المستقبل المأمول لتكنولوجيا الإكسكورتيكس الإفتراضية بين التحسين البشري وواجهة المخ والكمبيوتر " دراسة في الذكاء الاصطناعي"

أسماء عبد الحفيظ خميس نوير

ملخص البحث

تُمثل تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية طفرة في عالم الذكاء الاصطناعي، حيث يمكن للمخ البشري الاتصال ببيئة حاسوبية في حالة جهاز يمكن ارتداؤه، وذلك باستخدام واجهة ثنائية الاتجاه مثل واجهة المخ والكمبيوتر، من أجل زيادة القوى المعرفية عالية المستوى للمخ البشري ومساعدة المستخدم في اتخاذ قراراته وافعاله مثل: الإدراك، والتخزين والتذكر، والمعالجة، والتعلم. كما تدعمها تقنيات موازية مثل: قراءة المخ، وتحميل المعلومات إلى المخ من الخارج، والاتصال من المخ إلى المخ، واتصال واجهة المخ بالكمبيوتر. بالرغم من التقدم الهائل الذي نتج عنه تطبيقات نموذجية إلا إنها مازالت موضوعًا بكرًا يحتاج إلى المزيد من البحث والدراسة، حيث هناك فقط عددُ محدودُ من الكتب والأبحاث الأجنبية التى تناولته بالدراسة. تأتى هذه الدراسة العربية الأولى – حسب علم الباحثة – التى تناقش إمكانية تفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية بين التحسين البشري وواجهة المخ والكمبيوتر. وتحاول الدراسة الإجابة عن كثير من التساؤلات المطروحة، مثل: ما الذكاء الاصطناعي؟ وما أهدافه وتطبيقاته؟ وما هي تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية؟ وما دور تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في التحسين البشري؟ وكيف نفسرها في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر؟ وما العلاقة بين تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية ودمج العقول؟. ولذلك استخدمت الدراسة المنهج التَحليلي النقدي.

الكلمات المُفتاحية: الذكاء الاصطناعي، تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية، التحسين البشري، واجهة المخ والكمبيوتر.

English abstract

Exocortex virtual technology is a boom in the world of artificial intelligence, where the human brain can connect to a computing environment by of a wearable device, using a two-way interface such as brain- computer interface, in order to increase the high-level cognitive powers of the human brain and assist the user in making decisions and actions such as cognition, storage, remembering, processing and learning. It is expected to be part of everyday life in the 1930s.Exocortex virtual technology is supported by parallel techniques such as brain reading, uploading information to the brain from the outside, and brain-to-brain direct connection, brain - computer interface are now subject to typical applications. Although Exocortex virtual technology is a leading subject of learning, there are a limited number of studies dealing with it. In this study, we will discuss the possibility of interpreting Exocortex virtual technology between Human Enhancement, brain - computer interface.Then try to answer many of the questions raised in this research, includ: What is artificial intelligence? What are its objectives and applications? what is Exocortex virtual technology? What is the role of Exocortex virtual technology in Human Enhancement? how do we explain it related to the brain-computer interface? And What is the relationship between Exocortex virtual technology and the Coalescing minds?, and I will use the critical analytical method to answer these questions. The research reached a set of results, the most important are: Exocortex virtual technology is a reasonable development in the expected future. It is no longer far away that the future in which we can control electronic devices by the power of the mind alone, but the price of this may be surgery that involves compromising the cells of the body to implant devices in it, such as cochlear implants.

Keywords: Artificial Intelligence, Exocortex virtual technology,Brain-Computer Interface, Human Enhancemet.

المقدمة

تُعد تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي من أبرز التطبيقات الحديثة لتكنولوجيا الاتصال والمعلومات، والذي يعد حقلاً حديثاً نسبياً نشأ كأحد علوم الحاسوب التي تهتم بدراسة وفهم طبيعة الذكاء البشري ومحاكاتها لخلق جيل جديد من الحاسبات الآلية الذكية التي يمكن برمجتها لإنجاز الكثير من المهام التي تحتاج إلى قدرة عالية صفات يتمتع بها الإنسان وتندرج ضمن من الاستنتاج والاستنباط والإدراك، وهي قائمة السلوكيات الذكية له والتي لم يكن من الممكن أن تكتسبها الآلة من قبل [١]. ومن أبرز التطبيقات الحديثة لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي هى تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية التي تُعد وسيلة أتصال للمخ البشري مع بيئة الكمبيوتر في حالة وجود جهاز يمكن ارتداؤه، باستخدام واجهة ثنائية الاتجاه بين المخ والكمبيوتر، من أجل زيادة القدرات المعرفية عالية المستوى للمخ البشري ومساعدة المستخدم في اتخاذ القرارات والإجراءات مثل الإدراك والتخزين والمعالجة والتعلم. نجد أن تكنولوجيا الإكسكورتيكس مزوده بتقنيات متوازية مثل قراءة المخ، وتحميل المعلومات إلى المخ من الخارج، والأتصال المباشر بين المخ والمخ، والواجهة بين المخ والكمبيوتر[٢]. على الرغم من أن تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية هي موضوع رائداً للتعلم، إلا أن هناك عددًا محدودًا من الدراسات التى تتناوله.

تعرض الباحثة - من خلال هذه الدراسة - لأهم التساؤلات التي تسعى للإجابة عنها، مثل:

- **ما المقصود بالذكاء الاصطناعي؟ وما أهم أهدافه وتطبيقاته؟**
- **ما المقصود بتكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية؟**
- **ما دور تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في التحسين البشري؟ كيف نفسر تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر؟**
- **ما العلاقة بين تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية ودمج العقول؟**

تهدف الدراسة إلي تفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر ودورها في التحسين البشري، التي تعد موضوعاً رائداً للتعلم في وقتنا الحالي، إلا أن هناك عددًا محدودًا من الدراسات التى تتناوله.

---

[١] مدحت أبو النصر، الذكاء الاصطناعى فى المنظمات الذكية، القاهرة:المجموعة العربية للتدريب والنشر، ٢٠٢٠، ص١٣١.

[2] Mehmet Emin Mutlu, Research Anthology on Emerging Technologies and Ethical Implications in Human Enhancement, (2021). https://www.igi-global.com/chapter/exocortex-as-a-learning-technology/273089 تاريخ الدخول: ٢٠٢٣/١٠/٢٠.

تنبع أهمية الدراسة من أهمية الموضوع الذى تتناوله، وهو تفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر، والموضوع على درجة عالية من الأهمية، نظرًا لإرتباطه بقضايا كثيرة تمثل بؤرة المناقشات الحالية فى ميدان الذكاء الاصطناعي. وتَكاد تَخلو المكتَبة الفَلسَفية والعلمية العَربية، حسب عِلم الباحِثة مِن أيَّة دِراسة مُستَقِلة تتناول تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية.

أما عن منهج الدراسة، فحاولت الدراسة الإجابة عن هذه التساؤلات وغيرها من خلال الاستناد إلى منهجين، هما: المنهج التحليلي، والمنهج النقدي. وتحقيقاً لأهداف الدراسة وللإجابة عن جميع التساؤلات المطروحة، تشكلت الدراسة من خمسة محاور أساسية، وخاتمة تتضمن أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة، فجاءت على النحو الآتي:

١- تعريف الذكاء الاصطناعي وأهم أهدافه وتطبيقاته.
٢- الأبعاد المعرفية لتكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية.
٣- التحسين البشري وعلاقته بتكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية.
٤- تفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر.
٥- العلاقة بين تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية ودمج العقول.

وفيما يلي عرض تفصيلي لهذه المحاور:

المحور الأول: تعريف الذكاء الاصطناعي وأهم أهدافه وتطبيقاته

أصبح الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence من المفاهيم المتداولة كثيراً فى عصرنا الحالى، كما تحتل مسألة تعريفه، ومراحل تطوره بؤرة إهتمام العلماء والفلاسفة. لا شك أن مصطلح الذكاء الاصطناعي من أكثر المصطلحات إثارة للجدل الفلسفى والعلمي. فنجد أنه مكون من كلمتين، الذكاء والاصطناعي، الذكاء ويعنى بأنه القدرة على التعلم والتكيف والمرونة العقلية والتصرف تجاه المواقف المختلفة والتفكير في العلاقات تفكيراً بنائيًا موجهاً نحو هدف ما [١]، وفى علم النفس هو القدرة على إكتشاف العلاقات والتكيف مع الأوضاع الجديدة بحيث تكون لجميع الكائنات الحية درجة من الذكاء تتناسب مع هذه القدرة. والذكاء نوعين وهما: الذكاء النظري وهو الذى يستخلص من التجارب السابقة مفاهيم عامة يستخدمها لمواجهة الأوضاع الجديد، والذكاء العملي وهو الذى يقتصر على إستمداد الحل من الوضع القائم [٢]. أما كلمة الاصطناعي ترتبط بالفعل يُصنع الأشياء نتيجة النشاط والفعل الذى يقوم به الإنسان.

[١] مدحت أبو النصر، الذكاء الاصطناعى فى المنظمات الذكية، ص١٢٩.
[٢] محمود يعقوبى، معجم الفلسفة (أهم المصطلحات وأشهر الأعلام)، القاهرة: دار الكتاب الحديث، ٢٠١٧، ص٥٩.

وبالتالى يمكن القول بأن الذكاء الاصطناعي من صنع الإنسان، والذكاء الإنساني من صنع الله سبحانه وتعالى[١].

حاول بعض علماء الذكاء الاصطناعي تعريف الذكاء الاصطناعي بطرق مختلفة ومنهم [٢]:

- ✓ **جون هوجلاند john Haugeland :الجهد الجديد المثير لجعل أجهزة الكمبيوتر تفكر. أي الآلات ذات عقول."**
- ✓ **لبيلمان: نظر له بالمعنى اللغوي والكلي على أنه التشغيل الآلي للأنشطة التي نربطها بالتفكير البشري، أنشطة مثل اتخاذ القرار، وحل المشاكل، والتعلم.**
- ✓ **شارنياك Charniak ومكديرميت McDermett :دراسة القدرات العقلية من خلال استخدام النموذج الحسابي.**
- ✓ **وينستونWinston : دراسة الآليات التي تمكن الآلة من الإدراك والتفكير والفعل.**
- ✓ **ريتش Rich ونايت Knight: دراسة كيفية جعل أجهزة الكمبيوتر تفكر في أي حركة.**
- ✓ **شالكوف Schalkoff مجال دراسة يسعى إلى شرح ومحاكاة السلوك الذكي من حيث العملية الحسابية.**
- ✓ **أندرياس كابلان Andreas Kaplan ومايكل هاينلين Michael : Heinlein قدرة النظام على تفسير البيانات الخارجية بشكل صحيح، والتعلم من هذه البيانات، واستخدام تلك المعرفة لتحقيق أهداف ومهام محددة من خلال التكيف المرن [٣].**

نلخص من كل هذه التعريفات أنه ذلك الفرع من علوم الكمبيوتر الذى يمكن من خلاله بناء وتصميم برامج للكمبيوتر التى تحاكي أسلوب الذكاء الإنساني، لكى يتمكن الكمبيوتر من أداء بعض المهام التي يؤديها الإنسان والتى تتطلب التفكير والفهم والسمع والتحدث والحركة والتى ترجع بجذريتها إلى التحول فى نظم البرمجة التقليدية بعد الحرب العالمية الثانية إلى إستخدام برامج للحاسبات تتسم بالقدرة على محاكاة الذكاء البشري[٤].

---

[١] مدحت أبو النصر، الذكاء الاصطناعى فى المنظمات الذكية، ص١٣٠.

[2] Rajakishore Nath, Philosophy of Artificial Intelligence: A Critique of the Mechanistic Theory of Mind, Florida: Universal-Publishers Boca Raton, 2009, p.23.

[٣] منال البلقاسى، الذكاء الاصطناعى صناعة المستقبل (الحاسبات المتوازية - التحكم الآلى - البرمجة الوراثية - لغة البرولوج - الخلايا العصبية الاصطناعية)، الإسكندرية: دار التعليم الجامعى، ٢٠١٩، ص١٤.

[٤] شعبان حسن، المنطق والذكاء الاصطناعى، الاسكندرية: دار المعرفة الجامعية ، ٢٠١١، ص١٤٤.

وفقًا لرائد الذكاء الاصطناعي جون مكارثي John McCarthy (1929-2011)، هو" علم وهندسة صنع الآلات الذكية، وخاصة برامج الكمبيوتر الذكية، ووسيلة لجعل برنامج كمبيوتر يفكر بذكاء، على غرار ما يفكر به البشر الأذكياء. ويتم إنجاز ذلك من خلال دراسة كيف يفكر المخ البشري، وكيف يتعلم البشر، ويقررون، ويعملون أثناء محاولة حل مشكلة، ومن ثم استخدام نتائج هذه الدراسة كأساس لتطوير البرمجيات والأنظمة الذكية "[١]. كما عرفه مارفن مينسكى Marvin Minsky بأنه علم صنع الآلات للقيام بأشياء تتطلب ذكاء إذا قام بها الإنسان"[٢]. فقد عرفه آلان بونيه Alain Bonnet بقوله: علم الذكاء الاصطناعي يهدف إلي فهم طبيعة الذكاء الإنساني، عن طريق عمل برامج للكمبيوتر قادرة على محاكاة السلوك الإنساني المتسم بالذكاء، وتعنى قدرة برنامج الكمبيوتر على محاكاة العملية العقلية التى تتم داخل العقل الإنساني [٣].

أما عن أهداف الذكاء الاصطناعي فنجد أنه يهدف إلى [٤]:

- ✓ **فهم طبيعة الذكاء الإنساني عن طريق عمل برامج للحاسب الآلي قادرة على محاكاة السلوك الإنساني والتي تتسم بالذكاء.**
- ✓ **تطوير وتحسين قدرة الحاسبات الآلية على القيام بوظائفها التقليدية ووظائفها الجديدة.**

١. الوظائف التقليدية: تنظيم المعلومات وترتيبها وتخزينها وتحليلها وتنسيقها وجدولتها وايجاد العلاقة فيما بينها واسترجاعها وتصحيح أخطائها المطبعية واللغوية.

٢. الوظائف الحديثة: محاكاة تفكير ومشاعر وسلوك الإنسان وردود أفعاله، والقدرة على حل المسائل، واتخاذ القرارات، والتشخيص للأمراض واجراء العمليات الجراحية، والتنبؤ، وفهم الحوار الذي يتم مع الآخرين، والتواصل مع الآخرين بشكل أقرب إلى ما يحدث بين البشر.

- ✓ **يهدف أيضاً إلى الوصول إلى أنظمة تتمتع بالذكاء وتتصرف على النحو الذي يتصرف به البشر من حيث التعلم والفهم، بحيث تقدم تلك الأنظمة مستخدميها خدمات مختلفة من التعليم والإرشاد والتفاعل وما إلى ذلك.**

---

[1] Vincent C. Müller, Fundamental Issues of Artificial Intelligence, Switzerland: Springer, 2016, p.20.

[2] Joel Walmsley, Mind and Machine, New York: Palgrave Macmillan, 2012, p.3.

[٣] آلان بونية، الذكاء الاصطناعى واقعه ومستقبله، ترجمة على صبرى فرغلى، الكويت: عالم المعرفة، المجلس الوطنى للفنون والثقافة والآداب، ١٩٩٣، ص١٣.

[٤] عادل عوض، ملكة إصدار الأحكام بين الإنسان والآلة "دراسة نقدية للرؤى المعاصرة فى المنطق والحاسوب"، الإسكندرية: دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، ٢٠٠٥، ص١٦.

يمكن القول بأن علم الذكاء الاصطناعي يهتم بالعمليات المعرفية التي يستخدمها الإنسان في تأدية الأعمال التي نعدها ذكية وتصحيحها لتحسين الأداء في المستقبل. وهذا بالتأكيد يتطلب سعة ذاكرة كبيرة وسرعة فائقة في الحاسبات الآلية وسعة تخزين كبيرة جدًا من المعلومات المرتبطة.

بالنظر إلى تطبيقات الذكاء الاصطناعي نجد أنها تتعدد وتتنوع بتعدد وتنوع مظاهر الذكاء الإنساني ومنها:

١- تعلم الآلة Machine Learning

تُعد القدرة على التعلم واحدة من السمات الأساسية للسلوك الذكي، لها أهمية كبيرة للمجالات المعنية بفهم الذكاء، وتشمل هذه المجالات العلم المعرفي، والذكاء الاصطناعي، وعلم المعلومات، وعلم النفس، والفلسفة... وغيرها. نتج عن ذلك زيادة الاهتمام بتعلم الآلة - سواء في بناء نماذج تعلم الإنسان أو في فهم كيف يمكن للآلات أن تحظى بالقدرة على التعلم[١].

