من الجراحة الروبوتية .ويناسب نظام **Versius** فعليًا أي غرفة عمليات ويندمج بسلاسة في سير العمل الحالي، ويزيد من احتمالية نجاح الجراحات الروبوتية ذات الحد الأدنى من التوغل .ويتيح تصميم الوحدات الصغير والمحمول في نظام **Versius** للجراح استخدام عدد الأذرع المطلوبة فقط خلال إجراء ما .

ومن خلال المحاكاة الحيوية للذراع البشري، يمنح نظام **Versius** الجراحين خيار تحديد أفضل موضع للمنفذ مع براعة ودقة الأدوات الرسغية بالكامل .وتتيح وحدة تحكم الجراح المفتوحة التي تتميز برؤية ثلاثية الأبعاد عالية الدقة وسهولة التحكم في الأدوات والوضعية المريحة، إمكانية تقليل الإجهاد والتعب والسماح بالتواصل الواضح بين الفريق الجراحي .وبالتفكير في الجراحة بالمنظار وبمساعدة الروبوت باستخدام نظام **Versius** يمكن للمرضى والجراحين وأخصائي

الرعاية الصحية جميعًا الاستفادة من القيمة التي تجلبها الجراحات الروبوتية ذات الحد الأدنى من التوغل.

ولكنه ليس روبوت فحسب، حيث يلتقط نظام **Versius** البيانات الهادفة من خلال منظومته الرقمية الأوسع لدعم التعلم المستمر للجراح .وعبر تطبيق " Versius Connect", و " Versius Trainer" وسجل CMR السريري، يطلق نظام **Versius** العنان لمجموعة كبيرة من الأفكار لتحسين الرعاية الجراحية في نهاية المطاف[١].

يعمل علماء أميركيون على تطوير طبيب آلي أو جراح "روبوت "للقيام بمهام إجراء العمليات الجراحية في الفضاء الخارجي، فيما يتوقع أن يرى "الروبوت" النور خلال العامين القادمين بعد أن تكون قد أجريت عليه التجارب اللازمة :

وبحسب تقرير نشرته جريدة "ديلي ميل" البريطانية واطلعت عليه "العربية .نت" فمن المقرر أن يتم اختبار هذا الطبيب الآلي على متن محطة الفضاء الدولية(ISS) ، وذلك في العام ٢٠٢٤ بعد أن يكون العلماء والباحثون قد انتهوا من البحوث اللازمة له.

وتقول الصحيفة إن هذا الروبوت الذي يحمل الاسم **(MIRA)** من الممكن أن يجري عملية جراحية بشكل مستقل على البشر في الفضاء لاحقاً.

وطور العلماء الأميركيون في نبراسكا روبوت يسمى **(MIRA)** وهو اختصار لعبارة "المساعد الآلي المصغر في الجسم الحي"

وفي عام ٢٠٢٤ سينطلق الروبوت الجراحي المصغر باتجاه المحطة الفضائية حيث سيتم اختباره لأثبات قدرته على قطع الأنسجة المحاكية.

ويزعم العلماء أنه يمكن في يوم من الأيام بواسطة هذا الروبوت إصلاح الزائدة الممزقة لرائد الفضاء أثناء مهمة إلى المريخ، أو إزالة شظية من جندي أصيب بانفجار على بعد آلاف الأميال.

---

١ – – بيان صحفي صادر عن شركة **CMR Surgical Limited** , مرجع سابق .

والجراح الآلي "ميرا" هو من ابتكار شين فاريتور، الأستاذ بكلية الهندسة في جامعة نبراسكا لينكولن الأميركية، بحسب ما تؤكد "ديلي ميل"

ويزن الروبوت "ميرا" رطلين فقط وهو في الأساس أسطوانة روبوتية طويلة ذات شقين متحركين في الأسفل. ويحتوي كل من هذه الشوكات على أداتين صغيرتين في النهاية، واحدة لقفل الأشياء والأخرى لقص الأشياء. وفي النهاية سيتم استخدامها لقطع الأعضاء والأنسجة البشرية الحقيقية والاحتفاظ بها، ولكن لغايات السلامة يجب إكمال سنوات من البحث والتطوير والاختبار أولاً.

وحالياً، يتم إدخال الأدوات من خلال شق واحد في بطن المريض، ويتم التحكم فيه بواسطة عامل بشري قريب في وحدة تحكم الجراح، ولكن في المستقبل يمكن جعل الروبوت يعمل بشكل مستقل.

وقال البروفيسور فاريتور: "بينما يذهب الناس أبعد وأعمق في الفضاء، قد يحتاجون إلى إجراء عملية جراحية في يوم من الأيام"، وأضاف: "نحن نعمل لتحقيق هذا الهدف."

وخلال رحلته على متن المحطة الفضائية، سيعمل الجراح "ميرا" بشكل مستقل، دون يد التوجيه من قبل طبيب أو رائد فضاء. وداخل خزانة تجريبية بحجم فرن الميكروويف، سيتم قطع الأشرطة المطاطية المشدودة بشدة وتدفع الحلقات المعدنية على طول سلك، وهي إيماءات تحاكي تلك التي تحدث أثناء الجراحة العادية لدى البشر[١].

مخاطر الجراحة الروبوتية :

تنطوي الجراحة الروبوتية علي المخاطر والتي يمكن أن يماثل بعضها المخاطر الناجمة عن الجراحات المفتوحة, مثل الخطر المحدود بشأن الإصابة بالعدوي أو غير ذلك من المضاعفات, وتنطوي الجراحة الروبوتية أيضاً علي خطر حدوث عطل ميكانيكي, حيث تتكون الأنظمة الألية من مكونات متعددة, بما في ذلك الكاميرات والعدسات ثنائية الغين والبرج الألي والأذرع والأدوات, ولكل مكون خطر العطل , إضافة إلي ذلك يكون مصدر طاقة الروبوت عرضة للانقطاع الكهربائي, وعند توصيل التيار الكهربائي للجهاز يتم توجيه الذراع الألية بشكل خاطئ

١ – https://www.alarabiya.net/aswaq/special–

تمت الزيارة ١٤ –٩ –٢٠٢٣

إلي الأنسجة المحيطة, وهذا ما يمكن أن يسبب حرقاً داخلية وتلقاً في الأنسجة ويؤدي سريعا إلي إصابة مهدد لأنهاء الحياة .

كما أن العمليات الجراحية بمساعدة الروبوت تحمل أيضاً خطر بشري, في هذه الأنواع من الإجراءات , حيث إن الجراح يحجب عنه الرؤية ويكون بعيداً عن المريض , هذا يمكن أن يجعل الأمر صعوبة مما قد يؤدي إلي مضاعفات خطيرة, نظراً لأن الجراح يعمل عن طريق التحكم عن بعد في الأجهزة والأدوات الألية, فإنه لا يلتقي ردود فعل عن طريق اللمس مثل الجراح عند استخدام يديه, مما يؤدي إلي عدم الإلمام بالجهاز وقد ينتج عنه حدوث مضاعفات[٢].

في الواقع يقوم الروبوت الجراحي بدور كبير لما يمتلكه من تكنولوجيا هائلة، كما هو الحال في جراحة العمود الفقري، حيث يمكن لها أن تمسك الأدوات ومكونات الجراحة بثبات تام وعلى الهدف المقصود أثناء وضع اللولب في جراحة تخفيف الضغط، ولكنها في ذات الوقت قد تتخذ قرارات خاطفة قد ينجم عنها أضرار جسيمة كما هو الحال في فصل أجهزة التنفس

الصناعي عن المريض، أو غلق الشريان بطريقة قد تتسبب في تجلط الدم فيموت المريض عندئذ[١].

في حال حدوث خلل ما أثناء العملية الجراحية عن طريق روبوت دافينشي، واضطرار الطبيب إلى إجراء عملية جراحية تقليديه، فالمريض حينها يحتاج إلى جرعات زائده من المخدر، وقد يتسبب هذا بخلل في الخلايا لدى المريض.

في حال حدوث تصادم غير مرغوب بين الأذرع أثناء القيام بالعملية الجراحية، لا يوقف عملها وقد يتسبب هذا في مشكله وأخطاء قد تؤدي إلى فشل العملية الجراحية[٢].

