LOGO.ADAM96.COM

جامعة جنوب الوادي

كلية الآداب بقنا

قسم الفلسفة

تطبيقات الحاسب الآلي في الفلسفة

إعداد/

د. حسن جبريل عبدالنعيم

مدرس فلسفة العلم ومناهج البحث

كلية الآداب بقنا – جامعة جنوب الوادي

العام الجامعي

2024-2023م

جامعة جنوب الوادي
كلية التربية بقنا
قسم الفلسفة

بيانات المقرر

- **الكلية:** الآداب بقنا.
- **الفرقة:** الثالثة.
- **التخصص:** الفلسفة.
- **عدد الصفحات:** 135
- **أستاذ المقرر:** الدكتور/ حسن جبريل عبد النعيم.
- **العام الجامعي:** 2023-2024م.

قائمة المحتويات

❖ مقدمة	8
الفصل الأول **("الحاسوب" المفهوم والنشأة والأجيال)**	11
تمهيد	13
1. ما الحاسوب؟	15
2. تاريخ تطور الحاسوب.	22
الفصل الثاني **(بنية الحاسوب)**	34
تمهيد	36
1. وحدة المُعالجة المركزية.	37
2. نو اقل الاتصال.	42
3. الذاكرة.	43
4. المودم.	45
الفصل الثالث **(هل الدماغ البشري جهاز حاسوبي)**	49
تمهيد	51
1. التماثل بين الدماغ والحاسوب.	52
2. الفارق بين الدماغ والحاسوب.	54
3. آراء متباينة.	62
الفصل الرابع **(أخلاقيّات الحاسوب)**	67
تمهيد	69
1. تعريف أخلاقيات الحاسوب.	69
2. تاريخ تطور مُصطلح أخلاقيات الحاسوب.	72
3. غاية أخلاقيات الحاسوب.	75

الفصل الخامس **("الذكاء الاصطناعي" المفهوم والنشأة والتطور)**	**80**
تمهيد	**82**
1. **ماهيَّة الذكاء الاصطناعي.**	**85**
2. **تاريخ الذكاء الاصطناعي.**	**93**
الفصل السادس **(فلسفة الذكاء الاصطناعي "AI")**	**105**
تمهيد.	**107**
1. **الأصول الفلسفية للذكاء الاصطناعي.**	**108**
2. **هل يمكن للآلة أن تصير ذكية؟**	**110**
3. **هل يمكن للآلة أن تصير واعية؟**	**119**
❖ **قائمة المراجع**	**132**

مقدمة

نعيش اليوم عصرًا يُسمى بعصر المعلوماتية، ينصب فيه الاهتمام على جمع كم من المعلومات لتخزينها واسترجاعها وقت الحاجة بهدف الاستفادة منها لاستخلاص النتائج المفيدة في عمليات اتخاذ القرارات الرشيدة والمدروسة في شتى مجالات الحياة.

لقد فرض الحاسوب نفسه كأداة هذا العصر طوعًا أو كرهًا في شتى ميادين المعرفة، أداة لا غني عنها للباحثين، وطلاب المعرفة، للسياسيين، والاقتصاديين، والإداريين، وللأطباء، والمهندسين... في المؤسسة، والمصنع، والبيت، والمكتب، والعيادة[1].

لقد اتجه العلماء في مناطق عديدة من العالم إلى تطوير الحاسوب وتسهيل التعامل معه واستخدامه، حيث بدأ حياته في النصف الثاني من القرن العشرين والتعامل معه كان صعبًا ويحتاج إلى تدريب وخبرة طويلة. فلم يمضِ على عمره أكثر من خمسين عامًا، وإذ به يغدو خفيفًا صغيرًا سهل التعامل معه وبمتناول جميع الناس على مختلف مستوياتهم الاجتماعية والعلمية، وحتى الأطفال[2].

كان الهدف من اختراع الحاسوب آنذاك هو القيام بأعمال حسابية بسيطة، ليعطيك ما تريده منها في زمن قصير، يعالج البيانات مهما كان

---

[1] غازي رحّو، إبراهيم نائب، محمد ضاهر: مدخل إلى علم الحاسوب والبرمجة بلغة باسكال، دار المناهج للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، 1999، ص15.

[2] المرجع السابق، ص15.

حجمها وبسرعة فائقة، ويساعد في التصميم الهندسي، وفي تشخيص الكثير من الأمراض، كما أنه يمد يد العون عند اتخاذ القرار، وأصبح أيضًا قادرًا أن يحل محل العامل في المصنع والمتجر، ناهيك عن دوره في غزو الفضاء وتطوير الأسلحة والتواصل العلمي بين الباحثين... وتراسل المعلومات عبر شبكات، تدعي الشبكات الحاسوبية، تتصل مع شتى بقاع العالم[1].

[2] المرجع السابق، ص16.

الفصـــل الأول

الحاســـــوب

"المفهوم والنشأة والتطور"

تمهيد

لقد كانت ستينيات القرن العشرين فترة عصيبة على الصعيدين الاجتماعي والثقافي. لكن بين ثنايا الحرب الباردة وحركة الدفاع عن الحقوق المدنية والمظاهرات المناهضة للحروب والحركة النسوية والثورات الطلابية وشعارات المقاومة السلبية واللاعنف والاعتصامات والتمردات اليسارية الراديكالية، وعلى نحوٍ لم يكد ينتبه له أحد، ظهر علم جديد في أحرام الجامعات في الغرب وحتى في بعض الأقطار غير الغربية، وإن كان على نحوٍ أقل وضوحًا.

وقد تركّز هذا العلم على نوع جديد من الأجهزة؛ ألا وهو جهاز الحاسوب الرقمي الإلكتروني. وأطلق على التكنولوجيات التي تعلقت بهذا الجهاز عدة أسماء، والتي من أشهرها "**الحوسبة التلقائية**" و "**معالجة المعلومات**". وفي البلدان الناطقة بالإنجليزية، كان يُطلق على نطاق واسع على هذا العلم اسم Computer Science ويعني "**علم الحاسوب**"، أما في أوروبا، فكانت تُستخدم أسماء مثل Informatique أو Informatik والتي تعني "**المعلوماتية**"[1].

---

[1] سوبراتا داسجوبتا: **علم الكمبيوتر**، مقدمة قصيرة جدًا، ترجمة: إبراهيم سند أحمد، مراجعة: عبدالفتاح عبدالله، مؤسسة هنداوي، 2023، ص11.

تعني الحوسبة التلقائيَّة تصميم وصناعة أجهزة قادرة على الحوسبة بأدنى تدخل من الإنسان، وترجع "فكرتها التكنولوجية" على الأقل إلى أحلام استحوذت على عقل عالِم الرياضيات والمفكر الإنجليزي "تشارلز باباج" في أوائل القرن التاسع عشر. وقد دُرس "المفهوم الرياضي" للحوسبة لأول مرة في أواخر ثلاثينيات القرن العشرين على يد عالمي المنطق؛ الإنجليزي "**آلان تورينج**" و الأمريكي "**ألونزو تشرتش**". لكن الدافع اللازم لإنشاء "علم تجريبي" مناسب للحوسبة كان عليه الانتظار حتى اختراع حاسوب رقمي إلكتروني وتصميمه وتنفيذه في أربعينيات القرن العشرين؛ أي بعد نهاية الحرب العالمية الثانية. وفي أثناء تلك الفترة، مر العلم بفترة تطوير ما بين الصعود والهبوط. فلم يظهر علم الحاسوب كعلم مستقل إلا في ستينيات القرن الماضي؛ عندما بدأت الجامعات في تقديم درجات علمية للخريجين وطلاب الدراسات العليا في علم الحاسوب، وتخرَّج أول جيل من "علماء الحاسوب" الذين تم تدريبهم داخل أحرام الجامعات.

ومنذ اختراع الحاسوب الرقمي الإلكتروني عام 1946، لا يخفى على أحد النمو المُذهل في التكنولوجيات المرتبطة بهذا الجهاز (والتي يُطلق عليها بوجه عام اليوم مُصطلح "تكنولوجيا المعلومات"). لقد اجتاحتنا فعليًا هذه البيئة التكنولوجية الاجتماعية. وعلى الرغم من ذلك، فإن

العلم – المنهج الفكري – الذي تقوم عليه هذه التكنولوجيا يُعدُّ أقل وضوحًا، وبالتأكيد تقل المعرفة به وفهمه خارج الأوساط العلمية لعلم الحاسوب. لكن لا شك أن علم الحاسوب يصطف إلى جانب علوم أخرى مثل علم الأحياء الجزيئي وعلوم الإدراك باعتباره من أهم العلوم التي ظهرت بعد الحرب العالمية الثانية. بالإضافة إلى ذلك، فإن علم الحاسوب تكتنفه بعض الغرابة التي تجذب الانتباه إليه وتميزه عن باقي العلوم الأخرى[1].

أولًا: ما الحاسوب؟

إنَّ مُصطلح الحاسوب "**باللغة الإنجليزية**" Computer أو كما يُطلق عليه باللغة العربية "**كمبيوتر**" يشترط فيه أن يستلزم الحساب تفكيرًا وخطوات (اشتقت كلمة Computer من اللفظ اللاتيني Computare بمعنى "**يُفكِّر**"). على أن الاستخدام التقني أو الفني لمصطلح الحاسوب أو الكمبيوتر أصبح مقصورًا على آلات بعينها تتمشى صفاتها مع التعريف الذي يقول أن الحاسوب عبارة عن آلة حاسبة متقدمة جدًا يمكن تلقينها بأوامر وبيانات ثم تُترك لتأدية العمليات الحسابية في مجموعة من الخطوات دون تدخل الإنسان، وعندما يصل إلى النتيجة المطلوبة تعطي هذه النتيجة بسرعة هائلة،

[1] المرجع السابق،ص ص11 -12.

ويلاحظ على هذا التعريف أنه يهتم بالسرعة التي يعمل بها الحاسوب، بالإضافة إلى بيان وإظهار قدرة الحاسوب على إعطاء النتائج أو القرارات المنطقية المطلوبة.

الحاسوب عبارة عن جهاز قادر على إنجاز عمليات حسابية واستدعاء معلومات مُخزنة بذاكرته على نحو يتسم بالسرعة الفائقة والدقة واليُسر بصورة ملموسة. ومع تقدم الثقافة، أمكن للحاسوب – إلى جانب وظائفه الأساسية – أن يقدم مجموعة من الخدمات لعدد يتزايد من الناس يومًا بعد الآخر، وقد أضحت أجهزة الحاسوب جزءًا أساسيًا من بنية العالم المعاصر منذ ظهورها في أربعينيات القرن الماضي، 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 الموجَّهة وأجهزة الاتصال والسيارات والمطابخ، وغيرها[1].

هناك تعريفٌ آخر يركز على وظائف وحدات الحاسوب التي تكون النظام الإلكتروني؛ يقول إن الحاسوب عبارة عن آلة حاسبة إلكترونية – وليس عقلًا إلكترونيًا. كما كان يُعتقد، حيث إن من سمات العقل

---

[1] عادل عوض: **ملكة إصدار الأحكام بين الإنسان والآلة**، دراسة نقدية للرؤى المعاصرة في المنطق والحاسوب، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الطبعة الأولى، الإسكندرية، 2005، ص ص 9-10.

القدرة على التفكير والإبداع، وهذه الملكات لا يمكن للحاسوب القيام بها – وتقوم هذه الآلة على معالجة البيانات التي تستقبلها بتنفيذ جميع العمليات الحسابية والمنطقية دون تدخل بشري في عملها وفقًا لمجموعة من التعليمات والأوامر الصادرة إليها والمنسقة تنسيقًا منطقيًا حسب خطة موضوعة للتوصل إلى النتائج المطلوبة. وتبعًا لهذا التعريف، يمكن أن نطلق على الحاسوب بأنه النظام الإلكتروني الذي يتألف من مجموعة من وظائف تتولاها مجموعة من الوحدات تحت توجيه وتحكم وحدة مركزية، حتى تقوم كل وحدة بوظيفتها في تناسق تام مع أداء بقية الوحدات وفق برنامج محدد تحفظ به في ذاكرتها. وتتألف الوظائف الأساسية التي يقوم بها أي نظام إلكتروني حسب التعريف السابق من: قراءة البيانات، وتخزين المعلومات، وأداء العمليات الحسابية، وإظهار النتائج النهائية المطلوبة[1].

من هذه التعريفات واستنادًا إلى عمل النظام الحاسوبي يتضح لنا أن الحاسوب ليس مجرد جهاز أو آلة، ولكنه نظامٌ متكامل يتكون من مجموعة من "**الأجهزة**" أو "**العتاد**" Hardware ومجموعة "**التعليمات المُخزنة**" أو "**البرامج**" Software، ومُدخلات هذا النظام هي البيانات Data التي يقوم الحاسوب بمعالجتها أو تخزينها أو كليهما، أما مخرجاته فهي المعلومات Information أو النتائج Results. ولا يتم ذلك كله

[1] المرجع السابق، ص ص 10-11.

بمعزل عن الإنسان المُشغِّل والمُستخدم والمُستثمر لهذا النظام، أي يتم تحت إشرافه وإدارته ومراقبته وتخطيطه الكامل[1].

وعليه، فإن الرأي السائد بين علماء الحاسوب هو أن المقوم الأساسي لعلم الحاسوب يتمثَّل في "**المعلومات**". ومن ثم، فإن الحاسوب عبارة عن وسيلة تُستخدم لاسترداد المعلومات من "**البيئة**" ثم تخزينها أو معالجتها أو تحويلها، ثم إعادة إطلاقها في تلك البيئة بشكل تلقائي أو ذاتي. وهذا كافٍ لتفسير مصطلح بديل للحوسبة وهو "**معالجة المعلومات**"؛ وهو يفسِّر الإشارة إلى علم الحاسوب في أوروبا بمصطلح "**المعلوماتية**"؛ ويفسر سبب تسمية المنظمة المعنية بعمليات الحوسبة باسم الاتحاد الدولي لمعالجة المعلومات، والتي تشبه إلى حدٍ كبير منظمة الأمم المتحدة في مجالها. وهكذا، يمكن القول أنه على الرغم من تأسيس الاتحاد الدولي لمعالجة المعلومات عام 1960، فإنه لا يزال ثمة قدر كبير من سوء الفهم بشأن ماهيَّة المعلومات حتى يومنا هذا. وكما قال "**موريس ويلكس**" ذات مرة، إنها شيء "**مرواغ**"[2].

إجمالًا، يمكن القول إن الحاسوب عبارة عن جهاز إلكتروني يتألف من مجموعة من العتاد أو المعدات المتصلة مع بعضها البعض، والتي يؤدي كل منها وظيفة معينة وتعمل فيما بينها بتكامل من خلال

---

[1] غازي رحّو، وآخرون، مرجع سابق، ص ص26-27.

[2] سوبراتا داسجوبتا، مرجع سابق، ص15.

توجيهات البرنامج لاستقبال البيانات ثم معالجتها وإعطاء النتائج بسرعة فائقة ودقة متناهية، كما أنه يقوم بعملية تخزين البيانات واسترجاعها[1].

ولكن تبعًا لتعدد التعريفات الخاصة بالحاسوب، فقد أصبح كل منها يختلف باختلاف الغرض الذي يُستخدم من أجله، فهو بالنسبة للمتخصصين في "**علوم الرياضيات**" يمثل أداة لحل المشكلات الرياضية المعقدة والطويلة التي قد تتضمن عديد من العمليات الحسابية، كما أنه يمثل لـ "**عالِم الاحصاء**" وسيلة فعّالة للقيام بالعمليات الخاصة بالتحليل الإحصائي التي لا يمكن تنفيذها بالوسائل اليدوية أو حتى بالآلات الحسابية العادية. وبالنسبة لـ "**المهندسين والفنيين**"، يمثل آلة معقدة تقوم بتنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية بدقة كبيرة وسرعة فائقة، وهي أيضًا ذات كفاءة عالية في عمليات تخزين واسترجاع البيانات[2].

---

[1] إبراهيم عبد الكريم الخشمان: **مهارات الحاسوب وتطبيقاته**، دار المعتز للنشر، عمان، 2012، ص7.

[2] عادل عوض، مرجع سابق، ص 11.

يمكن القول أن البيانات عبارة قيم رقمية أو رمزية أو مُخطط رسومي تمثل حقائق مجردة أو أحداث غير منظمة من خلال أحد هياكل البيانات ولا تحمل معنى مُحدد[1].

ونتيجة لذلك، يمكن القول أنه لا يوجد اختراع آخر يمكن أن يُضاهي إمكانات الحاسوب من حيث السرعة ومن حيث ديناميكية التطور المطلقة. لقد أصبحت الحواسيب اليوم هي الأسرع والأكثر قوة مقارنة بأي وقت آخر، وهذا يفتح بدوره آفاقًا جديدة للبحث والتمحيص اليومي. كما أصبحت الحواسيب بين عشية وضحاها صناعة، ليس من حيث التصميم والتصنيع فحسب، وإنما من حيث حجم تحليل إمكاناتها الراهنة والمستقبلية[2].

وهكذا، فإن ازدياد الحاجة إلى استخدام أجهزة الحاسوب في شتى المجالات وتنوع استخدامها، أدى إلى ظهور أنواع مختلفة منها، إذ ظهرت الحواسيب المنزلية، والحواسيب المكتبية، والحواسيب للاستخدامات الإدارية، والحواسيب لاستخدامات مراكز البحوث ومراقبة الإنتاج والتحكم به. وغيرها من الأجهزة، أضف إلى ذلك

---

(1) إبراهيم عبد الكريم الخشمان، مرجع سابق، ص8.

(2) حسن جبريل عبد النعيم: **علم الإدراك بين الدماغ البشري والحاسوب**، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب بقنا، جامعة جنوب الوادي، 2021، ص190.

اختلفت تلك الأنواع بحجمها واتساع ذاكرتها وطريقة معالجة البيانات. ويمكن تصنيف الحواسيب إلى ثلاثة أنواع[1]:

- **"حواسيب رقمية" Digital Computers:** هذا النوع من الحواسيب يعالج البيانات بتحويلها إلى أرقام حسب نظام عددي معين، ثم يقوم بمعالجتها حسابيًا ومنطقيًا، ومن ثم تحويل الأرقام المعالجة إلى المعلومات المطلوبة، وتُستخدم الحواسيب الرقمية في المجالات العلمية والتجارية والاجتماعية.
- **"حواسيب قياسية" Analog Computers:** هذا النوع من الحواسيب يعالج البيانات باستخدام طرق القياس التي تعتمد على الظواهر الفيزيائية مثل الضغط الجوي ودرجة الحرارة والجهد الكهربائي، وهذا النوع من الحواسيب تُستخدم في مجال الدراسات العلمية ومجالات التحكم الآلي.
- **"حواسيب مُهجّنة" Hybrid Computrs:** هذه الحواسيب تجمع بين خصائص الحواسيب الرقمية والحواسيب القياسية، وتُستخدم في بعض المجالات العلمية الخاصة مثل أبحاث الفضاء والاستشعار عن بعد.

[1] غازي رحّو، وآخرون، مرجع سابق، ص ص29-30.

ثانيًا: **تاريخ تطور الحاسوب**

يخبرنا التاريخ الطويل أن جذور الحاسوب تعود إلى الحضارة الصينية القديمة، وإلى الحضارتين: اليونانية والرومانية المبكرتين. كما يرجع استخدام الحاسوب أيضًا خلال القرن الثامن إلى القرن الحادي عشر الميلادي، وذلك عندما صاحب انتشار الإسلام في الأندلس وصقلية ظهور علماء مسلمين كبار، أمثال: "**جابربن حيان**" و "**الخوارزمي**" و "**الحسن بن الهيثم**"؛ الذين تركوا آثارًا ضخمة امتدت إلى أوروبا بأكملها. ويمكن القول أن الحاسوب عبارة عن آلة تتألف من خرزات مُعلَّقة على قضبان مثبتة في إطار مستطيل، حيث تتحرك الخرزات ذهابًا وإيابًا؛ والتي تمثل مواضعها قيم مخزنة. ومن ثم، يعتمد الحاسوب أو الآلة على العامل البشري من أجل التحكم في تنفيذ الخوارزمية[1].

لقد شهدت نهاية العصور الوسطى نشاطًا هائلًا في علمي الرياضيات والهندسة، الأمر الذي أدى إلى تطوير أجهزة الحاسوب تدريجيًا، فظهر ما يُسمى بالمسطرة الحاسبة عام 1621 على يد "**ويليام أوتريد**" William Oughtred. وفي الفترة التي أعقبت العصور الوسطى، كان البحث عن الآلات أو أجهزة الحاسوب أكثر تعقيدًا. بدأ عدد لا بأس به

[1] حسن جبريل عبد النعيم، مرجع سابق، ص191.

من المبتكرين والمخترعين في تجربة تقنية تسمى التروس، وكان من بين هؤلاء: "**بليز باسكال**" B. Pascal من فرنسا، و "**غوتفريد لايبنتز**" G. W. Leibniz من ألمانيا، و "**تشارلز باباج**" C. Babbage من إنجلترا. قامت هذه الآلات بتمثيل البيانات من خلال التروس وإدخالها ميكانيكيًا لإنشاء مواضع التروس الأولية. وهكذا، تم تحديد مُخرجات آلات "**باسكال**" و "**لايبنتز**" من خلال مراقبة مواضع التروس النهائية، بينما تصوَّر "**باباج**" آلات تطبع نتائج العمليات الحسابية على الورق دون حدوث أخطاء في عملية النسخ[1].

كانت آلة "**باسكال**" عبارة عن صندوق نحاسي لامع يحتوي على آلة ميكانيكية معقدة تتركب من مجموعة من التروس يحتوي كل ترس على عشرة أسنان مرقمة من 0 إلى 9، وتتم عملية الجمع أو الطرح بإدارة هذه التروس. وقد تم تكريم "**باسكال**" في عصرنا الحالي، بإطلاق اسمه على إحدى لغات البرمجة عالية المستوى تسمى لغة الباسكال، وهي من أحدث لغات البرمجة المستخدمة وأهمها. بعد ذلك، قام "لايبنتز" بعمل تعديلات على هذه الآلة، بحيث أصبحت قادرة على القيام بالجمع والضرب والقسمة، والتوصل إلى الجذر التربيعي. وعلى الرغم من أن هذه الآلات كانت مثيرة، إلا أن وظائفها كانت ثابتة.