أحد أكبر المفاهيم الخاطئة التى يعتقدها كثير من الناس عن أجهزة الكمبيوتر هى أنها غير قادرة على التعلم والتكيف مع الظروف الجديدة. من المؤكد أن هذا صحيح بالنسبة لبعض أجهزة الكمبيوتر، من حيث أنها مجرد أجهزة مبرمجة، ولا يتوقع منها إلا أن تؤدى فقط ما برمجت عليه. ومع ذلك، تستطيع أجهزة الكمبيوتر أن تتعلم من التجربة، وتُغير بشكل كبير طريقة تشغيلها وتغير عملها بشكل جوهرى [٢].

أي يهتم بجعل الكمبيوتر قادرًا على التعلم من تلقاء نفسه من أية خبرات أو تجارب سابقة، مما يجعله قادرًا على التنبؤ وإتخاذ القرار المناسب بشكل سريع، ويكون ذلك من خلال تطوير الخوارزميات التى تسمح بمثل هذا الأمر، وقد تم طرح هذا المصطلح لأول مرة فى عام 1959 من قبل آرثر صموئيل Arthur Samuel(1901-1990) أثناء حل لعبة الداما Checkers بواسطة الآلة .[٣]

يشير مصطلح تعلم الآلة إلى برامج حاسوبية يمكنها تعلم إنتاج سلوك غير مبرمج بشكل صريح من قبل مؤلف البرنامج. بل إنها قادرة على إظهار سلوك قد لا يكون المؤلف على معرفة به تمامًا. لذا، يتم تعلم هذا السلوك من خلال ثلاثة عوامل وهم:

- ✓ **أولاً، البيانات Data التي يستهلكها البرنامج.**
- ✓ **ثانياً، مقياس يحدد مقدار الخطأ أو شكل من أشكال المسافة بين السلوك الراهن والسلوك المثالي.**

---

[1] R. S. Michalski (ed), Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag , 1984, p.25.

[٢] كيفن واريك، أساسيات الذكاء الاصطناعى، ترجمة هاشم أحمد محمد، مراجعة د. السيد عطا، القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، ٢٠١٣، ص١٧.

[٣] مدحت أبو النصر، الذكاء الاصطناعى فى المنظمات الذكية، ص١٣٤.

- ✓ **ثالثاً، آلية التغذية الراجعة Feedback التي تستخدم الخطأ الكمي لتوجيه البرنامج؛ لإنتاج سلوك أفضل في الأحداث اللاحقة.**

وبناء عليه، تعد أساليب تعلم الآلة ضرورية فى بناء أنظمة برامج الذكاء الاصطناعي[1].
لذلك يميز كلاوس ديتريتش Klaus Dietterich (1950-2007) بين ثلاثة أساليب من التعلم وهى [2]:

- ✓ **التعلُّم السريع Speed-up learning يحدث عندما يصبح النظام أكثر فعالية في مهمة ما مع مرور الوقت دون تدخل خارجي.**
- ✓ **التعلّم من خلال التحدث Learning by being told يحدث عندما يكتسب النظام معرفة جديدة من مصدر خارجي واضح.**
- ✓ **التعلم الاستقرائي Inductive learning يحدث عندما يكتسب نظام ما معارف جديدة لم تكن متوفرة سابقا بشكل صريح او ضمني.**

إن البرامج أصبحت الآن قادرة إلى حد كبير على ممارسة ألعاب مثل الشطرنج التى تعد بمثابة ذبابة الفاكهة في الذكاء الاصطناعي، على حد تعبير باحث الذكاء الاصطناعي الروسي أليكساندر كرونرود. كما يمكن للمرء أن يجرب خوارزميات الذكاء الاصطناعي المختلفة، على سبيل المثال، فى مجال الروبوتات يتم توجيه الروبوتات التي تلعب كرة القدم، في مسابقة الروبو كوب RoboCup الدولية، عندما تتنافس الفرق كل عام في عدد من البطولات [3].

تخلق طرق تعلم الآلة برامج كمبيوتر من خلال إستخراج القواعد والأنماط من مجموعات البيانات الضخمة. وتجدر الإشارة إلى أنه على الرغم من أن تحديد النمط مهم لتعلم الآلة، دون استخراج القاعدة عملية تقع أكثر دقة في مجال استخراج البيانات. ولتعلم الآلة طيف واسع من التطبيقات بما في ذلك محركات الدراسة، والتشخيص الطبي، والكشف عن الاحتيال في بطاقات الائتمان، وتحليل سوق الأسهم، وتصنيف تسلسلات الحمض النووي DNA ، والتعرف على الكلام والكتابة اليدوية، والتعرف على الأجسام في الرؤية الحاسوبية.[4]

---

[1] Ameet V. Joshi, Machine Learning and Artificial Intelligence, Springer, 2020, p.4:5.

[2] D.E. Rumelhart et J.L. McClelland (eds.), Parallel Distributed Processing: Explorations in the microstructure of cognition, Cambridge: MIT Press, 1986, p.191.

[3] Joost N.Kok et al. (eds.), Artificial Intelligence: Definition, Trends, Techniques and Cases, New York: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), 1992, p.4.

[4] Vladimir G. Ivancevic, et Tijana T. Ivancevic, Computational Mind: A Complex Dynamics Perspective, New York: Springer, 2007, p.121.

٢- الرؤية الحاسوبية Computer Vision:

يقصد بها تزويد الكمبيوتر بأجهزة إستشعار ضوئية تمكنه من التعرف على الأشخاص أو الأشكال الموجودة، وذلك عن طريق تطوير أساليب فنية عدة لتحليل الصورة وتمييز الوجوه، فالهدف من مجال الرؤية بالكمبيوتر هو جعل الكمبيوتر قادر على رؤية الوسط المحيط به والتعرف عليه، وإلي بناء تطبيقات ذكية قادرة على فهم محتوى الصور كما يفهمها الإنسان.

تهدف تقنية رؤية الكمبيوتر إلي القدرة على تمييز الأشكال متعددة الأسطح، لكن المحاولة لجعل الكمبيوتر يميز بين تركيبات حقيقية أوضحت أن حتى هذا محفوف بالصعوبة، إن تحليل التغير فى الإضاءة لجسم مرئي ليس كافيا، فالغموض فى جسم مرئى يجب حله بأستخدام متعدد الأسطح التى تميز الشئ المرئى، لقد تم تطوير عدة أساليب فنية لتحليل الصورة وذلك لتمييز وجوه الناس فى حجرة النوم، والمشاهد الخارجية، .. الخ، واستنتج أنه يمكن تمييز مناظر مركبة إذا زود الكمبيوتر بمعلومات عن الجسم فى صيغة يمكن للكمبيوتر استغلالها، لكن حتى الآن لا توجد أساليب فنية عامة للتعامل مع مجموعة من الأشياء [١].

ترى مارجريت بودن Margaret Boden أن هناك أنواع مختلفة لأنظمة الرؤية، كل منها تم تكيفه مع منطقة تطبيق معينة. في الإستشعار عن بعد، يتم تعليق الكاميرات على الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض. في الطب، تأتي الصور من مجموعة واسعة من الآلات، كل منها يقدم معلومات مختلفة ومكتملة عن جسم الإنسان. بعض هذه الآلات مثل الماسحات الضوئية CT وMR تنتج صور ثلاثية الأبعاد، على عكس أنواع الصور المتاحة لنظام الرؤية البشرية. في تطبيقات المراقبة، غالبا ما يتم توفير المدخلات البصرية من خلال كاميرات التلفزيون المثبتة في مواقع ثابتة [٢].

كما يُعرف نظام الرؤية الموحدة على إنه يفهم ويفسر المدخلات البصرية على الكمبيوتر. على سبيل المثال، تلتقط طائرة تجسس صوراً تستخدم لمعرفة المعلومات المكانية أو خرائط المناطق. تستخدم الشرطة برامجيات حاسوبية يمكنها التعرف على وجه المجرم باستخدام الصورة المخزنة التي رسمها فنان الطب الشرعي [٣].

لا تقل إمكانية إدراك الصور فى الحاسب عن إدراك الكلام صعوبة وتعقيداً وتتشابه معها من أوجه متعددة لعل أبسط وجه الشبه أن النص المكتوب يكاد يكون صورة من تشكيلات مرسومة مختلفة الشكل والمعنى، وعملية الإدراك لا تحمل مجرد عملية التمييز بالمعنى البسيط لها بحيث تشتمل على مجرد تحديد هوية الصورة، وإنما تمتد لتشمل تمييز الهدف وإدراك أبعاده وعناصر مكوناته ودلالات الحركة فيه وإمكانية الإستدلال عليه.

---

[١] مدحت أبو النصر، الذكاء الاصطناعى فى المنظمات الذكية، ص١٣٦.

[2] Margaret A. Boden, Artificial intelligence, New York: Academic Press, 1996, p.184.

[3] Vincent C. Müller, Fundamental Issues of Artificial Intelligence, p.22.

تمر عملية تمييز الهدف بمراحل متتالية تشتمل على:

- ✓ **تبدأ الخطوة الأولى باستلام البيانات الأولية عن الصورة أو الهدف من جهاز الاستشعار، وتكون هذه البيانات عبارة عن شكل الصورة شاملة الخطوط والتقاطعات والانحناءات واللون.**
- ✓ **تبدأ عملية المعالجة على البيانات الأولية ووضع عدة افتراضات عنها، وتعطى عملية المعالجة هذه عدة تخمينات عن الصورة يتم ترتيبها حسب قوتها بناء على عملية المعالجة.**
- ✓ **يكون على أجهزة الاستكشاف القيام بعملية اختبار الافتراضات للإمداد بحقائق جديدة إضافية يتم ربطها بالمعلومات المتوفرة. تتم عملية إعادة معالجة للحقائق الإضافية والمعلومات المتوافرة وتكوين افتراضات جديدة أو تأكيد افتراضات سابقة.**
- ✓ **إعادة اختبار الافتراضات الجديدة أو الافتراضات التي تأكدت واستنتاج حقائق كافية وترتب الافتراضات حسب قوتها من جديد.**
- ✓ **يؤدى اختبار الافتراضات الأخيرة إلى تمييز الهدف أو تؤدى إلى تكوين حقائق إضافية تعاد معالجتها مع ما تكون من قبل وصولاً إلى تمييز الهدف.**

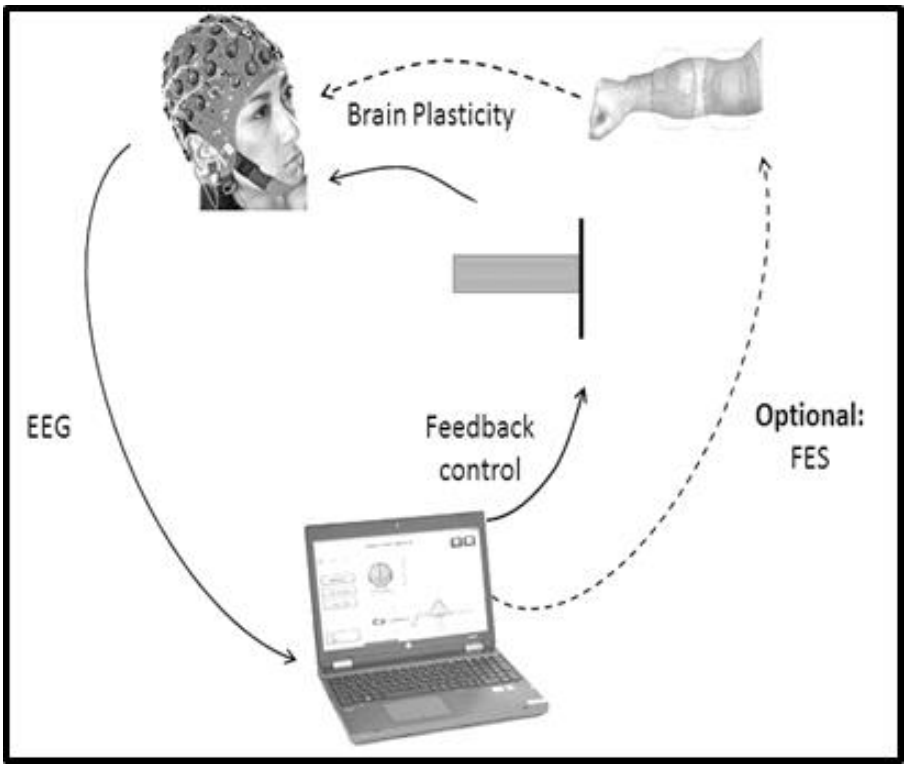
بهذا يمكن القول أن عملية تمييز الهدف تمر بعدة مراحل تبدأ بإستلام أجهزة الاستشعار Sensors لصورة الهدف والتي تكون على هيئة مصفوفة كبيرة من النقاط المختلفة الإضاءة ثم تبدأ أجهزة الاستكشاف بمعالجة مصفوفة النقاط ووضع افتراضات ترتب حسب قوتها، ثم تعاد عملية معالجة معلومات الصورة لاختبار الافتراضات واستنتاج بعض المعلومات الإضافية عن الصورة وإعادة معالجتها للوصول إلى تمييز الهدف[١]. وعلى هذا يتم تطوير تطبيقات الذكاء الاصطناعي بشكل متزايد مع التقدم التكنولوجي الحالي إلي أن ظهرت تقنيات تكنولوجية حديثة ومنها تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية التى تعد طفرة في تطوير وتطبيق الذكاء الاصطناعي.

المحور الثاني: الابعاد المعرفية لتكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية.

تُعد تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية Exocortex طفرة في عالم الذكاء الاصطناعي، حيث يمكن للمخ البشري الاتصال ببيئة حاسوبية في حالة جهاز يمكن ارتداؤه، وذلك باستخدام واجهة ثنائية الاتجاه مثل واجهة المخ والكمبيوتر (كما هو موضح بالشكل 1،2) من أجل زيادة القوى المعرفية عالية المستوى للمخ البشري ومساعدة المستخدم في اتخاذ قراراته وافعاله مثل الإدراك والتخزين والتذكر والمعالجة والتعلم. من المتوقع أن تكون جزءاً من الحياة اليومية في ثلاثينيات القرن الحالي. ويتم دعم تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية بتقنيات موازية مثل قراءة المخ، وتحميل المعلومات إلى المخ من الخارج، والاتصال من المخ إلى المخ وواجهة المخ والكمبيوتر

[١] عبدالحميد بسيونى، مقدمة الذكاء الإصطناعى للكمبيوتر ومقدمة برولوج، القاهرة: دار النشر للجامعات المصرية، ٢٠١٩، ص٥٥-٥٩.

تخضع الآن لتطبيقات نموذجية. ونجد أنها مشتقه من الكلمة اليونانية exo التى تعنى خارج . وتم وضع النظام لأول مرة من قبل جيه سي آر ليكليدر JCR Licklider في مارس 1960 في مقالة تعايش الإنسان مع الكمبيوتر Man Computer Symbiosis[١].

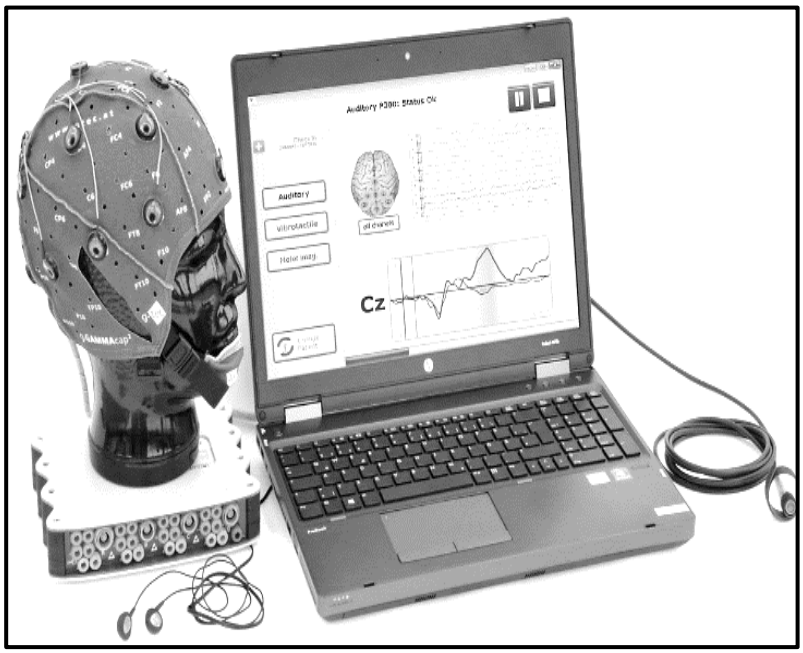


شكل(1) يوضح: تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية[٢].

[1] Mehmet Emin Mutlu, Research Anthology on Emerging Technologies and Ethical Implications in Human Enhancement, 2021.

https://www.igi-global.com/chapter/exocortex-as-a-learning-technology/273089 تاريخ الدخول ٢٠٢٣/١٠/٢٠.