٢– محمد حسين موسى عبد الناصر , مرجع سابق , ص ٤٩١ .

١ – أحمد السيد عبد الرازق بطور, مرجع سابق , ص ٢١٤ .

٢ – L. W. Sun, F. Van Meer, J. Schmid, Y. Bailly, A. A. Thakre, C. K. Yeung, Advanced da Vinci surgical system simulator forsurgeon training and operation

وعلى الرغم من هذه الإنجازات، التي حققها نظام (**STAR**) توجد بعض القيود في الأساليب الحالية والنتائج. حاليًا، يعتمد التنفيذ الناجح لخوارزميات التحكم في الروبوت على إمكانية الوصول والتدريج الصحيح للأنسجة في منطقة عمل معينة. وهذا لا يسمح بأي تنظيم تعسفي للأنسجة نظرًا للقيود المفروضة على نظام الكاميرا والبنية الحركية للروبوت. علاوة على ذلك، بمجرد تمكين ميزات التدريج الإضافية، ستحتاج طرق الكشف عن معالم الأنسجة التي تمت مناقشتها إلى تضمين بنيات مثل الذاكرة الطويلة قصيرة المدى للتعامل مع التغييرات الملحوظة في المعلومات الزمنية الناتجة عن تغيرات الموضع والاتجاه السريعة في منديل , . ومن القيود الأخرى لهذه الدراسة والجراحة اليدوية بالمنظار، أنه تمت المقارنة بين نظام, ستار ,ونظام دافنشي , عن بعد على الأنسجة الوهمية, لم تكن هناك إمكانية لاستخدام ذراع اختبار قائم على دافنشي في الدراسة على الجسم الحي, لأن هذا النظام المحدد مسموح باستخدامه فقط على المرضى من البشر في المستشفى الوطني للأطفال (واشنطن العاصمة، الولايات المتحدة الأمريكية).,

بالإضافة إلى ذلك، نظرًا لأسباب أخلاقية للحد من عدد التجارب على الجسم الحي وبسبب العوامل الديناميكية التي تحدث بشكل فريد أثناء كل عملية جراحية (مثل الاختلافات في الحجم، ووضع المنفذ، وإمكانية الوصول إلى الأنسجة، وتسربات النفخ المتفرقة، وحركة الأنسجة، والوذمة ، لقد قصرنا المقارنات في الجسم الحي على جراحة تنظيرية يدوية واحدة وقمنا بدلاً من ذلك بإجراء دراسة مقارنة واسعة النطاق وأكثر تحكمًا في الأنسجة الوهمية[١].

المطلب الثاني

المسئولية الجنائية لروبوت الطبي

تمهيد وتقسيم :

أوضحت شركة (PWC) للاستشارات والتدقيق في مجال الذكاء الاصطناعي, أنه في النصف الأول من عام ٢٠١٨ قد تجاوز حجم استثمارات رأس المال العالمي في تطوير الذكاء

---

planning THE INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICAL ROBOTICS AND COMPUTER ASSISTED SURGERY, ٢٠٠٧, P ٢٥٠

الاصطناعي ١,٩ مليار دولار، وبحلول عام ٢٠٢٠ وصل إلى ٥ مليارات دولار، وأنه ستكون المجالات الرئيسية للاعتماد النشط الذكاء الاصطناعي في السنوات العشر القادمة على رأسها مجال الرعاية الصحية حيث سيزداد حجم السوق العالمية للذكاء الاصطناعي ٢٨ مرة بحلول عام ٢٠٢٨، وأنه مع الوقت سيحل الذكاء الاصطناعي محل الأطباء في عملية التشخيص ووصف العلاج[٢].

تضاعف عدد قدرات الذكاء الاصطناعي التي تستخدمها المنظمات في ٤ سنوات

وجد تقرير من McKinsey عن حالة الذكاء الاصطناعي في بيئات الأعمال خلال عام ٢٠٢٢ أن متوسط عدد القدرات التي تستخدمها الشركات قد تضاعف منذ عام ٢٠١٨. تستثمر مؤسسات اليوم بشكل كبير في أتمته العمليات الروبوتية ، ورؤية الكمبيوتر ، وفهم اللغة الطبيعية ، والمساعدين الافتراضيين ، وقدرات التعلم العميق.

(الروبوت الطبي) والشخصية القانونية :

ذهبت المدرسة التقليدية إلى عدم الاعتراف للروبوت الطبي بالشخصية القانونية وذلك باعتباره أنه من الأشياء وليس من الأشخاص بما يترتب عليه عدم امكان مساءلته جنائياً، مستندين في ذلك أن أساس المسئولية الجنائية يرجع لحرية الاختيار والارادة وذلك وفق ما سار عليه المشرع المصري ونظيره الفرنسي مستندين في ذلك إلى أن الانسان هو الذي يملك المفاضلة بين البواعث المختلفة وتوجيه إرادته نحو سلوك إجرامي معين، بالإضافة إلى أن طبيعة الروبوت تجعل من المستحيل إسناد الجريمة إليه ، على أساس أن مرتكب الجريمة لا يكفي أن تنسب الواقعة إليه مادياً فقط، وانما يلزم أيضاً توافر رابطة نفسية تصلح كأساس للحكم

---

١ – H. Saeidi, J. D. Opfer mann, M. Kam, S. Wei, S. Leonard, M. H. Hsieh, J. U. Kang, and A. Krieger, Previous reference , p١١ .

٢ – أحمد السيد عبد الرازق بطور , مرجع سابق, ص ٢٠٧ .

بتوافر ذلك العنصر والمتمثل في الخطأ الجنائي .المسئولية في نوعية تامة ومعدومة مع أنه قد توجد مسئولية محدودة .

في حين ذهب الاتجاه الآخر من الفقه إلى الاقرار بضرورة مساءلة الروبوت جنائياً مستندين في ذلك إلى أن الاعتراف بالشخصية القانونية للروبوت له أهمية كبيرة أجل تحديد نظام المسئولية الذي سيتم تطبيقه في حالة وقوع جرم ناشئ عن الروبوت، كما أن معيار الجنس البشري من شأنه أن يسمح بوضع حدود فاصلة بين الانسان والأشياء مستندين في ذلك إلى أننا أصبحنا أمام إدراك اصطناعي وليس مجرد ذكاء اصطناعي، بالإضافة إلى أن الاعتراف بالشخصية القانونية سببه الرئيسي هو مدى الحاجة القانونية والواقعية لها، وهو ما من شأنه أن يسمح بإمكانية الاختيار بين قواعد قانونية معينة من أجل تحديد الشخص المسئول عن أفعال الروبوت[١].

إمكانية قياس الإدراك الصناعي على الإدراك البشري :

يرتبط الإدراك البشري بالخلايا العصبية، وقد جرى تطوير نماذج الشبكات العصبية التي تعتبر فرعا من فروع الذكاء الاصطناعي الأساسية، من خلال محاكاة الخلايا العصبية البشرية، وهي تقوم على فكرة أنه يمكن استنتاج بعض خصائص العقل البشرية الأساسية وتبسيطها ومن ثم استعمالها لمحاكاة العقل، بحيث كلما ازداد عدد هذه الشبكات ينتج الوعي للمحافظة على السلوكيات المعقدة، وقياساً عليها فإن أنظمة الذكاء الاصطناعي إذا وصلت إلى درجة من التعقيد بزيادة عدد

الشبكات الاصطناعية فإنها تصل إلى درجة الوعي الذي يمكنها من التنبؤ بالعمليات المنطقية، كما تستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي ما يسمى بالتعلم العميق باستخدام خوارزميات تتواصل مع بعضها لحل المشاكل المعقدة، هذه الاستراتيجية تشبه الموجودة في أدمغتنا، ويعتبر الانسان الآلي **صوفيا** ، أحد أهم التطبيقات في هذا المجال والمشبعة بالخوارزميات وتتميز بأن لها القدرة على التحاور وتحليل الأوجه البشرية والقدرة على التعبير وتقديم إجابات تحاكي الاجابات البشر .[١]

---

١ – أحمد السيد عبد الرازق بطور , مرجع سابق, ص ٢١٠ .

١ – عمر محمد منيب إدلبي , المسؤولية الجنائية الناتجة عن أعمال الذكاء الاصطناعي , جامعة قطر كليّة القانون , رسالة ماجستير, ٢٠٢٣, ص ٦٣ .