[1] المرجع السابق، ص ص191-192.

كانت أول محاولة للقيام بعمل آلة حاسبة قابلة للبرمجة للاستخدامات العامة بواسطة "**باباج**" الذي انشغل في محاولة اختراع المُحرّك التحليلي طوال حياته منذ عام 1833 وحتى وفاته عام 1871. فكان المُحرك التحليلي بمثابة أول آلة حاسبة تحقق نجاحًا تجاريًا، والنسخة المعدلة لحاسبة "**لايبنتز**" تسمى آلة القياس الحسابية والتي تم تصنيعها عام 1862، وظلت تُصنَّع حتى بداية الثلاثينيات من القرن العشرين[1].

في ثلاثينيات القرن العشرين أيضًا، قام كل من "**آلان تورينج**" A. Turing و "**ألونزو تشرش**" A. Church، بتطوير المبادئ الرياضية الأساسية للحوسبة، والذي ترتب عليها ظهور الحواسيب الأولى، مثل حاسوب فون نيومان؛ حيث اقترح العالِم الأمريكي "**جون فون نيومان**" J. Von Neumann بناء حاسوب يقوم بتخزين البيانات والتعليمات السرية في صورة شفرات، والتي عُرفت فكرته بمبدأ تخزين البرامج، وبالفعل تم تطبيق فكرته على الحاسوب "**إيدفاك**" EDVAC، ثم قام العالِم "**موريس ويلكس**" M. Wilkes من جامعة كامبريدج بتطوير الحاسوب "**إيدفاك**"، وأسماه "**إيدساك**" EDSAC والذي استخدم فيه ذاكرة لحفظ البرامج[2].

---

[1] عادل عوض، مرجع سابق، ص ص 24-25.

[2] حسن جبريل عبد النعيم، مرجع سابق، ص194.

يبدو أن آلة "**أتاناسوف-بيري**" Atanasoff-Berry أول الآلات التي شُيدت خلال الفترة من عام 1937 إلى 1941 في كلية أيوا (**جامعة ولاية أيوا الآن**) عن طريق "**جون أتاناسوف**" J. Atanasoff ومساعده "**كيلفورد بيري**" C.Berry. أيضًا كان هناك آلة أخرى تُسمى "**كولوسس**" Colossus، والتي تم بناؤها بواسطة "**تومي فلاورز**" T. Flowers في إنجلترا، وذلك لغرض فك تشفير الرسائل الألمانية إبان الفترة الأخيرة من الحرب العالمية الثانية (تم بناء ما يصل إلى عشرة من هذا النوع من الآلات، إلا أن السرية العسكرية وقضايا الأمن القومي حالت دون أن تكون جزءًا متأصلًا من شجرة عائلة الحاسوب). أيضًا كان هناك آلات أخرى أكثر مرونة، مثل آلة "**إينياك**" ENIAC، التي تم تطويرها بواسطة "**جون ماكلي**" J. Mauchly و "**ج. ب. إيكيرت**" J. P. Eckert في مدرسة مور للهندسة الكهربائية بجامعة بنسلفانيا[1].

كانت آلة "**إينياك**" تشغل مساحة تُقدر بحوالي 167.3 مترًا مربعًا، وكانت تتألف من 17469 أنبوبًا مُفرغًا، وسرعة تصل إلى عدة مئات من عمليات الضرب في الدقيقة الواحدة، كما يمكنها إجراء عدد 5000 عملية جمع في الثانية الواحدة، ولكن كان من الصعب برمجتها؛ نظرًا لأن "**برنامجها**" كان موصَّلًا بالمُعالج، فكان لابد من تغييره يدويًا؛ وهذه مشكلة تم حلها أخيرًا في خمسينات القرن العشرين، عن طريق بناء

[1] المرجع سابق، ص194.

حاسوب "**يونيفاك 1**" UNIVAC 1 (الحاسوب الأوتوماتيكي العالمي)، ثم ظهور حواسيب "**أي بي أم**" IBM المركزية الأولى، والتي اعتمدت على بني أكثر كفاءة وفاعلية. ومن ثم، يمكن القول أن حواسيب: "**إينياك**" أو "**يونيفاك**"، كانت بمثابة حواسيب تنتمي إلى التاريخ الطويل للأجهزة الحاسوبية التي امتدت من المعداد إلى آلة "**باسكال**" في الجمع عام 1642، من خلال آلة "**لايبنتز**" في الضرب عام 1671، وصولًا إلى مُحرك "**باباج**" التحليلي عام 1835[1].

من هنا ارتبط تاريخ الحاسوب ارتباطًا وثيقًا بالتكنولوجيات المتقدمة، مثل اختراع الترانزستورات Transistors والتي حصل بموجبها كل من "**ويليام شوكلي**" W. Shockley و "**جون باردين**" J. Bardeen و "**والتر بر اتين**" W. Brattain على جائزة نوبل في الفيزياء، ثم التطور اللاحق للدارات الكاملة التي ظهرت كوحدات فردية تسمى الدارات المتكاملة، والتي حصل بموجبها "**جاك كيلبي**" J. Kilby على جائزة نوبل في الفيزياء. وبناء على هذه التطورات، تم تقليص حجم الأجهزة التي كانت بحجم الغرفة في أربعينيات القرن العشرين على مدى عقود إلى حجم الخزانات الفردية. وفي الوقت نفسه، بدأت قوة المعالجة للحاسوب تتضاعف كل عامين (وهو اتجاه مستمرٌ حتى يومنا هذا). ومع تقدم العمل في الدارات المتكاملة، أصبح العديد من الدارات داخل

[1] المرجع سابق، ص ص194- 195.

الحاسوب متوفر بسهولة داخل السوق المفتوحة، كدارات متكاملة مغلقة في كتل بلاستيكية بحجم اللعبة تُسمى الرقائق [1].

في عام 1948، أعلن كل من "**فريدريك ويليامز**" F. Williams و "**توم كيلبورن**" T. Kilburn - من جامعة مانشستر – في مجلة نيتشر ***Nature*** عن بنائهما الناجح لحاسوب "**الأغراض العامة**". وفي العام 1949، قام الحاسوب "**إيدساك**" EDSAC التي تم بناؤه في جامعة كامبريدج، بتشغيل أولى البرامج الخاصة به. أيضًا، واصل رائد الحوسبة "**هوارد أيكن**" H. Aiken اكتشاف ما يُسمى بـ "**الحوسبة الإلكترونية**" بالكامل في جامعة هارفارد، حيث اشتغلت مدرسة مور على الحاسوب "**إيدفاك**" EDVAC. كما اشتغل فريق "**فون نيومان**" في معهد الدراسات المتقدمة على الحاسوب "**إياس**" IAS. ثم بدأت الجهود المُضنية لتطوير الحواسيب المُخزنة في عدة أماكن، وقام الجميع بإجراء اختبارات على طول الطريق، الأمر الذي تطلب إلقاء الضوء على المشاريع التي تستحق بعض المطالبات بـ "**الأولوية**" في الحوسبة، حيث بدا الأمر كما لو أن جامعات الأبحاث التقليدية ستكون بمثابة اللاعب الرئيس في تطوير تكنولوجيا الحاسوب [2].

---

[1] المرجع سابق، ص195.

[2] المرجع سابق، ص ص195-196.

في ستينيات القرن العشرين، شكَّل التطور السريع ودمج الموضوعات المتعلقة بالخوارزميات وهياكل البيانات وقواعدها وأنظمة التشغيل لُب ما نسميه اليوم علم الحاسوب التقليدي. على سبيل المثال، تم دمج أول مفتاح إلكتروني لمفهوم البرمجة المخزنة عام 1965 من أجل التحكم في عملية تبديل قنوات الاتصال: تتمثل وظيفة هذا المفتاح في إمكانية استيراد بعض التطورات في أجهزة الحواسيب والتحكم بها من خلال برمجياتها وذكريات التحكم إلى أنظمة الاتصال. ومع ذلك، فإن مهمة أنظمة الحاسوب الجديدة في مجال الاتصال أكثر صعوبة من مهامها في مجال معالجة البيانات؛ حيث يتضمن ميدان الاتصال جوانب من الحواسيب التي تقوم باستدعاء كلا من: القابلية للبرمجة والتحكم في أنظمة الاتصال. وهكذا، شهدت سبعينيات القرن العشرين ما يسمى بهندسة البرمجيات، والبرمجة المهيكلة، والبرمجة كائنية التوجه. ثم توالت التطورات التي كانت تستهدف كل مرة "**إضفاء قدر من الذكاء والمقدرة على الاستنتاج إلى جانب المهام الفرعية، ومنها الترجمة عبر الحاسوب من لغة إلى أخرى، والتعرف على الصوت، وإدراك الحاسوب للكلام، وإمكانية الرؤية في الحاسوب، و إثبات النظريات، وألعاب الحاسوب**"[1].

[1] المرجع سابق، ص ص195-196.

في ثمانينيات القرن العشرين، أدى ظهور الحوسبة والشبكات الشخصية إلى تمهيد الطريق للتقدم الهائل في الرسوميات الحاسوبية، وتكنولوجيا البرمجيات، والموازاة. حيث طرحت شركة "**أي بي ام**" IBM عام 1981 أول حاسوب مكتبي يُسمى الحاسوب الشخصي، والذي تم تطوير برامجه الأساسية عن طريق شركة أُسست حديثًا تسمى "**مايكروسوفت**". وبناء عليه، حقَّق الحاسوب الشخصي نجاحًا خاطفًا، وأضفى الشرعية على الحاسوب المكتبي كسلعة راسخة في أذهان مجتمع الأعمال. واليوم، يُستخدم الحاسوب الشخصي على نطاق واسع للغاية، للإشارة إلى جميع تلك الأجهزة (من مختلف الشركات المُصنعة) التي تطور تصميمها من حاسوب سطح المكتب الأول لشركة "**أي بي ام**" IBM والتي يستمر تسويق معظمها باستخدام برامج شركة "**مايكروسوفت**". ومع ذلك، يتم أحيانًا استخدام مصطلح الحاسوب الشخصي بالتداول مع المصطلحات العامة للحاسوب المكتبي أو الحاسوب المحمول "**اللابتوب**"[1].

مع اقتراب القرن العشرين من نهايته، كانت القدرة على ربط الحواسيب الفردية بنظام عالمي يُسمى الإنترنت بالثورة الكبرى في عالم الاتصال. وعليه، اقترح عالِم الحاسوب البريطاني "**تيم بيرنرز-لي**" T. Berners-Lee نظامًا يمكن من خلاله ربط الوثائق المُخزنة على

[1] المرجع سابق، ص ص198-199.

الحواسيب عَبر الإنترنت بهدف إنشاء متاهة من المعلومات المرتبطة تُسمى "**شبكة الويب العالمية**" (والتي غالبًا ما يتم اختصارها إلى **شبكة الويب**). ومن أجل تيسير الوصول إلى المعلومات عبر الويب، تم تطوير أنظمة برمجية تُسمى "**محركات البحث**" من أجل غربلة الشبكة، وتصنيف النتائج، ثم استخدامها في مساعدة المستحدمين الذين يبحثون عن موضوعات معينة. تضمنت مُحركات البحث كل من: **جوجل، ياهو، مايكروسوفت**، حيث تتواصل هذه المحركات البحثية في توسيع أنشطتها المرتبطة بشبكة الويب، لتشمل اتجاهات تتحدى نمط أو أسلوب تفكيرنا التقليدي[1].

في الفترة نفسها التي تم فيها قبول الحواسيب المكتبية (والحواسيب المحمولة الأحدث)، واستخدامها في المنازل؛ استمر تقليص حجم أجهزة الحاسوب. واليوم، يتم إدراج حواسيب صغيرة الحجم داخل أجهزة مختلفة، على سبيل المثال، تحوي السيارات الآن على حواسيب صغيرة «**أنظمة تحديد المو اقع العالمية**» "**GPS**"، ومُراقبة وظيفة المُحرِّك، كما توفِّر خدمات الأوامر الصوتية للتحكُّم في أنظمة الاتصال الصوتية والهاتفية داخل السيارة. ربما يكون التطبيق الأكثر ثورية لتقليص حجم الحاسوب موجودًا في توسيع قدرات الهواتف النقالة. وفي الواقع، ما كان بالأمس مجرد هاتف تطور إلى حاسوب صغير

[1] المرجع سابق، ص198.

محمول باليد للأغراض العامة، يُعرف باسم بالهاتف الذكي Smartphone، حيث لا تُعد الاتصالات الهاتفية سوى واحدة من عديدٍ من التطبيقات. وعليه، تم تزويد هذه "**الهواتف**" بمجموعة غنية من أجهزة الاستشعار Sensors، والواجهات، بما في ذلك الكاميرات، والميكروفونات، والبوصلات، وشاشات اللمس، ومقاييس التسارُع (لاكتشاف اتجاه الهاتف وحركته)، وعددًا من التقنيات اللاسلكية للتواصل مع الهواتف الذكية والحواسيب الأخرى. وفي الواقع، يُجادل كثيرون بأن الهاتف الذكي سيكون له أثر أكبر على المجتمع، مقارنةً بالحاسوب الشخصي[1].

لقد أدى تقليص حجم الحواسيب وإمكاناتها المتزايدة إلى جعل تكنولوجيا الحاسوب في صدارة مجتمع اليوم، حيث أصبحت تكنولوجيا الحاسوب سائدة الآن لدرجة أن الإلمام بها أمرٌ أساسي كونك عضوًا في المجتمع الحديث. فقد غيرت تكنولوجيا الحوسبة قدرات الحكومات على ممارسة السلطة، فكان لها تأثير هائل على الاقتصاد العالمي، والذي أدى بدوره إلى تقدم مذهل في البحث العلمي. كما أحدثت هذه التكنولوجيا ثورة كبرى في دور جمع البيانات، وتخزينها، وتطبيقاتها. كما قدمت وسائل جديدة للناس من أجل التواصل والتفاعُل، وتحدي مرارًا وتكرارًا الوضع الراهن للمجتمع.

[1] المرجع سابق، ص ص198-199.

كانت المحصلة النهائية هي تكاثر الموضوعات المحيطة بعِلم الحاسوب، وكلٌ منها الآن بمثابة مجال مهم للدراسة في حد ذاته. أيضًا، وكما هو الحال مع مجالات الهندسة الميكانيكية والفيزياء؛ غالبًا ما يكون من الصعب رسم خط فاصل بين هذه المجالات وعِلم الحاسوب.

لذا، تتشابك هذه المجالات سويًا مع عِلم الحاسوب من أجل إلقاء الضوء على بعض الجوانب التي يمكن تنفيذها بشكلٍ أمثل، ولكي يظهر دورها الفعّال في وصول الحاسوب لأبعد وأبعد مما نتوقع. ولكن إذا كان هذا هو تاريخ تطور الحاسوب، بدءًا من بناءه بالحجم الأكبر والضخم إلى أن وصل الآن، والتي تظهر في صورة الهواتف النقالة ذات الحجم الدقيق، **فما هي أجيال الحاسوب**، كي نتمكن من معرفة القالب المتحول لهذا الكيان حتى وصل إلى ثوبه الأخير بصورةٍ سريعة[1].

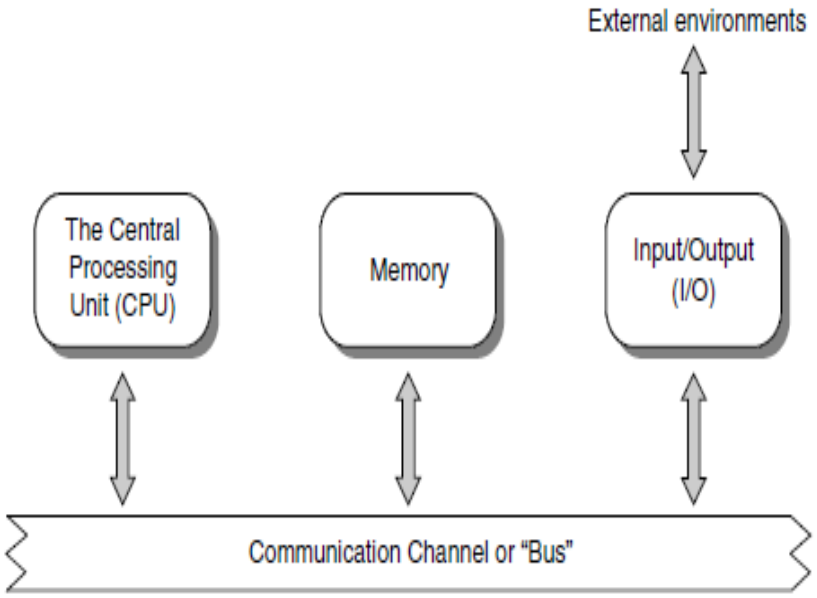
[1] المرجع سابق، ص199.

الفصـــــل الثاني

بنية الحاســـــــوب

تمهيد

تعمل الحواسيب بلغة ثنائية، حيث تعتمد كل عملية داخل الحاسوب بشكلٍ أساسي على ما إذا كان شيءٌ ما مُشفرًا في صورة 0 أو 1. وبالتالي، يصف نموذج الحاسوب الرقمي هذه العناصر، حيث يظهر العرض الوظيفي للحاسوب (في الشكل أدناه[1].



مُخطط وظيفي لبنية الحاسوب

تُمثِّل آلة أو حاسوب "**فون نيومان**" النموذجي أكثر فئات الحواسيب المُتاحة بشكلٍ شائع اليوم، وهذا الحاسوب يهيمن على المكاتب الصغيرة، والحوسبة المنزلية، والأسواق التعليمية. وعادةً ما يُستخدم هذا النوع من الأجهزة الحاسوبيَّة لدى مُستخدم أو فرد واحد

[1] المرجع سابق، ص202.

بسعر متوسط؛ وهذا النوع من الأجهزة قادر على الأداء الجيد بشكلٍ متزايد (أصبح تعدد المهام، وإمكانية تشغيل أكثر من برنامج في آنٍ واحد، قياسي اليوم)، ويمكن ربطه بكل سهولة بحواسيب أخرى، لتكوين ما يُسمى بالشبكة Network، ومن ثم، مُشاركة الموارد (البيانات، والبرامج، والأجهزة الطرفية). لذا، يتضمن تكوين الأجهزة النموذجية للحاسوب الشخصي على مكونات رئيسية، منها «**وحدة المعالجة المركزية**» "**CPU**"، «**ناقل الاتصال**»، و «**الذاكرة**»، و«**المودم**»، وسوف نناقش هذه المكونات كل منها على حدة[1].

أولًا: وحدة المعالجة المركزية "CPU"

تُعَدُّ وحدة المعالجة المركزية "**CPU**" بمثابة العقل المُدبر للحاسوب، فهي المسؤولة عن تنفيذ كافة العمليات، وتحكُّمها في الترتيب أو التسلسل الذي يعمل على تنفيذ التعليمات الفردية. ومن ثم، يجعل الجهاز بأكمله يعمل. لذا، تتألف وحدة المعالجة المركزية "**CPU**" من خمسة مكونات رئيسية، هي: الوحدة الحسابية والمنطقية "**ALU**"، والمُسجِّلات، والساعة الداخلية، وعدَّاد البرنامج Program Counter، ووحدة التحكُّم. ويمكن العثور على هذه المكونات على اللوحة الأُم، والمعروفة بلوحة النظام، وهي عبارة عن منصة مصنوعة من الألياف

[1] المرجع سابق، ص ص202-203.

الزجاجية والنحاسية، تحمل جميع المكونات الرئيسية للآلة، وربما عددًا من فتحات بطاقات التوسعة، ولوحات الدارات الدقيقة، اللازمة لأداء المهام المتخصصة، مثل استنساخ الصوت (بطاقة الصوت)، ورسومات الفيديو أو الاتصال (بطاقات إيثرنت)[1].

فيما يتعلَّق بهذه الوحدة، يؤكد بعض علماء النفس الفسيولوجي أن الكيفية التي يعمل بها الجسم مُعقد للغاية، بحيث لا يمكن تعزيزه بواسطة "**حاسوب أُحادي**". ووفقًا لهؤلاء العلماء، فإن نعت الدماغ بمخزن وحدة المعالجة المركزية يجب أن يكون مصيره الفشل في نهاية الأمر، حيث لا يمكن لهذه الوحدة أن تدعم المقدار المُفرِط لمُعالجة المعلومات العصبية التي يجب أن تستمر في حالة الاحتفاظ بالتوازن. وبناءً عليه، يقترح «**دوركين**» Dworkin عام 1993 نموذجًا موزّعًا[*]، حيث يمكن مُلاحظة مثال بسيط على مُعالجة المعلومات، والتي تحدث في غياب مشاركة الدماغ المباشرة في ردود الفعل البشرية - فعلى سبيل المثال، عندما نقوم برفع يدنا بشكل عكسي عن سطح شديد الحرارة[2].

---

[1] المرجع سابق، ص203.

[*] نظام يتكون من عدد من الحواسيب، تربطها شبكة اتصال، وتتعاون فيه الحواسيب لتنفيذ أي مهمة مطلوبة.

[2] المرجع سابق، ص ص203-204.

