الأسس المنطقية للذكاء الاصطناعي(*)

أ.د. عصام زكريا جميل
كلية الآداب – جامعة القاهرة

الملخص:

نشأ الذكاء الاصطناعي كأحد علوم الحاسوب الجديدة التي تحاول محاكاة الذكاء البشري، وذلك عن طريق خلق جيل جديد من الحواسيب الذكية التي يمكن برمجتها لإنجاز مهام تعتمد على قدرات منطقية متعددة مثل: الاستنتاج والاستنباط واكتشاف الأخطاء والمغالطات. بدأت العلاقة بين المنطق والذكاء الاصطناعي في الظهور– بشكل قوي– في مؤتمر دارتموث عام ١٩٥٦، فقد كانت أغلب الدراسات التي قدمت في حقل الذكاء الاصطناعي في هذا المؤتمر تستند إلى نظريات المنطق الرياضي، وقد شهد هذا المؤتمر ظهور أول برامج الذكاء الاصطناعي، وهو ما أطلق عليه: "مُنظِّر المنطق"، يقوم هذا البرنامج بإجراء الاستدلال والاستنتاج وفقًا لنظام منطقي آلي دون تدخل يدوي من الإنسان... وتطرح الدراسة الراهنة إشكالية رئيسة هي: ما الأسس المنطقية التي تقوم عليها أنظمة الذكاء الاصطناعي؟ لقد حددت أدبيات الذكاء الاصطناعي التي تناولت أسسه المنطقية الإجابة عن الإشكالية السابقة في ثلاث نقاط هى: (أ) اللغة المنطقية الرمزية. (ب) نظريات المنطق من الدرجة الأولى. (ج) أنماط الاستدلال المستخدمة في الذكاء الاصطناعي.

الكلمات المفتاحية:

الذكاء الاصطناعي، القدرات المنطقية، قاعدة المعرفة، محركات الاستدلال، المنطق الزمنى، المنطق الغائم.

(*) المؤتمر الدولي: الذكاء الاصطناعي ومستقبل العلوم الإنسانية نوفمبر ٢٠٢٤- كلية الآداب — جامعة القاهرة.

Logical Foundations of Artificial Intelligence

Abstract:

Artificial Intelligence emerged as one of the new computer sciences that attempts to simulate human intelligence by creating a new generation of intelligent computers that can be programmed to perform tasks based on various logical capabilities, such as inference, deduction, error detection, and fallacy detection. The relationship between logic and artificial intelligence became strongly apparent at the Dartmouth Conference in 1956, where the majority of studies presented in the field of artificial intelligence were based on mathematical logic theories. During this conference, the first artificial intelligence programs emerged, which were called "Logic Theorist". These programs conducted reasoning and inference according to an automated logical system without manual human intervention. The main issue addressed by the current study is: What are the logical foundations on which artificial intelligence systems are based? The literature of artificial intelligence that discussed its logical foundations answers this question in three main points: (A) Symbolic Logic Language, (B) First-order logic theories, and (C) Inference patterns used in artificial intelligence.

Keywords: Artificial Intelligence, Logical Abilities, Knowledge Base, Inference Engines, Temporal Logic, Fuzzy Logic.

مقدمة:

يعتبر الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence، حقلًا حديثًا نسبيًا بالمقارنة مع حقول علمية وتطبيقية أخرى، وفي الوقت نفسه يمثل ثمرة لتطور تاريخي في ميادين مختلفة، فهو نتاج ألفي عام من البحث في الفلسفة، وأربعمائة سنة من تطور الرياضيات والمنطق الرياضي الذي قاد إلى امتلاك نظريات في الاحتمال والحوسبة (ياسين، ٢٠١١، ٢٣). نشأ الذكاء الاصطناعي كأحد علوم الحاسوب الجديدة التي تحاول محاكاة الذكاء البشري، وذلك عن طريق خلق جيل جديد من الحواسيب الذكية التي يمكن برمجتها لإنجاز مهام تعتمد على قدرات منطقية متعددة مثل الاستنتاج والاستنباط واكتشاف الأخطاء والمغالطات (عبد المعطي وعبد الوهاب، ١٩٩٥، ٩).