ولعل ما تم ذكره أعلاه يوضح حجم الطفرة الهائلة للذكاء الاصطناعي في المجال الطبي ولكنه في ذات الوقت يدعو لمزيد من القلق حيال عدم وجود إطار قانوني محكم ينظم تلك التطورات وخصوصاً في المسؤولية الجنائية أحد فروع المسؤولية القانونية، غير أنها تتمتع بذاتية تجعلها متفردة عماً عداها من المسؤوليات القانونية الأخرى - لاسيما المسؤولية المدنية أو التأديبية- فهي تقوم على أساس أن هناك ضررًا قد أصاب المجتمع في مُجمله، نتيجة خرق القواعد الجنائية أيًا كان مصدرها, وتحديداً سنلقي الضوء علي المسئولية الجنائية للروبوت الطبي الجراحي, مع شرح جميع الجوانب القانونية المحيطة التي تتعلق بالأمر وذلك بتقسيمها إلي فروع.

الفرع الأول

تعدد الأطراف الفاعلة في الجراحة الروبوتية واختلاف أوجه المسؤولية

تنطوي الجراحة الروبوتية على تداخل جهود عدة أطراف ما ينجم عنه بالضرورة تتعدد الجهات المسؤولة عن الأضرار التي تسببها هذه العمليات وتتمثل هذه الأطراف في ما يلي :

أولاً : المسئولية الجنائية لمصنع الروبوت الجراحي :

يسأل صانع الروبوت عن عيوب الآلة الناتجة عن سوء التصنيع التي قد أدت إلى انقلاب الروبوت وقيامه بأفعال خارجة عن إطار استخدامه الطبيعي، كأن يؤدي في روبوت العناية الطبية مثلا إلى تحريك المريض بشكل خاطئ وتفاقم حالته الصحية، وكمثال آخر الإضرار بالمريض بسبب سوء تواصل الروبوت مع مخبر التحليل، أو إهمال صيانة الروبوت من الشركة الصانعة. في كل الأحوال لا يستطيع صاحب المصنع الرجوع على العامل الذي لا يفقه شيئا بالروبوتات وكان قد أجبره على الدخول بعملية تصنيعية [١] .

لكن في حين أن عيوب التصنيع تتمثل في أخطاء ترتكب أثناء البناء المادي للروبوت وليست مشكلة أو عيب في المنتج نفسه، ويمكن للشركة المصنعة للروبوت أن تنفي مسؤوليتها وأن تنقل عبء ذلك للمشغل الجراح أو أطباء المساعدون أو المبرمجون, من خلال إثبات تزويدها للجراحين بعلامات التحذير المتعلقة بأعطال الروبوت، وهذا ما تلجأ له الشركة المصنعة لنظام

---

١ – محمد حسين موسى عبد الناصر , مرجع سابق, ص ٥٢٣.

دافنشي والتي تعمل بشكل دوري على تزويد المستشفيات والمراكز التي تعتمد هذا النظام الجراحي بقاعدة بيانات تشمل الأعطال المحتمل[٢] .

مواصفات المنتج : يعتبر من أهم النقاط التي يجب تقنينها للتأكيد عليها وإلزام المصنع أو المنتج لها أن يراعي معايير محددة بها، من أهمها توافر الأمان والسلامة، بالإضافة إلى توافقها مع قيم وتقاليد مجتمعنا .

ثانياً : المسئولية الجنائية للطرف الخارجي :

تحدث هذه الحالة عند قيام طرف خارجي بالدخول على نظام الروبوت الجراحي عن طريق الاختراق أو بأية طريقة كانت والسيطرة عليه واستغلاله في ارتكاب الجريمة، وفي هذه الحالة نعرض افتراضين قد يحدثان وهما :

١ - قيام الطرف الخارجي باستغلال ثغرة في الروبوت الجراحي لارتكاب جريمته، وكانت هذه الثغرة نتيجة إهمال من المالك أو من المصنع لهذه التقنية؛ فتكون المسئولية الجنائية هنا مشتركة بين الطرف الخارجي وهذا الشخص الذي وقع منه الإهمال المتسبب في استغلال هذه الثغرة ، مثال ذلك، إعطاء مالك الذكاء الاصطناعي أكواد الدخول على نظام التحكم في تقنية الذكاء الاصطناعي لهذا الطرف الخارجي لهذا الطرف الخارجي مما سهل عليه إصدار أوامر للذكاء الاصطناعي.

٢- قيام الطرف الخارجي باستغلال ثغرة في الروبوت الجراحي بدون المساعدة أو الإهمال المذكورين في الحالة السابقة؛ فتقع المسئولية الجنائية كاملة على هذا الطرف الخارجي، مثال ذلك، اختراق الطرف الخارجي للسحابة الإلكترونية التي يتم تخزين وإرسال الأوامر من خلالها لتقنية الذكاء الاصطناعي وقيامة بإصدار أوامر للذكاء الاصطناعي على ارتكاب جريمة معينة كإعطاء أمر برمجي بالاعتداء على اشخاص يحملون صفات معينة لون بشرة - زي معين[١].

ثالثاً : المسئولية الجنائية للروبوت الجراحي نفسه :

٢- كوثر منسل – وفاء شناتلية , مرجع سابق, ص ١١ -١٢ .

نظرا لأنه يُعتقد بشكل عام أن الآلات مستبعدة من المسئولية الجنائية بسبب نقص القدرة العقلية على معرفة طبيعة أفعالها على أنها واحدة من شأنها أن تؤدي إلى ارتكاب جريمة نظرا لأنها برمجة صانع أو أمر من المستخدم وليس لديهم نية عامة أو محددة , حيث يمكن القول إن الآلات لا تعرف جيدًا أو سيئًا باستثناء فقط الأوامر المعطاة يعتبر - دريا من الخيال في الوقت الحالي الحديث عن ارتكاب الروبوت الجراحي الجريمة من تلقاء نفسه بدون خطأ برمجي نتيجة حدوث تطور ذاتي في نظام الروبوت الجراحي الذي يعمل بها والقادر على التفكير وإصدار قرارات. من الناحية الواقعية لا يمكن مساءلته لأنه لا يمتلك أصلا عناصر الأهلية، وإنما هو خاضع لإدراك وإرادة جهات متعددة قد يكون من بينها المصنع أو المبرمج، غير أن الروبوتات وصلت إلى درجة من التطور يجعلها قادرة على التصرف من تلقاء نفسها، لذلك تم اقتراح أن تستند المسئولية المدنية على الأقل عن الأضرار التي تحدثها إلى الشركات المصنعة أو المبرمجة باعتماد نظام يشبه نظام المسئولية المطلقة عن المنتج، وحتى الآن لم يحدث أن طبقت القوانين الوطنية مثل هذا المقترح أي وضع أو تضمين القوانين الوطنية أحكاما خاصا بالمسئولية عن هذا المنتج.

ترتيبا على ذلك فإن القانون الجنائي لا يتصور تطبيقه على غير البشر وبالتالي لا نستطيع طبقا للقوانين الحالية توقيع جزاء جنائي على الروبوت الجراحي،

وما قد يحدث عمليا هو أن يأمر القاضي بمصادرة هذه الآلة والتي حدثت الجريمة عن طريقها[١].

رابعاً : الجراحون الأساسيون :

يتحمل الجراحون مسؤولية التنفيذ الآمن والفعال التي تشمل كل مراحل العملية، فتقوم مسؤولية المشغل أو الجراح التي تحدث أثناء الجراحة الروبوتية نتيجة لسوء الممارسة الطبية التي قد تؤدي لمضاعفات قد تكوم طويلة المدى كالنزيف، الألم الزمن، وتعفن الجروح و...والتي تعتمد بالأساس على كفاءة الجراح وليس لها ارتباط بوجود خلل في الجهاز، كما يكون مسؤولا أيضا عن مساعديه فيما يتعلق بتدريبهم ومع ذلك وبالرغم من كون المساعدين يخضعون لمسؤولية الجراح

أو المؤسسة أو المشفى الذي يتبنى الجراحة الروبوتية إلا أنهم معرضون أيضا للمتابعة القضائية فيما يتعلق بمهامهم المنفصلة و المحددة التي تتطلب كفاءتهم الخاصة .