وعليه، تتكفَّل «**الوحدة الحسابية والمنطقية**» "**ALU**"، بتنفيذ المُعالجات التي تأمر بها التعليمات، ولا تستطيع الدارات الإلكترونية التي تتكون منها أن تقوم إلا بعدد محدود من التعليمات الأساسية، أما العمليات الطويلة والمركبة، فإن قيام الحاسوب بإنجازها، ليس إلا نتيجة لاستخدام مجموعات متعددة من المعلومات التي يقوم بوضعها الأشخاص المُبرمجين. ويمكن وصف نماذج هذه المعلومات، التي يتراوح عددها بين 50 ، 120 كما يلي: معلومات (نقل) لقراءة منطقة من الذاكرة المركزية ونقلها إلى منطقة مختلفة؛ وتعليمات "**عمليات حسابية**" لعمليات الجمع والطرح، والضرب والقسمة؛ وتعليمات "**حساب منطقي**" تتضمن مقارنات محتوى منطقتي الذاكرة والقرارات التي تتوقف على هذا الحساب؛ وتعليمات دخول وخروج تربط الوحدة المركزية بالعناصر الفرعية (قراءة، كتابة... إلخ). ومن أجل توضيح آليّة عمل "**ALU**"، فليكن لدينا المعادلة التالية[1]، على سبيل المثال:

$$Z = X + Y$$

لنرى كيف يتم إنجاز عملية الحساب في هذه المعادلة. حيث يتم تخزين قيمة **X** وقيمة **Y** أولًا في الذاكرة، ثم يتم إنجاز عملية الجمع وفقًا للتتابع التالي:

[1] المرجع سابق، ص204.

- **يتم نقل قيمة X إلى "ALU"، حيث يتم تخزينها في المُسجل A.**
- **تقوم الدارات المنطقية بجلب قيمة Y وإضافتها إلى قيمة المراكم.**
- **يتم تخزين ناتج الجمع في المراكم.**
- **يتم نقل محتويات المراكم إلى المخزنY في الذاكرة**[1].

من الواضح أن المُراكم نفسه لا يقوم بالعملية الحسابية، ولكنه يُستخدم في تجميع نتائج العمليات، لتخزينها داخل الذاكرة، لذلك فإنه في العمليات الحسابية التي يحتاج نتائجها الوسيطية إلى وعاء تخزيني أكبر مثل عمليات الضرب، يتم إلحاق مُسجل إضافي بالمراكم ليصبح في هذه الحالة مركمًا مضاعف السع[2].

أيضًا توفِّر «**المُسجِّلات**» مساحة تخزين محدودة للبيانات والنتائج الفورية أثناء عمل الحاسوب، وتتكون هذه «**المُسجِّلات**» من دارات إلكترونية ثنائية الوضع وتعمل في صورة ذاكرة إلكترونية سعة الكلمة الواحدة (4 Bytes)، وتتميز بالسرعة في عملها. وهناك أنواع أخرى من المُسجلات، التي كل منها له دور خاص يقوم به، فهناك مثلًا مُسجلات (لإجراء العمليات الحسابية)، وتوجد بين وحدة التخزين الرئيسية

---

[1] المرجع سابق، ص204.

[2] المرجع سابق، ص ص204-205.

وحدة الحساب والمنطق. فعند إجراء عملية جمع عددين مثل X, Y، فيحتاج إلى مُسجلين تُخزن فيهما القيمتان، ثم تجري عملية الجمع، ويُسجل الناتج ويُخزن في أحد هذين المُسجلين، لتوفير مُسجل ثالث تُسجل فيه النتائج[1].

أيضًا تعتمد الحواسيب على «**الساعة الداخلية**» لضبط الوقت المُتعلق بكيفية تشغيل الجهاز، وهي عبارة عن جهاز إلكتروني عادةً ما يكون مذبذبًا مستقرًا Stable Oscillator، يولِّد سلسلة متكررة من الإشارات التي يتم استخدام ترددها الثابت، والذي يتم التعبير عنه بالهرتز Hertz (1 ميجاهرتز = 1 مليون دورة من النبضات الكهربائية في الثانية الواحدة)، لمُزامنة أنشطة النظام، فكلما ارتفع الميجاهرتز على مدار الساعة، زادت سرعة أداء الحاسوب لعملياته الأساسية، مثل إضافة رقمين. بينما يُعد «**عداد البرنامج**»، بمثابة سجلًا أساسيًا في نظام الحوسبة؛ لأن وظيفته الأساسية تتمثِّل في تتبُّع موقع المُعالِج في البرنامج؛ أي التعليمات التي يتم تنفيذها. أما «**وحدة التحكُّم**» "CU"، فهي المسؤولة عن أداء دورة الحاسوب (الاسترجاع، وفك التشفير، والتنفيذ، والتخزين)[2].

---

[1] المرجع سابق، ص205.

[2] المرجع سابق، ص205.

ثانيًا: نواقل الاتصال

تتصل وحدة المعالجة المركزية بالأجهزة الداخلية والخارجية بواسطة مجموعة من الموصِّلات تُعرف بالنواقل Buses، والتي تعمل على نقل البيانات بين أنواع الذاكرة المختلفة (**النو اقل الداخلية**)، ومن وإلى المنافذ Ports (**النو اقل الخارجية**)، والتي تتصل بالأجهزة الطرفية، مثل: لوحة المفاتيح، الفأرة، والشاشة، والطابعة. تتصل هذه الأجهزة ببعضها عن طريق حِزم من الأسلاك والنواقل، مضافًا إليها مشغل الصور، ووحدات التخزين، وصندوق النظام، ومزود الطاقة. بناءً عليه، يُمثِّل نطاق الناقل (مسار البيانات) أكبر عنصر بيانات يمكن للناقل أن يحمله، والذي يتم التعبير عنه بالبتات Bits[*] (نُلاحظ أن 8 بتات = 1 بايت Byte). أما اليوم، تحتوي المُعالجات الدقيقة الحالية على ناقلات بسعة 32 بت، 64 بت (يمكنها مُعالجة 4 أو 8 بايت في آنٍ واحد) داخليًا وخارجيًا، على الرغم من أن الناقلات الداخلية تميل إلى أن تكون أوسع؛ لأن حجمها يؤثر على سرعة كل العمليات[1].

---

[*] مُصطلح يرمُز لرقم ثنائي، حيث لا يوجد سوى رقمين ثنائيين ممكنين هما: 0 و 1. ويتم تمثيل البتات في الحواسيب بواسطة أجهزة ذات حالتين، مثل القلاب Flip-flops. بناءً عليه، فإن ذاكرة الحاسوب هي مجموعة من الأجهزة التي يمكنها تخزين البتات. أما البايت Byte، فهو عدد البتات (عادةً ما يكون 8)، والذي يرمُز إلى حرف واحد.

[1] المرجع سابق، ص206.

ثالثًا: الذاكرة Memory

بناءً على ما سبق، يتم تعزيز وحدة المعالجة المركزية في الحاسوب الشخصي بأربعة أنواع على الأقل من الذاكرة[1]:

- **ذاكرة القراءة فقط (ROM): ذاكرة غير قابلة للمسح (غير متطايرة، غير قابلة للتعديل)، يتم تخزين فيها البرامج والبيانات بشكل دائم. ويتم تثبيت رقائق ذاكرة القراءة فقط على اللوح الرئيسي داخل الحاسوب.**
- **ذاكرة الوصول العشوائي "RAM"، والمعروفة أيضًا بذاكرة الوصول العشوائي الثابتة "SRAM"، أو ذاكرة الوصول العشوائي الديناميكية "DRAM"، وذلك تعويلًا على سمات محددة: وهي عبارة عن ذاكرة متقلبة، قابلة للتعديل، داخلية وإلكترونية، مبنية من دارات مُتكاملة من أشباه الموصِّلات. وتحتاج وحدة المعالجة المركزية لأدائها مهامها إلى استعادة البيانات، والتعليمات من وحدة الذاكرة. ومن أجل تسريع العملية، فإن وحدة المعالجة المركزية لا تستطيع أن تصل إلى الذكريات الخارجية، مثل القرص الصلب مباشرة، وبدلًا من ذلك، يتم نقل البيانات إلى ذاكرة داخلية أسرع قبل استخدامها. ذاكرة الوصول**

[1] المرجع سابق، ص ص206-207.

العشوائي هي المساحة المنطقية التي يتم الوصول إليها مباشرة بواسطة وحدة المعالجة المركزية، حيث يتم تخزين التعليمات والبيانات ذات الصلة بشكلٍ مؤقت، طالما كانت هناك حاجة إليها، ولكن تُفقد عند إيقاف تشغيل الحاسوب.

- أنواع مختلفة من وحدات الذاكرة الخارجية أو المغناطيسية، أو البصرية: يتم تمثيل هذه الأنواع بواسطة الأقراص الصلبة Hard Disks أو الأقراص المرنة Floppy Disks، أو الأشرطة المغناطيسية، أو الأقراص المضغوطة، والتي تعمل كوسائط تخزين عالية السعة وغير متطايرة، ولكنها أبطأ بكثير.
- الذاكرة الفورية Cache Memory: تسمى بالذاكرة المُسرعة وتستخدم خلال عملية التشغيل وهي عبارة عن ذاكرة تخزين مؤقت ذات سرعة عالية جدًا تفوق سرعة ذاكرة الوصول العشوائي بمراحل. وهذه الذاكرة تُستخدم للتخزين المؤقت للبيانات والتعليمات المطلوب استرجاعها مرات عديدة أثناء عملية معالجة المعلومات، مما يساعد على سرعة معالجة البيانات.

رابعًا: المودم Modem

عبارة عن جهاز إلكتروني يعمل بواسطة حزمة برامج، يسمح للحاسوب بنقل البيانات عِبر خط الهاتف من وإلى الحواسيب الأخرى؛ وهناك طريقتان رئيسيتان يمكن من خلالهما نقل البايتات Bytes: إما بت واحد في كل مرة (اتصال تسلسلي)، أو كل ثماني بتات في نفس الوقت (اتصال متوازي). فالطابعة، على سبيل المثال، هي جهاز متوازٍ، في حين أن المودم هو جهاز تسلسلي يعمل على نقل (تعديل) البيانات الرقمية (سلسلة من البتات) إلى نغمات مسموعة (إشارات تناظرية) (Analogue Signals)، ويقوم بإرسالها على شكل ترددات تسلسلية عبر خطوط الاتصال الهاتفي إلى مودم آخر، والذي يقوم بدوره بإعادة تحويلها (تعديلها) إلى بيانات رقمية مرة أخرى. ويتم التعبير عن السرعة التي يقوم من خلالها المودم بنقل البيانات بوحدة BPS (أي مضاعفات 8 بتات في الثانية الواحدة، مثل 9600، 14400، أو 57600)، لذلك، غالبًا ما يشار إلى هذه السرعة باسم مُعدل بود[(*)(1)].

(*) عدد المرات التي يمكن فيها تغيير حالة نظام نقل البيانات في الثانية الواحدة. وفي نظام نقل البيانات الثنائية يكون معدل بود مساويًا لمُعدل البتات، أي أن البود الواحد يساوي بتة واحدة في الثانية.

(1) المرجع سابق، ص ص207-208

وبناء عليه، يمكن تقسيم مكونات الحاسوب الإلكتروني إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

- المكونات المحسوسة Hardware
- المكونات غير المحسوسة Software
- المكونات المدموجة Firmware

أمَّا المكونات المحسوسة، فتتمثل كل ما هو مرئي من أجزاء الحاسوب الإلكتروني، كالحاسوب نفسه، بما يحتويه من ذاكرة، وأداة المنطق، وألواح ذاكرة رئيسية. والأجزاء الملحقة بالحاسوب كالطابعة، وذاكرتا الأقراص والأشرطة المغناطيسية[1].

في المقابل، يُشير مصطلح المكونات غير المحسوسة إلى تلك البرامج المختلفة التي يمكن تشغيلها على الجهاز، وتشمل كل ما هو غير مرئي، من معلومات مُخزنة، وبرامج إدارية، ونظم تشغيل، وبرامج تطبيقية. بينما تتضمن المكونات المدموجة؛ الأجزاء المحسوسة التي يُخزن عليها مكونات غير محسوسة (كالبرمجيات)[2].

يمكن القول أن البرامج الحاسوبية تشبه إلى حدٍ ما ماهيَّة العقل عند الحديث عن الدماغ البشري، فمثلما كان البرنامج مكونًا غير مرئي

---

[1] المرجع سابق، ص208.

[2] المرجع سابق، ص208.

أو غير محسوس؛ فإن العقل مثله تمامًا؛ بمعنى، أن أي خلل يُصيب هذه البرامج؛ يترتب عليه خلل كبير في الأنظمة الداخلية المرتبطة بتشغيل الجهاز أو النظام. هذا الأمر ينطبق تمامًا على الأدمغة، كما ذكرنا في السابق، أي في حالة الإصابة بأي ضرر أو تلف ناجم عن ارتطام أو حادثة؛ فإن الدماغ بأكمله سوف يُصاب بخلل كبير يعمل على شلل كثير من العمليات داخل الدماغ، والتي ترتبط فيما بينها في شبكة متصلة، كل منها له وظيفة دقيقة أكثر تعقيدًا؛ لإنجاز أي عملية إدراكية. ولكن هناك تساؤل أكثر إلحاحًا، ودائمًا ما يشغل العديد من العلماء اليوم، وهو مرتبط بالمكون الرئيس لكلا الكيانين – الدماغ والحاسوب - هل يمكن القول بأن الدماغ البشري عبارة عن جهاز حاسوبي مُعقّد؟

الفصـــــل الثالث

هل الدماغ البشري جهـــاز حاسوبي؟

تمهيد

إنَّ الفارق بين الدماغ البشري والحاسوب أن الأول يتكون من مادة حيَّة، في حين يتكون الآخر من مادة غير حيَّة. ويعني ذلك أنه توجد في الدماغ وحدة عضوية، في حين يوجد في الحاسوب تراكم أجزاء؛ وهذه الأجزاء مرتبة بأنظمة وأنظمة جزئية، إلا أنه لا يوجد وحدة "عضوية" بينها[1].

ومن ثم، شرع عديد من الباحثين في وصف الدماغ البشري بأنه حاسوب عضوي قوي، وهذه النظرية تُعَدُّ بمثابة الحجر الأساسي لظهور مفاهيم الذكاء الاصطناعي "AI" - والذي سنتناوله بإسهاب في السطور اللاحقة - إذ ترى هذه النظرية أن الدماغ البشري يحتوي على أنماط تفكير عقلية هي في الواقع أنماطٌ معلوماتيِّة، ولكن هناك من يُعارض هذا الرأي، بحُجة أن الحواسيب في النهاية لن تستطيع أن تُدرِك، أو تعي ما تقوم به، والدليل على ذلك أنها لا تعي معنى الانتصار حين تحقق الهدف المطلوب منها، ولا تحس بكيانها، ولا تدافع عن نفسها، بل أن كل ما تقوم فيه هو من صنع الإنسان، الذي يعد لها البرامج التي تنفذها، وهذه البرامج التي أنتجها الإنسان أصبحت تدرك وتعي، ومنها أصبحت الآلات تُفكِّر من خلال هاتين السمتين وهما:

---

[1] عادل عوض، مرجع سابق، ص 12.

(الإدراك، والوعي)، واللتان هما ميزتا الإنسان الحقيقية، والتي عن طريقهما يتواصل الإنسان مع غيره[1].

لكن قبل الإجابة عن السؤال الذي طرحناه، والذي نتساءل فيه عن الدماغ كونه في الأخير جهازًا حاسوبيًّا؛ يجب أن نتفحّص أولًا كيفية عمل الأدمغة والحواسيب.

أولًا: التماثل بين الدماغ والحاسوب

بدأ تشبيه الدماغ البشري بالحاسوب في خمسينيات القرن العشرين، حين بدأ الناس في التفكير في آلات الحوسبة، وحين كانت المعرفة المتوافرة عن الخلايا العصبية بمثابة وحدات تعمل بالكهرباء فحسب. ولو كان الناس على دراية بآليات عمل الدماغ في ذلك الوقت ما يعرفونه الآن، لما ادعى أحد منهم ذلك القول؛ لذلك يُثير استخدام الحاسوب كنموذج أصيل لفهم الدماغ مجموعة من التساؤلات المُتعلقة بأوجه التماثُل في تفاصيل ووظيفة كل منهما. فعلى الرغم من أن الطائرات تُحلق مثل طيور القطرس Albatrosses؛ إلا أن الحواسيب لا يمكن أن تُفكِّر بالكيفية التي تعمل بها الأدمغة. وبما أن الاثنين يشتركان معًا في مُعالجتهما للمعلومات؛ إلا أن هذه العملية ليست مركزية في عملية التفكير. ورغم ذلك تم تشبيه الوظائف التي

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص209.

تؤديها وحدة المعالجة المركزية. بدماغ الحاسوب؛ ففيها تُعالج المعلومات جميعها. يدخل المستخدم المعلومات إلى الحاسوب عن طريق المُدخلات، مثل لوحة المفاتيح، وعند مرور التيار الكهربائي من خلال لوحة الدائرة الكهربائية، تنتقل وحدات من المعلومات من دائرة إلى أخرى. ثم تُعرض هذه المعلومات على شاشة الحاسوب[1].

مُنذ نشر كتاب «**السيبرنطيقا**» على يد «**نوربرت فينر**» N. Wiener عام 1948، تم إجراء عديدٌ من المُقارنات بين الدماغ البشري وآلات الحوسبة الإلكترونية أو الحاسوب، وذلك على ثلاثة مستويات مختلفة على الأقل: **المكونات**، و **التنظيم المنطقي**، و **مُعالجة المعلومات**؛ ونظرًا لأن مفاهيم مثل نظرية المعلومات، و الحاسوب، والأوتوماتا أو الآلات ذاتية الحركة Automata، ونظرية التحكُّم، قد تم تطويرها وتنقيحها؛ تم بذل عديدٍ من المحاولات لتطبيق هذه المفاهيم لوصف وتفسير مُعالجة المعلومات قدر المستطاع داخل الأنظمة البيولوجية[2].

لذا، عند إجراء مثل هذه المقارنات، يُنظر إلى الدماغ على أنه جهاز لتحويل المعلومات، والذي يقبل البيانات من العالم الخارجي، ويعمل على تفسيرها، ويقوم بإنتاج معلومات التحكُّم. وبلغة مُهندس

---

[1] المرجع سابق، ص ص209-210.

[2] المرجع سابق، ص210.

الحاسوب، فإن الدماغ عبارة عن صندوق أسود يستقبل إشارات الإدخال عبر المُستقبلات من الأعضاء الحسيّة المختلفة، ويعمل على هذه الإشارات لتوليد إشارات الإخراج الأخرى، والتي تذهب أخيرًا إلى المؤثرات، التي تؤدي بدورها إلى عمل العضلات والغُدد المناسبة. ثم يتم إغلاق حلقة المعلومات عِبر العالم الخارجي، ومن ثم، يتم تفسير الدماغ على أنه جهاز تنظيم آلي مُعقد يسمح لمالكه بالتفاعُل للحفاظ على استقرار معين للنجاح في تفاعله مع البيئة المحلية. وبالنظر إلى هذا التمثيل للدماغ كجهاز حاسوبي معقد؛ جرت عدة محاولات لوصف مسارات تدفُّق المعلومات، والتنظيم المنطقي لأنظمته الفرعية الرئيسية[1].

ثانيًا: الفارق بين الدماغ والحاسوب

يوجد بالفعل عديدٌ من الفروق التي يمكن استكشافها بين الأدمغة والحواسيب. حيث تُصنع أجهزة الحواسيب من الرمل والمعدن، بينما تُصنع الأدمغة من الماء والملح والبروتين والدهون. بالإضافة إلى ذلك، تُبنى رُقاقة أو شريحة الحاسوب على مصفوفة ثنائية الأبعاد، بينما يملأ الدماغ البشري الأبعاد الثلاثة بأسلاكه. كما يُعتقد أيضًا أن مقاييس الزمن والحجم لكليهما مختلفة تمامًا، وهذا يعتمد على ما يتم

[1] المرجع سابق، ص ص210-211.

مقارنته. وعادةً، يتم مُقارنة الترانزستور الموجود في الحاسوب بالخلايا العصبية داخل الدماغ؛ لذلك، عندما نجري هذه المقارنة، تكون المقاييس الزمنية حوالي 1 مللي ثانية للخلايا العصبية، مُقابل 1 نانو ثانية للترانزستور؛ أما بالنسبة للمقياس المكاني، فبالنسبة للدماغ البشري، هي 1 مم لأكبر خلية عصبية، مُقابل أقل من 1 ميكرومتر للترانزستور CMOS الحديث، بالتالي، فإن الخلية العصبية أكبر وأبطأ بكثير مقارنةً بالترانزستور الحديث. ومع ذلك إذا تبين في النهاية أن التناظرية المُناسبة للترانزستور هي المشبك، أو نوع معين من القنوات الأيونية أو الأنبوب الدقيق؛ فإن الحديث سيكون مختلف بالتأكيد[1].

هناك تمييزٌ آخر تم استخدامه في المُقارنة بين البرامج والعِتاد (الأجهزة)؛ وهذا التمييز مُستمدٌ بشكل مباشر من تشبيه الحاسوب المألوف الذي يمكن من خلاله التعرُّف على مُعالجة المعلومات (**البرامج**) دون معرفة الدماغ (**العِتاد**). وعلى الرغم من أن هذا الأمر يمكن أن يكون واقعيًا؛ إلا أن هذا القياس يمكن أن نعده مضللًا بعض الشيء. فمن المعروف أن برامج الحاسوب تتم كتابتها من قبل مُبرمجين الحاسوب (وهم أشخاص لديهم أدمغة بشرية)؛ وبالتالي، فإن مُعالجة المعلومات لا تُكتب بواسطة شخصٌ ثالث ثم ادراجها في الدماغ. وعوضًا عن ذلك، يوفِر الدماغ البشري قيودًا سببية على طبيعة

[1] المرجع سابق، ص211.

مُعالجة المعلومات، وهذا الأمر لا يمكن أن يُماثل الحقل الحاسوبي، حيث تتم عملية الارتباط بين البرامج والعتاد بشكلٍ تعسفي بواسطة مُبرمج الحاسوب. فعلى سبيل مثال، يقترح أحد نماذج التعرُّف على الكلمة أن تتم عملية التعرف على الكلمات من خلال البحث عن الكلمات في القاموس العقلي واحدة تلو الأخرى حتى يتم العثور على التطابق. ولذلك، تُجادل أدلة عِلم الإدراك ضد هذا البحث التسلسلي، وتُفضل البحث عن الكلمات بالتوازي (أي من خلال النظر في جميع الكلمات المُرشحة في نفس الوقت[1]. **لكن لماذا يعمل الإدراك البشري بهذه الكيفية؟**

يمكن جعل برامج الحاسوب تتعرف على الكلمات بشكل مناسب من خلال البحث التسلسلي والبحث الموازي معًا، لذا، ربما يكمن السبب وراء استخدام مُعالجة المعلومات البشرية في البحث المتوازي وليس التسلسلي في توقيت الاستجابة العصبية البطيء بشكل نسبي (العمل ضد البحث التسلسلي). ومن ثم، لا ينطبق هذا التقييد على المُعالجة السريعة لأجهزة الحاسوب. وبالتالي، قد يكون عِلم الإدراك وافيًا لإخبارنا ببنية مُعالجة المعلومات، ولكنه لا يجيب عن تساؤلات

[1] المرجع سابق، ص213.