بدأ استخدام مصطلح الذكاء الاصطناعي لأول مرة على يد عالم الرياضيات جُونْ مَكَارْثِي John McCarthy[1] في مؤتمر دارتموث Dartmouth عام ١٩٥٦، وكانت أغلب الدراسات التي قدمت في حقل الذكاء الاصطناعي في هذا المؤتمر تستند إلى نظريات المنطق الرياضي التي قدمها وايتهد Whitehead ورسل Russell في كتابهما " أصول الرياضيات". وقد شهد هذا المؤتمر ظهور أول برامج الذكاء الاصطناعي وهو ما أطلق عليه "مُنظِّر المنطق" Logic Theorist، يقوم هذا البرنامج بإجراء الاستدلال والاستنتاج وفقا لنظام منطقي آلي دون تدخل يدوي من الإنسان. فالعمليات المنطقية تتم بواسطة أنظمة الحاسوب بشكل آلي بناءً على مجموعة من القواعد المنطقية والمعلومات المعطاة. وبشكل عام؛ يعد برنامج "مُنظِّر المنطق" الخطوة الأولى نحو تطوير أنظمة الذكاء الاصطناعي التي تستند إلى المنطق، والتي تهدف إلى تمكين الأنظمة الحاسوبية من التفكير واتخاذ القرارات (Gugerty, 2006, 880). تطرح الدراسة الراهنة إشكالية رئيسية هي: ما الأسس المنطقية التي تقوم عليها أنظمة الذكاء الاصطناعي؟ يتفرع من تلك الإشكالية مجموعة من التساؤلات على النحو التالي:

١-ما الفرق بين الذكاء الاصطناعي والذكاء البشري؟ وما أوجه الشبه

والاختلاف بينهما؟

٢-ما العلاقة بين المنطق والذكاء الاصطناعي؟

٣-كيف شكل منطق الدرجة الأولى (حساب القضايا وحساب المحمول) أهم مكونات الذكاء الاصطناعي؟

٤- ما أنماط الاستدلال المستخدمة بشكل أساسي في أنظمة الذكاء الاصطناعي؟

٥-ما الدور الذي لعبته الاتجاهات المنطقية المعاصرة في تطوير أنظمة الذكاء الاصطناعي؟

للإجابة عن الإشكالية الرئيسة وما يتفرع منها من تساؤلات تم تقسيم البحث إلى ثلاثة محاور وخاتمة، على النحو التالي: **المحور الأول؛** علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي. **المحور الثاني؛** مكونات الذكاء الاصطناعي وأسسها المنطقية. **المحور الثالث؛** دور المنطق الزمني والغائم في تطوير أنظمة الذكاء الاصطناعي. **أما الخاتمة:** فتشتمل على أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة.

المحور الأول- علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي:

يعد المنطق قلب الذكاء الاصطناعي، بل الطريق الأمثل لتحقيق الأهداف المرجوة من هذا العلم، فثمة علاقة وثيقة بينهما (إبراهيم، ٢٠٠٤، ١١٠). ولكن قبل تناول طبيعة تلك العلاقة، يود الباحث الإشارة إلى التمييز بين الذكاء الاصطناعي والإنساني وأهم أنواع الذكاء الاصطناعي.

(١) القدرات المنطقية والتمييز بين الذكاء الاصطناعي والإنساني:

يعد مصطلح "الذكاء الاصطناعي"من المصطلحات العصية على وضع تعريف جامع مانع لها، حيث تذهب الموسوعة الفلسفية إلى أنه: "ليس ممكنا أن نعطي الذكاء الاصطناعي تعريفًا موحدًا يقبله جميع العاملين في هذا المجال"(Encyclopedia, 2006, 346)، وذلك نظرًا لتدخل عوامل عديدة في

تحديد معالم التعريف منها:(أ) الفترات الزمنية التي مر بها تطوره. (ب) كيفية دراسته[٢]. (ج)الأغراض التي يرمي لتحقيقها. وقد أورد لنا (طلبة وآخرون، ١٩٩٤، ٢٨) مجموعة من تعريفات الذكاء الاصطناعي عند رواده منها:(أ) "دراسة كيفية جعل الحواسيب تؤدي أشياء يؤديها الإنسان بطريقة أفضل"(أيلين ريتشE. Riche). (ب) "بناء آلات قادرة على القيام بالمهام التي تتطلب الذكاء البشري"(نيلز نيلسون N.Nilsson).(ج) "العلم القادر على بناء آلات تؤدي مهامًا تتطلب قدرًا من الذكاء البشري"(مارفن منسكي M. Minsky).(د) " قدرة الآلة على القيام بالمهام التي تحتاج للذكاء البشري عند أدائها مثل الاستنتاج المنطقي والتعلم والقدرة على التعديل"(مارتن ويك M. Weik). أما قاموس "بلاك ويل الفلسفي" فيرى أن: "الذكاء الاصطناعي ليس دراسة الحواسيب، ولكنه دراسة للذكاء في الفكر والعمل، والحواسيب هي أدواته، لأن نظرياته يتم التعبير عنها في شكل برامج كمبيوتر تمكّن الآلات من القيام بأشياء تتطلب ذكاءً أشبه بذكاء البشر"(Nicholas&Jiyuan, 2004, 53). ويتضح من التعريفات السابقة أنه بالرغم من تباينها، إلا أنها تنصب جميعها حول هدف واحد وهو محاولة محاكاة عمليات التفكير الإنساني المرتبطة بأنشطة تحتاج إلى استخدام الذكاء.