خامساً : المستشفيات و المراكز الجراحية :

المؤسسات على غرار المستشفيات الحكومية والمراكز الجراحية يقع على عاتقها مسؤولية ضمان جراحة روبوتية آمنة والتي تتفرع عنها عدة مسؤوليات أولها مسؤولية التسويق و الإعلان الشفاف والنزيه، مسؤولية صيانة وتنظيف مكونات الروبوت وتعقيمها والتي غالبا ما تخضع إلى بروتوكولات تنظيف خاصة توجهها الشركة المصنعة للروبوت، وهو الأمر الذي تتبعه الشركة المصنعة لنظام دافنشي الجراحي والتي توفر من خلالها خراطيم عالية الضغط مخصصة لتنظيف وتعقيم أدوات الجهاز، وصولا إلى مسؤوليتها عن التدريب والاعتماد للمحافظة على معايير سلامة مرض ى الجراحة الروبوتية حيث تلزم المؤسسات الجراحين وكذا المساعدين بإجراء دورات تدريبة متعلقة باستخدام الروبوت وهنا توفر الشركة المصنعة لنظام دافنشي دورات تدريبية لهذا الغرض، وبذلك يتضح أن المؤسسات سواء المستشفيات أو المراكز الجراحية تكون مسؤولة بالنهاية عن ج راحيها الذين اعتمدتهم ولها أن تعود عليهم بإثبات مسؤوليتهم الشخصية[٢].

الفرع الثاني

محاولات تقنين أعمال أنظمة الذكاء الاصطناعي

بعض القوانين لتنظيم أعمال الذكاء الاصطناعي في الدول الأوربية و الدول العربية , مع ارفاق بعد نماذج للعمليات جراحية بواسطة الروبوت الجراحي , التي بائت بالفشل وتسببت في

١ – محمد حسين موسى عبد الناصر , مرجع سابق, ص ٥٢٦.

٢– كوثر منسل – وفاء شناتلية , مرجع سابق, ص ٩.

عواقب كثيرة, بعضها أدي إلي الوفاه , وبيان بعض الدراسات التي أجريت خلال فترة زمانية , لتأثير هذه الروبوتات علي المرضي .

أولاً : محاولات تقنين أعمال أنظمة الذكاء الاصطناعي عالمياً :

ظهرت أبرز المحاولات الدولية لتنظيم الذكاء الاصطناعي على المستوى الدولي في الولايات المتحدة الامريكية، فقد دعت العديد من المنظمات المتعلقة بالذكاء الاصطناعي لوضع منظومة قانونية للذكاء الاصطناعي باعتبار أن المسؤولية المترتبة على أفعال الذكاء الاصطناعي تثير مخاوف كل من له علاقة به، لأنهم على معرفة بأن فكرة السيطرة على أعمال وقرارات الذكاء الاصطناعي ستصبح أصعب مع التطور الهائل الذي وصلت وقد تصل إليه، وهو ما يشكل خطراً على كل من له علاقة به .

في عام ٢٠٠٨ أثناء عملية لتحويل مسار الشريان, عرض النظام الألي للربوت رمز الخطأ رقم ٢٣, فقام العاملون الطبيون بإيقاف تشغيل النظام لإزالة الخطأ, ثن تابعوا الاجراء وعرض الخطأ مرة أخري, قام الجراح بتعطيل مناول الكاميرا بالمنظار وحاول يدوياً تحريك الكاميرا والمنظار لمدة خمس أوست ساعات, ثم حدث فقدان لثاني أوكسيد الكربون الذي تم استخدامه لتضخيم منطقة الجراحة, أدي ذلك ألي دفع قلب المريض مرتين إلي داخل المنظار, مما أدي إلي قطع البطين الأيمن للمريض, فكان علي الجراح إجراء شق لفتح صدر المريض لخياطة البطين يدوياً وإنهاء الجراحة, وفي نهاية العملية التي استغرقت ١٤ ساعه, احتاج المريض إلي فتح القصبة الهوائية لأنه لم يتمكن من إزالة انبوب التنفس[١] .

---

١ – أحمد السيد عبد الرازق بطور , مرجع سابق, ص ٢١٥ .

١ – تمت الزيارة , ١٠ – ١٠ –٢٠٢٣ .

https://www.youm٧.com/story/٢٠٢٢/٧/٢٦

وفي فبراير عام ٢٠١٥, حيث خضع ستيفن بيتيت, وهو أب لثلاثة أطفال ومدرس موسيقي متقاعد, لعملية جراحية ألية لمرض الصمام التاجي في مستشفى فريمان, نيوكاسل أبون تاين, وأجري الجراح سوكوماران ناير العملية باستخدام الروبوت الجراحي (دافينشي) الذي يتكون من وحدة تحكم للجراح وأذرع ألية تفاعلية يتم التحكم فيها من وحدة التحكم , وتتضمن تفاصيل الإجراء الفاشل الذي استغرق ست ساعات الفريق الجراحي, السيد ناير والجراح المساعد (ثاسي بيلاي) وهم يصرخون في بعضهم البعض, كما أصابت الألة الممرضة في غرفة العمليات ودمرت غرز المريض, بحسب محكمة (نيوكاسل كورونر) وكان لدي المريض بيتيت فرصة تصل إلي ٩٩ % للعيش لو لم تتم العملية باستخدام الروبوت الجراحية[١] .

ومن خلال دراسة الأحداث السلبية في الجراحة الروبوتية : دراسة بأثر رجعي لمدة ١٤ عامًا من بيانات إدارة الغذاء والدواء, من خلال تطوير أداة معالجة آلية للغة الطبيعية، أجرينا تحليلًا شاملاً للأحداث الضارة التي تم الإبلاغ عنها في قاعدة بيانات MAUDE المتاحة للجمهور (التي تحتفظ بها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية) من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٣. لقد حددنا عدد الأحداث التي تم الإبلاغ عنها لكل إجراء و حسب التخصص الجراحي، أكثر أنواع أعطال الأجهزة شيوعًا وتأثيرها على المرضى، والأسباب المحتملة لأحداث كارثية مثل إصابات المرضى ووفياتهم .

خلال فترة الدراسة، تم الإبلاغ عن ١٤٤ حالة وفاة (١,٤٪ من ١٠٦٢٤ تقريرًا)، و١٣٩١ إصابة مريض (١٣,١٪)، و٨٠٦١ عطلًا في الأجهزة (٧٥,٩٪). ظلت أعداد حالات الإصابة والوفيات لكل إجراء ثابتة نسبيًا (المتوسط = ٨٣,٤، فاصل الثقة ٩٥٪، ٧٤,٢-٩٢,٧ لكل ١٠٠,٠٠٠ إجراء) على مر السنين. التخصصات الجراحية التي تستخدم فيها الروبوتات على نطاق واسع، مثل أمراض النساء والمسالك البولية، لديها عدد أقل من الإصابات والوفيات والتحويلات لكل إجراء مقارنة بالعمليات الجراحية الأكثر تعقيدًا، مثل جراحة القلب والصدر والرأس والرقبة (١٠٦,٣ مقابل ٢٣٢,٩ لكل ١٠٠,٠٠٠ عملية، نسبة المخاطر) = ٢,٢، ٩٥٪ CI، ٢,٦-١,٩). أعطال الأجهزة والأدوات، مثل سقوط قطع الأدوات المحترقة / المكسورة على المريض (١٤,٧٪)، والقوس الكهربائي للأدوات (١٠,٥٪)، والتشغيل غير المقصود للأدوات (٨,٦٪)، وأخطاء النظام (٥٪)، والفيديو / مشاكل التصوير (٢,٦٪)، شكلت جزءًا كبيرًا من التقارير. أعطال الأجهزة أثرت على المرضى من حيث الإصابات أو انقطاع الإجراءات. في ١,١٠٤ (١٠,٤٪) من جميع الأحداث، تمت مقاطعة الإجراء لإعادة تشغيل

النظام (٣,١٪)، أو لتحويل الإجراء إلى تقنيات غير آلية (٧,٣٪)، أو لإعادة جدولته (٢,٥٪).[١]

لقد أقر الكونغرس في الولايات المتحدة الامريكية في العام ٢٠٢٠ قانون مستقبل الذكاء الاصطناعي وآفاقه في العالم، وهو أول قانون فيد ا رالي ينظم أعمال الذكاء الاصطناعي ، وبناء على هذا القانون نشأت لجنة مختصة لبحث حيثيات الذكاء الاصطناعي وإصدار ا القرارات اللازمة، ودراسة آثار استخدامه على القوى العاملة في الولايات المتحدة الأمريكية، وسبقه في هذا الميدان إقرار المجلس التشريعي لولاية ألينوي الأمريكية في أيار - مايو ٢٠١٩ قانون إجراء مقابلات التوظيف عن طريق الفيديو بالذكاء الاصطناعي، ودخل القانون حيز التنفيذ في الأول من يناير – ٢٠٢٠.