أعمق حول سبب ضرورة تكوين مُعالجة المعلومات بهذه الطريقة المعينة[1].

هناك أيضًا مسألة الذاكرة وكيفية ترميز الأحداث الماضية وتسجيلها في الدماغ. فقد تم إجراء تقديرات من قبل «**فون نيومان**» وآخرين، فيما يتعلق بسِعة المعلومات الكلية في الدماغ، حيث تُشير أنواع مختلفة من التجارب إلى أن نسبة كبيرة من تجاربنا يتم ترميزها وتسجيلها، ويمكن أن تخضع للتذكُّر في ظِل ظروف معينة. ومن ثم، تم اقتراح إمكانية تخزين المعلومات عن طريق عدة أنواع من الآليات المختلفة التي تتراوح من الحلقات الدائرية، المُماثِلة لذاكرة خط التأخير Delay-line لتكنولوجيا الحاسوب، إلى عتبات المُتغير ، وأوزان مُتشابكة قابلة للتعديل، وآليّات تأخير زمن المُتغير، وآليّات ذاكرة الحمض النووي DNAmemory، والخلايا الدبقية العصبية [2].

كل هذه الأنواع لها خصائصها (سماتها) الخاصة في الدوام وسرعة الوصول، وبالتالي، نحن ليس لدينا أي عجز في الآراء المتعلقة بآليّات الذاكرة البيولوجية، لكننا لم نشهد بعد نظرية مُناسبة للتذكُّر على مستوى الآلية أو الحاسوب. ولقد تم إجراء مُقارنات تنظيمية أخرى توضح كيف يمكن للدماغ أن يُجسِّد عملية التكرار Redundancy في

---

[1] المرجع سابق، ص213.

[2] المرجع سابق، ص ص213-214.

صورة دوائر ورموز، وكيف يتم تنظيم الحوسبة في الجهاز العصبي لموازنة الدقة، والعِمق المنطقي، والثبات... إلخ. وأخيرًا، تم اقتراح عديدٍ من آليّات التغذية الراجعة، والتحكُّم كنماذج أصيلة لتفسير التحكُّم الداخلي الذاتي للتنفس، وعمل القلب، ووظائف الكلى، وتركيز السكر في الدم، والتحكُّم في درجة حرارة الجسم، والشهيّة... إلخ[1].

لذا، تقول المعلومات فيما يتعلق بسعة التخزين، إن الدماغ يتكون من 14,000 مليون خلية عصبية، ولنفترض أن 10,000 مليون منها فقط تستطيع أن تستبدل المعلومات من تلقاء ذاتها، ومعروف أن سعة حمل المعلومات عند الخيط العصبي تصل إلى 14 رقم ثنائي في الثانية، فإذا أخذنا كل هذه الخيوط في الاعتبار، كان معنى ذلك أن دماغنا يستطيع أن يستقبل 14,000 مليون رقم ثنائي من المعلومات في الثانية الواحدة، وهذا الرقم سيتحوّل في فترة زمنية متوسطها 60 سنة إلى رقم فلكي، ويظهر أن سعة تخزين الدماغ البشري أكبر من سعة تخزين آلة تخزين المعلومات بمليون مرة، **فكيف يشكِّل الدماغ هذه الوفرة من البيانات؟ وكيف يعرف المكان الذي يبحث فيه عن المواد اللازمة له؟**

[1] المرجع سابق، ص214.

تكمن الإجابة في أن الحقائق والظواهر لا يمكن حفظها في الذاكرة بشكل منفرد، بل في علاقة مع بعضها البعض، وتحافظ ذاكرتنا لا على ذكرى لون البحر فحسب، بل على برودته أيضًا وطعم رذاذ الملح والشمس وهي تتلاعب فوق أمواج يوم حار، والممر الفضي لضوء القمر وهو يمتد بعيدًا في الأفق عندما يأتي في المساء، ويتم حفظ كثير من الحقائق في علاقتها بسياق الكلام، وهذا من عجائب الحفظ في ذاكرة الدماغ البشري[1].

وهكذا على مستوى المكونات، تم استخدام الرموز، والتنظيم المنطقي للبنية الأساسية، ومفاهيم ولُغة نظرية المعلومات، وعِلم التحكم الآلي من قبل البعض في محاولة لتحليل آليات الدماغ من حيث آليات مُعالجة المعلومات الاصطناعية. ولكن في هذا المستوى من المقارنة بين الدماغ والحاسوب، لا يزال يتعين على المفاهيم أن تشير إلى أي فرضيات فسيولوجية عصبية عميقة، حيث إن فهم منطق الإطلاق العصبي، أو ترميز الرسائل القشرية الأساسية، أو آليات التخزين والاسترجاع في الدماغ شيء، وإشكالية ربط هذه الآليات بالسلوك الذكي المعقد شيءٌ آخر. يتعلّق المستوى الآخر من المقارنة بين الدماغ والحاسوب عن طريق أوجه التشابه الوظيفي بينهما؛ فكلاهما عبارة عن آليات تحويل المعلومات التي تقبل بيانات الإدخال، وكوظيفة

[1] المرجع سابق، ص214.

للبيانات المخزنة مسبقًا، التي تستمد استنتاجات المُخرجات. فضلًا عن أن كليهما يعالج المعلومات من أجل اشتقاق مُخرجات من نوع معين. وهناك سبب منطقي لعلاقة المُدخلات والمُخرجات في كلٍ من الدماغ البشري والحاسوب عن طريق البرنامج المفيد؛ حيث يُشير هذا التشابه الوظيفي إلى منطق مُعالجة المعلومات، ونظرية الأوتوماتا المُطبّقة في البداية على الحواسيب، والتي يمكن تطبيقها أيضًا على تحليل المعلومات البيولوجية، وأنه قد يساعد في سد الفجوة بين سيكولوجية السلوك، وعلم وظائف الأعضاء لتلك الآليّات التي تنتجها[1].

بناءً عليه، تقوم الأدمغة باستقبال إشارات، أما الحواسيب فهي عقيمة بشكل ملحوظ إذا استقبلت أمرًا به أخطاء إملائية أو معلومات غير كاملة. كما يحتوي الحاسوب الرقمي على بنية ذات أغراض عامة تم تصميمها لتشغيل العديد من البرامج المختلفة. ومن ناحية أخرى، يملك الدماغ دوائر مُخصّصة ذات أغراض خاصة توفِّر كفاءة عالية في حل مشكلات معينة بشكل سريع. أمّا عن العمليات الحسابية Calculations؛ حيث تجري العمليات الحسابية على الحاسوب الرقمي بشكل تسلسلي، وهذه العمليات تعمل خطوة بخطوة على طريقة كتاب الطبخ من بداية إلى نهاية العملية الحسابية. ومن ناحية أخرى، يقوم الدماغ البشري بإجراء عديد من العمليات الحسابية في آنٍ واحد،

[1] المرجع سابق، ص215.

وذلك باستخدام المُعالجة المتوازية. أيضًا تستخدم الحواسيب الرقمية النظام الثنائي، حيث يمكن للترانزستورات أن تأخذ قيمتين فقط (0 أو 1). وفي المقابل، قد لا تكون هذه المسألة الوظيفية بالتحديد تقريبية أو مماثلة؛ لأن الدماغ يستخدم مجموعة متنوعة من العناصر التي تأخذ سلسلة متصلة من القيم التناظرية[1].

نستنتج مما سبق أن كيفية عمل الأدمغة هي الكيفية الأكثر تعقيدًا أو إشكالًا، وذلك عند مقارنتها بالقدرات الهائلة التي تمتلكها حواسيب اليوم أو حتى المستقبل؛ وذلك نظرًا للكمّ الهائل من الشبكات العصبية البيولوجية التي تعمل على مُعالجة المعلومات بشكل معقد، والتي يصعب فهمها بسهولة، رغم محاكاة الحواسيب لهذه الشبكات كما ذكرنا سلفًا، ورغم وصول هذه الحواسيب اليوم إلى درجة هائلة من إنجاز عديد من المهام التي تتطلب سرعة في الأداء. ولكن في نظر الباحث، فإن كيفية عمل الأدمغة تمثل وسوف تمثل عائقًا كبيرًا في محاكاة كافة العمليات الإدراكية التي يتمتع بها البشر في حاسوب، رغم العديد من المساهمات والجهود المتواصلة التي لا تسأم أبدًا من قبل علماء الأعصاب، والفيسيولوجيين، وعلماء الحاسوب، وعلماء النفس والرياضيات، وكذلك الفلاسفة. لذا، مهما وصلت قدرة الحاسوب أو الآلة إلى أبعد وأبعد ما كان يتمنى العلماء؛ فإنها ستكون بحاجة إلى

[1] المرجع سابق، ص215.

قدرات يمكن وصفها بالاستحالة من أجل الدخول في تحدي مع البشر، والتي تتمثل في عمليات معقدة للغاية، والتي قد تفتقد إلى تعريف دقيق من قبل البشر أنفسهم، مثل عمليات الوعي، والإدراك، والشعور، والانتباه... إلخ[1].

ثالثًا: آراء متباينة

كان هناك اثنان من المُعلقين الأكثر إثارة للاهتمام حول العلاقة بين الأدمغة والحواسيب، هما: الفيلسوفة وعالِمة الأعصاب الأمريكية «**باتريشيا تشيرشلاند**» P. Churchland ، وعالِم الأعصاب الأمريكي «**تيري سيجينوسكي**» T. Sejenowski. . جادل هؤلاء عام 1994 بأن الأنظمة العصبية عبارة عن «**سلالة من الحواسيب المتطورة، والتي لا تزال طريقة عملها بعيدة عن متناولنا، ولكنها تُمثِّل العُقدة الأُم - إذ جاز التعبير - في عِلم الأعصاب الحاسوبي**».

يكمن جزء من سبب الاختلاف بين الأدمغة والحواسيب في حقيقة تصميم الحواسيب؛ حيث أدرك مُصمِّمو الحاسوب عام 1955 ما يمكن وما تعجز عنه فعله الحواسيب. وبناءً عليه، يُشير كلٌ من «**تشرشلاند**» و «**سيجينوفسكي**» إلى أن الدماغ قد تطور بشكلٍ مختلف تمامًا عن الحواسيب. فلم يكن هناك تعاقُب مستمر من قبل

[1] المرجع سابق، ص216.

مُصممي الأدمغة الذين طرحوا نماذج أقل تأثيرًا واستبدلوها بالأفضل. كما يُجادل هؤلاء بأنه بدون عمليات إعادة التصميم المستمرة هذه؛ فمن شبه المؤكد أن يمتلك الدماغ طُرقًا موصولة لأداء المهام التي لم تعد مثالية.[1]

تم طرح رأي آخر حول «**بنية**» الدماغ ومرونته طوال تسعينيات القرن الماضي عن طريق «**جون توبي**» J. Tobby & «**ليدا كوسميدس**» L. Cosmides عام 1998. يبدو أن لغة هؤلاء أقل جزئيًا من لغة الحاسوب على الرغم من تأكيدهم على الأنظمة المُتخصّصة، التي يطلقون عليها «**الوحدات الخاصة بالمجال**»[*]. ومن ثم، يهاجم كلٌ من «**توبي**» & «**كوسميدس**» ما يسمونه «**نموذج العلوم الاجتماعية القياسي**» للتطور، والذي يرى أن التعلُّم والتنشئة الاجتماعية بمثابة عمليات أساسية في الحياة. وبالتالي، يرفض النموذج «**الجوانب البيولوجية أو الفطرية المتطورة – ليس للسلوك البشري فحسب، بل للتنظيم السيكولوجي أيضًا**» كونها جوانب غير جديرة بالاهتمام.

---

[1] المرجع سابق، ص216.

[*] تصف الوحدات الخاصة بالمجال الإدراك بأنه يتكون من عمليات حسابية عقلية مُتخصصة في التعامل مع المُدخلات الانتقائية لتحقيق غرض معين. يتناقض مثل هذا الوصف الشبيه بـ "**مجموعة الأدوات العقلية**" لعقولنا مع نظريات عمومية المجال، والتي تدعي أن آليات التعلُّم لجميع الأغراض يمكن أن تُفسِّر بشكل كاف جميع القدرات الإدراكية.

يجادل نقد «**توبي**» & «**كوسميدس**» بأن الدماغ تطور ليس كجهاز حاسوب للأغراض العامة، ولكن من خلال تقلُّبات الحياة القاسية، وحتى في العصور الحجرية التي احتوت على أحداث بخلاف "**القتال والفرار**" (إذا كانت الأهداف الغائية للدماغ تتمثل في الأهداف الأربعة، وهي التغذية، والقتال، والفرار، والتكاثر، فلا عجب أن الثقافة مهمة جدًا في تشكيل سلوكنا الحديث للغاية)[1].

بناءً على ما سبق، يقترح «**توبي**» & «**كوسميدس**» أننا نملك وحدات مختلفة نتيجة اضطرار أسلافنا التعامل مع العديد من المشاكل المختلفة؛ وهذه الوحدات لا تتعامل مع الأهداف الغائية، ولكنها تُجسِّد ما يسمونه "**النداءات التقريبية**" "Proximate Calls". ففي مسار التطور، كان البشر بحاجة إلى التعرُّف على الأشياء، وخِداع الحيوانات المُفترسة، وتحديد الأطعمة النباتية، واختيار الرفقاء، وصُنع الأدوات، والتوازن عند المشي، وتجنُّب لدغات الثعابين، وابتكار أكثر أساليب صيد الغزال فاعلية، وتعلُّم كيفية شواء الأسماك، وغيرها العديد من المهارات الأخرى. بالتالي، يرى كلٌ من «**توبي**» & «**كوسميدس**» كل هذه الأنشطة على أنها مجال، وكل مجموعة من المهارات التي تسمح بمجموعة من السلوكيات مثل "**المجال المحدد**". لذلك، يمكن أن نعد أفكار «**توبي**» & «**كوسميدس**» قوية ومثيرة، ولكنها في النهاية مُجرد

[1] المرجع سابق، ص ص217-218.

نموذج آخر لتطور الدماغ. وهناك نقطة أخرى يجب الانتباه إليها وهي: إذا كان الحاسوب يحتوي على مناطق مُبرمجة للرؤية، وأخرى لتحديد أو تمييز الأصوات، وحدث تلف لمناطق الرؤية؛ عندئذ يمكن إعادة توجيه برنامج الصوت للحاسوب؛ بحيث يمكنه استيعاب المعلومات المرئية. وعلى النقيض من ذلك، لا يستطيع الدماغ أن يقوم بذلك الأمر، وهناك أمثلة لأشخاص يتعافون من تلف في الدماغ إلى حد يثير الدهشة، ولكن هناك أدلة على أن مناطق معينة ضرورية للرؤية، وأخرى للصوت. ولكن لا يمكنك إعادة توجيه المُدخلات من منطقة إلى أخرى كما هو جائز في أي حاسوب[1].

[1] المرجع سابق، ص218.

الفصـــــل الرابع

أخلاقـيّات الحاســوب

تمهيد

لا يخفى على أحد أن الحاسوب في الأونة الأخيرة قد أثار عديد من القضايا الأخلاقية إزاء الاستخدام اللاواعي واللامشروع، فقد بات كثير من الأشخاص يعيشون في حالة من الرعب والفزع نتيجة لانتهاك خصوصيتهم وملكيتهم وحريتهم الشخصية، ولا تقف الانتهاكات إلى هذا الحد فحسب، بل فاقت الحدود إلى أن وصلت إلى انتهاك الأعراض، فقد انتشر هذا النوع من الانتهاكات لدرجة الفزع، وهذا نتيجة الاستخدام غير المسؤول من قِبل بعض الأشخاص، فنحن اليوم نعيش في حالة من القلق نتيجة لهذا الانحدار الأخلاقي. ومن ثم، ظهرت الحاجة إلى ربط الأخلاق بالحاسوب نتيجة لظهور هذه الجرائم[1].

أولًا: تعريف أخلاقيات الحاسوب

"**أخلاقيات الحاسوب**" هي فرع من فروع الأخلاقيات التطبيقية التي تراعي القضايا الأخلاقية التي أثيرت أو تضخمت بشكل كبير من خلال تقنيات الحاسوب. ويُشار إلى هذا المجال أحيانًا بمصطلحات أخرى مثل "**السيبريثيكس**" Cyberethics، وأخلاقيات المعلومات،

[1] زينب فتحي حامد: **البنية الأخلاقية لمنظومة الحاسوب**، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة، 2013، ص144.

وأخلاقيات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أو أخلاقيات المعلومات العالمية أو أخلاقيات الانترنت[1].

وعليه، فإن فرع أخلاقيات الحاسوب ذو أهمية بالغة، لأنه يهتم بالمعايير الأخلاقية وسلوك ممتهنو الحاسوب، ويأتي المعنى الأخلاقي للمعايير من خلال الرعاية والتنشئة بشأن الحياة المهنية والاهتمام بالقضايا الأخلاقية. ويهدف فرع أخلاقيات الحاسوب إلى جعل الأشخاص في مجال الحاسوب على دراية ووعي كامل بالقضايا الأخلاقية في الحوسبة، وتشمل تلك القضايا على: استخدام الحاسوب لغزو الخصوصية والمضايقة، وحقوق الملكية الفكرية، والسرية، والأثار الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، والتي تؤثر على جودة وطبيعة العمل والحياة والمهن والصحة والسلامة[2].

لذلك، فإن أخلاقيات الحاسوب مثيرة للاهتمام فلسفيًا ليس فقط لأن تكنولوجيا الحوسبة تُستخدم على نطاق واسع، ولكن لأن تطبيق تكنولوجيا الحوسبة يثير القضايا المفاهيمية المثيرة للاهتمام والمشاكل الأخلاقية الخطيرة التي تواجه المجتمع. ويحدث هذا في كثير من الأحيان لأن أجهزة الحاسوب قابلة للذوبان منطقيًا ويمكن تهيئتها لأداء

---

[1] مهدي صالح السامرائي: **أخلاقيات العمل**، دار اليازوري العلمية، الطبعة الأولى، عمان، 2021، ص73.

[2] زينب فتحي حامد، مرجع سابق، ص144.

المهام القديمة بطرق جديدة وتحقيق مهمات جديدة لافت للنظر، عندما يتم نشر تكنولوجيا الحوسبة بطرق جديدة، فإن المبادئ الأخلاقية لاستخدامها غالبًا ما تكون غير واضحة أو غير موجودة، ويؤدي ذلك إلى إيجاد فراغات في السياسات يمكن أن تصاحبها إرباك مفاهيمي بشأن كيفية فهم الحالة المحوسبة على النحو الملائم، وبالتالي فإن أخلاقيات الحاسوب تتطلب عادة القيام بأكثر من تطبيق للمبادئ الأخلاقية بشكل روتيني على القضايا الأخلاقية في الحوسبة، بل إن أخلاقيات الحاسوب تتطلب تحليلًا لطبيعة وتأثير تكنولوجيا الحوسبة وما يقابلها من صياغة وتبرير لسياسات الاستخدام الأخلاقي لهذه التكنولوجيا. ومن ثم، فإن إدراك كل مواضيع أخلاقيات الحاسوب سيكون صعبًا حيث يستمر الحقل في التوسع مع نمو تطبيق الحوسبة[1].

يمكن القول بأن البدايات الأولى لأخلاقيات الحاسوب ترجع إلى الأربعينيات من القرن العشرين، ولكن مصطلح "**أخلاقيات الحاسوب**"، لم يظهر على أنه فرع مستقل ضمن فروع علوم الحاسوب إلا في عقد السبعينيات، فقد بُذلت عدة محاولات من قبل عديد من الباحثين لوضع تعريف واضح ومُحدد لأخلاقيات الحاسوب، وتحديد المواضيع التي تندرج تحته.

[1] مهدي صالح السامرائي، مرجع سابق، ص ص73-74.

ثانيًا: تاريخ تطور مُصطلح أخلاقيَّات الحاسوب

ترجع المحاولة الأولى لتقديم مصطلح "**أخلاقيات الحاسوب**" إلى "**والترمانر**" Walter Maner عام 1970، مشيرًا إلى المجال الفكري الفلسفي الذي يتعامل مع المشكلات الأخلاقية المتفاقمة التي أوجدتها تكنولوجيا الحاسوب. لقد طوَّر "**مانر**" في أحد كتاباته، الإطار التربوي لأخلاقيات الحاسوب لكل من المُعلم والمتعلم. بالتالي، ظهر مصطلح "**أخلاقيات الحاسوب**" إلى العلن في منتصف السبعينيات، وكان أول من أدخل مُقررًا جامعيًا باسم "**أخلاقيات الحاسوب**"، وأقام عديد من ورش العمل التي تتناول الموضوع في المؤتمرات العلمية التي كانت تُعقد في الولايات المتحدة، وكان من ضمن جهوده في هذا المجال نشر وتوصيف علمي للمقررات الخاصة بأخلاقيات الحاسوب. ونتيجة لذلك، انتشر تدريس فرع "**أخلاقيات الحاسوب**" في عديد من الجامعات الأمريكية كمقرر أساسي. وعرَّف "مانر" هذا الفرع بأنه "**يهتم بدراسة المشكلات الأخلاقية الناجمة عن استخدامات تكنولوجيا الحاسوب**"[1].

كما قدمت "**ديبورا جونسون**" Deborah G. Johnson تعريفًا لـ "أخلاقيات الحاسوب" على أنه "**الفرع الذي يهتم ببحث ودراسة**

[1] زينب فتحي حامد، مرجع سابق، ص ص146-147.