[2] https://www.researchgate.net/figure/The-schematic-view-of-the-recoveriX-system_fig3_320020692 تاريخ الدخول ٢٠٢٣/١٠/٢٠



شكل (2) يوضح: الجهاز الذي يمكن إرتداؤه للأتصال ببيئة حاسوبية الذى يعمل بنظام تخطيط المخ الكهربائي [1].

تنبع تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية من علم الحاسوب وعلم النفس الإرتقائي، ولكن تم نشرها من قبل كتاب الخيال العلمي. وفي حين ان كاتب الخيال العلمي تشارلز ستروس صاغ هذا المصطلح سنة 2004، فقد ابتكر سنة 1984 وليَم جيبسون وفيرنور فينغ اول اداة خيالية تناسب تعريف تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية. في الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي، كشفت الأبحاث النظرية الأولى التي تهدف إلى زيادة الذكاء البشري بدعم من التكنولوجيا، عن هذه المشكلة لأول مرة. ومنذ عام 1980، بدأ كُتاب الخيال العلمي العمل على تقنيات توفر ارتباطًا مباشرًا بين المخ البشري والفضاء الإلكتروني.بدأ الجنس البشري الدراسة عن دعم خارجي من أجل زيادة قوة تخزين المخ وتذكره ومعالجته من خلال اختراع الكتابة والهواتف الذكية، التي لا غنى عنها في الوقت الحاضر لمعلوماتنا اليومية، يُنظر إليها على أنها تكنولوجيا ما قبل الإكسكورتيكس pre – exocortex technology [2].

[1] https://www.neuralrehabilitation.org/en/?page_id=1112 تاريخ الدخول ٢٠٢٣/١١/٢٣

[2] Mehmet Emin Mutlu, Research Anthology on Emerging Technologies and Ethical Implications in Human Enhancement, p.12.

تعرف تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية بأنها [١]:

- ✓ **قشرة إضافية افتراضية من المخ البشري تقع خارج الكائن الحي، بالإضافة إلى الفصوص المختلفة من المخ (الجبهي، الجداري، القذالي، الصدغي، وآخرون) .**
- ✓ **نظام معالجة المعلومات الخارجية التي توفر قدرات إدراكية أو قدرات إضافية للعقل البشري، غير متصلة مباشرة بالمخ البشري .**
- ✓ **عرفها بنجامين هيوستن Benjamin Houston بأنها عضو موجود خارج المخ يساعد على التفكير على مستوى عال.**
- ✓ **من الناحية المثالية، وجود علاقة تكافلية بين المستخدم والبنية الأساسية لتجهيز المعلومات حيث يكمل كل منهما أوجه القصور في الآخر ويعوض عنها. في نهاية المطاف، بناء الأجهزة أو البرامج التي تعمل بالتنسيق مع المخ لتوسيع قدراتها.**

يتضمن التصور والتصميم والمواصفات في أبحاث تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية مجموعة من تكنولوجيا الدراسات المستقبلية المقترحة للتنبؤ بالمستقبل المحتمل والمفضل وتقييمه [٢]:

- ✓ **الارتداد: استباق السيناريو المستقبلي وتحديد التدابير اللازمة لتحقيق هذا السيناريو أو منعه.**
- ✓ **تعديل ديلفى: استعراض المنشورات وبيانات الخبراء التي تدرس احتمال سيناريو معين، وأثره المحتمل وإطاره الزمني، والتأثير المحتمل للاتجاهات والمتغيرات الأخرى.**
- ✓ **المسح الضوئي: تحديد الاتجاهات الناشئة عن طريق التحقيق في المقالات الدراسية ووسائط الإعلام والأدب والمصادر الأخرى.**
- ✓ **السيناريو: يدير حالة عدم اليقين الحالية عن طريق تأطير التصورات بشأن البيئات المستقبلية البديلة التي قد تؤثر على القرارات القائمة.**
- ✓ **التنبؤ التكنولوجي: توقع أن تكون تكنولوجيات المستقبل قادرة على القيام بذلك.**
- ✓ **الادراك التكنولوجي: تحديد كل من التكنولوجيات الناشئة والمتقاربة التي يمكن أن تولد أكبر الفوائد الاجتماعية -الاقتصادية من خلال استباق سيناريوهات المستقبل للعلم والتكنولوجيا.**
- ✓ **تحليل الاتجاهات والاستقراء: تحديد التغير المستمر استنادا إلى البيانات والملاحظات التاريخية.**

---

[1] https://drwho.virtadpt.net/files/HOPE_XI_constructing_exocortices.pdf تاريخ الدخول ٢٠٢٣/١١/٢٠.

[2] Mehmet Emin Mutlu, Research Anthology on Emerging Technologies and Ethical Implications in Human Enhancement, p.12.

- ✓ **الرؤية: جعل صورك المستقبلية حقيقية وجذابة بما يكفي للسماح لها بالعمل كأهداف.**

إن تطور المخ البشري والحواس البشرية مسؤول عن الكيفية التي يبني بها البشر واقعهم وكيف يتفاعلون مع الأحداث ـ بشكل معقول، أو سلبي، أو حتى يؤدي إلى أمراض عقلية. ويبدو أن آليات المخ المتطور حتى الآن متكيفة بشكل جيد لتصفية مئات الآلاف من الأحداث في الثانية والاستجابة فقط على تلك التي يجب أن نعالجها بوعي وفقا لحالة معينة، أو تلقائيا وبدون وعي عندما يعمل مخنا التنفيذي ببطء شديد -على سبيل المثال في حالة الخطر أو الطوارئ أو عندما يكون نمط حدث معقد قد تم بالفعل معالجته في الماضي ويجب عدم معالجته بوعي مرة أخرى. وقد عملت هذه الآليات بكفاءة وفعالية أكثر أو أقل لحوالي 40,000 سنة [1].

ومع ذلك، فإن التعقيد المتسارع للحياة البشرية والمجتمع والاقتصاد والاتصال وسهولة الوصول إلى المعلومات الافتراضية يتطلب تحسين القدرات العقلية البشرية، والعملية التطورية المعرفية الفسيولوجية البطيئة للغاية. لذلك لا ينبغي أن يحاكي النظام المعرفي المخ البشري في مثل هذا السياق، ولكن ينبغي أن يوفر المكونات والقدرات المفقودة. ويشمل تطوير أجهزة استشعار ذكية منخفضة التكلفة يمكن ارتداؤها أو توزيعها في البيئة، بما في ذلك بعض الحواس الممتدة إلى ما وراء القدرات البشرية، والتي تنفذ العمليات المعرفية بما في ذلك الانتباه وتجنب الاصطدام والتعرف والاكتشاف والكشف عن الإشارات العاطفية، وبالتالي توفير معلومات عالية القيمة للانسان. تستخدم الإكسكورتيكس هذه المكونات من أجهزة الحاسوبية سريعة ومتوازية وقابلة لإعادة التشكيل لتنفيذ البنية المعرفية الاصطناعية [2].

تتضمن تكنولوجيا الإكسكورتيكس تدفق المعلومات إلى الإنسان، وتدفق تحكم محدود من الإنسان، بما يتفق مع تكنولوجيا الواجهة الناشئة. يتضمن نظام الاتصال البشري مدخلات حسية سريعة وعالية النطاق عبر جهاز حزامي، وردود فعل لغوية وبصرية للمعلومات الرمزية. وسيشمل التحكم البشري في النظام أمر الصوت وأجهزة الإدخال التقليدية [3].

من منظور عصبي، نستطيع أن ننظر إلى التكنولوجيا التي يولدها الانسان باعتبارها قشرتنا المخية الحديثة neocortex وقشرة الفص الجبهي والقشرة الحسية الحركية في المقام الأول ـ التي تعمل على توسيع وزيادة بنيتنا الإدراكية الحسية والحركية من خلال إبراز نفسها في البيئة الخارجية. فضلاً عن ذلك، ونظراً لإبداعنا القائم على المخ وترتيبنا الذاتي لأهمية الفكر، فإن القدرة الناشئة على تحسين الوظائف الإدراكية

---

[1] Rajakishore Nath, Philosophy of Artificial Intelligence: A Critique of the Mechanistic Theory of Mind, p.20.

[2] Ibid, p.22.

[3] https://complexevents.com/wp-content/uploads/2012/06/uCepCortex-Appls-and-MathMethods.pdf. تاريخ الدخول ٢٠٢٣/١٠/٢٠.

العصبية بشكل مباشر تقدم مهمة علمية وتكنولوجية تأسيسية فريدة. اقترح هنا الإدراك القشري الخارجي Exocortical Cognition (ECC) -وهو إطار إدراكي متعدد التخصصات يقوم على المراجعة، وتقارب مجموعة من المجالات المستقلة للعلوم والتكنولوجيا، وتطبيق تقنيات التنبؤ التكنولوجي. وإذا تم تحقيق ذلك، فإن الإدراك القشرى الخارجي سيحسن بشكل كبير الوظيفة الإدراكية للإنسان وقدرة الذاكرة على سد الفجوة المفترضة بين ذكاء الإنسان والآلة في المستقبل [1].

المحور الثالث:

التحسين البشري وعلاقته بتكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية.

يعرف التحسين البشري (Human enhancement) بأنه التغيير الطبيعي، أو الاصطناعي، أو التكنولوجي لجسم الإنسان مادياً من أجل تحسين قدراته البدنية أو العقلية. هناك حالياً ثلاثة أشكال من التحسينات البشرية وهي :

١- التحسينات الإنجابية مثل اختيار الجنين عن طريق الفحص الجيني قبل الزرع، ونقل السيتوبلازما cytoplasmic transfer، والأمشاج المولدة في المختبر in vitro-generated gametes .
٢- التحسينات الجسمية كالجراحة التجميلية وتقويم الأسنان، والأدوية المستحدثة مثل المنشطات والعقاقير المحسنة للأداء، والتحسينات الوظيفية - الجراحات وتركيب الأطراف الاصطناعية، والطبية - عمليات الزرع مثل منظم ضربات القلب، واستبدال الأعضاء - مثل العدسات الإلكترونية، والتدريب على القوة - مثل رفع الأثقال بالإضافة إلى المكملات الغذائية.
٣- التحسينات العقلية مثل المنشطات الذهنية والمنبهات العصبية-neuro stimulationوالمكملات التي تحسن الوظائف العقلية. ويمكن استخدام الحواسيب والهواتف المحمولة والإنترنت أيضاً لتحسين الكفاءة المعرفية - الإدراكية والذاكرة.

تُقدّم الجهود الملحوظة في التحسينات البشرية من قبل أجهزة شبكات إنترنت الأشياء the interconnected Internet of Things (IoT) devices ، بما في ذلك الأجهزة الإلكترونية القابلة للارتداء - مثل نظارات الواقع المعزز، وسمّاعات رأس مبتكرة تقرأ الموجات المخية، والساعات الذكية، والمنسوجات الذكية، والطائرات بدون طيار، وشبكات النانو داخل الجسم والمحمولة على الجسم on-body and in-body nanonetworks (كما واضح بالشكل3).

[1] S. M. Dambrot, "Exocortical Cognition: Heads in the cloud, A transdisciplinary framework for augmenting human high-level cognitive processes", 2016, p.3.

شكل (3) يوضح: سمّاعات للرأس تساعد الشخص الذي يرتديها على التركيز من خلال قراءة موجاته المخية، ثم ضبط مستويات عزل الضجيج بما يتناسب مع تلك القراءات.

تستخدم السماعات مجموعة من أجهزة الاستشعار التي تحيط ببطانة السماعة التي تغطّي الأذن، بهدف تحسّس إشارات المخ الكهربائية. وبناءً على المعلومات التي تحصل عليها، تستطيع السماعات رفع مستوى عزل الضجيج بالتزامن مع بلوغ المرتدي مستويات أعمق من التركيز. أنّ التطبيق المرافق للسماعات يستخدم خوارزميات التعلّم الآلي لتحديد أماكن تشابه الموجات المخية مع الأنماط التي ينتجها المخ أثناء التركيز، أو عند التشتّت.وتستطيع السمّاعات التي تدعى «إنتن» Enten تعني «الفهم» وبناءً على هذه المعلومات، ضبط عزل الضجيج واقتراح نوع الموسيقى الذي قد يساعد المرتدي على التركيز. في الوقت نفسه، يزوّدكم البرنامج المشغّل للتطبيق بالبيانات التحليلية التي توضح أوقات الإنتاجية القصوى للشخص أو الأوقات التي يحتاج فيها إلى الرّاحة خلال اليوم [1].

يشير مصطلح التحسين البشري إلى:

- ✓ **محاولة للتغلب بشكل مؤقت أو دائم على القيود الحالية للجسم البشري من خلال وسائل طبيعية أو اصطناعية.**

[1] سعود سالم، السوبرمان ، الحوار المتمدن، العدد: ٦٨٣٢ - ٢٠٢١ / ٣ / ٥ – ١٦:٥٢. تاريخ الدخول ٢٠٢٣/١٠/٢١. https://www.ahewar.org/debat/show.art.asp?aid=711107

- ✓ ينطبق هذا المصطلح على استخدام الوسائل التكنولوجية لاختيار الخصائص والقدرات البشرية أو تغييرها، سواء أدى هذا التغيير إلى خصائص وقدرات تتجاوز النطاق البشري الحالي أم لا.
- ✓ يقتصر بعض علماء الأخلاقيات الحيوية هذا المصطلح على التطبيق غير العلاجي لتقنيات عصبية وسيبرانية وجينية ونانوية على علم الأحياء البشري. ومع ذلك، فإن إزالة هذا التمييز بين التحسين والعلاج من شأنه أن يمنع التأمين الطبي من رفض التغطية لبعض إجراءات التحسين.
- ✓ التطبيق العام للتقارب بين تقنية النانو، والتكنولوجيا الحيوية، وتكنولوجيا المعلومات والعلوم المعرفية لتحسين الأداء البشري.

أى أننا ننظر إلي تكنولوجيات التحسين البشري على انها التكنولوجيا التي يمكن استخدامها ليس فقط لعلاج المرض والعجز، ولكن أيضا لتعزيز الخصائص والقدرات البشرية. إن تعبير "تكنولوجيات التحسين البشري" مرادف أحياناً للتكنولوجيات الناشئة أو التكنولوجيات المتقاربة. وتشمل التكنولوجيات الحالية للتحسين البشري تكنولوجيا الإنجاب، واختيار الجنين عن طريق التشخيص الوراثي قبل الزرع، والعقاقير المعززة جسميا، والمعززات المعرفية، والجراحة التجميلية. وتشمل التكنولوجيات الناشئة الهندسة الوراثية البشرية والزرع العصبي، فضلا عن تكنولوجيات تخمينية مثل التحميل العقلي. أصبح الدفاع عن قضية التحسين البشري مرادفًا على نحو متزايد لـ "ما وراء الإنسانية". على الرغم من أن عديد من المقترحات المتعلقة بالتحسين البشري تعتمد على علوم المضاربة غير المتطورة، إلا أن فكرة واحتمال التحسين البشري قد أثار جدلًا عامًا[1] .

يجادل النقاد بأن "التحسين البشري" هو مصطلح محمل له دلالات تحسين النسل لأنه قد ينطوي على تحسين السمات الوراثية البشرية لتحقيق معيار مقبول عالميا من اللياقة البيولوجية (على حساب التنوع البيولوجي البشري والتنوع العصبي)، وبالتالي يمكن أن تثير ردود فعل سلبية تتجاوز المعنى المحدد للمصطلح. ومع ذلك، فإن الانتقاد الأكثر شيوعا لالتحسين البشري هو أنه هو أو سوف يمارس في كثير من الأحيان مع متهور وأناني المنظور على المدى القصير الذي يجهل العواقب على المدى الطويل على الأفراد وبقية المجتمع، مثل الخوف من أن بعض التحسينات سوف تخلق مزايا جسمية أو عقلية غير عادلة لأولئك الذين يمكن وسوف استخدامها، أو الوصول غير المتكافئ إلى مثل هذه التحسينات يمكن وسوف تزيد الفجوة بين الأغنياء والفقراء[2] .

هناك عدد قليل من تكنولوجيا تحسين الإنسان الافتراضية تحت الدراسة والتجريب، مثل: تحميل المخ mind uploading ، والإكسكورتيكس

[1] S. M. Dambrot, "Exocortical Cognition: Heads in the cloud, A transdisciplinary framework for augmenting human high-level cognitive processes", p.3.