وفي **أوروبا**، وبعد الخطوة التي قام بها البرلمان الأوروبي في إرساء المبادئ الأخلاقية للذكاء الاصطناعي والروبوتات، اقترح البرلمان على الدول الأعضاء في الاتحاد وضع تشريع بشأن الجوانب القانونية لتطوير استخدام الروبوتات والذكاء الاصطناعي خلال فترة زمنية تستمر ما بين عشر إلى خمس عشر سنة، ومن الخطوات التي قام بها البرلمان الأوروبي ما يلي:

- إقرار مسؤولية ما يسمى بالنائب الإنساني المسؤول عن الروبوت والذي قد يكون المصنع، أو المشغل، أو المالك، أو المستعمل، وذلك بحسب درجة الأضرار التي سببها الروبوت من جهة ودرجة السيطرة الفعلية للنائب الإنساني عن الروبوت من جهة أخرى.
- في نطاق التأمين عن أخطار الذكاء الاصطناعي فقد أستُحدث نظام للتأمين الإجباري وذلك بإحداث صندوق يؤمن التعويضات في حالة عدم وجود تأمين عن الحوادث التي يسببها .
- أقر البرلمان الأوروبي بترتيب المسؤولية المدنية عن أعمال أنظمة الذكاء الاصطناعي والروبوتات مع التطلع إلى إنشاء شخصية قانونية مستقلة خاصة بالروبوتات وأنظمة الذكاء الاصطناعي على المدى الطويل[١] .

---

١ – Homa Alemzadeh , Jaishankar Raman , Nancy Leveson , Zbigniew Kalbarczyk , Ravishankar K. Iyer, Published: April ٢٠, ٢٠١٦ , https://doi.org/١٠.١٣٧١/journal.pone.٠١٥١٤٧٠.

١ – عمر محمد منيب إدلبي , مرجع سابق, ص ٥٢.

- أصدر البرلمان الأوربي النصوص التكميلية للائحة الأوربية العامة لحماية البيانات الشخصية ، التي تضع إطار للتدفق الحر للبيانات غير الشخصية في الاتحاد الأوروبي رقم ١٨٠٧ لسنة ٢٠١٨، والتي تنص على مبدأ حرية حركة البيانات غير الشخصية داخل الاتحاد الأوروبي وعدم منعها أو تقيدها بحجة حماية الأفراد ، مالم يكن هناك مبرر للمنع أو التقييد للحماية حفاظاً على الأمن العام .

وقد تبنت **فرنسا** استراتيجية تماشت مع استراتيجية الاتحاد الاوروبي للبيانات لضمان تطوير الذكاء الاصطناعي ، حيث أصدرت اللجنة الوطنية الفرنسية وسلطات حماية المعلوماتية والمشرف لأوروبي لحماية البيانات رأياً حول قانون الذكاء الاصطناعي ، كما تم اقتراح مشروع قانون دستوري فرنسي حول ميثاق الذكاء الاصطناعي تم تقديمه في ١٥ يناير ٢٠٢٠ إلى البرلمان الفرنسي متضمناً المبادئ التي يجب أن يحترمها الذكاء الاصطناعي ومتطلبات عمليات تدقيقه وتطويره واستقلاليته في اتخاذ القرار, إلا أنه هذا المشروع ما زال قيد النظر.

ثانياً : جهود الدول العربية في مجال تنظيم الذكاء الاصطناعي :

لم تتناول أي من التشريعات العربية تنظيم أعمال الذكاء الاصطناعي بصورة مباشرة أو في تشريع مستقل، ولكن ما يوجد على أرض الواقع هو بعض نصوص في قوانين متفرقة لتنظيم بعض الإشكاليات المرتبطة بالذكاء الاصطناعي.

والدولة العربية الوحيدة التي دخلت هذا المجال بقوة وبدأت في خطوات جدية لتنظيمه، هي دولة الإمارات العربية المتحدة، حيث أنشأت وزارة للذكاء الاصطناعي، ومختبراً للتشريعات مسؤولا عن سن تشريعات استباقية لتنظيم العديد من موضوعات المستقبل، منها الذكاء والروبوتات والسيارات ذاتية القيادة وغيرها [١].

أما في **مصر:**

فقد أنشأ المشرع المصري المجلس الوطني للذكاء الاصطناعي، ويتبع لمجلس الوزراء، ويختص المجلس بوضع الاستراتيجية الوطنية للذكاء الاصطناعي، ومتابعتها والإشراف على تنفيذها، وتحديثها تبعاً للتطورات الدولية، وعلى الأخص القيام بالمهام التالية:

١. وضع السياسات المتعلقة بالأطر القانونية والفنية والاقتصادية المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي .
٢. إعداد المقترحات والتوصيات الخاصة بالتشريعات ذات الصلة بمجالات الذكاء الاصطناعي وبما يحقق دعم آليات التنفيذ وتحقيق الحماية والتأمين اللازم وكذا المشاركة في اللجان الوطنية ذات الصلة[٢] .

ومن المبادرات والمناقشات نحو التوجه لتنظيم قانوني للذكاء الاصطناعي، والجدل بين مؤيد

ومعارض، قامت **المملكة العربية السعودية** بخطوة فتحت النقاش حول فرضيات باتت واقعا ملموسا، حيث منحت السعودية جنسيتها للروبوت(**صوفيا**)، الأمر الذي أكسبها شخصية قانونية خاصة، ومنحها حقوقا وفرض عليها واجبات، وهي خطوة تعتبر دافعا للتفكير حول البعد الفعلي والآثار وضرورات التنظيم القانوني للذكاء الاصطناعي الذي كان أساسه بداية تحمل المسؤولية، ليمتد الأمر للبحث في أبعاد قانونية أخرى .

وفى دولة قطر فقد اعتمدت دولة قطر في العام ٢٠٢١ " الاستراتيجية الوطنية للذكاء الاصطناعي " المعدة من قبل وزارة المواصلات والاتصالات وجامعة حمد بن خليفة، والتي تهدف قطر من خلالها إلى تسخير الذكاء الاصطناعي لتأمين مستقبل البلاد الاستراتيجي والاقتصادي وفق رؤية قطر الوطنية ٢٠٣٠، والاستمرار في تقدم وتطوير الاقتصاد المعرفي المستدام وجعله أداة هامة لتنويع مصادر الداخل، والحفاظ على المستوى المعيشي المرتفع للمواطن، وانطلاقاً من هذا عملت الدولة على إدخال الذكاء الاصطناعي ضمن مخططاتها الاستراتيجية، واتخذت في سبيل ذلك من الابتكار أسلوب حياة وثقافة عمل، لبناء المجتمع المعرفي المنشود الذي يقوده المبتكرون ذوو الرؤى المستقبلية، آخذة بعين الاعتبار التحديات التي يمكن أن يفرزها الذكاء الاصطناعي، كما أفردت حيزاً للأخلاقيات والسياسات العامة المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي وأكدت على أهمية اعتماد مبادئ توجيهية وإطارات لأخلاقيات

١ – عمر محمد منيب إدلبي , مرجع سابق, ص٥٣ .
٢ – الميثاق المصري للذكاء الاصطناعي المسؤول , ٢٠٢٣, ص ٥ .