مجموعة المشكلات والأسئلة الأخلاقية الجديدة التي فرضها علينا الحاسوب، مما يفرض علينا تطبيق النظريات الأخلاقية التقليدية بنظرة جديدة"[1].

أيضًا عرَّف "**جيمس مور**" James Moore "**أخلاقيات الحاسوب**"، بأنه الفرع الذي يقوم بـ"**تحليل الطبيعة والأثر الاجتماعي لتكنولوجيا الحاسوب، وتبرير السياسات لهذا الاستخدام غير الأخلاقي لتلك التكنولوجيا**"، أو بعبارة أخرى، أنه الفرع الذي يهتم بـ"**الفراغات السياسية**" و "**الخلط المفاهيمي**" المتعلق بالاستخدام الأخلاقي والاجتماعي لتكنولوجيا المعلومات. وقد أوضح أن أجهزة الحاسوب قدمت خيارات جديدة للبشر، وأضاف أن كثيرًا من العمل المهم في أخلاقيات الحاسوب مكرسًا لاقتراح صيغ وحلول لفهم وتحليل المشكلات الأخلاقية الناتجة عن تكنولوجيا الحاسوب[2].

في عام 1989، قدّم "**تيرال وارد بينيوم**" Terrell Ward Baynum تعريفًا لأخلاقيات الحاسوب، وهو تعريف يتشابه مع تعريف "**مور**"، ويرجع هذا التعريف في الأصل إلى "**وينر**"، الذي شرحه في كتابه "**استخدام الإنسان للبشرية**"، وهو "**تحديد وتحليل تأثير تكنولوجيا المعلومات على القيم الإنسانية والاجتماعية والصحة والديمقراطية**

[1] المرجع سابق، ص149.

[2] المرجع سابق، ص149.

والخصوصية والأمن والملكية والحرية". وهذه النظرة الواسعة في تعريف "**بنيوم**" لأخلاقيات الحاسوب لا تضم فحسب مجال الأخلاق التطبيقية، ولكن تشمل أيضًا عديد من التخصصات الأخرى مثل علم اجتماع الحوسبة، والتقييم التكنولوجي، وقانون الحاسوب، والمجالات ذات الصلة، وتقوم بتوظيف المفاهيم والنظريات والمناهج من تلك وأي تخصصات أخرى ذات الصلة[1].

في أوائل تسعينيات القرن العشرين، ظهر مفهوم مختلف لأخلاقيات الحاسوب من قِبل "**دونالد جوتربان**" Donald Gotterbam، وأعرب عن اعتقاده أنه ينبغي النظر إلى أخلاقيات الحاسوب باعتبارها "**أخلاق مهنية مكرسة للتطوير والنهوض بمعايير الممارسة الجيدة وقواعد السلوك الخاصة بالعاملين في مجال الحوسبة**"، بمعنى أن يصبح المحترف لديه أخلاق عند الحصول على المعلومات، وعدم القيام بما هو غير أخلاقي، ووضع ذلك في مقالة له بعنوان "**أخلاقيات الحاسوب: استعادة المسؤولية**"[2].

أيضًا عرّف "**لوتشيانو فلوريدي**" Luciano Floridi أخلاقيات الحاسوب بأنه "**الفرع العملي الذي يعتمد على الأخلاق المهنية والتطبيقية، والذي يهتم بمعالجة قضايا تكنولوجيا الحاسوب**".

---

[1] المرجع سابق، ص149.

[2] المرجع سابق، ص152.

ويعتقد "**فلوريدي**" أن التحدي الأكبر لمجال أخلاقيات الحاسوب، يكمن في مكانته الفلسفية والمنهجية. وقد أقر مؤخرًا بأن قضايا أخلاقيات الحاسوب قد أجهدت المواد المفاهيمية للنظريات الأخلاقية التقليدية. وقد اتسم عقد التسعينيات بغزارة المساهمات من قِبل عديد من المفكرين المعروفين باهتمامهم بحقل "**أخلاقيات الحاسوب**"، من أمثال "سيمون روجرسون" Simon Rogerson، "**ديان مارتن**" Dianne Martin، وأستاذ علم الحاسوب في جامعة إلينوي "**كيث ميلر**" Keith Miller.[1]

ثالثًا: غاية أخلاقيّات الحاسوب

نظرًا لأن أجهزة الحاسوب تُخزن بسرعة كميات كبيرة من المعلومات وتبحث عنها، فإن "**الخصوصية**" كانت مصدر قلق مستمر لأخلاقيات الحاسوب، فيمكن بسهولة استرجاع المعلومات الشخصية في الوثائق الطبية والسجلات الجنائية وتاريخ الائتمان ونقلها إلى الآخرين إلكترونيًا، ونتيجة لذلك فإن الأفراد معرضون للإفصاح غير السليم عن المعلومات الحساسة وإدخال أخطاء غير معروفة في سجلاتهم، وأن التهديد للخصوصية يتزايد جزئيًا، لأن تكنولوجيا الحوسبة تنتج مقدارًا هائلًا من جمع المعلومات التي تحدث بطرق خفية غير قابلة للكشف،

[1] المرجع سابق، ص ص154-155.

فخازن الإنترنت مثلًا يمكنه التدخل في مشتريات الأفراد ووضع ملفات تعريف الارتباط على الأجهزة الشخصية بشكل غير واضح، كما أن لكاميرات الحوسبة في الأقمار الصناعية والأماكن العامة والمؤسسات الخاصة، والهواتف الشخصية المحمولة سجل دون سابق إنذار، وبرامج التجسس المثبتة على أجهزة الحاسوب، وبصفة عامة يمكن جمع المعلومات الشخصية من مصادر عديدة، ويمكن تجميعها في قواعد بيانات يمكن دمجها ومطابقتها وإزالتها بشكل خاص من أجل إنشاء ملفات شخصية لحياة الأفراد[1].

أيضًا تأتي "**الملكية**" كقضية رئيسية في أخلاقيات الحاسوب، وقد أصبح هذا الأمر متزايد بسبب النمو الكبير في الأجهزة والبرامجيات والحوسبة للعديد من المنتجات الشعبية بما في ذلك الفن والصور والموسيقى والأفلام والألعاب التي يتم إنتاجها ونقلها وتصويرها.

وتبعًا لما تسببه أجهزة الحاسوب من أضرار وأفعلا لا أخلاقية إذا أسيء استعمالها، فقد شجع ذلك جهات عديدة لوضع مجموعة التزامات وقواعد تجنب المستحدم من الانزلاق في المخالفات، منها على سبيل المثال:

[1] مهدي صالح السامرائي، مرجع سابق، ص 74.

أوصى معهد أخلاقيات الحاسوب وصايا لأخلاقيات الحوسبة[1]، وهي:

- **عدم استخدام الحاسوب بهدف إيذاء الآخرين.**
- **على مستخدم الحاسوب ألا يتدخل في عمل الآخرين.**
- **ينبغي لمستخدم الحاسوب ألا يتلاعب بملفات الآخرين أو يعمل على تدمير خصوصيتهم وسمعتهم.**
- **أن لا يكون الحاسوب قناة أو أداة للاستيلاء على ممتلكات الآخرين مثل الملفات واستخدامها على نحو خاطئ من أجل كسب المال أو سرقة أعمال شخص أو سرقة الأفكار.**
- **ينبغي عدم إعطاء بيانات خاطئة أو كائبة أو يشهد أو يقول عن شيء معين.**
- **حظر نسخ أو استخدام برامجيات من ممتلكات شخص آخر دون دفع ثمنها.**

نستخلص مما سبق أن أخلاقيات الحاسوب تُشير إلى مجموعة من القوانين أو المبادئ المستخدمة من أجل اتخذا القرار الأخلاقي فيما يتعلق بتكنولوجيا الحاسوب أو استخدام الحاسوب، وثمة أسباب عدة لكون أخلاقيات الحاسوب موضوعًا ذو أهمية كبيرة، فمن المعروف بوجه عام أن المشاكل الأخلاقية غالبًا ما تواجه مستخدمو

[1] المرجع سابق، ص 75.

التكنولوجيا كل يوم في مكان العمل، وثانيًا: فإن سوء استخدام الحاسوب أدى إلى أن حوالي 90% من الشركات لديها خسائر مالية كل عام ناتجة عن سوء استخدام الحاسوب في الولايات المتحدة[1].

[1] زينب فتحي حامد، مرجع سابق، ص ص160-161.

الفصـــــل الخامس

الذكـــاء الاصطنـــاعي

"المفهوم والنشأة والتطور"

تمهيد

عندما يتم تداول مُصطلح "**الذكاء الاصطناعي**" "**AI**" أول ما يتبادر إلى الذهن الهواتف الذكيَّة التي تعد من التطبيقات الأكثر شهرة واستعمالًا بين كافة البشر. لقد تحوَّل هذا الجهاز مع الوقت إلى جهاز شامل يتحكم في كافة التفاصيل المهمة وغير المهمة في حياة البشر، كما أن هذه الأجهزة الذكيَّة تتحكم أيضًا في كافة الأشياء التي حولنا عن طريق التطبيقات المختلفة لوسائل التواصل الاجتماعي من فيس بوك وإنستجرام، وسناب شات، وتويتر، وغيرها، بل أصبح الهاتف بمثابة الصديق اللصيق بالشخص أكثر من ذويه وأبنائه وخلانه[1].

لقد شهدت الحضارة الأرضية عددًا من الثورات الصناعية خلال القرون الثلاثة الماضية، فقد وقعت الثورة الصناعية الأولى في القارة العجوز أوروبا والقارة الأمريكية الجديدة. بحيث شهدت تلك الفترة تحولات في أنماط الإنتاج، عندما تحولت فيها المجتمعات الريفية الزراعية في معظمها إلى صناعية وحضرية. فقد لعبت صناعات الحديد والنسيج أدوارًا مركزية في الثورة الصناعية، جنبًا إلى جنب مع تطوير المحرك البخاري الذي كان يعد بمثابة نقلة نوعية فتحت آفاقًا

---

[1] مهدي حنا: **الذكاء الاصطناعي والصراع الإمبريالي**، الآن ناشرون وموزعون، عمان، 2021، ص7.

جديدة للعلوم في الصناعات المختلفة ووسائل الاتصالات والمواصلات التي ساهمت في تطور حياة البشر وفي مستوى الخدمات.

أمَّا الثورة الصناعيَّة الثانية، فقد حدثت بين عامي 1870 و 1914، أي قبل الحرب العالمية الأولى. لقد واكب تطور العلوم في تلك الفترة نموًا للصناعات القائمة وتوسعة صناعات جديدة، مثل الفولاذ والنفط والكهرباء، واستخدام الطاقة الكهربائية لإنتاجات ضخمة. شملت التطورات التكنولوجية الرئيسية خلال هذه الفترة: الهاتف والمصباح الكهربائي والفونوغراف ومحرك الاحتراق الداخلي. هذه الثورة الصناعية أرست أسس وأصول التطور الحقيقي في الصناعة بشكل عام لكثرة الاختراعات التي واكبت هذه الثورة الصناعية وأهمها الكهرباء التي ساهمت بشكل فعَّال في تغيير نمط الإنتاج وفي تطور الرأسمالية بالإطار العام، كما أن هذه الثورة فتحت الآفاق لتطور العلوم الأخرى مثل، علوم الفضاء وغزو الكون وعلوم الطائرات والأسلحة، وغيرها[1].

أمَّا الثورتان الصناعيتان الثالثة والرابعة، فقد تعاقبتا خلال الربع الأخير من القرن العشرين والربع الأول من القرن الحادي والعشرين، أي أن الثورتين حدثتا في زمن لم يتعدَّ الخمسين عامًا وأحدثتا طفرة

[1] المرجع السابق، ص8.

نسبية في تطور العلوم وخاصة فيما يتعلق بالتكنولوجيا الرقمية وتكنولوجيا المعلومات. فتشير الثورة الصناعية الثالثة، أو الثورة الرقمية، إلى تقدم التكنولوجيا من الأجهزة الإلكترونية والميكانيكية التناظرية إلى التكنولوجيا الرقمية المتاحة اليوم. تشمل هذه الثورة الكثير من التطورات التي حدثت خلالها مثل الكمبيوتر أو الحاسوب الشخصي والإنترنت، وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

أمَّا الثورة الصناعيَّة الرابعة التي نعايشها الآن هي الثورة الرقميَّة، التي تمثِّل طرقًا جديدة تصبح فيها التكنولوجيا جزءًا لا يتجزأ من المجتمعات وحتى جسم الإنسان. تتميَّز الثورة الصناعيَّة الرابعة باختراق التكنولوجيا الناشئة للعديد من المجالات العلمية المختلفة، بما في ذلك الروبوتات Robots، والذكاء الاصطناعي "AI"، وتكنولوجيا النانو Nanotechnology، والحوسبة الكمومية، والتكنولجيا الحيوية، وإنترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد 3D، والمركبات ذاتية القيادة، وغيرها من الصناعات المختلفة[1].

هذه الثورة الصناعية القائمة على الذكاء الاصطناعي "AI"، قد تكون هي الأهم في التاريخ العالمي، حيث يعدّ العلماء أن تطور الذكاء الاصطناعي لا يقل أهمية عن الاكتشافات الأربعة المهمة في حياة

[1] المرجع السابق، ص ص8-9.

البشرية (من اكتشاف النار، والعجلة، والخلية، والنواة)، هذه الاكتشافات التي غيّرت وجه التاريخ في تطور الحياة وما صاحب كلًا منهم في تطور أنماط الإنتاج التي مرت على البشرية خلال الخمسين عامًا الماضية وإلى يومنا هذا تعادل التطور الذي شهدته الأرض منذ نشأتها، ويظهر ذلك جليًا في القفزات العلمية الكبيرة التي شهدتهما الثورتان الصناعيتان الثالثة والرابعة اللتان تواكبتا مع نهاية حقبة الحرب الباردة وبداية التفرد الأمريكي كقطب وحيد لبرهة من الزمن في قيادة الرأسمالية العالمية[1].

أولًا: ماهيَّة الذكاء الاصطناعي "AI"

من المهم قبل البحث في الذكاء الاصطناعي "**AI**"؛ أن نحاول فهم ماهيّة الذكاء بالضبط في المقام الأول. **ماذا نقصد عندما نقول إن شخصًا أو حيوانًا أو شيئًا ما ذكي؟** في الواقع، إن كل فرد لديه مفهوم مختلف من خلال خبراته وآرائه، استنادًا إلى ما يعتقد أنه مهم، وما هو غير مهم. ومن الممكن أن يتغيّر بسهولة، فما كان يعتبر ذكاء في زمان ومكان ما، قد لا يرى نفس الصورة في وقت ومكان آخرين[2].

---

(1) المرجع السابق، ص9.

(2) كيفن واريك: **أساسيات الذكاء الاصطناعي**، ترجمة: هاشم أحمد، مراجعة: السيد عطا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2013م، ص31.

أ. مفهوم الذكاء Intelligence

يُعرّف "**قاموس الإنجليزية الجديد**" عام 1932، الذكاء على أنه "**ممارسة الفهم، والقدرة الفكرية، والمعرفة المكتسبة، ورشاقة العقل**". ومن الواضح أنه في ذلك الوقت، تم التوكيد على المعرفة والسرعة العقلية، مع الميل إلى الذكاء البشري. وبعد حُقبة من الزمن، ذكرت "**موسوعة ماكميلان**" عام 1995 أن الذكاء هو "**القدرة على التحليل المنطقي والاستفادة من التجربة، حيث يتحدد مستوى ذكاء الفرد من خلال تفاعل معقد بين الوراثة والبيئة**"[1].

تفترض «**نظرية ستيرنبرغ**» أن هناك ثلاثة أنواع من الذكاء: "**الذكاء التحليلي**" Analytical Intelligence، وهو نوع من الذكاء يساعد الفرد على التعامل بشكل جيد مع القضايا الأكاديمية، وهناك "**الذكاء الإبداعي**" Creative Intelligence، الذي يتعلَّق بالتعامل مع الجدة أو الحداثة Novelty، والاستدلال الاستقرائي Inductive Reasoning، وأخيرًا "**الذكاء العملي**" Practical Intelligence، وهو النوع الذي يتعلَّق بالتكيُّف مع متطلبات الحياة اليومية. لكن بعض الباحثين برهنوا، منذ القرن العشرين، بصورةٍ مؤكدة تقريبًا، على وجود أشكال أخرى للذكاء؛ فليس ثمة ضرب واحد من الذكاء، بل هو متنوّع

[1] المرجع السابق، ص ص31-32.

الدرجات، بل هناك عدة ضروب تختلف باختلاف الموجودات والأنواع. وللعالِم، والقائد الحربي، والفيلسوف، والمهندس، والفنان، والتاجر، أشكال من الفكر مختلفة للغاية. ولهذا السبب اقترح «**ثورندايك**» Thorndike (1920) تمييز ثلاثة أنواع من الذكاء على الأقل: "**الذكاء المجرد** أو **المفهومي**"، وهو ذكاء يتميَّز بقابلية استخدام المواد اللفظية والرمزية؛ و "**الذكاء العملي**"، الذي يجد اليسر في المشخّص عندما ينبغي له التعامل مع الأشياء؛ و "**الذكاء الاجتماعي**"، الذي ينطوي على فَهم الموجودات الإنسانية وسهولة التأقلم معها[1].

يظهر مما سبق أن الذكاء لا يمكن مُلاحظته بشكلٍ مباشر، ولكن يمكن استنتاجه من سلوك يمكن ملاحظته. وعادةً ما يتم التعبير عن ذكاء الشخص بواسطة درجات حاصل الذكاء "**IQ**". تتضمن تقنيات اختبار الذكاء، توحيد معايير اختبارات الذكاء للتحقُّق من أن متوسط مستوى الذكاء لجميع الفئات العمرية هو 100، على الرغم من زيادة القدرة الإدراكية من سن الطفولة المبكرة حتى سن 18 عامًا. أظهرت الدراسات المستعرضة[*]، أن الأشخاص في سن الثلاثينيات يحققون درجات ذكاء أقل بكثير من الأشخاص في سن العشرينات؛ وأن كل فئة

---

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص221.

[*] دراسات تقوم على الملاحظة تستكشف سمات هامة في جماعة من الخاضعين للبحث في مرحلة واحدة من الزمن.

عمرية أكبر تُحقِّق متوسط درجة أقل من المجموعة الأصغر سنًا، ولكن هذا لا يرجع بالكامل، أو حتى بشكل رئيس إلى انخفاض الذكاء المرتبط بمعدل العمر. وعلى الرغم من أن الأداء الفردي في اختبارات حاصل الذكاء "IQ" يميل إلى الانخفاض قليلًا من حوالي 60 عامًا، ولا سيَّما في عناصر الاختبار التي تتطلب سرعة الإدراك أو الحركة،؛ فإن الفروق الإجمالية بين الفئات العمرية من سن 20 عامًا لأعلى ترجع في الأساس إلى ما يُسمى بتأثير الفوج Cohort Effect[*]، حيث يُحقق كل جيل لاحق مُعدل ذكاء أعلى من سابقه، مما يؤدي إلى متوسط زيادة يقترب من 3 نقاط لكل عَقد[1].

بخلاف الذكاء البشري، قد يكون بوسع مخلوقٍ آخر، أو آلة ذات قدرت استشعارية مختلفة، أن يشهد حدثًا كبيرًا، لا يستطيع الإنسان أن يعرف عنه شيئًا. ومن ثم، ينبغي أن تؤخذ مدارك الكائن في الحسبان عند النظر إلى الذكاء، وأن يكون مختلفًا عن الإنسان – أي أنه يستشعر العالم بطريقة مختلفة – فهذا لا يجعله بالضرورة أفضل من الإنسان أو أسوأ منه، وإنما مجرد مختلف عنه. لذلك، يتوقف نجاح الكائن على حسن أدائه، أو على الأقل بما يتناسب مع البيئة الخاصة به. حيث يؤدي الذكاء دورًا حاسمًا ف هذا النجاح،

---

[*] تأثير لا يتم الخلط بينه وبين تأثيرات العمر.

[1] المرجع سابق، ص ص221-222.

وتحقق المخلوقات والآلات المختلفة نجاحاتها بطريقتها الخاصة. ولا ينبغي أن نعتبر أن البشر هم الكائنات الوحيدة الذكية على سطح الأرض، بل يجب أن يكون لدينا مفهوم عام عن الذكاء يتسع لأن يضم البشر والكائنات الأخرى المحتملة[1].

بنُاءً عليه، يُعَدُّ انبثاق ذكاء الآلة في النصف الثاني من القرن العشرين أهم حدث في تطور هذا الكوكب منذ نشأة الحياة التي مضى عليها ألفان أو ثلاثة آلاف من ملايين السنين.. وانبثاق ذكاء الآلة من خلال نسيج المجتمع البشري هو أمر مماثل لِما حدث منذ ثلاثة بلايين عام حين انبثقت جزيئات مركبة ناسخة لذاتها من خلال نسيج الحساء الجزيئي الغني بالطاقة – أي أول خطوة في تطوير الحياة. وقد أدى انبثاق ذكاء الآلة من خلال سياق المجتمع البشري إلى تحريك عمليات مسارها لا ينعكس وستؤدي إلى إحداث نقلة في التطور. وكما أن انبثاق "**الحياة**" قد مثَّل صيغة مختلفة نوعيًا من حيث تنظيم المادة والطاقة، فبمثل ذلك تمامًا سوف يمثل انبثاق "**الذكاء**" المحض صيغة مختلفة نوعيًا من حيث تنظيم المادة والطاقة والحياة[2].

---

(1) كيفن واريك، مرجع سابق، ص ص35-36.

(2) توم ستونير: **ما بعد المعلومات** "*التاريخ الطبيعي للذكاء*"، ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة، 2000م، ص11.