[2] سعود سالم، السوبرمان .

exocortex، والتغذيــة الاصــطناعية الذاتيــة endogenous artificial nutrition:

يعد تحميل المخ عملية افتراضية «لنقل» و «تحميل» أو نسخ العقل الواعي من المخ إلى ركيزة غير بيولوجية من خلال المسح ورسم الخرائط المخ البيولوجي بالتفصيل ونسخ حالته إلى نظام الكمبيوتر أو جهاز آخر. يُعرّف الإكسكورتيكس - Exocortex على أنه نظام نظري اصطناعي لمعالجة المعلومات الخارجية من شأنه أن يحسن العمليات الإدراكية البيولوجية عالية المستوى في المخ. يمكن أن تكون التغذية الاصطناعية الداخلية مشابهة لمولد النظائر المشعة الذي يعيد تشكيل الجلوكوز - على غرار التمثيل الضوئي، والأحماض الأمينية، والفيتامينات الناتجة عن منتجات التحلل، والتي تستفيد منها نظرياً لأسابيع بدون طعام إذا لزم الأمر [1].

نظرًا لأن تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية أو القشرة المخية الخارجية المتغيرة بسرعة والتي تتكون من أجهزة الكمبيوتر والهواتف الذكية والأجهزة القابلة للارتداء قد غيرت حياة المليارات بطرق عميقة، حيث أنجزت أشياء نحن على بعد عقود من تحقيقها باستخدام التكنولوجيا العصبية neurotechnology وواجهات المخ والكمبيوتر. بينما سيكون لدينا في النهاية أطراف اصطناعية آمنة للمخ لتسجيل واستدعاء المعلومات مباشرة من خلايانا العصبية، اكتشفنا أولاً كيفية تنزيل وتخزين وإعادة تحميل الذاكرة من أمخاخنا منذ آلاف السنين مع اختراع الكتابة. كما تسمح لنا تكنولوجيا الإكسكورتيكس exocortex بتسجيل الصور ومقاطع الفيديو والأسماء والأماكن والشعر أو عدد الخطوات التي اتخذناها، وتذكر كل ذلك، أو محتويات آلاف المكتبات والصحف [2]. والآن نعرض تفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية من خلال واجهة المخ والكمبيوتر.

المحور الرابع: تفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر.

لتفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر الثنائية لابد لنا من عرض الفرق بين المخ البشري والكمبيوتر:

يحمل الانسان دماغه فوق منكبيه، كتلة تملأ تجويف الجمجمة ، ويشمل الأعصاب والمخ والمخيخ والنخاع. وتحتوى هذه الكتلة أروع وأعمق وأدق نظام يجابه العلماء حتى الآن ولولا وجود الدماغ - Brain أو المخ على سبيل التبسيط - لما أصبح لوجودنا مغزى أو معنى ، وإن كان وجود المخ يكتسب معنى من وجود العقل Mind، فهما ليسا الا وجهين لحقيقة واحدة ، انهما يتكاملان ، فالعقل يستنبط ويفهم ويتصرف

[1] Russell Blackford and Damien Broderick, Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds, John Wiley & Sons, Inc, 2014, p.5.

[2] Ibid, p.8.

مستعينا بمختلف آليات المخ ، وإن كان هذا لا يعنى لدينا أن العقل منبثق من المادة كما يلعب بعض العلماء . وقد وفر امتلاك الانسان للمخ ومحتوياته ، بالاضافة الى تفرده بين الكائنات بحيازة العقل ، الى تمتع الانسان بميزة خاصة وقدرة فريدة هي الترميز Symbolization . فالانسان يدون خبراته في صورة كلمات ورموز تعبر عن افكار، ويستعين بما تواضع عليه من رموز في التوصل الى أفكار أكثر تعقيدًا . ويعود سر تفوق الانسان على غيره من الكائنات الحية الى حصيلته التي لا تنضب من الافكار والرموز [١].

عَرف أندرو كولمان المخ في قاموس علم النفس، بقوله : المخ مركز جهاز التحكم العصبي في جسم الإنسان والحيوانات العليا . ويتألف المخ من بلايين النيورونات الخلايا العصبية المترابطة والتي تؤدى وظائف عدة . و هناك تعريف آخر للمخ، في موسوعة المخ البشرى ، ومفاده : أن المخ يعد أكثر الأنسجة البيولوجية تعقيدا في الطبيعة ، و يرجع هذا التعقيد إلى أن المخ يمثل نسيجا متغاير الخواص والوظائف ، فهو يتكون من العديد من الأجزاء ، وكل جزء، ليس فقط ، له نظامه الخاص من حيث البنية ، والتكوين الكيميائي ، والنشاط الوظيفى ، بل أيضا له خاصيته الفريدة في تطوره، ومع هذا التعقيد ، فإن هذه الأجزاء تنتظم وتتألف جميعها ، وبدرجة عالية الدقة ، حتى يتم توظيفها ، بوصفها عضوا واحدا فقط من أعضاء جسم الإنسان، ألا وهو المخ الذي نعرفه ، والمخ يتكون من (11 : 12) بليون خلية عصبية ، وكل خلية منها تكون قادرة على تحقيق حوالي مائة ألف تشابك عصبى أو اقتران كروموسومى مع بقية الخلايا العصبية الأخرى . ولن تجاوز الصواب ، إذا قلنا إن عدد التفاعلات الممكنة التى تحدث فى مخ الإنسان ، قد يفوق بكثير : عدد التفاعلات التى تحدث فى الكون بأسره ، وكيف لا ، وهذه التفاعلات هي التي تمنح المخ وظائفه ؟ لذا تبقى مسألة فهم العمليات التطورية والوظيفية المعقدة للمخ البشري، هي بالفعل من أعظم التحديات والمطالب الإنسانية [٢].

يُعد المخ العضو الأكثر أهمية في الجهاز العصبي، فهو المحرك الأساسي لجسم الإنسان، وذلك لأنه المسئول عن الأنشطة الحركية والفكرية والانفعالية والوجدانية والسلوكية التي يقوم بها الإنسان في موقف معين، وبتعدد المواقف والمثيرات تتعدد السلوكيات والأنشطة، لذلك يُعد السلوك الإنساني على درجة عالية من التعقيد، وقد يعود ذلك إلى تعقد تركيب المخ ووظائفه [٣] .

إن المخ ليس مجرد كتلة هلامية من مجموعات متراصة عشوائيًا من الخلايا العصبية والخلايا الداعمة، وتتواصل هذه الخلايا فيما بينها بشبكات عصبية كهروكيميائية، وإن قطعة من نسيج المخ تحوي قرابة مائة ألف خلية عصبية، وملايين الألياف العصبية، ومليارات التشابكات العصبية. وعلى الرغم من أن كتلة المخ تبلغ أقل

---

[١] د. محمد محمد قاسم. المدخل الي فلسفة العلوم، الأسكندرية: دار المعرفة الجامعية، ٢٠٠٦، ص٢٣٥.

[٢] د. محمد سليم . فلسفة العقل عند دونالد ديفيدسون، القاهرة: المكتبة المصرية، ٢٠١٤، ص٤٨.

[٣] فتحى مصطفي الزيات. الأسس البيولوجية والنفسية للنشاط العقلي"المعرفة والذاكرة والابتكار"، القاهرة: دار النشر للجامعات ، ١٩٩٠، ص٨٨.

من 2% من كتلة جسم الإنسان، فإنه يستحوذ على حوالي 20% من كمية الأوكسجين المستخدمة في الجسم، مما يعكس مقدار نشاطه.[١]

هناك خلاف في علم الأعصاب حول الدرجة التي ينجز بها جزء من المخ وظيفة معينة. ويدور هذا الخلاف بين نزعتين. فأما الأولي فهي نزعة التمركز، وتقول إن الوظائف الإدراكية يمكن تحديد مركزها أو موضعها في مناطق من المخ مخصصة لأداء هذه الوظائف. هناك منطقة مخصصة للرؤية، وأخرى للذاكرة، وثالثة للغة، ونحو ذلك. وأما الثانية فهي نزعة الكلية وتقول إن المخ الكامل يساعد في كل وظيفة إدراكية، وإن أي جزء محدد يؤدي دورًا في كل وظيفة إدراكية. يغلب على أنصار التمركز، مثل جالينوس وجال، أن يكونوا من الواحديين الماديين، بينما يغلب على أنصار الكل، مثل جاكسون وفرويد، أن يكونوا من الثنائيين. وعند بداية القرن العشرين اكتشف كوربنيان برودمان، العامل بالميكروسكوب على أمخاخ ميتة، في القشرة المخية 52 منطقة متميزة مؤلفة من خلايا من أنواع مختلفة. وبعد نصف قرن وجد وايلدر بنفيلد والمعاونون له أن المرضي الذين خضعت قشرات أمخاخهم إلى إثارة كهربائية ضعيفة تذكروا فجأة حوادث منسية منذ فترة طويلة، ووجدوا الروائح، ودندنوا أغنية. واكتشفت بريندا ميلنر، إحدى مساعدات بنفيلد، أن الذكريات متمركزة: الذكريات البصرية في المنطقة البصرية، والذكريات اللفظية في الفص الصدغي الأيسر، والذكريات الحركية في المنطقة الحركية، وهلم جرا. وهكذا ظهرت نزعة التمركز المادية مؤيدة تشريحيًا ووظيفيًا [٢].

تقول كريستين تمبل Christine Temple بشأن تفسير المخ : " المخ يتكون من نيورونات (أى خلايا عصبية) تشكل أساس التفكير لدى الإنسان وتتحكم في سلوكه . وإنه لمن الأيسر كثيرا ، في رأيها ، أن نصف فى كلمات الفاعليات التي يتحكم فيها المخ، من أن نصف العلاقات بين تركيباته وأجزائه التشريحية ، أو بتعبير آخر بليغ ، إذا كان وصف الزهرة فى كتاب الأحياء يعجز عن التعبير عن كل فيها من دقة ورقة التكوين ، فكذلك ان الوصف السريع أو المختصر لبنية المخ وتشريحه، قد لا يفي بالتعبير عن مدى الدقة والتعقيد ، وربما بساطة الأداء فى الوقت ذاته، التي يتميز بها نسق وتصميم المخ . وتقسم كريستين المخ تقسيما عاما ، إلى ثلاثة أقسام ابتداء من الحبل الشوكي إلى أعلى): المخ الخلفي، والمخ الأوسط، والمخ الأمامي ، ويقوم المخ الأوسط بعملية الربط بين المخ الخلفي والمخ الأمامي .. إلخ [٣].

يتكون مخ الإنسان من الناحية التشريحية من ثلاث مناطق رئيسة، وهي [٤]:

---

[١] عمرو شريف. ثم صار المخ عقلًا، القاهرة: مكتبة الشروق الدولية، ٢٠١٢، ص٢٥-٢٣.

[٢] د. صلاح إسماعيل، "العقل بوصفه مُخًّا"، (منصة معني الثقافية)، (٢٢ ديسمبر ٢٠١٩) //https://mana.net

[٣] د. محمد سليم، فلسفة العقل عند دونالد ديفيدسون ، ص٤٩.

[4] Paul M. Churchland. Matter and Consciousness, Cambridge University Press, 3rd ed, 2013, p.196.

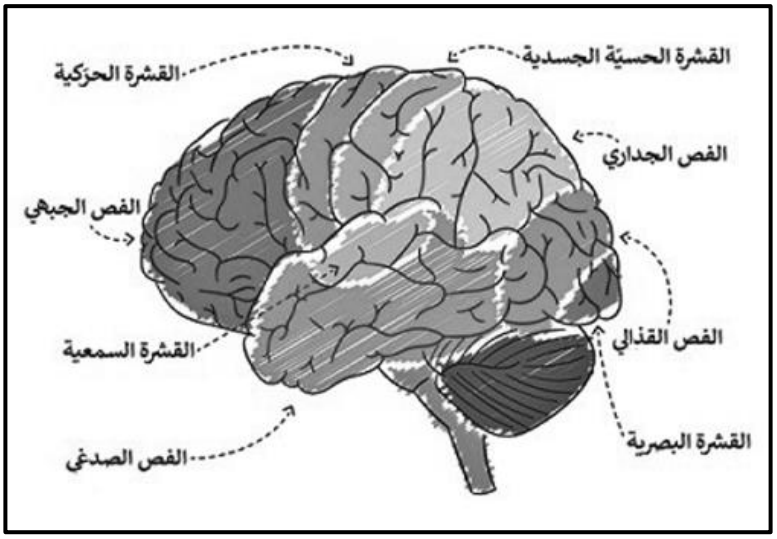
- ✓ المخ الأمامي the fore brain هو المسئول عن معالجة حاسة الشم ويشمل معظم المخ، أي إنه يشمل النصفين الكرويين cerebral hemispheres فهما أكبر أجزاء المخ البشري (85% من كتلة المخ)، ويتكون من جزأين هما: القشرة المخية cerebral cortex وتسمى بالمادة الرمادية، وتنقسم القشرة المخية لكل نصف كروي إلى فصوص lobes تقوم بوظائف عديدة، وتفصلها عن بعضها شقوق عميقة، وهي أربعة في كل نصف كروي. وتراكيب تحت القشرة التي من خلالها تتصل القشرة المخية بجسم الإنسان، كما أنها تتصل بجذع المخ وهو الذي يصل المخ بالحبل الشوكي، ومن ثم بجميع أجزاء الجسم. فهي تتكون من مجموعة المحاور العصبية التي تخرج من خلايا القشرة المخية إلى المناطق الموجودة أسفل منها، وتبدو هذه الأنسجة بيضاء اللون.
- ✓ المخ الأوسط the mid brain يعد المصدر الرئيس للتحكم في معالجة المعلومات البصرية والسمعية. فهو أحد أجزاء جذع المخ brain stem الذي يحتوي على المراكز الحيوية vital centers المسئولة عن التنفس، وتنظيم ضربات القلب، وتنظيم درجة حرارة الجسم، أي إنه مسئول عن الوظائف الحياتية .
- ✓ المخ الخلفي the hind brain هو الذي يتمثل في المخيخ cerebellum المسئول عن الوظائف الحركية والتي من أهمها ضبط توازن الجسم وتنسيق حركاته الإرادية .

تنقسم القشرة المخية إلى 4 مناطق رئيسية تسمى بالفصوص المخية (كما واضح فى الشكل 4)، يمسك كل منها بزمام السيطرة على مجموعة من الوظائف الحيوية، كالآتي:

- ✓ الفص الجبهي:Frontal Lobe يشكل المنطقة الأمامية من المخ ما يعرف بالفص الجبهي، وهو المسؤول عن تنفيذ الحركات العضلية الإرادية في الجسم والتركيز والتفكير والوظائف والمهارات السلوكية والإدراكية، أيضًا يلعب الفص الجبهي دورًا مهمًا في تركيب الشخصية والمزاج لدى الأشخاص، إلى جانب مساهمته في تكوين وتطوير المهارات اللغوية والتمكين من الإحساس بالاتجاهات المختلفة والمساعدة في استدارة الرأس والعيون بناء على ذلك.
- ✓ الفص الجداري Parietal Lobe : يشكل المنطقة الوسطى من القشرة المخية ويحتضن المنطقة الحسية الجسمية منها، فيستقبل الشارات السمعية البصرية. الحركية الحسية وذات العلاقة بالذاكرة لتخضع للمعالجة بغية تحويلها لمعلومات يمكن فهمها والتعرُّف عليها وإدراكها لدى الشخص.
- ✓ الفص القذالي Occipital Lobe : يقع الفص القذالي في مؤخرة المخ في الجهة الخلفية من الرأس. يعد مركزا لمعالجة المعلومات والشارات البصرية الواردة إليه عبر شبكية العين وتحويلها إلى معلومات يمكن تمييزها بألوانها وأشكالها المختلفة. يتحكّم الجزء الأيمن من الفص القذالي بتفسير المعلومات

الواردة إليه من الأجزاء البصرية اليسرى، في حين يسيطر الجزء الأيسر منه على المعلومات الواردة من الأجزاء البصرية اليمنى.

- ✓ **الفص الصدغي Temporal Lobe :يمتد الفص الصدغي ليغطّي في جزئه الأول جانبي المخ وباطن المخ في جزئه الثاني بمحاذاة الأذنين، يشكّل الفص الصدغي مركزا الاستقبال ومعالجة الشارات الصوتية لتفسيرها والتمكين من فهم اللغة المسموعة .أيضا. يرتبط الفص الصدغي بالذاكرة اللفظية والسيطرة على المهارات اللغوية والإدراك المبني عليها وذلك لاحتوائه على تركيب يعرف باسم الحصين Hippocampus.**



شكل [4] يوضح : تشريح المخ البشري واتقسام القشرة المخية [1].

اما بالنسبة للكمبيوتر Computer نجد أن المصطلح أشتق من اللفظ اللاتينى Computare الذى معناه يفكر. على ان الاستخدام الفنى الكمبيوتر أصبح مقصوراً على آلات بعينها تتمشى صفاتها مع التعريف الذى يقول أن الحاسب آلة حاسبة متقدمة جدا يمكن تلقينها بأوامر وبيانات ثم تترك لتأدية العمليات الحسابية في مجموعة من الخطوات دون تدخل الإنسان وعندما تصل إلى النتيجة المطلوبة تعطى هذه النتيجة بسرعة هائلة ، ويلاحظ على هذا التعريف أنه يهتم بالسرعة التي يعمل بها الحاسب، بالإضافة إلى بيان قدرة الحاسب على إعطاء النتائج أو القرارات المنطقية المطلوبة وهناك تعريفات عدة للكمبيوتر منها [2]:

[1] عمرو شريف، ثم صار المخ عقلًا، ص٢٥.