أما الذكاء الإنساني فيعرف بأنه: "القدرة على وضع وإيجاد الحلول للمشكلات باستخدام الرموز وطرق البحث المختلفة، ومعالجة المعرفة والقدرة على استخدام الخبرة المكتسبة في اشتقاق معلومات ومعارف جديدة تؤدي إلى وضع الحلول للمشكلات في مجال معين (الشرقاوي، ١٩٩٦، ٢٢). ولقد حاول علماء الذكاء الاصطناعي نقل أساليب الذكاء الفطري والخبرة المكتسبة للإنسان إلى نظم البرمجة للحواسيب لكي يمكن الاستفادة بها في كثير من شتى مجالات الحياة المختلفة، التي تتطلب قدرًا من الذكاء والخبرة، وقد أدى هذا السعي لظهور نظم الذكاء الاصطناعي والتي اتسمت بانتقال جزء من أساليب الذكاء الإنساني إلى نظم البرمجة للحواسيب والتي أسهمت بدورها في بناء النظم الخبيرة التي شملت بعضًا من الخبرة المكتسبة للإنسان. **والسؤال: ما**

أوجه الشبه والاختلاف بين الذكاء الاصطناعي والذكاء الإنساني؟

لعل أوجه الشبه والاختلاف بينهما– من وجهة نظر الباحث– ترتكز في إحدى جوانبها حول مفهوم القدرات المنطقية Logical Abilities حيث يعد هذا المفهوم معيارًا لهذا التمييز، ويُعرف مفهوم القدرات المنطقية بأنه: "**القدرة على حل مشكلة ما باستخدام عمليات عقلية والوصول إلى مبادئ أو قواعد من خلال إجراء تعميمات أو تجريدات معينة**"(Sezen & Bülbül, 2011, 2476). من خلال هذا المفهوم يتشابه الذكاء الاصطناعي والإنساني، فالذكاء الإنساني يستطيع التفكير، واتخاذ القرارات، وتحليل المعلومات بطريقة منطقية ومنظمة، وكذلك تقدير الأمور بناءً على الأدلة المتاحة، واستخدام القواعد والعلاقات المنطقية للوصول إلى استنتاجات دقيقة. أما بالنسبة للذكاء الاصطناعي؛ فتعد القدرات المنطقية أحد العوامل الأساسية التي يجب أن تتوفر لدى الأنظمة الذكية، حيث يتم استخدام القدرات المنطقية لتمثيل المعرفة والمعلومات بطريقة منظمة، واتخاذ القرارات الذكية بناءً على تحليل المعلومات بدقة. تلعب هذه القدرات دورًا مهمًا في مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل معالجة اللغة الطبيعية، والنظم الخبيرة، والتفاعل مع البيئة في حالة الروبوتات الذكية وغيرها. ويمكننا القول إن مفهوم القدرات المنطقية يعتبر جزءًا لا يتجزأ من الذكاء الاصطناعي والإنساني، وبخلاف القدرات المنطقية السابقة يتشابه الذكاء الاصطناعي والإنساني في: (أ) القدرة على الاستجابة بمرونة تامة. (ب) القدرة على استنباط القوانين العامة من الأمثلة المحدودة. (ج) القدرة على فهم وتحليل المواقف الغامضة وغير التقليدية باستخدام أسلوب الاستدلال المنطقي (طلبة وآخرون، ١٩٩٤، ٢٩).

هذا؛ وترتكز أوجه الاختلاف بين الذكاء الاصطناعي والإنساني أيضًا على مفهوم القدرات المنطقية؛ فالذكاء الإنساني يستطع القيام بمجموعة من القدرات يعجز الذكاء الاصطناعي عن القيام بها من أهمها:

(أ) القدرة على استحداث النموذج؛ فالإنسان قادرًا على اختراع وابتكار النموذج، في حين أن النموذج الحاسوبي يعد تمثيلًا لنموذج سبق

استحداثه في ذهن الإنسان.