لذا، حاول عديدٌ من الفلاسفة منذ أكثر من ألفي عام فهم وحل سؤالين عريضين في هذا الكون: **كيف يعمل العقل البشري، وهل يمكن لكيانات أخرى بخلاف البشر أن تملك عقول؟** بناء عليه، اختار بعض الفلاسفة النهج الحاسوبي Computational Approach، الذي ظهر عن طريق علماء الحاسوب، وقبولهم لفكرة إمكانية أن تقوم الآلات بفعل كل ما يستطيع البشر القيام به. لقد عارض آخرون هذه الفكرة بشكلٍ صريح، مدعين أن مثل هذا السلوك المتطور للغاية، مثل الحب، والاستكشاف الإبداعي، والخيار الأخلاقي، سيكون دائمًا خارج نطاق أي آلة[1]. هذا يدعونا إلى الرغبة في التعرُّف على هذا النوع المستحدث من الذكاء، وهو الذكاء الاصطناعي "**AI**".

ب. مفهوم الذكاء الاصطناعي "AI"

يوجد عديدٌ من تعريفات الذكاء الاصطناعي "**AI**"، المتعلقة بجعل الآلة تتمتع بذكاء أو محاكاة القدرة التي يتمتع بها البشر من أجل ذرعها داخل الآلة أو الحاسوب، ومن بين هذه التعريفات ما يلي[2]:

- «**فرع من عِلم الحاسوب، يتعامل مع تطوير الحواسيب أو الآلات التي تتمتع بذكاء البشر. ويتضمن الذكاء الاصطناعي "AI"، دراسة كيفية تفكير الدماغ البشري،**

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص223.

[2] نقلاً عن المرجع السابق، ص ص224-225.

وكيفية تعلُّم البشر، وكيفية القيام باتخاذ القرارات، وكيفية حل المشكلات. ثم تُستخدم نتائج هذه الدراسة في تطوير البرمجيات والأنظمة الذكية».

- «مجال للدراسة الأكاديمية بمفرداته ومصطلحاته المُتخصّصة؛ وهو عملية يقوم فيها الحاسوب بحل مهمة بطريقة تُحاكي السلوك البشري».
- «علم يهدف إلى فهم طبيعة الذكاء الإنساني عن طريق عمل برامج للحاسوب قادرة على محاكاة السلوك الإنساني المتسم بالذكاء».
- «علم يهتم بصناعة آلات تقوم بتصرفات يعتبرها الإنسان تصرفات ذكية». أو ببساطة أكثر يعرفه رسل بيل – أحد العاملين في هذا المجال – بأنه: «محاولة جعل الآلات العادية تتصرف مثل الآلات التي نراها في أفلام الخيال العلمي».
- «نشاط مُكرَّس لجعل الآلات ذكية، والذكاء هو تلك السمة التي تُمكِّن الكيان من العمل بشكل مناسب وحكمة في إطار بيئته».
- «بناء أنظمة حاسوبية ينشأ عنها مُخرجات ذكية، ولكن بطرق لا تشبه كثيرًا تلك التي يستخدمها البشر».

نستنتج مما سبق أن الذكاء الاصطناعي "AI" ينقسم إلى أربع طُرق أو أساليب: «**التفكير بطريقة بشرية، والتصرُّف بطريقة بشرية، والتفكير بطريقة عقلانية، والتصرف بطريقة عقلانية**». وبناءً عليه ذلك، تُعرِّف "**ويكيبيديا**" Wikipedia الذكاء الاصطناعي "AI" بأنه: "**ذكاء تظهره الآلات**" - أي طالما أن الآلة لديها بعض السمات أو الأداء "**الذكي**"؛ حينئذ يمكن اعتباره ذكاءً اصطناعيًا. أيضًا تنُصّ "**الموسوعة البريطانية**" على أن الذكاء الاصطناعي "AI" هو «**قُدرة الحاسوب الرقمي أو الروبوت الذي يتحكّم فيه الحاسوب على أداء المهام المرتبطة عادةً بالكائنات الذكية**»[1].

في يناير عام 2018 قام "**المعهد الصيني لتوحيد المقاييس الإلكترونيّة**" (**CESI**) ، بالاشتراك مع المعاهد الأخرى، بصياغة مقالات لتوحيد معايير الذكاء الاصطناعي"**AI**"، تنُصّ على أن الذكاء الاصطناعي "AI" هو "**نظرية وطريقة وتقنية ونظام تطبيقي يستخدم الحاسوب الرقمي أو الآلات التي يتحكّم فيها الحاسوب لمُحاكاة وتوسيع وتمديد الذكاء البشري، وإدراك البيئة، واكتساب المعرفة، واستخدام المعرفة للحصول على أفضل النتائج**". وفي الواقع، فإن الذكاء الاصطناعي "**AI**" ما هو إلا نظام اصطناعي تم تطويره للأنشطة

[1] المرجع سابق، ص225.

الذكية؛ وهي عملية تُحاكي فيها الآلات، الكائنات البشرية لاستخدام المعرفة لإنجاز مهام محددة[1].

ثانيًا: تاريخ الذكاء الاصطناعي "AI"

إذا نظرنا إلى الوراء، وبالتحديد على مدى الستين عامًا الماضية، سوف نجد أن تطور تاريخ الذكاء الاصطناعي "AI" لم يكن سلسًا بالقدر الكافي. فبعد أن مرَّ المصطلح بأطوار الإنبات والتطور الأولي، والتي ارتقى فيها المُصطلح بشكل حلزوني من الذروة إلى القاع، ثم إلى الذروة مرة أخرى (التطور، الركود، إعادة التطور). لذلك يتبع كل هبوط ذروة جديدة، والتي تدفع الذكاء الاصطناعي "AI" إلى نشوء عصر جديد يواكب تطور العلوم والتكنولوجيا التي لا تتوقف إطلاقًا.

ففي القرن العشرين، حقّق كتاب «**بحث في قوانين الفكر**» *Investigation of the Laws of Thought* لـ «**جورج بول**» G. Boole، وكتاب «**لُغة المفاهيم**» *Begriffsschrift* لـ «**غوتلوب فريجه**» G. Frege، وكتاب «**مبادئ الرياضيات**» *Principia Mathematica* لكلٍ من «**راسل**» و «**ألفريد و ايتهيد**» W. Alfred اكتشافاتٍ كبيرة في دراسة المنطق الرياضي؛ الأمر الذي بشَّر بشروق الذكاء الاصطناعي "AI". وفي عام 1936، وبحسب «**أطروحة تشرش–تورينغ**» Church-Turing

---

[1] المرجع سابق، ص225.

Thesis[*]، والتي طرحها عالِما الرياضيات «**تشرش**» و «**تورينغ**»، حيث يمكن إجراء كل عملية حسابية أو لوغاريتمية باستخدام آلة تورينغ، والتي تُعرف كأحد أُسس عِلم الحاسوب[1].

في عام 1940 بدأت المحاولات الأولى لبناء تصميم نظام يُفكر يمكنه استخدام المنطق في عملياته بدلًا من فكرة العلاقة الثابتة بين الرموز وردود الأفعال، عن طريق كلٍ من «**نوربرت فينر**» N. Wiener & «**وارن مكولوتش**» W. McCulloch، وتمخضت هذه المحاولات عن ابتكار الشبكات العصبية لمحاولة مُحاكاة شكل وترتيب وطريقة عمل الخلايا في الجهاز العصبي للإنسان. وفي عام 1950، كتب «**تورينغ**» بحثًا رائعًا حاول فيه الإجابة عن السؤال: "**هل يمكن لآلة أن تُفكِّر؟**" وحتى مجرد طرح هذا السؤال، في ذلك الوقت، كان بمثابة ثورة، بل إن الاختبار المعملي الذي طرحه (المعروف عادةً **باختبارتورينغ Turing Test**) للإجابة عن السؤال أثار جدلًا واسعًا[2].

في عام 1954، قام الأمريكي «**جورج ديفول**» G. Devol بتصميم أول روبوت قابل للبرمجة في العالم. وفي صيف عام 1956، عقدت كلية

---

[*] تقول هذه الأطروحة أن أية مشكلة يمكن حلها بشكل حدسي بطريقةٍ ما، ويمكن حلها بواسطة آلة تورينغ.

[1] المرجع سابق، ص226.

[2] كيفن واريك، مرجع سابق، ص17.

دارتموث أول مؤتمر للذكاء الاصطناعي "AI" في التاريخ، والذي يُعَدُّ رمزًا لميلاد الذكاء الاصطناعي "AI". وفي أثناء المؤتمر، طرح «**مكارثي**» مفهوم "**الذكاء الاصطناعي**" "AI" لأول مرة. وقدّم كلٍ من «**نيويل**» Newell & «**سيمون**» Simon «**آلة نظرية المنطق**» Logic Theory Machine المُبرمجة، والتي تم تنفيذها بواسطة «**جون كليفورد شو**» J. Clifford Shaw في جامعة كارنيغي ميلون. لقد أثبت النظام ما يقُرب من 40 نظرية متضمنة في دراسة «**مبادئ الرياضيات**» لدى كلٍ من «**و ايتهيد**» & «**راسل**»؛ الأمر الذي دفع مُصمِّمو النظام إلى نشر نتائجهم في «**مجلة المنطق الرمزي**» المرموقة. وقد تم رفض هذه الورقة، بحُجة احتوائها على أدلة جديدة خاصة بالنظريات الأساسية، وإغفال دور الآلة الذي تُعدُّ بمثابة مؤلف مشارك. ومن ثم، كتبت «**باميلا مكورداك**» P. McCorduck في كتابها: «**الآلات التي تُفكر**» *Machines Who Think* أن تصميم «**سيمون**» لـ «**آلة نظرية المنطق**» يُعني حلًا لمُعضلة **العقل/الجسد** الديكارتية[1].

في عام (1958) قدم «**مكارثي**» مقالة مهمة في ندوة عن «**ميكنة العمليات العقلية**» *Mechanization of Mental Processes*، والتي نُظمت في تدينغتون. اقترح «**مكارثي**» نموذجًا لحل مشاكل الحسّ المُشترك باستخدام نماذج التفكير القائمة على المنطق الصوري، إلا

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص227-228.

أن هـذه الفكـرة بـدت غريبـة. وأثنـاء مناقشـة هـذه المقالـة؛ وصـف «**يهوشـوا بـار- هيليـل**» Y. Bar-Hillel هـذه المقالـة بالنصِـف المخبـوز، زاعمًـا بـأن الاسـتدلال المنطقـي (الاسـتنباطي) (Deductive) لـيس بـالنموذج الملائـم للتفكير الحدسـي البشـري. لـم يتـأثر «**مكـارثي**» بهـذا النقـد حـول فكـرة اسـتخدام المنطـق الرياضـي في الـذكاء الاصـطناعي "**AI**"، بل واصـل البحـث والتنقيـب عـن لغـة برمجـة قائمـة على المنطـق لإجـراء أنظمـة ذكيـة. ومـن ثـم، اسـتوحى «**مكـارثي**» من إحـدى حسـابات المنطق الحديثة، وهـو «**حسـاب لامـدا**» Lambda Calculus[*]، الـذي قدمه «**تشـرش**» & «**سـتيفن كـول كلين**» S. C. Kleene (1909-1994) في ثلاثينيات القرن الماضي. وهكذا، كان بحث «**مكارثي**» موفقًا، والذي ترتّب عليه بناء لغة "**ليسـب**" Lisp في الفترة ما بين 1958-1960، حيث لا تـزال ليسـب ولهجاتهـا، مثـل Scheme و Common Lisp تُسـتخدم في بناء أنظمة الذكاء الاصطناعي "**AI**"[1].

---

[*] نظام رياضي يوضح بعض مفاهيم لغة البرمجة المهمة في شكل بسيط ونقي. ويتألف "**حساب لامدا**" التقليدي من ثلاثة أجزاء رئيسية: ترميز لتعريف الدوال، ونظام إثبات للتحقّق من المُعادلات بين التعبيرات، ومجموعة من قواعد الحساب التي يُطلق عليها الاختزال.

[1] المرجع سابق، ص228.

في ستينيات القرن العشرين، طرح «**نويل**» & «**سيمون**» مشروعًا لحل المشكلات العامة، وكان بمثابة الإسهام الأكبر والمثير للجدل في تطوير مجال الذكاء الاصطناعي "**AI**"، وتمثّل ذلك في برنامج مُتعدد الأغراض باستخدام حاسوب آلي، يهدف إلى مُحاكاة بعض الطرق البشرية لحل المشاكل[1]. ولقد أدى نجاح هذا البرنامج إلى مجموعة واسعة من استراتيجيات حل المشاكل والتخطيط المختلفة في أنظمة الذكاء الاصطناعي "**AI**" والبشري. أيضًا كان الإسهام المهم الآخر، هو الفكرة التي طرحها «**لطفي زادة**» L. Zadeh، القائمة على استخدام المجموعات والأنظمة الغامضة Fuzzy Systems – بمعنى أن الحاسبات لا تعمل فقط بنسق ثنائي منطقي، بل تعمل أيضًا بطريقة "**غامضة**" تشبه طريقة الإنسان[2].

وفي منتصف ستينيات القرن العشرين، ظهر الاتجاه الثالث في الذكاء الاصطناعي الرمزي "**AI**"، وهو الاتجاه القائم على المعرفة Knowledge-based. نشأ هذا الاتجاه من خلال مشروع لتنفيذ نظام خبير يُدعى "**دينـدرال**" **Dendral**، الذي أجراه «**إدوارد فيغنباوم**» E. Feigenbaum & «**جوشوا ليدربيرج**» J. Lederberg في جامعة سانفورد. كان تحديد الجزيئات العضوية غير المعروفة على

---

[1] كيفن واريك، مرجع سابق، ص17.

[2] حسن جبريل، مرجع سابق، ص ص228-229.

أساس تحليل أطيافها الكتلية، ومعرفة تركيبها الكيميائي هو هدف النظام. لقد كان النظام مفيدًا جدًا بالنسبة للكيميائيين العضويين؛ الأمر الذي دفع «**فيغنباوم**» إلى تقديم نموذج جديد للذكاء الاصطناعي "**AI**" يختلف عن المُحاكاة الإدراكية والنهج القائم على المنطق. ويمكن وصف هذا النموذج بالطرق التالية. **أولًا**: بدلًا من حل المشكلات العامة، يجب أن تركز الأنظمة الذكية على مجالات تطبيقية محددة بشكل جيد (على خلفية نظام **ديندرال**). **ثانيًا**: يجب أن يكون النظام الذكي مزودًا بجميع المعارف التي يمتلكها الخبراء البشريون في مجال معين، والتي تسمى بالأنظمة الخبيرة. **ثالثًا**: يجب التعامل مع هذه المعرفة كنوع من البيانات وضرورة تخزينها في قاعدة المعرفة الخاصة بالنظام.

أمّا خلال الفترة من عام 1966 إلى 1972، قام معهد ستانفورد الدولي للأبحاث **SRI**International بتطوير الروبوت "شاكي"**Shakey**، كأول روبوت مُتحرك يستخدم الذكاء الاصطناعي "**AI**". وفي عام 1966، قام «**جوزيف و ايزنباوم**» J. Weizenbaum من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (**MIT**)، بتصميم أول روبوت للمحادثة في العالم وهي **ELIZA**. كانت **ELIZA** ذكية؛ لأنها تمكنت من فهم اللغة الطبيعية البسيطة من خلال اتباع قواعد وتوجيهات النصوص وتوليد تفاعلات شبيهة بالبشر. وفي 9 ديسمبر 1968، اخترع «**دوغلاس إنجلبارت**» D.

Engelbart من معهد ستانفورد للأبحاث بكاليفورنيا فأرة الحاسوب وتصور مفهوم ربط النصّ التشعُّبي Hypertext Linking[*]، والذي أصبح أساس الإنترنت الحديث بعد عدة عقود[1].

في أوائل السبعينيات من القرن العشرين، واجه تقدُّم الذكاء الاصطناعي "AI" أزمة. ففي ذلك الوقت، لم تكن الذاكرة المحدودة وسرعة المُعالجة لأجهزة الحاسوب كافية لحل أي مشاكل عمليّة تتعلق بالذكاء الاصطناعي "AI". ولكن سُرعان ما وجد الباحثون أن مُتطلّبات البرامج الحاسوبية لفهم العالم على مستوى الطفل كانت عالية جدًا: لم يتمكن أحد من إنشاء قاعدة مثل قاعدة البيانات الضخمة في عام 1970، ولم يعرف أي شخص كيف يمكن للبرنامج أن يتعلّم الكثير من المعلومات. أما في غياب التقدم، توقفت وكالات تمويل الذكاء الاصطناعي "AI" تدريجيًا عن تمويل بحوث الذكاء الاصطناعي "AI" غير الهادفة، حيث توقف المجلس الوطني للعلوم "NSC" عن التمويل بعد تخصيص مبلغ 20 مليون دولار[2].

---

[*] مُصطلح يدل على مجموعة كبيرة من النصوص المترابطة تسمح بالإحالة المباشرة، وباسترجاع النصوص عند الطلب.

[1] المرجع سابق، ص229.

[2] المرجع سابق، ص230.

كما شهد عقد الثمانينيات شيئًا من الإحياء في الذكاء الاصطناعي "AI"؛ ويرجع ذلك إلى عوامل ثلاثة. **أولًا**: سار عديدٌ من الباحثين على درب «**مكارثي**»، وواصلوا تطوير نُظم الذكاء الاصطناعي "AI" من منظور علمي. وشهدت هذه الفترة ابتكار الأنظمة الخبيرة على أساس التعامل مع مجال معرفة محدد؛ الأمر الذي أتاح تجنُّب الجدل القائم حول غياب "المنطق". **ثانيًا**: على الرغم من استمرار المُناقشات الفلسفية وخاصةً فيما يتعلّق بما إذا كان يمكن للآلة أن تُفكر بنفس الكيفية التي يفكر بها الإنسان أم لا، فقد كانت تجري في مسار لا يتعارض مع مساعي تطوير الذكاء الاصطناعي "AI". ومن ثم سار فريقا المدرستين كل في طريقه، بينما سار مطورو الذكاء الاصطناعي "AI" نحو تحقيق حلولًا عمليّة دون الالتفات كثيرًا إلى مسألة هل ينبغي للحواسيب أو إمكانيتها أن تتصرف كالبشر. **ثالثًا**: بدأ التطور المتوازي للروبوت يظهر بتأثير بالغ على الذكاء الاصطناعي "AI"؛ الأمر الذي أدى إلى ظهور اتجاه جديد في التفكير يتمثل في أن إصباغ ذكاء "**حقيقي**" على الحاسوب، يقتضي أن يكون لهذه الآلة كيان لكي تستشعر وتتحرك وتتعايش مع العالم[1].

في عام 1981، قامت وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة في اليابان بتخصيص مبلغ 850 مليون دولار، لتطوير مشروع حاسوب الجيل

[1] كيفن واريك، مرجع سابق، ص21.

الخامس، والذي كان يُطلق عليه آنذاك حاسوب الذكاء الاصطناعي Computer "AI". وقد ألهم ذلك الحكومتين البريطانية والأمريكية؛ لإحياء التمويل الضخم للبحوث في مجال تكنولوجيا المعلومات، وفي عام 1984، وتحت قيادة الأمريكي «**دوغلاس لينات**» D. Lenat، تم إطلاق مشروع **Cyc** (**الموسوعة**) (**Encyclopedia**) بهدف تمكين تطبيقات الذكاء الاصطناعي "**AI**" من العمل بطريقة مماثلة للتفكير البشري، وفي عام 1986، ابتكر المخترع الأمريكي «**تشارلز هال**» C. Hull أول طابعة ثُلاثية الأبعاد 3D printer في تاريخ البشرية[1].

في عام 1993، طرحت إدارة كلينتون الأمريكية تقريرًا حاسمًا مفاده أن التكنولوجيا هي مُحرك النمو الاقتصادي، وتهدف إلى إنشاء نوع جديد من شبكة المعلومات – عن طريق المعلومات فائقة السرعة، وبالتالي، تصور مُخطط ثورة الإنترنت، وإرساء أساس متين للتطور الهائل للذكاء الاصطناعي "**AI**". وفي عام 1997، هزم برنامج "ديب بلو" **Deep Blue** من شركة **IBM** بطل العالم للشطرنج «**غاري كاسباروف**» G. Kasparov. يمكن لبرنامج "ديب بلو" **Deep Blue** أن يصل إلى 200 مليون حالة في الثانية الواحدة، وهو عدد أكبر بكثير من أي لاعب شطرنج بشري[2]. وفي عام 2002، كان «**كيفن واريك**» *W. Kevin* أول

---

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص231.

[2] المرجع سابق، ص ص231-232.

من نجح في ربط الجهاز العصبي البشري مباشرةً بحاسوب آلي لإنشاء شكل موحَّد جديد للذكاء الاصطناعي "**AI**". وفي عام 2005، أعلن «**واريك**» أن آلة روبوت من جامعة ستانفورد قد حققت تحديًا كبيرًا بأن قادت سيارة دون تدخل بشري لمسافة 131 ميلًا في طريق صحراوي وعر. وفي عام 2009، أعلن فريق «**مشروع الدماغ الأزرق**» Blue Brain Project عن نجاحهم في محاكاة أجزاء من قشرة دماغ فأر[1].

في عام 2011، تنافس "واطسن" **Watson**، وهو برنامج ذكاء اصطناعي "**AI**" طورته شركة **IBM** للإجابة عن الأسئلة بلغة طبيعية في مسابقة تليفزيونية أمريكية ضد بطلين بشريين، وفاز في الأخير بجائزة قدرها مليون دولار. وفي عام 2012، أنشأ فريق علماء الأعصاب الكندي، دماغًا افتراضيًا يحوي 2.5 مليون خلية عصبية تمت مُحاكاتها بقدرات إدراكية بسيطة، يُدعى "**سباون**" **Spaun**، حيث اجتاز "**سباون**" اختبار حاصل الذكاء **IQ Test**.

وفي عام 2013، تم إنشاء "**فيسبوك**" لاستكشاف مجال التعلُّم العميق؛ لتزويد مُستخدمي فيسبوك تجربة منتج أكثر ذكاءً؛ كما استحوذت "**جوجل**" على شركة **DNNResearch** للتعرُّف على الصوت والصورة من أجل الترويج لمنصة التعلُّم العميق. وفي العام

[1] كيفن واريك، مرجع سابق، ص22.