الذكاء الاصطناعي و الحوكمة، الذي سيعتمد بدوره على المبادئ التوجيهية بشأن الخصوصية ومشاركة البيانات الصادرة عن وزارة المواصلات والاتصالات، المتوافق مع المعايير الاجتماعية والدينية والثقافية القطرية والمبادئ التوجيهية الدولية ذات الصلة[١]

الفرع الثالث

صعوبة إثبات الخطأ الطبي للروبوت الجراحي

إن إثبات الخطأ الطبي في الجراحة الروبوتية يكون أكثر تعقيدا نظرا لتداخل عدة إشكالات منها ما هو مرتبط بالروبوت نفسه ومنها ما هو مرتبط بتعدد ا لأطراف الفاعلين في الجراحة الروبوتية, أي أن أنظمة الروبوتات وباختصار تصف إلى أنظمة يتحكم فيها إنسان، أنظمة مساعدة وأخرى مستقلة والمسؤولية فيها بذلك تكون مختلفة، فأحيانا تتم الجراحة تحت السيطرة الكاملة للجراح الموجود داخل غرفة العملية وفي حالات أخر ى تتم من خلال التحكم عن بعد، في حين أن هناك إصدارات تسمح للروبوت بمساعدة الجراح أو حتى منحه مهاما مستقلة من خلال الأذرع الروبوتية كتكليفها بإدخال المسامير اللولبية في العمود الفقري ،أو حفر قاعدة الجمجمة أو خياطة الأنسجة الرخوة ،هذا ولا يستبعد في ظل التقدم السريع في هذا المجال أن تسند العمليات الجراحية بشكل كامل ومستقل للروبوت، الأمر الذي يجعل مسؤولية الروبوت متفاوتة بتفاوت مستوى استقلاليته .

استقلالية الروبوت الجراحي والخطأ الطبي :

تصنف الروبوتات الجراحية حسب استقلاليتها إلى ستة مستويات بناء على نسبة مشاركة المشغل

١. دون استقلالية : وهي أنظمة خاضعة للقيادة الكاملة للمشغل
٢. روبوت مساعد : وفيه يوفر الروبوت التوجيه للمشغل الذي يحافظ على التحكم في النظام
٣. استقلالية المهام : يكون فيه للروبوت مهام مستقلة في الجراحة كخياطة الجلد
٤. الاستقلالية المشروطة :ينشئ فيها النظام استراتيجية للمهام التي يختارها المشغل وبعدها يمكن للروبوت أن يؤديها دون إشراف دقيق

---

١ – عمر محمد منيب إدلبي , مرجع سابق, ص٥٤ .

٥. استقلالية عالية : يمكن للروبوت اتخاذ القرارات الطبية لكن تحت إشراف طبيب مؤهل

٦. استقلالية كاملة : يكون فيها الروبوت قادر على إجراء عملية جراحية كاملة دون إشراف[١]

الخطأ الطبي بواسطة الروبوت الجراح :

حيث غالباً ما يصعب إثبات العلاقة السببية بين خطأ الروبوت والضرر الذي وقع على المريض ،ففي بعض الحالات تظهر آثاره بعد مدة طويلة من الزمن، كما هو الحال في الإصابات الناجمة عن زيادة الجرعة الإشعاعية المنبعثة من الروبوت، خصوصاً في ظل ضعف خبرة المريض بمسائل الجراحة الروبوتية، وتزداد هذه الصعوبة تفاقما نظرا لكون فشل الروبوت لا يعود دوماً إلى وجود إهمال في عمليات البرمجة والتطوير، بقدر ما قد يرتبط ذلك أحيانا بطبيعة البرنامج والبيئة الرقمية ،أو بعوامل أخرى يصعب تحديدها كالفيروسات أو الأعطال الفنية.وهذا يجعلنا نفكر في طرح تساؤلا :

أولاً : هل من الممكن أن تقع الجريمة غير العمدية هنا دون وجود خطأ يذكر للطبيب عند استخدامه الروبوت الطبي العلاجي أو الجراحي؟

مما لا شك فيه أن الإجابة على هذا التساؤل ستكون بالإيجاب وهي عندما تقع الجريمة من الروبوت - المصنع والمشغل والمالك والمستخدم أو من الروبوت الطبي ذاته على سبيل الخطأ عندئذ تشكل جريمة غير عمدية، وهو ما حدث بالفعل في أحد القضايا (٩) يونيو (٢٠٠٥) في الولايات المتحدة الأمريكية, عندما خضع المريض **(Mracek)** لعملية استئصال البروستاتا بعد تشخيص إصابته بسرطان البروستاتا، وكان الطبيب الجراح يعتزم استخدام الروبوت **"دافنشي** و هو أكثر أنظمة الجراحة الروبوتية شيوعاً ، ولكن تعطل الروبوت أثناء الجراحة وعرض رسائل **"خطأ "** ، وحاول الفريق الطبي الجراحي تشغيله، لكنه لم يتمكن من القيام بذلك، وجاء ممثل **"دافنشي"** إلى غرفة العمليات للمساعدة لكنه لم يتمكن من جعل الروبوت يعمل، فقام الجراح باستخدام معدات تنظير البطن بدلاً من الروبوت في الفترة المتبقية من الجراحة، وبعد أسبوع واحد عانى **(Mracek)** من بيلة دموية فادحة، وتم نقله للمستشفى، وهو الآن يعاني من

١ – كوثر منسل، شناتلية وفاء, مرجع سابق, ص ٩ –١٠ .

ضعف في الانتصاب لم يكن يعاني منه من قبل الجراحة بالإضافة إلى آلام شديدة في الفخذ، فقام (Mracek)على الفور بالادعاء ضد المستشفى والشركة المصممة للروبوت أمام محكمة مقاطعة المنطقة الشرقية لولاية بنسلفانيا في الولايات المتحدة الأمريكية.[١]

وهو ما أشار إليه القانون الأوروبي عندما أوضح إمكانية تطبيق الأحكام المنصوص عليها في التوجيه الأوروبي رقم ٣٧٤/٨٥ لعام ١٩٨٥ بشأن أحكام المسئولية عن المنتجات المعيبة سواء على المالك كما في حالة لو تم فتح جسد المريض أثناء إجراؤه عملية جراحية نتيجة عيب في تصنيع الروبوتات الطبية، أو على الشخص المحترف (المشغل)، أو على المالك للمستشفى الذي يقوم باستخدام الروبوت الطبي في إجراء العمليات الجراحية، أو على المستعمل - كالطبيب - أثناء إجراء عملية أو علاج.

ثانياً : هل من الممكن أن يرتكب الروبوت الطبي أثناء ممارسته لعمله جريمة عمدية كالقتل والضرب والجرح والإجهاض عمداً؟

بداية فإنه كما أشرنا فيما سبق أن الروبوتات نوعان، الأول: غير مستقل في قراراته وأفكاره، أما الثاني: يتمتع بخاصية التعليم الذاتي العميق (Deep Learning) أي القدرة على التعلم واتخاذ القرارات وتنفيذها بشكل مستقل، وهو ما يؤدي إلى أن يقوم الروبوت أثناء عمله بتغيير القواعد التي يتصرف على أساسها ونتيجة لذلك يجعل وفي الواقع فإن هناك محاولات كبيرة لإحياء هذا الاتجاه ومنها ما قامت به البشر لا يتحملون المسئولية عن السلوكيات المستقلة للروبوت .شركة Google من تعاون مع شركة Tahnson & Tohnson لتشكل ما يسمى ب (Verb Surgical) وهو روبوت طبي يجمع خبرة الذكاء الاصطناعي والتعلم الذاتي للآلة من خلال إجراء عمليات العظام وجراحات الأذن عالية الدقة، وإزالة الأنسجة المنتدبة الميتة، والخياطة الجراحية والتنقل بالإبرة من أجل خزعات الرئة. مما يقدم لطفرة هائلة في مجال الروبوت الجراحي المستقل الذاتي التعلم ويُعد أكبر مثال واقعي على ذلك ما يقوم به معمل (Brain Tool) من انتاج روبوت طبي لإزالة أورام الدماغ بشكل مستقل حيث يقوم بتحديد الأنسجة الغير مرغوب فيها من خلال التصوير المقطعي والرنين المغناطيسي، ثم تخطط

١ – أحمد السيد عبد الرازق بطور, مرجع سابق, ص ٢١٩.

خوارزميات التحكم الروبوتية لمسار الليزر الجراحي ليتم توجيهه وإطلاقه علي الورم لاستئصال الأنسجة السرطانية بأمان مما يعفي الجراح من التلاعب المباشر بالأدوات لإزلة الأورام [١].