[2] د. عادل عوض، ملكة إصدار الأحكام بين الإنسان والآلة (دراسة نقدية للرؤى المعاصرة فى المنطق والحاسوب)، ص١٦.

- ✓ **جهاز قادر على إنجاز عمليات حسابية واستدعاء معلومات مخزنة بذاكرته على نحو يتسم بالسرعة الفائقة والدقة واليسر بصورة ملموسة. ومع تقدم الثقافة، فقد أمكن للكمبيوتر - بالإضافة إلى وظائفه الأساسية - أن يقدم مجموعة من الخدمات لعدد يتزايد من الناس يوماً بعد يوم، وقد أضحت أجهزة الكمبيوتر جزءاً أساسياً من بنية العالم المعاصر منذ ظهورها في الأربعينيات من القرن العشرين حتى أنها امتدت من مواقعها الرسمية في الإدارات الحكومية والصناعية والمكاتب والمنازل إلى حاسبات ذات حجم دقيق في مواقع جديدة مثل الطائرات وسفن الفضاء والأسلحة الموجهة وأجهزة الاتصال والسيارات والمطابخ .. وغيرها.**

يمكن أن نستخلص من التعاريف السابقة تعريفاً للكمبيوتر يعد أكثرها قبولاً، وهو أنه عبارة عن آلة الكترونية تقوم بأداء العمليات الحسابية واتخاذ القرارات المنطقية على البيانات الرقمية بوسائل إلكترونية وتحت تحكم البرامج المخزنة بها.

يشير مصطلح الأجزاء المعدنية hardware إلى مكونات الكمبيوتر المادية وأجهزته الطرفية الملموسة، مثل لوحة المفاتيح والفأرة للمدخلات وشاشات الفيديو والطابعات والسماعات للمخرجات، وأجهزة تخزين الذاكرة الخارجية مثل القرص الصلب، والأقراص الرقمية مثلCD، DVD، فلاش ميموري. على عكس مصطلح البرمجياتsoftware ، الذي يدل على مجموعة من التعليمات المحملة في الذاكرة النشطة التي تخبر الأجهزة بالعمليات الحسابية ذات الأهداف الخاصة التي يتعين عليها القيام بها، وهي التي تجعل الكمبيوتر يعمل [١].

يتكون الكمبيوتر من عنصرين رئيسين هما [٢]:

- ✓ **وحدة المعالجة المركزية، ويرمز لها بالاختصارCPU ، اختصار لـ Central Processing Unitوهي بمثابة العقل بالنسبة للكمبيوتر، ومسئولة عن تنفيذ كافة التعليمات.**
- ✓ **الذاكرة النشطة، وهي ذاكرة الوصول العشوائي .(RAM) وهذا يعني أن عناصر تخزين المعلومات في الذاكرة النشطة مرتبة على شبكة إلكترونية، بحيث يتمتع كل عنصر بعنوان فريد يمكن لوحدة المعالجة المركزية الوصول إليه مباشرة.**

إن كثيرًا قد صدمهم التشابه الكبير بين الكمبيوتر والمخ الإنساني، ونتج عن ذلك احتمالية أكبر لفهم العمليات العقلية، وفيما يلي بعض التشابهات [٣]:

---

[١] د. صلاح إسماعيل، "العقل بوصفه مُخًّا"، (منصة معني الثقافية)، (٢٢ ديسمبر ٢٠١٩) //https://mana.net

[٢] د. عادل عوض، ملكة إصدار الأحكام بين الإنسان والآلة (دراسة نقدية للرؤى المعاصرة فى المنطق والحاسوب)، ص١٦.

[٣] د.عادل عوض. الأسس الفلسفية للإدراك المعرفي، الإسكندرية: دار الوفاء، ٢٠٢١ ، ص٨٠.

- ✓ **يمكن القول إن ثنائية المخ والعقل تناظر ثنائية الأجزاء المعدنية والبرمجيات للكمبيوتر، ومن حيث البنية العامة، آليات التفكير العقلي تناظر وحدة المعالجة المركزية للكمبيوتر، في حين تمثل عناصر الحواس والأطراف وحدات الإدخال والإخراج في النظم الآلية، وفيما يخص الذاكرة، فنجد للذاكرة الإنسانية مستويين هما: ذاكرة قصيرة المدى، وذاكرة طويلة المدى، وللكمبيوتر أيضًا ذاكرة عشوائية قصيرة المدى التي يستخدمها في إجراء العمليات الحسابية والمنطقية، وذاكرة طويلة المدى المتمثلة في وسائط التخزين الدائم من أقراص مغناطيسية وضوئية .**
- ✓ **ينجز كل منهما وظائفه من خلال مجموعة من العناصر، ففي الكمبيوتر، يمكن أن نشغل الخلايا الكهربية ونفصلها، وفي المخ الإنساني يمكن أن تثار الخلايا العصبية أو تثبط .**
- ✓ **هناك تنظيم متبادل بين التفكير الإنساني وحساب الآلة، فكل من الكمبيوتر والمخ يستقبل المعلومات، ويعالج الرموز، ويخزن المعلومات في الذاكرة، ويسترجعها مرة ثانية ويميز النماذج والأمثلة...إلخ .**
- ✓ **يمكن النظر إلى كل من المخ والكمبيوتر على أنهما معالجان للبيانات، أي أنهما يأخذان المدخلات من مصادر مختلفة، ويعالجانها ثم ينتجان المخرجات .**
- ✓ **يمكن النظر إليهما على أنهما أدوات ذات أغراض عامة؛ فيمكن أن يؤديا عمليات مختلفة بالمكونات المادية نفسها. وكل منهما يمكن أن يستخدم كميات كثيرة من البيانات ويخزنها.**
- ✓ **كل منهما يتبع خطط عمل منتظمة - برامج - كل منهما متشابهان مورفولوجيا، أي إن ثمة إمكانية إنتاج آلة وتعليمها بطريقة مشابهه لتللك الخاصة بالطفل البشرى.**

لا بد من تسليط الضوء على بعض الاختلافات الرئيسة بين تشريح وفيزيولوجيا الكمبيوتر والمخ البشري من خلال الجدول التالي [1]:

[1] Bonaci Tamara & ets. "Securing the exocortex: A twenty-first century cybernetics challenge", 24 June 2014, p.3.

الكمبيوتر	المخ البشري
▪ معالج رقمي للمعلومات يتأسس على دوائر ذات مفاتيح تحويل ثنائية. ▪ تنتقل المعلومات كقبضات من الإلكترونات بحلول الموصلات وعبر أشباه الموصلات. ▪ سرعة إرسال النبضات هي بالتقريب ١٠ ١٠ سم/ثانية. ▪ دورة العمل بسيطة نسبيًا، لكنها تتزايد تركيبًا. ▪ بنية بلورية أقصى الثبات. ▪ يمكنه العمل تحت ظروف شتى مختلفة. ▪ يمكن إيقاف تشغيل نظامه إلى مالا نهاية دون أي تلف. ▪ لا يوجد لديه إصلاح ذاتي، وهناك بعض تصحيح ذاتي وعمل تحويلات لتجنب المناطق المغلوطة. ▪ الذاكرة مؤسسة على أنماط من مفاتيح التحويل الثنائية.	▪ معالج معلومات بالقياس والتماثل يشمل جهازًا عصبيًا مركبًا مع عشرات من المرسلات العصبية. ▪ يتم إرسال المعلومات كنبضات بإزالة الاستقطاب بطول الأغشية وكمرسلات. ▪ سرعة إرسال النبضات هي تقريبًا ١٠ ^{٣} سم/ثانية. ▪ دورة العمل مركبة أقصى التركب بما يصل إلى ١٠ ^{١٥} من الوصلات. ▪ نسيج بيولوجي قابل للتلف. ▪ يحتاج إلى بيئة منظمة حتى يعمل. ▪ يتطلب عمله مدخلات مستمرة من أجل الحفاظ على النظام الحي. ▪ يتكون من نسيج له القدرة على الإصلاح الذاتي وله قدرة على نقل الوظيفة إلى الدوائر الأخرى. ▪ الذاكرة مؤسسة على أنماط من الوصلات العصبية.

بعد فهم وتوضيح التشابة والاختلاف بين المخ والكمبيوتر ننتقل الى تفسير واجهة المخ والكمبيوتر brain-computer interface التى تُعد نوع خاص من تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية يستخدم للتفاعل مع البيئة عبر الإشارات العصبية. يتراوح استخدام واجهة المخ والكمبيوتر من التطبيقات الطبية وإعادة التأهيل إلى تشغيل الأجهزة المساعدة. كما يمكن استخدامها في التسويق والألعاب والترفيه، حيث يتم استخدام واجهات المخ والكمبيوتر لتزويد المستخدمين بتجربة أكثر تخصيصًا. وتنطوي هذه التكنولوجيا على إمكانات كبيرة لتحسين نوعية حياة البشر[١].

فكرة اتصال المخ البشري مباشرة بالكمبيوتر ليست جديدة وقد تم استكشاف إمكاناتها في الخيال العلمي. ومع التقدم السريع في مجالات تكنولوجيا المعلومات وعلم الأعصاب، ظهر اهتمام متزايد بتحويل الخيال إلى واقع. ان أحدث ما توصل إليه العقل

[1] ibid. p.5.

والحاسوب والواجهات بين المخ والكمبيوتر بما في ذلك الأطراف الاصطناعية العصبية. وقد تم توضيح المبادئ والمتطلبات العامة لإنشاء اتصال ناجح بين الذكاء البشري والذكاء الاصطناعي، وهو المتمثل في نموذج واجهة المخ والكمبيوتر. على مدى السنوات الاربعين الماضية، حاول الباحثون تحويل الفكر الى عمل. وقد أدت التطورات الأخيرة في علم الأعصاب والتكنولوجيا العصبية إلى تجدد الاهتمام بتطوير واجهات بين المخ والآلة (BMIs) أو واجهات بين المخ والكمبيوتر (BCIs) التي يمكن أن تستعيد الوظيفة الحركية أو الحسية المفقودة [١].

تعتمد النظم المتاحة حالياً على مدخلات النشاط العصبي من تسجيل السطح القشرى (إشارات تخطيط المخ الكهربائي electroencephalographic) أو تسجيل المخ خارج الخلية. حتى الآن، استفاد العديد من المرضى من أجهزة واجهة المخ والكمبيوتر، على الرغم من أن معدل نقل المعلومات الحالي لا يزال عاملاً مقيدًا. قد تكون هذه التكنولوجيا مفيدة بشكل خاص للمرضى الذين غير قادرين على الحركة أو الكلام. تقدم هذه المقالة مراجعة للحالة الحالية للتكنولوجيا، مع التركيز على الأطراف الصناعية الحركية العصبية. وعلاوة على ذلك، فإنه يلخص التجربة في تطور مؤشر كتلة الجسم البشري [٢].

في وقت مبكر من الخمسينيات كان من الممكن زرع أقطاب كهربائية واحدة أو متعددة في قشرة البشر والحيوانات للتسجيل أو التحفيز وكانت النتيجة في بعض الأحيان لها سيطرة مذهلة على السلوك الحركي للحيوان أو محاولة التأثير على الاضطرابات العصبية. مع إدخال أجهزة الكمبيوتر في جميع أنحاء العالم، والتصغير المستمر، بدأت عدة مجموعات بحثية في النظر في إمكانية تطبيق مؤشرات كتلة الجسم، أو الأطراف الاصطناعية العصبية لاستخدامها في المرضى. قد تساعد هذه الأجهزة، عن طريق استخراج إشارات مباشرة من المخ، على استعادة القدرات للمرضى الذين فقدوا الوظائف الحسية أو الحركية بسبب المرض أو الإصابة. في الأساس، يتم استخدام الكمبيوتر كبديل للمنطقة التالفة (على سبيل المثال، الحبل الشوكي في مرضى الشلل الرباعي)، وفي حالة الأطراف الاصطناعية الحركية العصبية، يعمل على تفسير إشارات المخ وتشغيل المؤثر المناسب (على سبيل المثال، العضلات أو الذراع الروبوتية) [٣].

وربما يكون الطرف الاصطناعي العصبي الأكثر قبولًا على نطاق واسع في الاستخدام البشري هو زرع القوقعة، التي تحل محل شريحة كمبيوتر صغيرة لعضو التحكم في الأذن الداخلية التالف لتمكين تحويل الموجات الصوتية إلى إشارات كهربائية

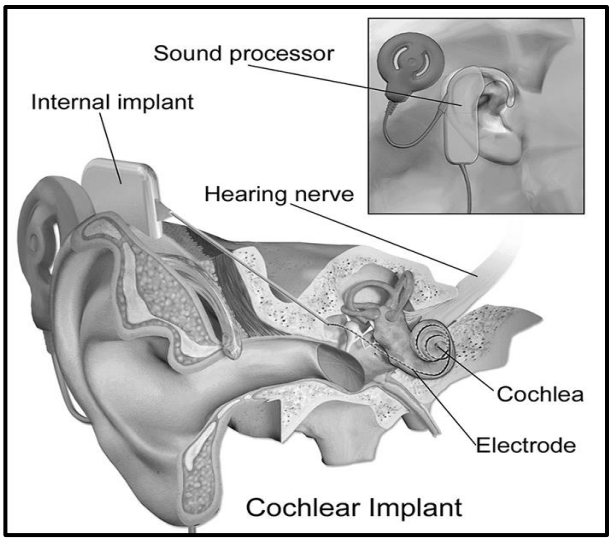
---

[1] Ibid, p.11.

[2] Gerhard M. Friehs and ets. Brain–Machine and Brain–Computer Interfaces, (14 Oct 2004). https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.STR.0000143235.93497.03#d1e152 تاريخ الدخول: ٢٠٢٣/١٠/٢٠.

[3] Ibid.

يمكن للمخ تفسيرها. وهي قيد الاستخدام بالفعل من قبل مئات الآلاف من الأشخاص. إنهم لا يتفاعلون مع جهاز كمبيوتر ، في حد ذاته ، لأن مهمتهم هي أخذ الأصوات من العالم الخارجي وترجمتها إلى إشارات كهربائية يمكن معالجتها بواسطة المخ ، لكنها دليل جيد على كيفية إرسال المخ. إشارات قابلة للقراءة من الآلات (كما هو واضح في الشكل 5). وأحد التطبيقات المحتملة الأخرى هو استعادة التحكم الحركي للمرضى الذين يعانون من اضطرابات الحركة[١].



شكل (5) يوضح: زراعة القوقعة.

تم استكشاف واجهات المخ والكمبيوتر في مجال الهندسة العصبية للتحقيق في كيفية استخدام المخ لهذه الأنظمة للتحكم في الأجهزة الخارجية. نحن نراجع المبادئ والمناهج التي اتخذناها لتطوير واجهة المخ والكمبيوتر القائمة على تخطيط المخ الكهربائى electroencephalographic . تشمل الطرق تطوير أنظمة واجهة المخ والكمبيوتر التي تتضمن التحكم في الأجهزة المادية لزيادة مشاركة المستخدم، وتحسين أنظمة واجهة المخ والكمبيوتر من خلال رسم خرائط عكسية لإشارات تخطيط المخ الكهربائي المسجلة بالرأس إلى مجال المصدر القشري، ودمج واجهة المخ والكمبيوتر مع استراتيجيات التعديل العصبي غير الجراحية لتحسين التعلم، ودمج العقل والجسم للتدريب على التوعية لتعزيز التعلم والأداء. تشير واجهة المخ والكمبيوتر غير الجراحية القائمة على الحس الحسي الحركي بأن لديها القدرة على توفير قدرات الاتصال والتحكم كبديل للمسارات الحركية الفسيولوجية (كما هو موضح في الشكل 6)[٢].

---

[1] Ibid.

[2] B. He, B. Baxter. Noninvasive Brain-Computer Interfaces Based on Sensorimotor Rhythms, 28-3-2023, p.21.