نفسه، قامت شركة "**بايدو**" **Baidu** بتأسيس معهد التعلُّم العميق "**DLI**"[1].

في عام 2015، وفرت مكتبة "**تنسرفلو**" TensorFlow مفتوحة المصدر منصة التعلُّم الآلي من الجيل الثاني تقوم بتدريب الحواسيب بشكل مباشر على أداء المهام بكميات كبيرة من البيانات. وفي العام نفسه، قامت جامعة كامبريدج بإنشاء معهد الذكاء الاصطناعي. وفي 15 مارس 2016، انتهت آخر لعبة من منافسة الإنسان والآلة بين برنامج الحاسوب "**ألفاجو**" AlphaGo، وبطل العالم في الشطرنج «**لي سيدول**». وبعد مرور خمس ساعات من المنافسة، هُزم «**لي**» من "**ألفاجو**" بنتيجة 4/0؛ الأمر الذي أدى إلى هدم تصور العالم لمفهوم الذكاء الاصطناعي "**AI**"، وبدا أن سوق الذكاء الاصطناعي "**AI**" بأكمله قد اشتعل، وبدأت جولة جديدة من التطوير[2].

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص232.

[2] المرجع سابق، ص232-233.

الفصـــــل السادس

فلسفــة الذكاء الاصطنـاعي

تمهيد

إنَّ المُدقّق في علاقة الفلسفة بالذكاء الاصطناعي "AI"، يجد أنها لم تخرج عن هذا الإطار؛ فلا شك أن الذكاء الاصطناعي "AI" يُعد بمثابة ظاهرة علمية يلزم فهمها، والبحث في سماتها ومقوماتها، والفلسفة إذ تضطلع بمهمتها المعتادة، لم تقف عند حد التحليل لأُسس هذا العلم فحسب، بل امتد دورها ليشمل تزويدها بكل الأُطر النظرية اللازمة لتصميم وبناء نظمه المختلفة[1]. لذا، فمن أجل دراسة فلسفة الذكاء الاصطناعي "AI"، نحتاج أن نبدأ بإجراء عملية تقييم مستقلة للذكاء. ونحتاج للحظة، أن نحاول أن ننسى أننا بشر، وأن ننظر إلى الذكاء البشري من الخارج؛ وقد يكون من الأسهل أن تتخيل أنك كائن غريب من كوكب أو عالم آخر، ينبغي عليك بدون تحيّز مسبق تجاه البشر، أن تُقيّم ذكاء الكائنات التي تلاحظها على الأرض[2].

فإذا ما أخذنا حالة الحاسوب كشكل من أشكال الذكاء الاصطناعي "AI" وهو الذي حظى تاريخيًّا بالقدر الكافي من الاهتمام؛ وقتذاك سنستشهد بقول «**سيرل**»: «**إن محاكاة الحاسوب لعملية مادية مثل**

---

(1) هيثم السيد السيد: **منهجية منطق المحمول في علم الذكاء الاصطناعي**، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب بقنا، جامعة جنوب الوادي، 2004، ص ص19، 20.

(2) حسن جبريل، مرجع سابق، ص241.

الدماغ البشري شيء مختلف تمامًا عن العملية الفعلية ذاتها». وما لم يكن بناء الدماغ بنفس المادة، فلن نستطيع أن نجعله طبق الأصل، على الرغم من أنه نظريًا، قد نجعله قريب الشبه جدًا. ونتيجة لذلك، فإن الذكاء الاصطناعي "AI" القائم على الحاسوب، سيتم دائمًا ببعض الاختلافات بينه وبين الدماغ البشري. ومن الجدير بالذكر، في اعتقادنا، أن العقول البشرية متنوعة في طبيعتها وأدائها، ومن ثم ينبغي أن يشمل تحليلنا البشر المصابين بأمراض مثل التوحد، الزهايمر، والشلل الدماغي، وهكذا. ولابد من الإشارة كذلك إلى أن بعض البشر، على سبيل المثال، محدودو الاتصال مع سائر البشر، والمُنعزل تمامًا عنهم، ومع ذلك، لم نُسقط عنهم صفة البشر[1].

أولاً: الأصول الفلسفيّة للذكاء الاصطناعي "AI"

ترجع أصول فكرة الذكاء الاصطناعي "AI" في الأساس إلى العصور القديمة؛ وذلك عندما اهتم عديدٌ من الفلاسفة بمفهوم الذكاء منذ أكثر من 2000 عام، وحاول هؤلاء دراسة عددًا من الموضوعات التي تتعلّق بهذا المفهوم، كالرؤية، والتعلُّم، والذاكرة، والعقلانيّة، وتساءل بعضهم عن إمكانية "خلق" أو حتى "محاكاة" هذه الأشياء. ومنذُ أمدٍ طويل، اهتم الإنسان بفكرة صنع آلات ذكية تقوم بتقليد البشر.

[1] المرجع السابق، ص ص241-242.

ويقدم لنا تاريخ الإغريق والمصريين القدامى دلائل على هذه الفكرة القديمة وشغف الإنسان منذ القدم بمعرفة ماهيّة وطبيعة الذكاء وإمكانية "صنعه". وتزخر أساطيرهم بهذا الفلكلور العجيب الذي أفرزه الخيال البشري منذ أمدٍ بعيد. ويمكن إرجاع الدليل على فولكلور الذكاء الاصطناعي "AI" إلى مصر القديمة في عام 200 ق.م. وذلك عندما عاش رجل يُدعى «هيرو» Hero في مدينة الإسكندرية، حيث قام «**هيرو**» باختراع عددٍ من الآلات الأوتوماتيكية أو الآلية من أجل تخفيف معاناة الناس، ثم استخدمت هذه الاختراعات في طقوس التضحية لإظهار قدرة الإله[1].

طرح فلاسفة أمثال: «**أرسطو**» و «**توما الأكويني**، و «**وليام الأوكامي**» و «**ديكارت**» و «**هوبز**»، و «**لايبنتز**»؛ تساؤلات من نوع: "ما العمليات الإدراكية الأساسية؟"، "**ما الشروط الضرورية التي يجب أن تفي بها اللغة (الصورية) لتكون أداةً مناسبة لوصف العالم بطريقةٍ دقيقة دون أي لبس؟**"، "**هل يمكن أتمتة التفكير؟**". وهكذا، فإن التجارب الأولى التي من شأنها أن تساعدنا في الإجابة عن التساؤل الأساسي: "**هل يمكن بناء نظام ذكاء اصطناعي"AI"**؟"، كان من الصعب تنفيذها حتى إشراق القرن العشرين، وذلك عندما تم إنشاء الحواسيب الأولى. فعلى الرغم من أن هذا الجدل قد يُعزى قديمًا إلى

[1] المرجع السابق، ص242.

الإغريق؛ إلا أنه يحضر وبقوة من خلال الفيلسوف الفرنسي «**ديكارت**» عندما نظر إلى الحيوانات من منظور أدائها الآلي، وكانت الآلات ذاتية الحركة أسلافًا للروبوت الشبيهة بالإنسان اليوم[1].

ثانيًا: هل يمكن للآلة أن تصير ذكية؟

كان هذا السؤال بمثابة لُغز واجه عديدًا من الفلاسفة على مدار سنواتٍ طويلة. وعلى الرغم من انجذاب الفلاسفة بالقضايا المفاهيمية المحضة؛ إلا أنهم أغفلوا الأهمية الاجتماعية الحقيقية التي تكمن وراء الإجابة عن هذا السؤال. فلقد كان من الأهمية الأكاديمية ضرورة التفكير في القوى الإدراكية الفعلية للحواسيب، والتي يتم تقديمها اليوم في مجموعة متنوعة من الأدوار الاجتماعية الحساسة؛ لذلك يرى كثيرٌ أن أي حاسوب حتى حاسوب الخمسينات يفوق أي إنسان في قدرته على الحساب والعمليات الرياضية، وكانوا يصفونه بأنه أسرع من أينشتاين. لكن هذه القدرة الحسابية ناتجة عن برمجيات وضعها الإنسان وطبقها الحاسوب دون "تفكير" حتى وصل إلى النتيجة. ويرى فريقٌ آخر أنه ما دامت نتائج العمليات الحاسوبية سليمة ومفيدة، فهذا دليلٌ كافٍ على ذكاء الحاسوب[2].

---

[1] المرجع السابق، ص ص242-243.

[2] المرجع السابق، ص245.

في عام 1936، كتب «**تورينغ**» ورقة بحثية بعنوان: «**حول الأعداد القابلة للحساب**»، والتي أظهر فيها أهم المفاهيم الأساسية للحاسوب، والتي أصبحت تُعرف اليوم بـ «**آلة تورينغ**»، باعتبارها "**نموذجًا عامًا لأية عملية حسابية ممكنة**"؛ أي أن أي إجراء لوغاريتمي أو حسابي محتمل يمكن أن يتخيله البشر يمكن تنفيذه من خلال هذه الآلة. بالمقابل، توفِّر «**آلة تورينغ**» الطريقة لتنفيذ جميع الإجراءات الحسابية (نظريًا)؛ وتُعرف هذه الفرضية باسم أطروحة «**تشرش/تورينغ**».

تتألف «**آلة تورينغ**» من ثلاثة أجزاء. **أولًا**، هناك وحدة التحكُّم التي تقبل وتُمرِّر عددًا من التعليمات أو الأوامر. **ثانيًا**، هناك شريط لا نهائي (كلما قارب الشريط من الانتهاء يُضاف غيره) وهو مُخطط بمربعات واحدية. ويمكن للآلة الكتابة على كل مربع منها، كما يمكنها قراءة ما هو مكتوب على المربع، ويمكن أن يكون المربع خاليًا من الكتابة أحيانًا، ويمكن عند الضرورة تغيير البيانات بتحريك الشريط إلى الخلف، والكتابة فوق ما هو موجود على المربع. أما **العنصر الثالث** فهو رأس الكتابة Read-write الذي يُمرِّر الشريط من خلاله مربعًا بعد مربع. ويمكن للرمز الواحد المكتوب على المربع أن يُقرأ ويُمرّر إلى وحدة التحكم. ويكون الرمز عبارة عن قطعة معلوماتيّة صغيرة أو حرف شيفرة أو عددٍ يمثل أمرًا. ويضبط سلوك الآلة في

جميع الأوقات والمراحل؛ أولًا تبعًا لحالتها الداخلية الراهنة والتي هي نتاج النشاطات السابقة التي تقوم بها، ثانيًا باستخدام المعطيات أو الأوامر الجديدة التي تتلقاها من رأس الكتابة[1].

لا ريب أن هذه الورقة كانت تصف «**الآلات العالمية**» بأنها كيانات رياضية بسيطة في طبيعتها، قادرة من حيث المبدأ على حل المشكلات المنطقية أو الرياضية. ولقد أفضت هذه الورقة في النهاية إلى ما يُسميه بعض علماء النفس وعلماء الحاسوب «**استعارة الحاسوب**»: «**مُقارنة الأنشطة الإدراكية لدى البشر بحاسوب يعمل**». فمثلما يجب تغذية أجهزة الحاسوب بالبيانات، يتعين أيضًا على الناس الحصول على المعلومات. وهذا ما ناقشناه عند الحديث عن كون الدماغ البشري جهازًا حاسوبيًا معقدًا أم لا؟ بمعنى أن كلاً من الحواسيب والأدمغة تقوم بتخزين المعلومات، وبالتالي، يجب أن يكون لدى الكيانين هياكل وعمليات تسمح بهذا التخزين؛ لذلك، غالبًا ما تحتاج الأدمغة والحواسيب إلى عملية إعادة ترميز للمعلومات؛ أي لتغيير طريقة تسجيلها أو عرضها. أيضًا يجب على الأدمغة والحواسيب معالجة المعلومات بطرق أخرى، أي تحويلها، عن طريق إعادة ترتيبها، والإضافة إليها أو الحذف منها... إلخ. أما اليوم، يدرس علماء الحاسوب الذين يعملون على مشكلة الذكاء الاصطناعي "AI" كيفية برمجة أجهزة

[1] المرجع السابق، ص ص245-246.

الحاسوب لحل أنواع المشكلات نفسها التي يمكن أن يحلها البشر، وما إذا كان بإمكان الحواسيب استخدام الأساليب نفسها التي يستخدمها الأشخاص لحل مثل هذا النوع من المشكلات[1].

لقد كانت ورقته البحثية الأخرى المعنونة: «**الماكينات الحاسبة والذكاء**» *Computing Machinery and Intelligence* عام 1950، تاريخية بالنسبة للذكاء الاصطناعي "**AI**"؛ لأنها كانت تركز على مفهوم الآلة الذكية. ولكن من أجل القيام بذلك، كان لابد من وجود طريقة لقياس هذا الذكاء، "**ما الذكاء – على الأقل بالنسبة للآلة**؟". اقترح «**تورينغ**» معيار اختبار يُسمى «**اختبار تورينغ**» Turing Test بهدف تحديد ما إذا كانت الآلة تتمتع بذكاء بشري أم لا. ينُص المعيار على أنه إذا كان فعل ورد فعل وتفاعُل الآلة هو نفسه فعل ورد فعل وتفاعل الإنسان الذي يتمتع بالوعي؛ عندئذ يمكن اعتبار الآلة ذات وعي وذكاء. ويمكن فهم «**اختبار تورينغ**» على أنه اختبار إجرائي يوفِّر طريقة ملموسة لتحديد ما إذا كان الكيان ذكيًا أم لا. يتضمن الاختبار تواجدًا لمُحقّق بشري في غرفة، وإنسانًا آخر في غرفة ثانية، وكيانًا اصطناعيًّا في غرفة ثالثة. يُسمح للمُحقّق البشري بالتواصل مع كلٍ من الإنسان المتواجد في الغرفة الثانية، والكيان الاصطناعي المتواجد في الغرفة الثالثة، وذلك باستخدام جهاز نصي، مثل الجهاز الطرفي Terminal.

---

[1] المرجع السابق، ص246.

ثم يُطلب من المُحقّق البشري تمييز الإنسان عن الكيان الاصطناعي بناءً على ردود الأسئلة التي طرحها المُحقّق. فإذا لم يتمكن المُحقق من التمييز بين الردود؛ عندئذ يتم اجتياز «**اختبارتورينغ**»، ونقول أن الكيان الاصطناعي "**AI**" ذكيًا. لذلك من الواضح أن هذا الاختبار يُشير إلى أن الآلة يمكنها معالجة كميات كبيرة من المعلومات، وتفسير الكلام Interpret Speech، والتواصل مع البشر[1].

يُمكن مُلاحظة أن «**اختبارتورينغ**» يتفادى التفاعل المادي بين المُحقق والكيان الاصطناعي؛ حيث ينصّ الافتراض على أن التفاعل المادي ليس ضروريًا للبرهنة على الذكاء. على سبيل المثال، الحاسوب **HAL** في فيلم أوديسة الفضاء Space Odyssey هو ببساطة كيان يتواصل معه الطاقم، وسوف يقوم **HAL** باجتياز «**اختبارتورينغ**». أما في حالة تزويد المُحقق بمعلومات مرئية حول الكيان الاصطناعي، بحيث يتمكن المُحقق من اختبار قدرة الكيان على الإدراك والتنقل عبر العالم؛ عندئذ نطلق على هذا الاختبار «**اختبارتورينغ الكلي**» Total Turing Test. وسوف يجتاز ذا ترمنايتور أو المُبيد The Terminator في الفيلم الذي يحمل الاسم نفسه هذا النوع من الاختبار[2].

---

[1] المرجع السابق، ص ص246-247.

[2] المرجع السابق، ص247.

لذلك ركزت المناقشات المبكرة على مشكلة إكساب الآلة قدرات عقلية، إلا أن الحُجج التي أوردها «**تورينغ**» في مقالته قد أشعلت ثورة من الاعتراضات لدى الفلاسفة، وحددت طبيعة المستوى الأول من التفاعل بين المجالين. "فعادةً عندما نقول أن هذه الآلة "**تفكر**" أو أن هذه العين الإلكترونية "**ترى**"، فنحن نضع الفعل يُفكر ويرى بين علامتي تنصيص، لكي نلفت الانتباه إلى حقيقة أننا نستخدمها على نحوٍ مجازي، والمشكلة ظهرت عندما حاول البعض إزالة هذه العلامات – كما فعل تورينغ – وطمس معالم التمييز بين الصفات والقدرات البشرية وبين الآلة[1].

بناءً عليه، يُعرِّف «**تورينغ**» الذكاء الاصطناعي "**AI**" على النحو التالي: «**إذا كان هناك آلة خلف ستارة، وكان الإنسان يتفاعل معها** (بأي وسيلة سواء بالصوت أو الكتابة، أو غيرهما)، **فإذا شعر الإنسان أنه يتفاعل مع شخصٌ آخر إنسان، إذن، فإن الآلة ذكية اصطناعيًا**». وهذه طريقة فريدة تمامًا لتعريف الذكاء الاصطناعي "**AI**". لا يهدف هذا التعريف إلى إبراز مفهوم الذكاء بشكل مباشر، ولكنه يركز على السلوك البشري. وفي واقع الأمر، فإن هذا الهدف أوسع نطاقًا من مفهوم الذكاء. من هذا المنظور، لا يُعني الذكاء الاصطناعي "**AI**" بناء آلة ذكية بشكلٍ استثنائي يمكنها حل أية مشكلة

[1] هيثم السيد السيد، مرجع سابق، ص24.

في وقتٍ قصير، بل يُعني بالأحرى بناء آلة قادرة على التصرُّف مثل الإنسان. مع ذلك، فإن مجرد بناء آلات تُحاكي البشر لا يبدو بالأمر المثير للاهتمام. ووفقًا للمنظور المُعاصر، عندما نتحدث عن الذكاء الاصطناعي "AI"، فإننا نعني الآلات القادرة على أداء واحدة أو أكثر من هذه المهام: فهم اللغة البشرية، وأداء المهام الميكانيكية التي تنطوي على حركات معقدة، وحل المشكلات المعقدة القائمة على الحاسوب، والتي قد تحتوي على بيانات كبيرة في وقتٍ قصير جدًا، والعودة بردود بطريقة تشبه ردود البشر... إلخ[1].

كان هناك جدل مستمر جراء هذا الاختبار، حيث اعتقد البعض إمكانية خداع هذا الاختبار. ففي عام 1980، كتب «**سيرل**» ورقة بحثية شهيرة بعنوان: «**العقول والأدمغة، والبرامج**» *Minds, Brains, and Programs*، حيث أقام «**سيرل**» تجربته الفكرية، والتي أطلق عليها «**حجة الغرفة الصينية**» Chinese room argument، من أجل إلقاء الضوء على الخلل الساقط على «**اختبار تورينغ**»: «**لنفترض أن جون موجود في غرفة ولا يفهم اللُغة الصينية، ولكن لديه كُتيبات إرشادية توفر له قواعد سهلة لاستخدامها في الترجمة. وفي خارج الغرفة يوجد شخص يُدعى جان وهو على دراية بالصينية، يقوم بإرسال الأحرف إلى جون. وبعد مرور بعض الوقت، سوف يحصل**

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص248.

جان على ترجمة دقيقة من جون. وعلى هذا النحو، فمن المنطقي أن نفترض أن جان يعتقد أن جون يستطيع التحدُّث بالصينية»[1].

في هذا الصدد، يقول «**سيرل**»: «**أجد أنه من المفيد للإجابة عن هذا السؤال – ذكاء الآلة - التمييز بين ما سوف أسميه الذكاء الاصطناعي القوي Strong AI، والذكاء الاصطناعي الضعيف Weak AI**»:

- "**الذكاء الاصطناعي القوي" Strong AI**: عندما تفهم الآلة ما يحدث من حولها. فقد يكون هناك عواطف وإبداع. أما بالنسبة للجزء الأكبر، فهذا ما نراه في أفلام الخيال العلمي. ويُعرف هذا النوع من الذكاء الاصطناعي باسم الذكاء العام الاصطناعي "**AGI**" Artificial General Intelligence. لذا تُركِّز شركة ديب ماينـد **DeepMind** من شركة جوجل **Google** على هذا الشكل من الذكاء.
- "**الذكاء الاصطناعي الضعيف" Weak AI**: قد تكون الآلة مُطابقة للنمط، وعادةً ما تُركّز على المهام الضيقة Narrow Tasks. ومن الأمثلة على هذا الشكل: سيري

[1] المرجع السابق، ص ص248-249.

Siri من شركة أبل **Apple**، أليكسا **Alexa** من شركة أمازون **Amazon**.

وفقًا «**للذكاء الاصطناعي الضعيف**» **Strong AI**، فإن القيمة الأساسية للحاسوب فيما يتعلّق بدراسة العقل هي أنه يعطينا أداة قوية جدًا. على سبيل المثال، يمكننا صياغة واختبار الفرضيات بطريقة أكثر صرامةً ودقةً. ولكن وفقًا «**للذكاء الاصطناعي القوي**» **AI Weak**، فإن الحاسوب ليس مجرد أداةٍ لدراسة العقل، بل إن الحاسوب المُبرمج بشكلٍ مناسب هو بالفعل عقل، بمعنى أن الحواسيب التي تعطي البرامج الصحيحة يمكن أن يُقال عنها حرفيًّا أنها تفهم ولديها حالات إدراكية أخرى. وبما أن الحاسوب المُبرمج لديه حالات إدراكية في «**الذكاء الاصطناعي القوي**»**StrongAI**؛ فإن البرامج ليست مجرد أدوات تمكننا من اختبار التفسيرات السيكولوجية؛ أو بالأحرى، البرامج هي نفسها تفسيرات[1].

لذا، فإن «**الغرفة الصينية**» عبارة عن مشهد جدلي ابتدعه «**سيرل**» في محاولة لإظهار أن جهاز مُعالجة الرموز (**حاسوب**) لا يمكن أن يوُصف بأنه يعقل أو يفهم، أو أن يكون واعيًا مهما كان يتصرّف بذكاء. لقد أصبحت هذه الحُجة حجر زاوية في فلسفة الذكاء الاصطناعي "**AI**"، مع باحثين إما يدعمون قضيته أو يحاولون تقديم

[1] المرجع السابق، ص249.