تري الباحثة :

أنه استحالة إسناد الجريمة للذكاء الاصطناعي بسبب طبيعته وذلك استنادا إلي الاتجاه التقليدي :

معارضة المسؤولية الجنائية للأنسألة :

تقليديًا ..لا يسأل إلا إنسان , ولعل تلك القاعدة تبدو هي الأكثر منطقية والأكثر اتساقًا مع مفهوم الجريمة والوظيفة الاجتماعية للقانون الجنائي أيضًا، فالجريمة لا ترتكب إلا من إنسان وهذا أمر بدهي , لأن الأخير يتمتع بالإرادة المطلوبة لخلق السلوك المكون للركن المادي للجريمة، وهي أيضًا (الإرادة) قوام الركن المعنوي، ومن ثم لا مؤاخذة على من ارتكب جريمة دون إرادته لأن القانون لا يعتد بها إلا إذا كانت واعية مدركة لما تقترفه، من ثم يصعب الاعتراف بالمسؤولية الجنائية للإنسآلة . ولما كان أساس المسؤولية الجنائية يرجع لحرية الاختيار وفقًا لخطة المشرع المصري ، كذلك نظيرة الفرنسي , فتلك الأخيرة لا تتحقق شرائطها إلا في الإنسان الطبيعي، الذي يفاضل بين البواعث المختلفة ويوجه إرادته لاتخاذ سلوك إجرامي كان في استطاعته أن يتوخاه ومن ثم لا يمكن بحال أن يؤدي الإنسآلة هذا الدور الشعوري الذي يتلمس بشكل كبير ضمير الإنسان ودواخله, فضل عن ذلك، فإن غاية قانون العقوبات هي تفعيل مجموعة من الأوامر والنواهي يلزم فهمها، كذلك أغراض العقوبة، التي تبصر الجميع بسوء عاقبة من يقترف الجرم مرة أخرى، تلكم الأهداف لا يرجى تحقيقها إلا للإنسان الطبيعي وليس للإنسآلة[٢].

و علي رغم من التطور الذي وصلت إليه هذه الكيانات في الوقت الحالي، من تحقق هذا الاستقلال التام, فقد تخرج الجرائم الناجمة عن أعمالها من دائرة مسؤولية أي من الأطراف المتصلة بها(المصنع، أو المبرمج، أو المستخدم، أو المالك، أو طرف خارجي آخر)،وبالتالي يتوهم البعض أنه يمكن تقرير مسؤولية جنائية على أعمالها، ربما أن التكنولوجيا لا تزال جديدة

---

١ – أحمد السيد عبد الرازق بطور, مرجع سابق, ص ٢٢١.

٢– محمود سلامة عبد المنعم الشريف, المسؤولية الجنائية للإنسآلة : دراسة تأصيلية مقارنة , المجلة العربية لعلوم الأدلة الجنائية والطب الشرعي, جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية, ٢٠٢١, ص ١٤٣.

نسبياً، فإن التقاضي في مثل هذه الحالات يشكل شيئاً من الرمادية من الناحية القانونية. وتقليدياً، فإن الخبراء يعتبرون أن سوء الممارسة الطبية يكون نتيجة الإهمال من جانب الطبيب أو انتهاك مستوى محدد من الرعاية. ولكن تبقى الأسئلة.. هل يمكن لعائلة المريض أن تُحمل المسؤولية للجراح البشري المشرف على الروبوت؟ أم ستتحمل الشركة التي صنعت الروبوت، المسؤولية؟ أو هل يقع اللوم على المهندس الذي صمم ذلك الروبوت؟

هذه هي الأسئلة التي ليس لها في الوقت الحاضر إجابات واضحة - ولكن يجب معالجتها عاجلاً وليس آجلاً.

في حقيقة الأمر إن الاعتراف لشخصية القانونية والأهلية لروبوت , وتمكنه من زمة مالية خاصة , ثم إلزامه بالتعويض المدني , وفرض العقوبة الجنائية علي شخصه, بعيداً عن أنه يحتاج إلي تعديل جذري في النصوص التشريعية , إلا أنه سيساعد علي ولادة الشخص الألي (الروبوت) , وتماشياً مع الاتجاه المشرع الأوربي في القانون المدني للروبوت على أن استقلال الروبوت المستقل الموجب لتغيير طبيعة البيئة القانونية الحالية، تنشأُ في الواقع عن "المعالم الخاصة المحددة للروبوت، ومن المعاني الضمنيَة التي يوجب بها هذا الاستقلال؛ أي أنَ الصفة "الروبوتية" هي بحد ذاتها الماهية المميزة للشخص الالكتروني القادم، وهي التي توحي ضمنياً بمعنى ضرورة الاعتراف بالأهليَة الكاملة لهذا الشخص غير البشري .

هذا يثير تسأل فما هو الحال بعد الاعتراف الكامل لشخص الإلكتروني مثله مثل الانسان الطبيعي؟ وكأن البشر صنع من يتحكم بيهم , وإعطائهم الحق بالوجود القانوني والمساهمة في المجتمع بالاشتراك مع الإنسان, ما هذا التناقض؟

الأمر الذي قد يؤدي إلي تحقيق أضرار مادية وجسدية بالبشر, وهكذا ستتفاعل الروبوتات مع البيئة وستتعلم من تجاربها الشخصية بشكل غير مراقب, مما سينشأ رعب لدي البشر من عواطف هذه الروبوتات, والأمر الأكثر زعراً أنه اصبح طيب جراح , وسائق, وشخص افتراضي, ومبرمج, وإلخ .... بمختلف المجالات , وما قد يزيد من خطورة هذه الرؤية المستقبلية هو أن الروبوتات الافتراضية ليس لها وجود مادي أمام الإنسان، رغم ما ستتمتع به من قدرات ذهنيَة ؛ وذلك مثل محركات البحث على الإنترنت.

وهذا التحول القانوني سيؤدي بالنتيجة إلى إيجاد مجتمع آخر غير بشري , له حقوقه وواجباته, وقد ينحرف هذا المجتمع الالكتروني عن سلطة القانون البشري, فإذا سمح له الخروج من تحت

سيطرة الإنسان, و خضوع الروبوتات لتصرف الذاتي , هذا سيؤدي إلي كوارث عالمية, و ذلك الذي تسعى إلى تصنيعه الشركات المتخصصة في صناعة الروبوتات .

الخاتمة :

قديماً كانت بعض الشرائع تعاقب الحيوان نفسه على ما صدر منه من تصرفات ضارة وكان العقاب يتمثل في القتل أو الضرب المبرح، ومع تطور فلسفة التشريع ظهر مفهوم "حارس الحيوان" في القانون وهو الذي تنعقد عليه مسئولية أفعال الحيوان الضارة، ومن هنا لبد من سيطرة الأنسان علي الروبوت , هذا بالإضافة إلى أن فكرة منح الروبوت الشخصية القانونية الالكترونية لهي فكرة خطيرةٌ على النظام العام، فهذا الاعتراف سيؤدي إلى تقويض السلطة البشرية على الدولة، كما قد ينتج عنه طمع المجتمع الآلي بضعف نظيره البشري نظراً لتسارع في التكيف والإدراك العاطفي في الروبوتات.

وأي انتهاك لهذا الموقف القانوني سيؤدي إلى تجاوز الغاية من ابتكار الروبوت، بل سيهدف إلى إحلال الكائنات الآلية محل البشرية؛ ما سيقود بالنتيجة إلى إمكانية فقدان السيطرة على الروبوتات وانعدام جدوى القانون، ثم في -صورة مستقبلية بعيدة- قد نرى سيطرة الروبوتات على البشر، ثم قضائها على الجنس البشري كما كنَّا نقرأ في القصص المصورة

لقد تم شرح بعد مفاهيم الذكاء الاصطناعي , منها مفهوم الروبوت الطبي , والروبوت الجراحي , وبيان المسئولية الجنائية لكلاً منهما, وعرض بعد انظمة تشغيل الروبوتات الجراحية بشكل تفصيلي , واهم المخاطر التي تؤديها, ومحاولات تقنين أعمال الذكاء الاصطناعي عالمياً وغربياً , والإجابة علي بض التساؤلات التي أثارها البحث , وانتهينا بعرض رأي البحثة , وتوصلنا لبغض النتائج والتوصيات .