إن تكنولوجيا واجهة المخ والكمبيوتر آخذة بالتقدّم. ويُسلّط هذا التقدّم الضوء على الحاجة إلى تقييم التطبيقات الحالية والمحتملة، وإلى ضمان استجابة التكنولوجيا للحاجات الفعلية كما لمقاصد المُطوّرين. ومع تحولات واجهة المخ والكمبيوتر من الدراسة الأساسي إلى تطبيقات أكثر عملياتية وتجارية، سيكون من المهم إيلاء الاهتمام في وقتٍ مبكر للتداعيات الأوسع نطاقاً، للنظر في السياسات والمبادئ التوجيهية التي قد تزيد من منافعها إلى أقصى حد التخفيف من السلبيات المحتملة في الوقت عينه. لقد استقطب تطوير تكنولوجيات مثل الذكاء الاصطناعي (AI) وتحليلات البيانات والروبوتات عناوين الصحف وعزّز المناقشة العامة حول المنافع والمخاطر المحتملة محدودة هي المماثلة التي تَطَوّرت حتى الآن فيما يخص واجهة المخ والكمبيوتر. ولدى مقارنتها بتكنولوجياتٍ ناشئة بارزة أخرى، تُعتبر واجهة المخ والكمبيوتر غير ناضجة نسبياً؛ فقليلةٌ . القدرات التي تم نشرها تجارياً. على الرغم من ذلك، قد لا تكون أقل تأثيراً. فقد تُمثل واجهة المخ والكمبيوتر، بالنظر إلى التداعيات المحتملة الكبيرة في مجالات تتراوح من الدفاع والأمن القومي إلى الصحة والرفاهية، تكنولوجيا مدمّرةً إلى حدٍّ كبير، حَظِيَت حتى تاريخه بتحليل غير كافٍ [1].

وعادة ما تتكون مؤشرات كتلة الجسم الحركية من 3 وحدات متميزة على الأقل: (1) وحدة الحصول على البيانات ؛ (2) وحدة تفسير البيانات ؛ و (3) وحدة إخراج البيانات. يجب أن يعالج الجهاز العصبي الوظيفي كل مرحلة بكفاءة وأمان وهم [2]:

١- وحدة الحصول على البيانات:

الهدف من هذه الوحدة هو استخراج الإشارات الكهربائية من المخ بعرض ترددي كافٍ وبنسبة إشارة إلى ضوضاء مواتية. على الرغم من أنه يمكن الحصول على إشارات المخ الكهربية EEG بطريقة غير جراحية من خلال أقطاب كهربائية واحدة أو متعددة مثبتة على الرأس أو مجمعة في أغطية الرأس، فتمثل الإشارة إمكانات ميدانية بدلاً من نشاط خلوي محدد. ثبت أن المرضى قادرون على تعلم التنظيم الذاتي للإمكانات القشرية البطيئة أو التحكم طواعية في عنصر تردد معين من إشارات المخ الكهربية EEGومع ذلك، نظرًا لأن إشارة المخ الكهربية EEG ، خاصة عند تسجيلها بطرق غير جراحية، هي إمكانية إجمالية ناتجة عن النشاط المتزامن لأعداد كبيرة من الخلايا العصبية، فإن دقتها محدودة زمنيًا ومكانيًا. هذا يعني أن معدل استخراج المعلومات، وبالتالي قصد المريض، من إشارة المخ الكهربية EEG محدود. قد يكون هذا النطاق

[1] أسامة أحمد الموصلي. الدماغ البشري، عمان: دار دجلة، ٢٠١٢، ص٥٨.

[2] Gerhard M. Friehs and ets. Brain–Machine and Brain–Computer Interfaces. تاريخ الدخول:٢٠٢٣/١١/٢٠.
https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.STR.0000143235.93497.03#d1e152

الترددي المحدود كافيًا للعديد من التطبيقات، مثل التفاعل مع مؤشر الكمبيوتر، ولكنه قد لا يكون كافيًا للإشارات الأكثر تعقيدًا، مثل عند تحديد مسارات الحركة التفصيلية. في المقابل، ركزت مجموعات أخرى على الحصول على إشارات من القشرة من خلال الطرق الغازية.

أما عن طريقة زرع الأقطاب الكهربائية المخروطية الزجاجية التي تمتلئ بركيزة تحتوي على وحدات فرعية محفزة للنمو العصبي. باستخدام هذا الجهاز، تمكن الباحثون من إنتاج تسجيل طويل الأمد من "القشرة الحركية المخية للمرضى. فالأكثر استخدامًا هي المصفوفات غير النشطة بيولوجيًا التي توفر التسجيل خارج الخلية من خلال العديد من مصفوفات الأقطاب الدقيقة أو مصفوفات الأقطاب الكهربائية متعددة القنوات في المنطقة الحركية الأكثر سطحية أو الهياكل المخية العميقة. ومن الجدير بالذكر أن أيًا من هذه الأقطاب الكهربائية قادر على التسجيل من عدة خلايا عصبية في نفس الوقت، اشتراط استخراج الإشارات ذات النطاق الترددي اللازم لاستخدامها في الأطراف الصناعية.

٢- وحدة تفسير البيانات:

بمجرد الحصول على الإشارة من موقع التسجيل، يتم إدخالها في وحدة معالجة الإشارات من خلال الاتصال عن بُعد أو التلامس السلكي المباشر. ويوصي معظم الباحثين بالتضخيم المبكر ورقمنة بيانات التسجيل التناظرية لتقليل تدهور الإشارة. الهدف الرئيسي من وحدة التفسير هو تحويل إشارة المخ الرقمية إلى رمز يمثل بشكل أفضل الإجراء المطلوب. بالنسبة للطرف الاصطناعي الحركي، قد يكون هذا هو حركة المؤشر، أو النقر على زر، أو تحديد مسار حركة معقد متغير زمنيًا، مثل الوصول إلى كوب. وقد استخدمت هذا المناهج عدة مجموعات بحثية وأسفر عن تقدير جيد جدا لحركة ذراع أو يد ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد علاوة على ذلك، حالات متميزة من حركة الأطراف، أي الوصول مقابل الإمساك، والقدرة على التمييز بين مختلف أساليب العمل المرغوب فيه هذه توسع من فائدة النظام وقد تساعد على زيادة الدقة وتقليل آثار الأخطاء في فك الشفرة. على سبيل المثال، إذا أدى فك تشفير الحركة المستمرة إلى خطأ ما، حول الوضع المطلوب، فقد يكون حمل كوب كامل من الماء مشكلة. ومع ذلك، إذا كان بإمكان النظام تحديد أن المستخدم ينوي الاحتفاظ بالزجاج ثابتًا، فيمكن تثبيت موضع المؤثر الاصطناعي عن طريق إيقاف فك تشفير الموضع.

٣- إخراج البيانات:

بعد ترجمة مجموعة البيانات إلى إحداثيات مناسبة أو فئات إخراج، يمكن استخدامها لقيادة مجموعة متنوعة من أجهزة الإخراج التي تصبح «العضو المستجيب» بدلاً من الأطراف التي تنشط العضلات. على سبيل المثال، تم استخدام المعلومات بنجاح للتحكم في مؤشر الكمبيوتر. وهذا يتيح فرصا وافرة تتراوح من وظائف بسيطة للنقل والنقر إلى استخدام الإنترنت والبريد الإلكتروني أو الأمر أو لوحة

مفاتيح افتراضية. يمكن أيضًا استخدام نفس الإشارة للتحكم في جهاز آلي على سبيل المثال كبديل لطرف بشري متحرك. من المحتمل أن يكون الأكثر جاذبية ولكن يصعب تحقيقه عندما يمكن تغذية الإشارة التي تم إنشاؤها بواسطة الكمبيوتر مرة أخرى في طرف المريض لتنشيط العضلات، على سبيل المثال، من خلال نظام التحفيز الكهربائي الوظيفي. تمكنت إحدى المجموعات من تدريب الأشخاص الطبيعيين ومستخدم الطرح العصبي للتحكم في إيقاعات تخطيط المخ لتحفيز اليد بلا حراك على الفتح والإغلاق أو نقل المؤشر إلى الأهداف على شاشة الكمبيوتر. على الرغم من أنها استفزازية، إلا أن التدريب استغرق شهورًا، وكانت الحركة الوظيفية النهائية أقل من العملية بسبب انخفاض دقة إشارة المخ الكهربية.

تجربة جامعة براون:

في الآونة الأخيرة، بدأت الأبحاث في جامعة براون في التركيز على السيطرة البشرية على النشاط العصبي، سواء عبر الإنترنت أو خارج الإنترنت. لقد تمكنا من الاستفادة من زرع محفزات المخ العميقة لتحسين الاضطرابات الحركية لاستكشاف قدرة المرضى على التحكم في إشاراتهم العصبية. قد يختار مرضى باركنسون ومرضى الرعاش غير القادرين على الاستفادة من زرع التحفيز العميق للمخ Deep brain stimulation) في واحدة من عدة نوى من العقد القاعدية لتحسين الرعاش أو الصلابة أو البراديكينيزيا أو خلل الحركة. كجزء من هذا الإجراء الجراحي للأعصاب، يتم إجراء التسجيل خارج الخلية من مناطق المخ في طريقه إلى هدف العقد القاعدية بشكل روتيني لإعطاء معلومات توطين إضافية لجراح الأعصاب. مع لوحة المراجعة المؤسسية وإذن المريض، قمنا بتسجيل ما بين 4 إلى 6 خلايا عصبية في وقت واحد في مناطق ما قبل الحركة والفص الجبهي أثناء مهام حركة الذراع الحركية. مع بضع دقائق من التدريب، تمكن المرضى من التحكم في نشاطهم العصبي لإحضار مؤشر إلى الهدف. كشف فك التشفير خارج الخط باستخدام قدر أقصى للاحتمالية أن المجموعات العصبية الصغيرة المختارة عشوائيًا في القشرة البشرية تحتوي على معلومات حول اتجاه الحركة والنية (للتحرك أو عدم التحرك). هذه النتائج واعدة من حيث أنها توضح إمكانية استخدام النشاط العصبي في المناطق الحركية غير الأولية لتطوير الأطراف الاصطناعية العصبية، والتي قد تكون مطلوبة أو حتى مفيدة مع أنواع معينة من المرضى[1].

كما ركزت أبحاث أخرى على استعادة الرؤية للعمى بأنظمة قابلة للزرع لنقل المعلومات المرئية. قد اغتنم عالم طب الأعصاب، جيفري روزنفيلد من جامعة موناش الاسترالية، فرصة انعقاد قمة "بي بي سي فيوتشر" في سيدني، للحديث عما يعكف على تطويره هو وزملاؤه لمساعدة المكفوفين، من عينٍ اصطناعية توجه إشاراتها بشأن ما يوجد أمامها إلى المخ مباشرة. وتقوم هذه "العين" على فكرة استخدام زوج من عدسات النظارات، تبث إشاراتها بشأن ما يوجد أمامها، بشكل مباشر إلى جهاز

[1] Ibid.

مزروع في القشرة البصرية في المخ، وهو ابتكارٌ يقول الفريق الذي يتولى تطويره إنه سيساعد ما يصل إلى 85% من المُصنّفين "مكفوفين سريرياً"، وهم إما أشخاصٌ يعانون من الضعف الشديد للبصر، أو فقدوه تماماً، دون أن يفيدهم في علاج هذه المشكلة النظارات الطبية أو العدسات اللاصقة. وفي ضوء أن هذه التقنية ترسل الإشارات الخاصة بتفاصيل ما يوجد أمامها إلى المخ مباشرةً، فقد تكون مفيدة لمن لا يستطيعون الانتفاع بعمليات زرع القرنية، التي تمثل شكلاً آخر من أشكال الاستعانة بعين اصطناعية. ومن المقرر أن تبدأ تجربة تلك التقنية الجديدة على البشر في عام2017 [1].

المحور الخامس: تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية ودمج العقول :

نقدم الآن عملية افتراضية من الدمج العقلي، حيث يتم إنشاء اتصالات اصطناعية بين اثنين أو أكثر من المخ. وقد يسمح ذلك ببساطة بتحسين شكل الأقتران. وعلى الطرف الآخر، قد يدمج العقول في عقل واحد في عملية يمكن النظر إليها باعتبارها عملية تقسيم عكسية إلى المخ. نقترح أن إحدى الطرق التي قد يحدث بها اندماج العقل هي عبر قشرة المخ الخارجية أو الإكسكورتيكس الافتراضية، امتداد اصطناعي للمخ البيولوجي الذي يتكامل مع المخ بسلاسة كما تتكامل أجزاء من المخ البيولوجي مع بعضها البعض. وقد يثبت أيضًا أن القشرة الخارجية أو الإكسكورتيكس الافتراضية هي أسهل طريق لتحميل العقل، حيث تتحرك شخصية الشخص تدريجيًا بعيدًا عن المخ البيولوجي المتقدم في العمر إلى القشرة الخارجية أو الإكسكورتيكس الافتراضية. كما يمكن نسخ الذكريات ومشاركتها حتى من دون دمج العقول بشكل دائم. ومع مرور الوقت، قد تفقد حدود الهوية الشخصية أو قد تصبح غير ضرورية. وأن تحميلات العقل، المعروفة أيضًا باسم تحميلات المخ، ومحاكاة المخ الكامل، وهي عقول بشرية افتراضية تم نقلها إلى تنسيق رقمي وتشغيلها كبرامج حاسوبية .

العقل المدمج (Coalesced mind) هو عقل افتراضي تم إنشاؤه من خلال دمج اثنين أو أكثر من العقول المنفصلة سابقًا. يتم إنشاء اتصالات فيزيائية أو برمجية بين الأمخخة التي تحتوي على العقول، على غرار الاتصالات العصبية الموجودة بالفعل داخل كل مخ. تبدأ الأمخخة في التواصل مع بعضها البعض مباشرة، كما لو كانت أجزاء مختلفة من نفس المخ. في نهاية المطاف، فإن أي معلومات مخزنة يمكن لأحد العقول الوصول إليها بوعي تصبح متاحة بوعي للعقول الأخرى أيضا. بالإضافة إلى المعلومات، فإن العقل يضم عمليات التفكير الواعية. ويمكن أن تنتهي العقول المدمجة إما بعملية تفكير واعية واحدة أو عدة عمليات، حسب التنفيذ. قد يكون هناك درجات

[1] Kaj Sotala And Harri Valpola. “Coalescing Minds: Brain Uploading-Related Group Mind Scenarios, International Journal of Machine Consciousness, VOL. 04, NO. 01, 2012: pp293–312.

متفاوتة من الدمج، من التكامل الكامل الذي يربط بين عمليات المعلومات والفكر، إلى التكامل الخفيف حيث يتم تبادل المعلومات فقط في بعض الأحيان [1].

يتطلب الدمج بعض الوسائل التكنولوجية لربط العقول ببعضها البعض. نحن ننظر في ثلاثة مسارات للأندماج العقلي: اتصال مباشر من المخ إلى المخ، واتصال بوظيفة الإكسكورتيكس القشرة المخية الخارجية، واتصال يقوم على القيام بتحميل كامل أولا.

المسار الأول: الاتصال المباشر بين المخ والمخ

نصف أول واجهة أتصال مباشر بين المخ والمخ في البشر ونقدم نتائج التجارب التي تشمل ستة أشخاص مختلفين. وتجمع واجهتنا ، التي تم عرضها 2013، بين تخطيط كهربية المخ لتسجيل إشارات المخ والتحفيز المغناطيسي عبر المخ (TMS) لتوصيل المعلومات إلى المخ. نحن نوضح طريقتنا باستخدام مهمة حركية بصرية حيث يجب أن يتعاون اثنان من البشر من خلال الاتصال المباشر بين المخ والمخ لتحقيق الهدف المنشود في لعبة الكمبيوتر. تكشف واجهة المخ والمخ الصور الحركية في إشارات تخطيط المخ الكهربي المسجلة من شخص واحد "المرسل" وتنقل هذه المعلومات عبر الإنترنت إلى منطقة القشرة الحركية للشخص الثاني ("المتلقي"). وهذا يسمح للمرسل أن يسبب استجابة محرك مطلوبة في المتلقي (ضغطة على لوحة اللمس) عبر التحفيز المغناطيسى. نقيس أداء واجهة المخ والمخ من حيث كمية المعلومات المرسلة وكذلك الدقة التي تحققت في (1) فك تشفير إشارات المرسل، (2) توليد استجابة حركية من المستقبل عند التحفيز، و (3) تحقيق الهدف العام في المهمة البصرية الحركية التعاونية. وتقدم نتائجنا دليلاً على شكل بدائي لنقل المعلومات المباشرة من مخ بشري إلى آخر باستخدام وسائل غير جراحية [2].

يمكن تحقيق فكرة الاتصال المباشر للمخ والمخ باستخدام واجهة المخ والمخ Brain-to-Brain Interface (BBI). يعتمد BBI على ركنين: القدرة على قراءة (أو «فك تشفير») المعلومات المفيدة من النشاط العصبي والقدرة على كتابة (أو «ترميز») المعلومات الرقمية مرة أخرى في النشاط العصبي. في السنوات الأخيرة، شهدنا تقدمًا مذهلاً في هاتين القدرات من خلال تطوير واجهات المخ والكمبيوترBrain-Computer Interfaces، أو BCIs.