حجج مقابلة. وقد يقول قائل من مُعسكر مؤيدي «**الذكاء الاصطناعي القوي**» **Strong AI** بأن الحاسوب يفهم اللغة الصينية. بيد أن سيرل يعارضه بقوله إذا كان الجهاز لا يفهم، فلا يمكننا وصف ما يقوم به بأنه تفكير؛ ومادام الجهاز لا يُفكر، فليس له دماغ بالمعنى المألوف. ونتيجة لذلك، فإن تعريف «**الذكاء الاصطناعي القوي**» **Strong AI** خاطيء. تصور أنك متحدث للإنجليزية ولا تفهم الصينية في غرفة مغلقة، وأن لديك كتاب قواعد مع نسخة إنجليزية من البرنامج نفسه. يمكنك أن تتلقى حروفًا صينية وتعالجها وفقًا للتعليمات، ونتيجة لذلك، سوف تنتج حروفًا صينية في صورة مخرجات. ومثلما أقنع الحاسوب متحدثًا صينيًا بشريًا بأنه هو نفسه متحدث صيني، يحق لنا أن نستنتج أنك تستطيع أن تقوم بذلك أيضًا[1].

ثالثًا: هل يمكن للآلة أن تصير واعية؟

في البداية، غالبًا ما يُعتقد أن «**الوعي**» Consciousness هو ذلك الجزء من العقل الذي يصعب فهمه أو تكراره بواسطة الذكاء الاصطناعي "**AI**"؛ حيث يُعتقد أن طبيعة الوعي الذاتي أو الوعي بالذات Self-awareness أشبه بالشيء الذي يُصعب المساس به من خلال العمليات الحسابية، واللوغاريتمات، ومعالجة نمط الذكاء الاصطناعي

[1] كيفن واريك، مرجع سابق، ص ص102، 103.

"AI"؛ وبما أن الذكاء الاصطناعي "AI" من أكثر الأساليب الواعدة لإمكانية الوعي الاصطناعي "AC"؛ فإن المُحصلة التي توصّل إليها كثيرون تتلخص في أن الوعي الاصطناعي "AC" يُمكن الحُكم عليه بالفشل مقارنةً بالذكاء الاصطناعي "AI" ذاته[1].

لكن قبل مناقشة إمكانيَّة تمتع الآلة بالوعي؛ يجب أولًا تعريف مُصطلح الوعي، حتى يتسنى لنا فهم ماهيته عندما نتناوله من المنظور الاصطناعي، **فما الوعي؟**

يُعرِّف "**قاموس كامبريدج لعلم النفس**" الوعي بأنه: «**ظاهرة التجربة الشخصية. هذه التجربة إما حسيَّة مُتذكِّرة، أو مُتخيلة في الطبيعة، والتي تتفاعل مع البيئة والحالات الفسيولوجية لإحداث تغييرات في حالة أو مظاهر التجربة الذاتية**». لذا، يُستخدم المُصطلح أحيانًا للإشارة إلى وعينا بأحداث أو عمليات معينة ندركها. ويُستخدم المصطلح أحيانًا للإشارة إلى وعينا بأنفسنا والتفريق بين أنفسنا وبقية العالم - وعينا الذاتي - وفي بعض الأحيان، كان المُصطلح يُستخدم للتمييز بين حالات اليقظة وحالات النوم (اللاواعية) Unconscious. كما يُستخدم المصطلح في بعض الأديان، فأن يكون لديك وعي؛ فهذا يعني أنك منفوخٌ فيه روح Ensouled. وفي نظرية التحليل النفسي، يتم

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص254.

تمييز العقل الواعي عن العقل الباطن. أما فلسفيًّا، فأن تكون واعيًا، فهذا ينطوي على امتلاك القدرة على التجربة الذاتية، وامتلاك السمات المميزة المرتبطة بالتجربة – **الكواليا qualia**[*]. كما يرتبط الوعي ارتباطًا وثيقًا بالقدرة على تطوير حالات تمثيلية ذات محتوى مقصود أو مُتعمّد Intentional content[1].

لنفترض مثلًا أنني رأيت زوجًا من الستائر الخضراء في محل ما، فتكون خبرتي بهما على أنهما حمراوتان. فلا يمكن أن أخطئ بشأن خبرتي، وقد يصر البائع في المحل أن الستائر كانت زرقاء. لكني رأيتها خضراء، ونستطيع استدعاء عالم طبيعي ليقوم بتحليل طيفي على انعكاسية الستائر، ويبين لنا ما إذا كانت الانعكاسية الأعلى تقع في جانب الطيف الذي يشير إليه دائمًا "**باللون الأزرق**"، أم أنها تقع في الجانب الذي نشير إليه دائمًا "**باللون الأخضر**". لكن هذا لن يحسم المسألة، فبغض النظر عن التحليل الطيفي، وبغض النظر عن خبرة البائع عن زرقة الستائر، فأنا قد خبرت الستائر على أنها خضراء. ويمكنني أن أقرر شراء الستائر وأخذهم إلى المنزل وأكتشف بمجرد أن

(*) خصائص أو صفات تُحدد طبيعة التجربة العقلية (الإحساس أو الإدراك الحسي)، وتجعلها مميزة عن التجارب الأخرى المشابهة، بحيث يُفِرق المُجرِّب على سبيل المثال، بين الإحساس بالحرارة والإحساس البرودة.

(1) المرجع سابق، ص ص254-255.

أعلقهم أنهما زرقاوتان بعد كل شيء، لكن هذا لا يعني أنني كنت مخطئًا في السابق، فعندما رأيت الستائر في المحل، خبرتهما على أنهما خضراوتان. لذلك لم أكن مخطئًا عندما أصررت على ذلك. فقد كانتا خضراوتين بالنسبة لي. يمكن إذن أن أخطئ بشأن الواقع، لكن لا يمكن أن أخطئ بشأن خبرتي عنه[1].

ولنفترض أيضًا أنني كنت أتمشى في حقول من الثلج في الشتاء، وقالت رفيقتي أنها تشعر بالبرد، فإذا رددت عليها بأنها لا يمكن أن تشعر بالبرد، مشيرًا إلى أن الهواء لطيف، وأنها ترتدي طبقات عديدة من الملابس الدافئة، وأننا نمشي في نشاط، فإنني أكون متناقضًا. فالحرارة والملابس والخطوة ليست لها علاقة، وهي لا يمكن أن تُخطئ بشأن خبرتها عن البرد. وربما تكون كاذبة، لكنني أعرفها جيدًا، لذا، فسوف استبعد هذا الاحتمال. وللمرة الثانية، يمكن أن نستدعي عالم طبيعي ليقيس حرارة الجو ويحسب معدلاتنا النسبية في فقد الحرارة، آخذًا في اعتباره الملابس والخطوة وبناء أجسامنا وعملية التمثيل العضوي داخلنا، ويمكننا حتى أن نستدعي طبيبًا ليقيس سرعة تدفق الدم تحت جلودنا، أو نستدعي طبيب أعصاب ليقيس معدل إثارة مستقبلات الحرارة في جلدنا، لكن للمرة الثانية أيضًا، هذا لن يحسم المسالة، فبغض النظر عن الحالة الطبيعية للهواء ولمخ رفيقتي

[1] عادل عوض، مرجع سابق، ص 173.

وجسمها، فإنها ستشعر بالبرد، ولا يمكن أن أصر على أنها لا تشعر به، فيمكن أن تكون مخطئة بشأن الواقع، لكن لا يمكن أن تخطئ بشأن خبرتها بهذا الواقع[1].

وبناءً عليه، فالوعي كلمة نستخدمها للتعبير عن خبرتنا بالواقع، سواء أكانت خبرتنا بشيء خارجي كلون الستائر. والخبرة نفسها ليس لها أي دلائل مادية، وطبيب الأعصاب يمكن أن يحدد المناطق التي تنشط في مخي عندما اختبر اللون الأخضر أو البرد. بل إنه يمكن أيضًا، باستخدام تكنولوجيا متقدمة، لطبيب الأعصاب في المستقبل أن يصف كل تفاصيل كل إثارة لكل عصب في مخي مرتبطة بخبرتي باللون الأخضر أو البرد، لكن كل هذه القياسات لن تقول له شيئًا عن الخبرة نفسها، أو أي شيء عن ما يبدوه اللون الأخضر أو البرد بالنسبة لي[2].

لكن ماذا عن الوعي الاصطناعي "AC"؟ هل يمكن إنشاؤه، وبرمجته داخل جهاز حاسوب أو آلة؟

قد يبدو سهلًا التمييز بين الذكاء الاصطناعي "AI" و الوعي الاصطناعي "AC": الذكاء الاصطناعي "AI" هو محاولة صنع آلات ذكية، أما الوعي الاصطناعي "AC" فهو محاولة صنع آلات واعية. لكن الأمور تبدو أكثر تعقيدًا لسببين. **أولاً**: يتعسَّر التمييز بين الذكاء والوعي

---

[1] المرجع السابق، ص ص 173-174.

[2] المرجع السابق، ص 174.

بشكلٍ صريح. على سبيل المثال، في معظم الحالات التي نقول فيها أن المهمة تتطلب ذكاءً، يمكننا القول أيضًا إنها تتطلب وعيًا. **ثانيًا**، إن مجال الذكاء الاصطناعي "AI"، بمعناه الواسع، يخدم مُسمى "**الذكاء الاصطناعي**". وعليه، يخفي هذا المصطلح حقيقة أنه على الرغم من التركيز المُبكر على حل المشكلات؛ إلا أن المجال لديه دائمًا أشياء أعمق بكثير من مجرد الذكاء. وهذا يعني أن الذكاء الاصطناعي "AI" هو بمثابة محاولة صنع آلات ذات خصائص عقلية، أو إظهار جوانب مميزة للأنظمة التي لها مثل هذه الخصائص، وهذه الخصائص لا تشمل الذكاء فحسب، ولكن أيضًا تلك المتعلقة، على سبيل المثال، بالإدراك الحسي، والعاطفة، والإبداع، والوعي. وبهذا المعني، فإن الوعي الاصطناعي "AC" هو حقل فرعي من الذكاء الاصطناعي "AI". وهناك سبب للاعتقاد بأنه حقل فرعي؛ وذلك من خلال النظر في طبيعة موضوعه، والتي سيتعين عليه استخدام بعض الأساليب التي تعد بمثابة انحرافات جوهرية عن تلك المستخدمة في الذكاء الاصطناعي "AI"[1].

ومن ثم، ظهرت مجموعة متنوعة من الآراء المختلفة حول ما إذا كان بإمكان الآلة أن تصير واعية أم لا؟ ويمكن تصنيف هذه الآراء بشكلٍ عام إلى فئتين. **الأولى**: تؤكد وجهة نظر «**الذكاء الاصطناعي القوي**» Strong AI بأن الوعي يمكن أن ينشأ في عملية فيزيائية بحتة؛ لذلك يعتقد أتباع هذا المنظور إمكانية ظهور «**الوعي**» داخل الآلة عندما

[1] حسن جبريل، مرجع سابق، ص ص260-261.

نقوم بصناعة آلات ذات تعقيد وقوة حاسوبية أكبر، **الثانية**: يدعي أنصار «**الذكاء الاصطناعي الضعيف**» Weak AI أن الوعي في حد ذاته إما أنه ليس عملية فيزيائية، وبالتالي، لا يمكن إعادة إنتاجه، أو أنه عملية فيزيائية مُعقدة لدرجة أننا لن نستطيع تكراره اصطناعيًا. حيث تحتوي الأدبيات المتعلقة بالوعي الاصطناعي "AC" على عديدٍ من التحديات الفلسفية حول إمكانية بناء آلات واعية. حيث تعتمد في المقام الأول على هذه التحديات على الحجج الفلسفية المتعلقة بطبيعة الوعي وإمكانية الوصول إليه[1].

ففي البداية، تم دحض الوعي الاصطناعي "AC" في وصف «**سيرل**» الشهير بـ«**حُجة الغرفة الصينية**"، والتي ناقشناها سلفًا. فلقد جادل «**سيرل**» بأن الحاسوب – عند إعطائه الخوارزمية الصحيحة – يمكنه ترجمة اللغة الإنجليزية إلى الصينية دون خطأ. كما أنه ادعى بأن الحاسوب يمكنه القيام بهذا الأمر بنفسه إذا أخذ التعليمات الصحيحة، على الرغم من أنه لم ينطق كلمة أو اللغة الصينية. ومن هنا خلص «**سيرل**» إلى أن الحاسوب لم يفهم حقًا معنى الترجمة (**الذكاء الاصطناعي القوي**)، بل قام بمُحاكاة الترجمة دون فهم المحتوى أو المضمون (**الذكاء الاصطناعي الضعيف**). لذا، رأى

[1] المرجع السابق، ص261.

«**سيرل**» أنه بدون "**فهم**"، لا يوجد "**تفكير**"، ومن ثم، لا يوجد "**عقل**" أو "**وعي**"[1].

يُجادل الفيلسوف «**دانيال دينيت**» D. Dennett عام 1991 بأن الألغاز الراهنة حول الوعي ما هي إلا نتيجة للارتباك الناجم عن النظرية الثنائية للعقل، التي عفا عليها الزمن. ويعتقد الباحث في مجال الذكاء الاصطناعي "**AI**" «**دور ماكديرموت**» D. McDermott 2001 أن الروبوتات سوف يكون لها وعيًا في النهاية، وبنفس الكيفية التي يتمتع بها البشر، أي أنها ستوهم بأنها واعية. ومع ذلك، فإني أشك في أن تجارب البشر المرتبطة بالرؤية، والصوت، واللمس، والألم والعاطفة ما هي إلا أوهام[2].

بحسب «**أوين هولاند**» O. Holland، من الممكن التفريق بين «**الوعي الاصطناعي الضعيف**» و «**الوعي الاصطناعي القوي**»، وهو يعرفهم على النحو الآتي:

- **الوعي الاصطناعي الضعيف**: تصميم وبناء آلة تُحاكي الوعي أو العمليات الإدراكية التي ترتبط عادةً بالوعي.
- **الوعي الاصطناعي القوي**: تصميم وبناء آلات واعية.

---

[1] المرجع السابق، ص261.

[2] المرجع السابق، ص24.

إن مُعظم المشتغلين في الوعي الاصطناعي "AC" سوف يتبنون بقوة التعريف الأول وهو بناء آلات تُحاكي الوعي. ولكن على أية حال، ليس من السهل ترسيم الحدود بين هذين التعريفين. على سبيل المثال، ما إذا كان بإمكان الآلة إظهار كل السلوكيات المرتبطة عادةً بكائن واعٍ، إذن، **هل يمكننا إنكار موقف الآلة الواعية؟** وعلى العكس، **ما إذا كانت الآلة قادرة على إظهار كل هذه السلوكيات، فهل ستكون بالفعل واعية بشكل ذاتي؟**[1]

من الواضح أن هذه المُعضلة مماثلة لاختبار تورينغ. أي **هل الاختبار السلوكي كافٍ للتحقُق من وجود العقل أو العقل الواعي؟** فمنذ الأيام الأولى لظهور الحواسيب الرقمية، اقترح الناس أن الآلات ربما ستكون في يوم من الأيام واعية؛ حيث كان «**تورينغ**» أول الأشخاص الذين فكروا بجدية في هذا الأمر. وعلى الرغم من أن «**اختبار تورينغ**» هو مجرد اختبار سلوكي غير قادر على التحقق من "**القصدية الجوهرية**" للحالات الواعية؛ إلا أن إمكانية اقتراح وسائل إجرائية للتمييز بين سلوكيات الزومبي Zombie الأتوماتيكية وتلك التي تتطلب الوعي، لم يتم استبعادها بعد[2].

---

[1] المرجع السابق، ص264.

[2] المرجع السابق، ص ص264-265.

يمكن القول هنا أن الزومبي هو نسخة فيزيائية مُطابقة لمخلوقٍ واعٍ، وهو بمثابة تجربة فكرية تتبطنها فكرة أساسية كالآتي، على الرغم مما يبدو من استحالة وجود أيد من دون وجود الماء، يبدو من الممكن (لأن الزومبيات ممكنة) أن توجد حالة دماغية من دون وجود حالة واعية؛ وبالتالي، لا يمكن أن يتطابق مع الحالات الدماغية، ولا يمكن أن تكون هذه الحالات هي العناصر المكونة للوعي[1].

كما ادعى آخرون بأن الوعي الاصطناعي "AC" سيوفّر في نهاية الأمر أساسًا أفضل للتحكُّم المُعقد كلما كان من الواجب تحقيق الاستقلالية Autonomy. وفي هذه الحالة، فإن الوعي الاصطناعي "AC" ليس مجرد فرع من فروع الروبوتات الإدراكية Cognitive Robotics، ولكن يمكن – **على الأقل من حيث المبدأ** - إنشاؤه على جميع أنواع الشبكات المُعقدة من الحواسيب. وبالتالي، فإن تعقيد الأنظمة الاصطناعية اليوم تتفوق بمراحل على تقنيات التحكُّم التقليدية. حيث يمكن للوعي الاصطناعي "AC" أن يوفر طرقًا جديدة للتحكُّم[2].

---

[1] تيم كريم: الذهن الآلة، ترجمة: يُمنى طريف الحولي، مرجع سابق، ص ص333، 334.

[2] حسن جبريل، مرجع السابق، ص265.

وبحسب «**ريكاردو سانز**» R. Sanz عام 2005، هناك ثلاثة أسباب لمواصلة البحث والتنقيب عن الوعي الاصطناعي "**AC**"، وهذه الأسباب تكمن في الآتي:

- **تنفيذ وتصميم آلات شبيهة بالبشر (الروبوتات الإدراكية).**
- **فِهم طبيعة الوعي (عِلم الإدراك).**
- **تنفيذ وتصميم أنظمة تحكُّم أكثر كفاءةً.**

تم تعزيز هذا التقسيم الدقيق لهذا الحقل – الوعي الاصطناعي "**AC**" – جزئيًا من خلال الجانب الأكثر إثارةً للوعي، وهو ما يُسمى بـ «**المشكلة الصعبة**» HardProblem للوعي. صاغ «**ديفيد تشالمرز**» D. Chalmers هذا المصطلح عام 1996 للتمييز بين «**المشكلات السهلة**» Easy Problems لفهم الوعي (والتي تتمثل في مشكلات مثل شرح القدرة على التمييز، ودمج المعلومات، والإخطار بالحالات العقلية، وتركيز الانتباه، والتحكُّم... إلخ)، وبين «**المشكلة الصعبة**» (**لماذا يوجد وعي بالمعلومات الحسية على الإجمال؟ لماذا يوجد عنصر ذاتي للتجربة؟**). ومن السهل مُلاحظة أن التمييز بين الوعي الاصطناعي الضعيف والوعي الاصطناعي القوي، يعكس بدوره الفصل بين المشكلات السهلة والمشكلات الصعبة لفهم الوعي. حيث تكمن

المشكلات الصعبة التي نواجها وفقًا لـ«**تشالمرز**» في شرح كيفية ظهور التجارب الواعية من العمليات والآليات الفيزيائية في الدماغ[1].

لذا يميز «**تشالمرز**» هذا النوع من المشكلات عن المشكلات السهلة التي تتطلب منا شرح الوظائف والسلوكيات السيكولوجية المختلفة من حيث الآليات الحسابية أو العصبية. فلا يزال يتعين علينا حل المشكلة الصعبة؛ لأننا لا نعرف كيف يتم إنتاج الوعي داخل الدماغ البشري. ولكن حتى نقوم بذلك؛ لا يمكننا إنتاج هذا الوعي داخل آلة إلا عن طريق المُصادفة. ويوجز «**جيمس**» Games عام 2008 هذا الرأي من الاعتقاد بقوله: «**إذا لم نفهم كيفية إنتاج الوعي البشري، فلن يكون من المنطقي محاولة جعل الروبوت واعيًا بشكل ظاهري**». فليس من الواضح تمامًا ما إذا كان الوعي الاصطناعي "AC" يهدف إلى فِهم، وتكرار، ومحاكاة الوعي الإنساني. حيث يمكن للوعي الاصطناعي "AC" أن يرقى إلى مسعى تكنولوجي مُستلهم بشكل فضفاض من سمات العقل البشري الواعي[2].

[1] المرجع السابق، ص ص265-266.

[2] المرجع السابق، ص266.

قائمـــة المراجـــع

قائمة المراجع

1. إبراهيم عبد الكريم الخشمان: **مهارات الحاسوب وتطبيقاته**، دار المعتز للنشر، عمان، 2012.
2. توم ستونير: **ما بعد المعلومات** "*التاريخ الطبيعي للذكاء*"، ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة، 2000.
3. حسن جبريل عبد النعيم: **علم الإدراك بين الدماغ البشري والحاسوب**، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب بقنا، جامعة جنوب الوادي، 2021.
4. زينب فتحي حامد: **البنية الأخلاقية لمنظومة الحاسوب**، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة، 2013.
5. سوبراتا داسجوبتا: **علم الكمبيوتر**، مقدمة قصيرة جدًا، ترجمة: إبراهيم سند أحمد، مراجعة: عبدالفتاح عبدالله، مؤسسة هنداوي، 2023.
6. عادل عوض: **ملكة إصدار الأحكام بين الإنسان والآلة**، دراسة نقدية للرؤى المعاصرة في المنطق والحاسوب، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الطبعة الأولى، الإسكندرية، 2005.
7. غازي رحّو، إبراهيم نائب، محمد ضاهر: **مدخل إلى علم الحاسوب والبرمجة بلغة باسكال**، دار المناهج للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، 1999.

8. كيفن واريك: **أساسيات الذكاء الاصطناعي**، ترجمة: هاشم أحمد، مراجعة: السيد عطا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2013.
9. مهدي حنا: **الذكاء الاصطناعي والصراع الإمبريالي**، الآن ناشرون وموزعون، عمان، 2021.
10. مهدي صالح السامرائي: **أخلاقيات العمل**، دار اليازوري العلمية، الطبعة الأولى، عمان، 2021.
11. هيثم السيد السيد: **منهجية منطق المحمول في علم الذكاء الاصطناعي**، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب بقنا، جامعة جنوب الوادي، 2004.