(ب) القدرة على التعلم على أساس مبدأ المحاولة والخطأ، فالذكاء الإنساني لديه القدرة على استخدام هذا المبدأ وحل المشاكل قياسًا على مواقف سابقة مشابهة في حياة الفرد، أما في حالة الذكاء الاصطناعي؛ فالآلات يمكنها التعلّم من خلال البيانات أو التدريب المستمر، ولا يمكنها تحقيق عملية التفكير من خلال مبدأ المحاولة والخطأ.

(ج) الذكاء الاصطناعي لم يتقن بعد القدرة على استيعاب الرموز الاجتماعية والعاطفية ذات الصلة. فالبشر يتفوقون في عمليات التفاعل الاجتماعي لأن لديهم الوعى الذاتي والقدرة على فهم عواطف الآخرين[٣] (Pedamkar, 2023).

(٢) أنواع الذكاء الاصطناعي:

يتم تقسيم أنواع الذكاء الاصطناعي وفقًا للقدرات منطقية إلى ثلاثة أنواع رئيسة تبدأ من رد الفعل البسيط إلى الإدراك والتفاعل الذاتي على النحو التالي[٤]:

(أ) **الذكاء الاصطناعي الضعيف:** وهو أبسط أشكال الذكاء الاصطناعي، وتتم برمجته للقيام بوظائف معينة داخل بيئة محددة، ويعتبر تصرفه بمنزلة رد فعل على موقف معين، ولا يمكن له العمل إلا في ظروف البيئة المحيطة الخاصة به، مثال (الروبوت ديب بلو) الذي ابتكرته شركة IBM ، وقام بلعب الشطرنج مع بطل العالم "غاري كاسباروف" وهزمه .

(ب) **الذكاء الاصطناعي القوي:** ويتميز بالقدرة على جمع المعلومات وتحليلها، وعلى تراكم الخبرات من المواقف التي يكتسبها، والتي تؤهله لأن يتخذ قرارات مستقلة وذكية، مثال: روبوتات الدردشة الفورية، والسيارات ذاتية القيادة .

(ج) **الذكاء الاصطناعي الخارق:** لازال هذا النوع قيد التجارب، ويمكن

التمييز بين نمطين أساسيين منه: الأول؛ يحاول فهم الأفكار البشرية، والانفعالات التي تؤثر في سلوك البشر ويملك قدرة محدودة على التفاعل الاجتماعي. والثاني؛ نموذج لنظرية العقل، حيث تستطيع هذه النماذج التعبير عن حالتها الداخلية، وأن تتنبأ بمشاعر الآخرين ومواقفهم، وأن تتفاعل معها، إنها الجيل المقبل من الآلات فائقة الذكاء (Anjali, 2018).

(٣) طبيعة العلاقة بين المنطق والذكاء الاصطناعي:

أشارت عديد من الدراسات المنطقية الأكاديمية التي تناولت الذكاء الاصطناعي إلى وجود علاقة وثيقة بين المنطق وعلوم الحاسوب من جهة، والمنطق الغائم والذكاء الاصطناعي من جهة أخرى، " فلا يكاد يخلو أي نظام ذكي من وجود بصمة منطقية تثبت جوهرية الدور الذي يلعبه المنطق في هذا النظام".[٥] وبالمثل، أشارت بعض أدبيات علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي إلى إمكانية رد أسس العمل وتصميم وبناء برامج هذه العلوم إلى أسس منطقية، فالحاسوب في تصميمه المادي Hardware يقوم على استخدام الثوابت المنطقية، التي تبحث في صحة الجمل والكلمات، فغدت هذه الثوابت بمثابة كشف وفتح مبين لعلماء الحاسوب عامة، والذكاء الاصطناعي خاصة، فقد هيأت لهم تصميم وبناء النواة الأساسية لأي جهاز إلكتروني وهو ما عرف بعد ذلك باسم الدوائر المنطقية، وبمقتضاها تمكنوا من بناء وحدة المعالجة المركزية (غربي، ٢٠٢٢، ٢١٣). وبوجه عام توصف العلاقة بين المنطق والحاسوب بأنها "علاقة ثابتة" إلى حد ما، فعلى مر تاريخ الذكاء الاصطناعي اُعتُبِرَ المنطقُ إحدى الركائز الأساسية لهذا العلم. وبالرغم من ثبات هذه العلاقة، إلا أنه قد شابها بعض التوتر نتيجة لانقسام علماء الذكاء الاصطناعي بين مؤيد ومعارض حول أهمية دور المنطق ومدى الاستفادة منه. ولقد قدم "كولاتا Kolata " في مقال له عام ١٩٨٢ وصفًا لهذين الموقفين (نقلا عن: إبراهيم، ٢٠١٤، ٢٦٣-٢٦٤)