النتائج :

١ – أن الروبوت الطبي هو سلاح ذو حدين وذلك يتوقف على حسن استخدامنا له بحسبه آلة قد تفيد كما هو الحال عند استعماله في التشخيص والعلاج والجراحة والأجهزة الروبوتية التعويضية، وقد تضر ما لم تحاط بالضمانات القانونية الكافية.

٢ - الروبوت هو عبارة عن آلة ذكية قادرة على اتخاذ قرار ذاتي دون تدخل بشري. يتم تعليم الآلة كيفية التصرف وردود الفعل البشرية عبر تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تسمح بتقليد الذكاء البشري.

٣ - تسخير الروبوت الطبي لخدمة الإنسان يؤدي إلى تحقيق أداء دقيق نظراً لعدم إمكانية وقوع الآلة في الخطأ البشري .

٤ - إن الأضرار التي قد يتسبب بها الروبوت في الوقت الراهن لا حصر لاحتمالاتها، ولا إمكانية لتوضيح مدى آثارها الجسيمة على البشر.

٥ - يتعين خضوع الجراح للتدريب ليتمكن من استخدام الروبوت الجراحي.

٦ - بإمكان الروبوت اليوم تقديم المساعدة للجراح في كثير من التدخلات الجراحية التنظيرية .

٧ - استثمار الروبوت الجراحي أدى إلى تقليص الآثار التي تتركها الشقوق الكبيرة، وبات هناك فرصة اكبر لإجراء جراحات معقدة بدقة عالية تمكن الجراح من التحكم في يد الروبوت والوصول إلى أماكن عميقة بمساعدة كاميرات تضاعف حجم المنطقة إلى عشرة أضعاف EN .

٨ – هناك مخاطر قد تؤدي إلي ظهور مضاعفات للمريض أثر خضوعه للعمليات الجراحة الروبوتيه , أو قد تؤدي بحياته .

٩ - سرعة انتشار الروبوتات الجراحية، يترتب عليها ظهور الكثير من الجرائم المرتبطة .

١٠ - وقد وجدنا أن قانون الروبوتات الأوروبي قد استهتر بمبادئ وسلطة القانون عندما منح الروبوت منزلة مستقبلية قانونية خاصة، فيبدو أن البرلمان الأوروبي قد اندفع عبر هذا القانون باتِّجاه حمى الذكاء الاصطناعي، ما يظهر مدى الاستسلام لضغط شركات التكنولوجيا العابرة للقارات القادرة على فرض مصالحها على حساب مستقبل الشعوب.

التوصيات :

١ - نوصى المشرع بأن يكون هناك نص إلزامي لتدريب الجراحين على تشغيل الروبوت الجراحي، والتدريب على إجراء العمليات الجراحية باستخدام الروبوت علما بأن ذلك يحتاج وقتا طويلا من التدريب، لا سيما أن هذه التكنولوجيا على الأبواب.

٢ - يجب سن تشريعات تنظم إنتاج وتطوير الروبوتات الجراحية، وتضع معايير للجرائم المرتكبة من خلالها .

٣ - تفريد المسئولية الجنائية المتعلقة بكل من المصنع والمالك والروبوت الجراحي بإيجاد طرق مبتكرة لتحديد المسؤولية القانونية الجنائية , تواكب التطور السريع لاستلاليه الروبوت الطبي, (بصورة لا تقبل اللبس)، حتى نستطيع تحديد المسئول جنائيا وتوقيع العقاب عن المسئول .

٤ - ضرورة إعادة تطوير منظومة المسئولية الجنائية بما يتوائم مع الأنماط الجديدة لأنظمة الذكاء الاصطناعي عامة ، والروبوتات خاصة، مع العمل على وضع نصوص تتعلق خصيصاً بأطراف المسئولية الجنائية للروبوت كالمالك والمصنع والمبرمج والمستخدم بما يتوافق مع خطورتهم الإجرامية في ظل هذه النوعية من الإجرام على أن يوضع في الاعتبار الأشخاص الاعتبارية .

٥ - حظر تطوير هندسة الروبوتات إلى الدرجة التي يصل معها الذكاء الاصطناعي إلى مرحلة الاستقلال التامّ عن البشر.

٦ - ضرورة إعادة النظر في نظرية العقوبات الجنائية بما يتوافق مع أنظمة الذكاء الاصطناعي والروبوتات الطبية كتطبيق لها في ظل عدم ملائمة العقوبات المنصوص عليها في القوانين التقليدية، وذلك بالنص على عقوبات جنائية جديدة ومناسبة للروبوتات بداية من العقوبات المالية وتغليظها لتتوافق مع السياسة الجنائية الحديثة، ولتحقق الردع المطلوب في ظل هذه النوعية من الإجرام.

قائمة المراجع :

١ - أحمد السيد عبد الرازق بطور, مدي مسئولية الروبوت الطبي جنائياً كأحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي, المجلة القانونية , (مجلة قانونية متخصصة في الدراسات والبحوث القانوني) - (دراسة تحليلية تأصيلية),

٢ - خالد ممدوح إبراهيم , التنظيم القانوني للذكاء الاصطناعي, دار الفكر الجامعي ,الإسكندرية, ط الأولي, ٢٠٢١ .

٣ - زينب مسعود علي, أحكام المسؤولية القانونية الجنائية للروبوت الطبي , رسالة ماجستير, قانون الخاص, جامعة الإمارات العربية المتحدة, ٢٠٢١ .

٤ - عمر محمد منيب إدلبي , المسؤولية الجنائية الناتجة عن أعمال الذكاء الاصطناعي , جامعة قطر كلية القانون , رسالة ماجستير, ٢٠٢٣.

٥ - كوثر منسل – وفاء شناتلية . إثبات الخطأ ال طبي في مجال الجراحة الروبوتية نظام دافنشي– نموذجا , الملتقى الوطني : عبء إثبات الخطأ الطبي المرفقي بالمؤسسات العمومية للصحة و تطبيقاته القضائية في الجزائر ,٢٠٢١.

٦ - محمد جبريل إبراهيم حسن , المسئولية الجنائية الناشئة عن مضار استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الطبي (دراسة تحليله) , بحث, مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية , ٢٠٢٢ .

٧ - محمد حسين موسي عبد الناصر, المسئولية الجنائية عن أخطاء الجراحات الروبوتية , بحث, مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية ,

٨ - مقال عن الفرق بين الذكاء البشري والذكاء الاصطناعي عبر هذا الموقع , تمت الزيارة ١ -٩ -٢٠٢٣ https://molhem.com/@technology

٩ - بيان صحفي صادر عن شركة **CMR Surgical Limited**, ٢٠٢٢, من خلال الموقع تمت الزيارة في ١٥ سبتمبر ٢٠٢٣ .

١٠ - الميثاق المصري للذكاء الاصطناعي المسؤول , ٢٠٢٣ .

المراجع الأجنبية :

١ - Kirs Tirri and Erkki Komulainen , MODELING A SELF -RATED INTELLIGENCEPROFILE FOR THE VIRTUAL UNIVERSITY , University of Helsinki , CHAPTER ٦ , ٢٠٠٢.

٢ - Saeidi, J. D. Opfermann, M. Kam, S. Wei, S. Leonard, M. H. Hsieh, J. U. Kang, and A. Krieger, Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis , Science Robotics Magazine , ٢٠٢٢.

٣ - L. W. Sun, F. Van Meer, J. Schmid, Y. Bailly, A. A. Thakre, C. K. Yeung, Advanced da Vinci surgical system simulator forsurgeon training and operation planning THE INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICAL ROBOTICS AND COMPUTER ASSISTED SURGERY, ٢٠٠٧.

٤ - Homa Alemzadeh , Jaishankar Raman , Nancy Leveson , Zbigniew Kalbarczyk , Ravishankar K. Iyer, Published: April ٢٠, ٢٠١٦ , https://doi.org/١٠,١٣٧١/journal.pone.٠١٥١٤٧٠.

المواقع :

١ - https://www.alarabiya.net/aswaq/special-

تمت الزيارة ١٤ -٩ -٢٠٢٣

٢ - https://www.youm٧.com/story/٢٠٢٢/٧/٢٦

تمت الزيارة , ١٠ – ١٠ -٢٠٢٣