أظهر باحثو واجهات المخ والكمبيوتر BCI إمكانية فك تشفير المحرك والمعلومات البصرية وحتى المعلومات المفاهيمية من النشاط العصبي عبر مجموعة من تقنيات التسجيل مثل الأقطاب الكهربائية المزروعة ، والقشور الكهربائية ، وتخطيط كهربية المخ EEG (electroencephalography)، توجد أيضًا مجموعة

[1] Ibid, p.300.

[2] Rao RPN, et al. A Direct Brain-to-Brain Interface in Humans. PLoS ONE 9(11): (2014). P.12.

متنوعة من تقنيات التحفيز التي تسمح للمستخدمين بتشفير المعلومات الرقمية في النشاط العصبي باستخدام الأقطاب الكهربائية المزروعة electrocorticography، والتحفيز المغناطيسي عبر المخ transcranial magnetic stimulation والموجات فوق الصوتية المركزة magnetoencephalography . تشمل الأمثلة البارزة على واجهة المخ والكمبيوتر BCIs التي تستخدم التحفيز زراعة القوقعة ومحفزات المخ العميقة (كما هو واضح فى الشكل 7) [١].

على الرغم من أن تخطيط كهربية المخ (Electroencephalography) يرجع إلى ما يقرب من قرن من الزمان، إلا أن أول اختراق كبير في هذا المجال قد تحقق في العقود الأخيرة، مع بدء فحص المخ باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي (Magnetic Resonance Imaging (MRI))، إذ سمحت هذه التقنية للباحثين –من بين أمور أخرى– بتحديد مناطق المخ التي يتم تنشيطها أو تعطيلها أثناء أداء مهام معينة. ومن ثم تطرقت التكنولوجيا العصبية إلى مجالات أخرى عادة ما تمر دون أن يلاحظها أحد، بدءًا من تطوير الأدوية لعلاج الاضطرابات النفسية مثل الاكتئاب أو الأرق أو اضطراب نقص الانتباه، ومرورًا بالتقنيات المُخصصة لإعادة التأهيل العصبي بعد الحوادث الدماغية الوعائية (Cerebrovascular)، ووصولًا إلى استعادة السمع باستخدام غرسات القوقعة الصناعية (Cochlear Implants) [٢].

المسار الثاني : دمج العقول عبر تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية

يبدو أن المخ البيولوجي لا يستطيع دعم عمليات الانتباه الواعية المنفصلة في نفس وسط المخ. وبالتالي فإن دمج الأمخاخ من شأنه أن يؤدي على الأرجح إلى العقل مع تركيز واحد فقط من الاهتمام الواعي. لتنفيذ عقل متعدد الانتباه، يتطلب الأمر نوعًا من عنصر الوساطة الذي يسمح بوجود عمليات الانتباه الواعية المتعددة. من شأن الاندماج الأمثل أن يدمج ذكريات العقول المشاركة في قاعدة معرفية مشتركة، متاحة لكل عملية انتباه فردية. ستعتمد التفاصيل على بنية التحميل، ولكن طالما أن البنية تشبه الذاكرة المشبكية الموزعة للمخ البيولوجي، فإن ما يجب القيام به هو الجمع بين التغييرات المشبكية الناتجة عن كل عملية انتباه فردية. لتحقيق ذلك، نقترح دمج المخ البشري

---

[1] Kaj Sotala And Harri Valpola. “Coalescing Minds: Brain Uploading-Related Group Mind Scenarios, p.296.

[٢] د. صلاح عثمان. نحو أخلاقيات للتكنولوجيا العصبية، أكاديمية بالعقل نبدأ، تاريخ الدخول: ٢٠/٤/٢٠٢٣، ١:٥٣PM

https://mashroo3na.com/%d8%a5%d8%b5%d8%af%d8%a7%d8%b1%d8%a7%d8%aa/%d9%85%d9%82%d8%a7%d9%84%d8%a7%d8%aa/%d8%a7%d9%84%d8%aa%d9%83%d9%86%d9%88%d9%84%d9%88%d8%ac%d9%8a%d8%a7-%d8%a7%d9%84%d8%b9%d8%b5%d8%a8/%d9%8a%d8%a9

بالإكسكورتيكس الافتراضية القشرة الخارجية للمخ، وهو امتداد اصطناعي للمخ البيولوجي يتكامل مع العقل بسلاسة مثل أجزاء من المخ البيولوجي تتكامل مع بعضها البعض. بمجرد أن تصبح الإكسكورتيكس الافتراضية (القشرة المخية الخارجية) جزءًا من مخ الشخص، يمكن ربطها بالإكسكورتيكس الافتراضية للأشخاص الآخرين، مما يسمح بحدوث الاندماج. نفترض أنه بالإضافة إلى الربط المباشر للأمخاخ البيولوجية معًا، يمكن استخدام تقنية واجهة المخ لربط المخ بجهاز الإكسكورتيكس الافتراضي exocortexالذي يحمله المستخدم. علاوة على ذلك، نضع ثلاثة افتراضات سيتم تجسيدها بشكل أكبر في الفروع التالية :

١. **ويبدو أن هناك خوارزمية قشرية موحدة نسبيا قادرة على معالجة أنواع مختلفة من المعلومات. يتم تنفيذ معظم، إن لم يكن كل، معالجة المعلومات في مخ أي فرد باستخدام اختلافات من هذه الخوارزمية الأساسية. لذلك لا نحتاج لدراسة مئات الأنواع المختلفة من الخوارزميات القشرية قبل أن نتمكن من إنشاء النسخة الأولى من الإكسكورتيكس الافتراضية .**
٢. **ولدينا بالفعل فهم جيد إلى حد ما للكيفية التي تعالج بها القشرة المخية المعلومات وتؤدي إلى عمليات الانتباه الكامنة وراء الوعي. لدينا سبب وجيه للاعتقاد أن الإكسكورتيكس الافتراضية (القشرة الخارجية) ستكون متوافقة مع القشرة الموجودة وستندمج مع العقل.**
٣. **الخوارزمية القشرية لديها قدرة داخلية على نقل المعلومات بين المناطق القشرية. وبالتالي فإن دمج المخ مع الإكسكورتيكس القشرة الخارجية من شأنه أن يسمح للإكسكورتيكس (القشرة الخارجية) أن تأخذ تدريجيا أو على الأقل تصبح واجهة للإكسكورتيكس القشرة الخارجية الأخرى.**

بالإضافة إلى السماح بدمج العقول، يمكن أن توفر تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية exocortex أيضًا طريقًا لتحميل العقول البشرية. تم اقتراح أنه يمكن إنشاء تحميل عن طريق نسخ المخ طبقة تلو الأخرى، أو عن طريق تقطيع المخ إلى شرائح صغيرة ومسحها ضوئيًا. ومع ذلك، نظرًا لوضعنا التكنولوجي الحالي وفهمنا للمخ، نقترح أن الإكسكورتيكس الافتراضية (القشرة المخية الخارجية) قد تكون خطوة وسيطة محتملة. نظرًا لأن المخ المجهز بالخلايا القشرة المخية يتقدم في العمر ويتدهور وحتى يموت بشكل دقيق، يمكن أن تتولى الإكسكورتيكس القشرة المخية الخارجية وظائفها، حتى يوجد الشخص الأصلي أخيرًا في القشرة المخية البحتة ويمكن نسخه أو نقله إلى ركيزة مختلفة[1].

بالمعنى الدقيق للكلمة، يمكن أن تعمل تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية exocortexكمجرد مكون وسيط يسمح بدمج العقل، دون أن يؤدي بالضرورة إلى تحميل العقل. لن تكون تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية (القشرة المخية الخارجية) وحدها كافية لتكرار جميع الوظائف الضرورية للمخ، كما يجب استبدال المناطق غير

[1] Kaj Sotala And Harri Valpola. "Coalescing Minds: Brain Uploading-Related Group Mind Scenarios, p.29٤.

القشرية المختلفة. من ناحية أخرى، إذا انتقل جزء كبير من وظائف مخ الشخص إلى الإكسكورتيكس exocortex ، فيمكن اعتباره تحميلًا جزئيًا حتى مع استمرار عدد كبير من وظائف المخ في المخ البيولوجي وهم [1]:

١) خوارزمية قشرية عامة:

تتكون القشرة المخية للشخص البالغ من عدة مناطق متخصصة بدرجات متفاوتة لمعالجة أنواع مختلفة من المعلومات. يرتبط التخصص الوظيفي بالاختلافات التشريحية للمناطق القشرية المختلفة. على الرغم من وجود اختلافات واضحة بين المناطق، فإن معظم المناطق القشرية تشترك في العديد من السمات الوظيفية والتشريحية. كان هناك نقاش كبير حول ما إذا كانت البدلات القشرية الدقيقة متنوعة ، لكننا نجادل في أن الاختلافات هي اختلافات في نفس الخوارزمية القشرية الأساسية، بدلاً من الخوارزميات المختلفة تمامًا. هذا لأن معظم المناطق القشرية يبدو أن لديها القدرة على معالجة أي نوع من المعلومات. ويبدو أن الاختلافات مسألة تتعلق بتحسين نوع معين من المعلومات، وليس بمبدأ أساسي مختلف. تفقد المناطق القشرية الكثير من مرونتها أثناء النضج. على سبيل المثال، من الممكن أن يفقد المرء قدرته على رؤية الألوان إذا تضررت منطقة قشرية بصرية معينة مسؤولة عن رؤية الألوان. مخ الشخص البالغ ليس مرنًا بما يكفي للتعويض عن هذا الضرر، حيث أن المناطق ذات الصلة قد تخصصت بالفعل في مهامها. إذا تضررت نفس مناطق المخ خلال مرحلة الطفولة المبكرة، فمن المرجح ألا ينتج عمى الألوان. ومع ذلك، فإن هذا النقص في المرونة يعكس التعلم والتخصص خلال عمر المخ بدلاً من الاختلافات الحسابية الفطرية بين المناطق القشرية المختلفة. يدعم الكثير من الأدلة فكرة أن المناطق القشرية المختلفة يمكنها معالجة أي أنماط زمنية مكانية [2].

٢) العمليات الكامنة وراء الوعي

لدينا سبب وجيه للاعتقاد بأن الإكسكورتيكس الافتراضية لن تكون قادرة فقط على توفير المعلومات للقشرة. إذا تم تصميمه بشكل صحيح، فسيشارك أيضًا في خلق عقل موحد بسلاسة مثل نصفي المخ في قشرتنا. من المعروف بالفعل من أبحاث المخ المنقسم أن الروابط الجانبية بين المناطق القشرية تلعب دورًا حاسمًا في خلق اهتمام ووعي موحدين. هذه الروابط شديدة ولديك عقلان مستقلان. يبدو أن الميزة الرئيسية لخوارزميتنا القشرية وراء الانتباه والوعي هي ما يسمى بالمنافسة المتحيزة. كل منطقة قشرية تعالج وتمثل المعلومات في مدخلاتها الأولية.

يحدث التنشيط العصبي الملحوظ بشكل أساسي عن طريق تنشيط المدخلات الأولية. ومع ذلك، في حالة وجود العديد من التفسيرات أو الأشياء المختلفة التي يجب تمثيلها، فإن المدخلات الجانبية ومن أعلى إلى أسفل ستؤدي إلى تحيز المنافسة بين التمثيلات البديلة. التمثيل الذي يكتسب المزيد من الدعم يفوز بشكل جانبي. نظرًا لأن المناطق

[1] Rao RPN, et al. A Direct Brain-to-Brain Interface in Humans. PLoS ONE 9(11): e111332. (2014). doi:10.1371/journal.pone.0111332.

[2] Ibid, p.302.

القشرية توفر مدخلات جانبية لبعضها البعض، فإن هذه المنافسة ونقل المعلومات يؤدي إلى عملية انتباه ناشئة: في أي وقت، تميل المناطق القشرية المختلفة إلى تمثيل معلومات حول نفس الكائن أو الحدث. تم تنفيذ نموذج المنافسة المتحيز في عمليات المحاكاة ونجح في تكرار عديد من جوانب الاهتمام، بما في ذلك الظواهر من القاعدة إلى القمة، وعلى سبيل المثال الدراسة من أعلى إلى أسفل عن الأشياء.[1]

في القشرة، يتم تعلم معنى المدخلات الجانبية. هذا يعني أن مجرد ربط المخ بالقشرة المخية لن يؤدي على الفور إلى عقل متكامل. بدلاً من ذلك، يتعين على كلا الطرفين تعلم الارتباطات من خلال التجربة: تحتاج كل منطقة قشرية تتلقى مدخلات جانبية إلى معرفة نوع المدخلات من القاعدة إلى القمة التي تتنبأ بها المدخلات الجانبية. لذلك يستغرق الأمر وقتًا حتى تنمو القشرة المخية والإكسكورتيكس معًا[2].

٣) نقل المعرفة إلى القشرة المخية

على حد علمنا، فإن وجود اكسكورتيكس أو قشرة خارجية تقوم بجزء من تفكيرك لن يبدو وكأنه أي شيء على وجه الخصوص. لا يدرك الناس مكان حدوث عملياتهم المعرفية. إنهم لا يدركون أن الذاكرة المألوفة قد انتقلت من منطقة مخية إلى أخرى. على سبيل المثال، من المعروف أن الذكريات طويلة المدى تتشكل لأول مرة ولكنها تتحد تدريجياً في القشرة المخية. أيضًا، أنواع الثدييات القادرة على النوم عديدة حيث يكون أحد نصفي المخ نائمًا بينما يكون الآخر مستيقظًا. لن يتذكر نصف المخ النائم الأحداث التي وقعت أثناء نومهم قبل أن يستيقظوا مع نصف المخ الذي كان مستيقظًا أثناء الحدث. لذلك يبدو أن الخوارزمية القشرية مستعدة لتحريك الذكريات. يتعلق هذا أيضًا بحقيقة أن الخسارة التدريجية لأجزاء من القشرة يمكن تعويضها عن طريق القشرة المتبقية. من منظور زراعة الإكسكورتيكس أو القشرة الخارجية، هذا يعني أن عقولنا يمكن أن تنتقل تدريجياً إلى القشرة المخية مع تقدم القشرة الأصلية في العمر وتتحلل [3].

٤) دمج القشور المخية الخارجية للإكسكورتيكس الافتراضية

من المحتمل أن يكون التكامل الأولي للقشرة المخية الخارجية الإكسكورتيكس والمخ عملية تعلم بطيئة نسبيًا يمكن مقارنة جدولها الزمني بتعلم مهارات جديدة أو التعافي من إصابات المخ، أي على الأقل أيام ولكن على الأرجح شهورًا أو حتى سنوات. ومع ذلك، بمجرد اندماج القشرة المخية مع بقية القشرة، تفتح العديد من الفرص الجديدة. يمكن استخدام القشرة المخية الخارجية الإكسكورتيكس، خاصة تلك التي استحوذت عليها تمامًا، للسماح بعدة عمليات تفكير واعية متزامنة. أمخاخنا غير قادرة على القيام بذلك لأن التنشيطات العصبية المقابلة لعمليات التفكير الفردية ستتداخل مع بعضها البعض، على سبيل المثال، من خلال التنشيط. باستخدام القشرة المخية الخارجية الإكسكورتيكس، سيكون من الممكن تتبع مجموعتين أو أكثر من التنشيطات العصبية غير المتداخلة والعمليات ذات الصلة مع جداول زمنية قصيرة. كما تمت

[1] Ibid.p.302.

[2] Ibid, p.303.

[3] Ibid, p.304.

مناقشته سابقًا، ستصبح ذاكرة كل عملية تفكير متاحة لجميع العمليات من خلال التغييرات المشبكية حيث سيتم مشاركة الأوزان المشبكية بين جميع العمليات.