<u>الموقف الأول:</u> تبني هذا الموقف"فريق المنطق"، الذى رأى أن تصميم

برامج الكمبيوتر الذكية يعتمد على لغات المنطق، ومن بين المؤيدين لهذ الموقف"جون مكارثى" و"باترك هايز" P.Hayes، و"نيلز نيلسون" N.Nelson . فقد اعتبروا المنطق "قلب الذكاء الاصطناعي" حيث يشتمل على عديد من الأنساق الصورية والتي تجعل من عملية الاستنباط المنطقي العملية المحورية في الذكاء الاصطناعي. وتتسم العلاقة بين المنطق وعلوم الحاسوب بأبعاد مختلفة، فاللغة الرمزية ومناهج علم المنطق يمكن تطبيقها بنجاح في علوم الحاسوب المتعددة، بدءًا من دوره في بناء مكونات الحاسوب، مرورًا بتطوير برمجياته، وصولًا إلى الروبوت، والتي تبرهن جميعها بأنها مؤسسسة على المنطق. وعليه، يؤدي المنطق في علوم الحاسوب الدور نفسه الذى يؤديه الحساب في الفيزياء، ولهذا يُعد المنطق بمثابة "حساب علوم الحاسوب"، فهو جزءٌ لا يتجزأ منها.

الموقف الثاني: يتبناه "فريق علم النفس"، والذى رأى أن الذكاء الاصطناعي؛ سيكون ناجحًا أكثر لو أنه تجنب صرامة وقطعية المنطق، واهتم بدلًا منه بفحص تركيب عمليات التفكير البشرى. ولقد كان كل من "مارفن مينسكى" M.Minesky و"روجر شانك" R.Schank من بين المؤيدين لهذا النهج، حيث حاولا تصميم حاسبات تحاكى الطريقة التي يعمل بها العقل البشرى بالفعل دون اللجوء إلى المنطق، حيث كان لدى "مينسكى" اعتقادًا راسخًا بأن المنطق ليس الطريق الذي يجب أن يمضوا فيه.

تعقيب: لقد حاول كلا الفريقين تغليب إما دور المنطق أو دور علم النفس في الذكاء الاصطناعي، وبالرغم من ذلك فلا تزال علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي قوية، يثبت ذلك الاستخدام المتعدد له، يشهد بهذا المجالات الفرعية مثل: فهم ومعالجة اللغات الطبيعية، وتصميم وبناء الروبوتات، والتفكير بالحس المشترك، وحل المشكلات، كلها مستمدة من المنطق ونظرياته. كما أدت كثرة استخدامه إلى "أن يصبح مألوفا لدى مهندسي وعلماء الكمبيوتر، بل أصبح مقرر المنطق من بين أهم المقررات الدراسية التي يجب تعلمها قبل تعلم الذكاء الاصطناعي. فالمنطق أحد الأسس لتطوير وتحسين أنظمة الذكاء

الاصطناعي.وتشير"موسوعة ستانفورد الفلسفية"في المقال الوارد بها والمعنون بـ"المنطق والذكاء الاصطناعي" إلى العديد من الموضوعات التي يقدمها المنطق للذكاء الاصطناعي والتي توضح العلاقة القوية بينهما منها: (أ) **التمثيل المعرفي:** المنطق يساعد في تمثيل المعرفة والمعلومات بطريقة منطقية ومنظمة. ويمكن استخدام القواعد والمفاهيم المنطقية لتمثيل المعرفة بشكل يجعلها قابلة للفهم والاستفادة. (ب) **صنع القرار:** يوفر المنطق أسسًا لاتخاذ القرارات الذكية.

(ج) **الاستدلال:** يتيح المنطق لأنظمة الذكاء الاصطناعي القدرة على الاستدلال واستخلاص المعلومات من البيانات المتاحة، واستنتاج معرفة جديدة. (د) **تعلم الآلة:** المنطق له دور في تطوير تقنيات تعلم الآلة، حيث يمكن استخدام القواعد المنطقية في تعريف نماذج تعلم الآلة وتحسين أدائها.(هـ) **التحليل اللغوي:** المنطق يساعد في فهم وتحليل اللغة الطبيعية والنصوص، كما تستخدم تقنيات المنطق الرياضي والاستدلال المنطقي في مجالات مثل معالجة اللغة الطبيعية وفهم المضمون (Stanford Encyclopedia, **2018**).

المحور الثاني- مكونات الذكاء الاصطناعي وأسسها المنطقية:

تتكون معظم نظم الذكاء الاصطناعي من جزأين رئيسيْن هما: قاعدة المعرفة Knowledge Base ومحركات الاستدلال Inference Engine (عبد المعطي وعبد الوهاب، ١٩٩٥، ١٠١). والسؤال ما الأسس المنطقية لهذين المكونيْن؟ حددت أدبيات الذكاء الاصطناعي التي تناولت أسسه المنطقية الإجابة عن السؤال السابق في ثلاث نقاط هي:(أ) اللغة المنطقية الرمزية.(ب) نظريات المنطق من الدرجة الأولى(حساب القضايا وحساب المحمول). (ج) أنماط الاستدلال المستخدمة في الذكاء الاصطناعي (الأساسية والفرعية). ويمكننا تناول هذه الأسس وفقًا لمكونات أنظمة الذكاء الاصطناعي على النحو التالى:

(أ) قاعدة المعرفة واللغة المنطقية الرمزية:

أدرك علماء الذكاء الاصطناعي أن تعامل الإنسان مع مشكلة ما "بذكاء" يأتي نتيجة للمعلومات المتوفرة لديه عنها، ومعلومات عن البيئة المحيطة به لإدراك الملابسات المرتبطة بهذه المشكلة، وأيضًا الخبرات التي اكتسبها من قبل لتوظيفها في تعامله معها، ومن هذه الحصيلة المعلوماتية وباستخدام قدراته العقلية، تتحول هذه المعلومات إلى معرفة والتي نصل من خلالها إلى"الحل الذكي" للمشكلة. ويطلق علماء الذكاء الاصطناعي على الحصيلة المعلوماتية قاعدة المعرفة، وهي:"**هيكل تخزيني يُستخدم في الذكاء الاصطناعي لتخزين المعرفة والمعلومات التي يحتاجها النظام الذكي لأداء مهامه. وتحوي قاعدة المعرفة عادة على مجموعة من الحقائق والنظريات المنطقية التي تمثل المعلومات الأساسية للنظام**" (George. M.& Nerode.A, 1996, 276) . ومن أجل التعبير عن قاعدة المعرفة وما تحويه من معلومات وبيانات بدقة وإيجاز شديد لجأ علماء الذكاء الاصطناعي إلى اللغة المنطقية الرمزية، فهذه اللغة أكثر الطرق فاعلية لتمثيل المعرفة في الذكاء الاصطناعي، حيث تيسر من مهمة الاستدلالات وتزيد من سرعتها. فأي لغة تُستخدم للتعبير عن المعرفة في أنظمة الذكاء الاصطناعي يجب أن تكون على الأقل لغة المنطق من الدرجة الأولى (Genesereth & Nilsson, 1987, vii-41). فاللغة المنطقية توفر الإطار اللازم للتغلب على كل أوجه الصعوبات الموجودة في اللغات الطبيعية، حيث توفر لنا آليات استدلال غنية ومتعددة، كما أن القدرة التعبيرية للمنطق غنية بشكل كافٍ لاستيعاب معظم أنماط الجمل المراد تمثيلها (Bibel.W.& Nicolas.J, 1989, 1).

الواقع أن اللغة الرقمية في الذكاء الاصطناعي ومحاولة استبعاد اللغة الطبيعية، لم يأتِ من فراغ، بل كان وراءه تراث منطقي شكَّل أسس اللغة الرقمية، فقد أشار العديد من المناطقة مثل" ليبنتز"و "فريجه" و"رسل" و"فتجنشتين" وغيرهم، إلى ما تعانيه اللغة الطبيعية من عدة نقائص، منها ما يتعلق بالمعنى، ومنها ما يتعلق بالدلالة والإشارة والسياق وغيرها، وكل هذا يؤدي إلى غموض العبارة في اللغة الطبيعية. فهذه اللغة "تثبت كل يوم أنها غير كافية لحفظ الفكر من الخطأ،