المسار الثالث : دمج العقل عبر التحميل الكامل

قد تكون الطريقة الثالثة الممكنة لتحقيق اندماج العقل هي أولاً تحميل مخ بشري بالكامل إلى ركيزة رقمية بطريقة ما. بمجرد إنجاز ذلك، لن تكون مهمة ربط عقلين أو أكثر ببعضهما البعض مشكلة جدوى بيولوجية، بل مشكلة علوم كمبيوتر أكثر وضوحًا. إذا تم محاكاة أمخخة ألبرت وجون في نفس الكمبيوتر، فإن إضافة اتصال بين خلية عصبية في مخ ألبرت وخلية عصبية في مخ جون قد لا يكون لها أي فرق أساسي عن إضافة اتصال بين خلية عصبية في مخ ألبرت. يمكن بعد ذلك استخدام التحميل الكامل إما لتنفيذ اتصال مباشر بين المخ والمخ، أو لإنشاء برنامج لتكنولوجيا الإكسكورتيكس exocortexللتوسط في الاتصال. ومع ذلك، نشك في أن تقنية القشرة المخية الإكسكورتيكس ستصبح متاحة قبل إرادة التحميل الكامل. كما تم مسحه أعلاه، يتم الدراسة بنشاط عن أطراف اصطناعية مختلفة في المخ، وسيساعد تطورها في الجهود المبذولة لبناء القشرة المخية الخارجية الإكسكورتيكس. ربما تكون إحدى أكبر العقبات هي مسألة إنشاء موصلات صغيرة بما يكفي لإنشاء ملايين الاتصالات. من المحتمل أن يتلقى هذا مبالغ كبيرة من التمويل بغض النظر عما إذا كان أي شخص مهتمًا ببناء القشريات الخارجية الإكسكورتيكس على هذا النحو [١]

نستنتج مما سبق، أنه مع الوضع الحالي للتكنولوجيا، تم وضع جميع الخطوات الأساسية لتطوير طرف اصطناعي عصبي حركي بشري. تستمر الأبحاث في مؤسسات متعددة في تحسين تقنيات الزرع الجراحي وخوارزميات التحليل، بالإضافة إلى برامج الكمبيوتر، التي يمكن أن تستفيد بشكل أكثر كفاءة من الإشارات المشتقة مباشرة من أمخخة الإنسان. خاصة لأنه تم منح موافقة إدارة الغذاء والدواء مؤخرًا لدراسة تجريبية باستخدام نظام مصفوفة Cyberkinetics، Inc Braingate، فإن حلم تحويل «التفكير إلى عمل» قد يصبح قريبًا حقيقة للمرضى الذين يعانون من إعاقات حركية شديدة [٢].

لقد جادلنا بأن تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية هي تطور معقول في المستقبل المنتظر. لقد حددنا ثلاثة افتراضات، إذا كانت صحيحة، يبدو أنها تجعل تطوير الإكسكورتيكس القشريات الخارجية ممكنًا من الناحية الفنية. أولاً، هناك خوارزمية قشرية موحدة يمكن تكرارها بسهولة نسبية، دون الحاجة إلى دراسة العديد من الخوارزميات القشرية المختلفة بالتفصيل. ثانيًا، يعمل هذا الوعي وفقًا لنموذج منافسة متحيز، وأنه من الممكن دمج القشرة المخية الخارجية الإكسكورتيكس في تلك العملية. ثالثًا، أن القدرة على نقل المعلومات عبر مناطق مختلفة هي خاصية متأصلة في

[1] Ibid, p.299.

[2] Gerhard M. Friehs and ets. Brain–Machine and Brain–Computer Interfaces.

الخوارزمية القشرية. يمكن استخدام هذا لنقل المعرفة من المخ الحالي إلى القشرة المخية الخارجية الإكسكورتيكس. إذا استمرت هذه الافتراضات الثلاثة، وتم التغلب على التحديات التكنولوجية الأخرى، فيمكن بعد ذلك ربط القشور الخارجية الإكسكورتيكس معًا من أجل دمج العقول [١] .

في حين أنه قد يكون من الممكن أن تتحد العقول حتى بدون القشور الخارجية الإكسكورتيكس . على الرغم من أنه لا يزال هناك قدر كبير من العمل الذي يتعين القيام به قبل تطوير القشور الخارجية الإكسكورتيكس، إلا أنه لا يبدو أن أيًا من التحديات لا يمكن التغلب عليها من حيث المبدأ. هناك العديد من الأطراف الاصطناعية العصبية التي تعمل كحواس اصطناعية قيد الاستخدام بالفعل، في حين أن الأطراف الاصطناعية للمخرجات الحركية والذاكرة ووظيفة المخيخ قيد التطوير النشط. نظرًا لأن هذه الأطراف الاصطناعية لها استخدامات طبية واضحة، فمن المرجح أن يظل تطويرها ممولًا في المستقبل [٢] .

تعقيب

ترى الباحثة أن التقدم يقاس ، في أحيان كثيرة، بحجم التطور المادي، ليس في ذلك من ضرر، فالحديث عن التقدم ليس بالضرورة حديث عن التحضر. فقد كان العلم، العامل الأول الذي رفع من مستوى معيشة الإنسان، وقلل من معاناته، فدافع الإنسان الذاتي نحو حياة أفضل، هو الذي يكمن وراء التطور المادي الذي نشهده في حياة المجتمعات. إلا ان صناعة حضارة، يتطلب أكثر من ذلك بكثير، يتطلب صناعة قيم إنسانية. من أبرز سمات عصرنا الحالي، الدور الخطير الذي يؤديه العلم والتكنولوجيا، في مختلف نواحي الحياة. هذا التوأم الذي صنع لنا الكثير من المعجزات، ومع ذلك، ينتابنا القلق، في بعض الأحيان، مما قد يجلبه لنا من ويلات، فهو يقبع مهدداً مستقبل البشرية كذلك. يعتقد البعض أن في العلم عنصراً من الأخلاق، كفيل بردع الاستخدام الضار لمعطياته. تَقدم البشر في العلم والتكنولوجيا إلى درجة مذهلة، لكنهم لم يتقدموا في السلوك الأخلاقي بدرجة موازية، ما يثير هذا السؤال الجوهري أن عدم التوازن بين الجانب الأخلاقي والجانب التكنولوجي يخلق إشكالية قد تكون مدمرة ولا تقف عند حد في المستقبل القريب أو البعيد، وهذا ما يثير القلق، علماً بأن هذا التقدم سيتضاعف في السنوات القادمة، فماذا سيحدث بعد إحلال الروبوت ليقوم بأعمال كثيرة بدل الإنسان؟ بالحتم ستزداد البطالة إذا لم يتحل أصحاب العمل بالأخلاق ليفضلوا البشر على الروبوت، فهل سيفعلون ذلك؟.

---

[1] Kaj Sotala And Harri Valpola. “Coalescing Minds: Brain Uploading-Related Group Mind Scenarios, p.300.

[2] Russell Blackford and Damien Broderick. Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds, John Wiley & Sons, Inc, (2014). p.4.

الخاتمة : تتضمن أهم نتائج الدراسة

بعد عرض وتحليل الباحثة لتفسير تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية في ضوء واجهة المخ والكمبيوتر، يُمكِن إجمال أهم نتائِج الدراسة فى النِقاط الآتية:

- ✓ **أولاً: يمكن أن نفكر في الذكاء الاصطناعي الذى يقوم على علاقة المخ بالكمبيوتر؛ مما جعل العديد من الفلاسفة والعلماء الماديين يعتبرون المخ آلة والعكس صحيح، كما اعتبروا الوعي سمة إنسانية ليست متاحة للذكاء الاصطناعي حتى وإن أتيحت له العديد من سمات الإنسان كالتفكير في البيانات المدخلة في الكمبيوتر، وهي السمة ذاتها في المخ الإنساني، إلا أن الآلة/الروبوت لا تع هذا الشيء الذي تتعامل معه.**
- ✓ **ثانياً: تُعد تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي من أبرز التطبيقات الحديثة لتكنولوجيا الاتصال والمعلومات، والذي يعد حقلاً حديثاً نسبياً نشأ كأحد علوم الحاسوب التي تهتم بدراسة وفهم طبيعة الذكاء البشري ومحاكاتها لخلق جيل جديد من الحاسبات الآلية الذكية التي يمكن برمجتها لإنجاز الكثير من المهام التي تحتاج إلى قدرة عالية صفات يتمتع بها الإنسان وتندرج ضمن من الاستنتاج والاستنباط والإدراك، وهي قائمة السلوكيات الذكية له والتي لم يكن من الممكن أن تكتسبها الآلة من قبل.**
- ✓ **ثالثاً: تعد تكنولوجيا الإكسكورتيكس الافتراضية من أبرز التطبيقات الحديثة لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي الافتراضية التي تُعد وسيلة أتصال للمخ البشري مع بيئة الكمبيوتر في حالة وجود جهاز يمكن ارتداؤه، باستخدام واجهة ثنائية الاتجاه بين المخ والكمبيوتر، من أجل زيادة القدرات المعرفية عالية المستوى للمخ البشري ومساعدة المستخدم في اتخاذ القرارات والإجراءات مثل الإدراك والتخزين والمعالجة والتعلم.**
- ✓ **رابعاً: ان تكنولوجيا الإكسكورتيكس مزوده بتقنيات متوازية مثل قراءة المخ، وتحميل المعلومات إلى المخ من الخارج، والاتصال المباشر بين المخ والمخ، والواجهة بين المخ والكمبيوتر، فهي تطور معقول في المستقبل المنتظر.**
- ✓ **خامساً: تكمن قوة الذكاء الاصطناعي في قدرته على التطور المستمر، ستصبح جميع البيانات رقمية في غضون 20 عاماً، مما يجعل من الممكن استخدام الذكاء الاصطناعي في صنع القرارات والتحسين. كما يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً إيجابياً في مجال الرعاية الصحية، إذ صار بالإمكان الآن رقمنه النظام الصحي، وأصبح من الممكن نقل أي شيء بما في ذلك البيانات، وسجلات المرضى، والأشعة، على الإنترنت، وسيحدث ذلك ثورة في منظومة الرعاية الصحية بأكملها، بما في ذلك التشخيص، والعلاج، والرعاية طويلة المدى.**
- ✓ **سادساً: لم يعد بعيداً ذاك المستقبل الذي نستطيع فيه التحكم في الأجهزة الالكترونية بقوة العقل وحدها، لكن ثمن ذلك قد يكون إجراء جراحة تنطوي على مساسٍ بخلايا الجسم لزرع أجهزة ما فيه، مثل: زرع قوقعة الأذن.**

- ✓ **سابعاً: يُذكر أنّ الدّافع الرّئيسيّ وراء تلك التّكنولوجيا هو مساعدة مرضى الإعاقات الحركيّة على ممارسة الأنشطة اليوميّة، فالشّخص المُصاب يستطيع التّحكّم بالأجهزة المُعاونة بمجرّد التّفكير. والأمر ليس مقتصرًا على التّكيُّف مع الأمراض المختلفة، بل أيضًا يمكن لهذه التّكنولوجيا علاج الكثير من الأمراض المُزمنة كالزّهايمر.**
- ✓ **ثامناً: يكمن هنا التساؤل في ما المنفعة التي ستعود علينا جراء ذلك تفوق ذاك الخطر المترتب على إدخال شريحة الكترونية الي المخ؟.**

قائمة المراجع

المراجع العربية

- **إسماعيل، صلاح (22 ديسمبر 2019)، " العقل بوصفه مُخًّا "، (منصة معني الثقافية)، //https://mana.net تاريخ الدخول: ٢٠/١٠/٢٠٢٣.**
- **أبو النصر، مدحت. (2020). الذكاء الاصطناعي في المنظمات الذكية، المجموعة العربية للتدريب والنشر، القاهرة.**
- **البلقاسي، منال. (2019). الذكاء الاصطناعي صناعة المستقبل (الحاسبات المتوازية - التحكم الآلي - البرمجة الوراثية - لغة البرولوج - الخلايا العصبية الاصطناعية)، دار التعليم الجامعي، الإسكندرية.**
- **الزيات، فتحي مصطفي. (1990). الأسس البيولوجية والنفسية للنشاط العقلي: المعرفة والذاكرة والابتكار، دار النشر للجامعات، القاهرة.**
- **الموصلي، اسامة أحمد. (2012). الدماغ البشري، دار دجلة، عمان.**
- **بونية، آلان. (1993). الذكاء الاصطناعي واقعه ومستقبله، ترجمة على صبرى فرغلي، عالم المعرفة، المجلس الوطني للفنون والثقافة والآداب، الكويت.**
- **بسيوني، عبدالحميد. (2019). مقدمة الذكاء الاصطناعي للكمبيوتر ومقدمة برولوج، دار النشر للجامعات المصرية، القاهرة.**
- **حسن، شعبان. (2011). المنطق والذكاء الاصطناعي، دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر والتوزيع، الاسكندرية.**
- **سالم، سعود. السوبرمان، الحوار المتمدن-العدد: 6832 - 2021 / 3 / 5 – 16:52.**

https://www.ahewar.org/debat/show.art.asp?aid=711107

- **سليم، محمد. (2014). فلسفة العقل عند دونالد ديفيدسون، المكتبة المصرية، القاهرة.**
- **شريف، عمرو . (2012). ثم صار المخ عقلًا، مكتبة الشروق الدولية، القاهرة.**
- **عوض، عادل. (2005). ملكة إصدار الأحكام بين الإنسان والآلة (دراسة نقدية للرؤى المعاصرة فى المنطق والحاسوب)، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الإسكندرية.**

- عوض، عادل. (2021). الأسس الفلسفية للإدراك المعرفي، دار الوفاء، الإسكندرية.
- قاسم، محمد محمد. (2006). المدخل الي فلسفة العلوم، دار المعرفة الجامعية، الأسكندرية.
- ستونير، توم. (2000). ما بعد المعلومات: التاريخ الطبيعى للذكاء، ترجمة مصطفي إبراهيم فهمى، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة، العدد232.
- https://www.bbc.com/arabic/vert-fut-38033652
- واريك، كيفن. (2013). أساسيات الذكاء الاصطناعي، ترجمة هاشم أحمد محمد، مراجعة السيد عطا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.
- يعقوبى، محمود. (2017). معجم الفلسفة (أهم المصطلحات وأشهر الأعلام)، دار الكتاب الحديث، القاهرة.

English References

- Mutlu, Mehmet Emin. (2021). Research Anthology on Emerging Technologies and Ethical Implications in Human Enhancement.تاريخ الدخول: ٢٠٢٣/١٠/٢٠.

  https://www.igi-global.com/chapter/exocortex-as-a-learning-technology/273089
- Czerniawski, Michal. (April 2010). Human Enhancement and Values, SSRN Electronic Journal.
- Nath, Rajakishore. (2009). Philosophy of Artificial Intelligence: A Critique of the Mechanistic Theory of Mind, Universal-Publishers Boca Raton, Florida.
- Müller, Vincent C. (2016). Fundamental Issues of Artificial Intelligence, Springer, Switzerland .
- Walmsley, Joel. (2012). Mind and Machine, Palgrave Macmillan, New York.
- Michalski, R. S., (ed). (1984). Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg .
- Joshi, Ameet V. (2020). Machine Learning and Artificial Intelligence, Springer.
- Rumelhart, D.E. & McClelland, J.L. (1986). Parallel Distributed Processing: Explorations in the microstructure of cognition, MIT Press, Cambridge.

- **Kok, Joost N. et al. (1992). Artificial Intelligence: Definition, Trends, Techniques and Cases, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), New York.**
- **Ivancevic, Vladimir G. and Ivancevic, Tijana T. (2007). Computational Mind: A Complex Dynamics Perspective, Springer, New York.**
- **Boden, Margaret A. (1996). Artificial intelligence, Academic Press, New York.**
- **https://www.researchgate.net/figure/The-schematic-view-of-the-recoveriX-system_fig3_320020692 تاريخ الدخول٢١/١٠/٢٠٢٣.**
- **https://drwho.virtadpt.net/files/HOPE_XI constructing_exocortices.pdf تاريخ الدخول٢٢/١٠/٢٠٢٣**
- **https://complexevents.com/wp-content/uploads/2012/06/uCepCortex-Appls-and-MathMethods.pdf تاريخ الدخول٢١/١١/٢٠٢٣**
- **Dambrot, S. M. (1 October 2016). Exocortical Cognition: Heads in the cloud, A transdisciplinary framework for augmenting human high-level cognitive processes.تاريخ الدخول٢٣/١٠/٢٠٢٣**

  https://www.semanticscholar.org/paper/Exocortical-Cognition%3A-Heads-in-the-cloud-Dambrot/0f20959224a3b9bc6243fb481440c9b1b3c677e7
- **Blackford, Russell and Broderick, Damien. (2014). Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds, John Wiley & Sons, Inc.**
- **Churchland, Paul M. (2013). Matter and Consciousness, Cambridge University Press, 3rd ed.**
- **Bonaci, Tamara & ets.(24 June 2014). Securing the exocortex: A twenty-first century cybernetics challenge.**
- **https://www.semanticscholar.org/paper/Securing-the-exocortex%3A-A-twenty-first-century-Bonaci-He**

rron/6e9715d7ffb81b059a2748d2a681003279bf955a
تاريخ الدخول٢١/١٠/٢٠٢٣

- Friehs, Gerhard M. and ets. (14 Oct 2004). Brain–Machine and Brain–Computer Interfaces, https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.STR.0000143235.93497.03#d1e152
- Sotala, Kaj And Valpola, Harri. (2012).“Coalescing Minds: Brain Uploading-Related Group Mind Scenarios, International Journal of Machine Consciousness, VOL. 04, NO. 01: pp293–312 .
- Rao RPN, Stocco A, Bryan M, Sarma D, Youngquist TM, et al. (2014). A Direct Brain-to-Brain Interface in Humans. PLoS ONE 9(11): e111332.
- Blackford, Russell and Broderick, Damien. (2014). Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds, John Wiley & Sons, Inc,