فهذه اللغة ليست أحادية المعنى، ولهذا السبب لا تعد أداة دقيقة للفكر وللمنطق، وعلى العكس من ذلك فإن لغة المعادلات الرياضية أو اللغة الرمزية هي أكثر فائدة للاثنين (Frege.G, 1979, 6-7). وترجع الجذور الأولى للغة الرمزية الرياضية إلى" ليبنتز" الذي حاول وضع البذور الأولى لها، بإدخال رموز وعلاقات الرياضيات إلى المنطق، والاستعانة بها في التعبير عن الأفكار والتصورات بدل الكلمات، وذلك بتحويل اللغة إلى حساب، بوضع أبجدية للأفكار الإنسانية سعيا منه للصورية، وبناء لغة رمزية تتجاوز عيوب اللغة الطبيعية، وقد أطلق"ليبنتز"على لغته الرمزية عدة أسماء مثل اللغة الفلسفية واللغة العالمية. فقد كان"ليبنتز"يحلم من خلال هذه اللغة"إخضاع الحدود التي نستخدمها في تركيب القضايا المنطقية، لحساب دقيق كالذي نراه قائمًا بين الرموز الجبرية في علم الجبر"(محمود، زكي نجيب، ١٩٥١، ١٠٣-١٠٤). ولكي يحقق هذا الحلم قدم لنا "ليبنتز" لغة رمزية تقوم على: (١) رموز لجميع الأفكار.(٢) أدوات ملائمة للتعبير عن هذه الأفكار كالحمل والعطف والانفصال والنفي واللزوم والكلية والوجود (Kneal.W, 1984, 328).

بدأت اللغة الرقمية للحاسوب تتشكل ملامحها بشكل كبير على يد المنطقي"جورج بول" الذي وضع أسس الجبر المنطقي، محاولا تحويل العمليات المنطقية إلى عمليات جبرية معتمدًا على ثلاث عمليات أساسية هي: الفصل(OR) والوصل(AND) والنفي (NOT)، وذلك من خلال بحثه في الصيغ المختلفة للألفاظ والرموز، كيف تتصل وكيف تنفصل في تفكير الإنسان، ومختلف العلاقات التي تربط بينها، ولهذا خلص إلى أن اللغة ليست مجرد مجموعة من الرموز، بل هي نسق من العبارات، تجري بين عناصرها اتصالا وانفصالا وفق قوانين هي ذاتها قوانين الفكر، وهو ما رفع فكرة إمكانية تحويل اللغة الطبيعية إلى لغة رمزية إلى السطح، ومن ثم تحويل القضايا المنطقية إلى معادلات جبرية، كما يمكن تشفير المعرفة والخبرة الإنسانية وتحويلها إلى قوانين رمزية (Zohuri, B.& Moghaddam.M, 2017, 183-184). تم تطوير أبحاث "جورج بول" مع مشروع اللغة المثالية أو الكاملة منطقيا مع

"فريجه" في كتابه التصورات، والذي يحمل عنوانًا فرعيًا هو:"لغة صورية للفكر الموضوعي الخالص، وقد صيغت على أساس لغة علم الحساب"(٦). وكذلك مع "رسل" في كتابه "الفلسفة الذرية المنطقية"، و"فتجنشتين" في كتابه "رسالة فلسفية منطقية"، حيث يشترك كل منهما في القول بأن المشكلات الفلسفية سببها، الجهل بمبادئ اللغة الرمزية وسوء استعمال اللغة. **والسؤال الآن كيف يتم تحويل اللغة الطبيعية إلى لغة منطقية رمزية ؟** يتم التحويل من اللغة الطبيعية إلى اللغة المنطقية الرمزية باتباع عدة خطوات، وذلك على النحو التالى:

(١) التعبير الرمزي عن القضايا اللغوية، وذلك بوضع صورة منطقية رمزية للعبارات والقضايا اللغوية والإشارة إليها بمتغيرات رمزية، كأن نشير إليها بأحرف أبجدية من اللغة الطبيعية مثل:" p, q, y, x " (أبو النور، ١٩٩٣ ، ٨٦).

(٢) الوقوف على العلاقات الموجودة بين القضايا والتعبير عنها بثوابت رمزية مثل الفصل، والوصل، واللزوم والتكافؤ وغيرها، ونرمز لها على التوالى:(∨، ∧، ←، ≡)

(٣) تحديد القواعد والقوانين التي تحكمها، مثل قوانين الروابط القضوية والتي على ضوئها تتحدد قيم دالة القضية، كما تتضمن هذه القوانين قواعد للتركيب والإنشاء والتحويل من عبارة رمزية إلى أخرى، مثل تعريف اللزوم بدالة الفصل والنفي، أو بدلالة الوصل والنفي، والتي نعبر عنها رمزيا بـ:

$$(p \rightarrow q) \equiv (\sim p \vee q)$$

(٤) أما الخطوة الرابعة فيتم فيها اختبار القضايا بعد تحويلها إلى متغيرات وروابط قضوية، وهذا يتم بالاعتماد على جملة من القوانين المنطقية التي تحكم الروابط بين القضايا، وهو ما يمكننا من معرفة مدى صدقها، ومدى صحة الاستدلالات.أما عن اختبار القضايا المنطقية الرمزية في حساب القضايا فيخضع لعدة طرق منها جداول الصدق المطولة والمختصرة، بالإضافة إلى التحليل التشجيري الذي يمكننا

أيضا من اختبار اتساق القضايا وانسجامها أو تناقضها داخل النص اللغوي(٧).

لقد أسهمت اللغة المنطقية الرمزية في ظهور اللغة الرقمية التي كانت في البداية اللغة الوحيدة للتعامل مع الحواسيب (فرغلي، ١٩٨٧، ١٢٤). حيث تعد اللغة المنطقية من أقدم الأشكال المستخدمة في تمثيل المعرفة، فلكى يقوم الكمبيوتر بالاستنتاج المنطقى يجب استخدام طريقة لتحويل الجمل وعملية الاستنتاج إلى صورة تصلح للتشغيل بواسطة الكمبيوتر، وناتج عملية التحويل هذه هو ما يسمى بالمنطق الرمزى (طلبة وآخرون، ١٩٩٤، ١٠٢-١٠٣).

(ب) قاعدة المعرفة والنظريات المنطقية:

لا تقتصر الأسس المنطقية في قاعدة المعرفة على استخدام اللغة المنطقية الرمزية، بل أشارت أدبيات الذكاء الاصطناعي إلى أن التمثيل المنطقي في قاعدة المعرفة يحتوى على النظريات المنطقية التي يطلق عليها "آلان بونيه" منطق الدرجة الأولى First Order Logic وأهم هذه النظريات: نظرية حساب منطق القضايا، ونظرية حساب منطق المحمول(بونيه، آلان، ١٩٩٣، ١٠١-١٠٩). وهما يشكلان معًا ما يُطلق عليه "المنطق الحاسوبى Computational logic " ويشير هذا المصطلح إلى استخدام النظريات المنطقية في مجال الحوسبة وعلوم الكمبيوتر. وهو ما يتضمن استخدام المعرفة المنطقية وتقنيات علوم الكمبيوتر معًا لحل مشكلات مختلفة من خلال تطبيق المنطق والاستدلال على البيانات والمعلومات باستخدام الحوسبة(Minker.J, 2000, 19).

ويمكننا إلقاء الضوء على هاتين النظريتين فيما يلى:

(١) حساب منطق القضايا:

يعد "فريجه"واضع مبادئ حساب منطق القضايا، ثم ظهر بصورته الحالية عند "وايتهد"و"رسل" في كتابهما"أصول الرياضيات"، ويطلق على حساب منطق القضايا "منطق دوال الصدق"، على أساس أنه يعالج دوال الصدق الرئيسية تحت اسم الأقوال أو العبارات، ودالة الصدق هي دالة قضية تتألف من مفاهيم

صورية خالصة أي تتألف من الثوابت المنطقية و المتغيرات القضائية التي يتم التعبير عنها بالحروف الأبجدية، وتعتمد دالة الصدق على قيمتين فقط هما"الصدق أو الكذب"، وفي الذكاء الاصطناعي يطلق على هاتين القيمتين" الإيجاب أو النفي" أو"٠، ١"، والحكم الناتج يتم تقييم صحته(T) أو خطئه(F)عن طريق القواعد(عبد المعطي وعبد الوهاب، ١٩٩٥، ١٠٣). وتمثَّل العلاقات بين القضايا، في المنطق الكلاسيكي، عادة عن طريق قائمة صدق. وقائمة الصدق الأساسية بالنسبة للوصل ، الفصل**v**، اللزوم →، التكافؤ ≡، والنفى~ كما هو موضح في الجدول التالى، حيث تشير الرموزT ، F إلى الصدق والكذب على التوالى.

P	Q	(P^Q)	(P**v**Q)	(P→Q)	(P≡Q)	P~
T	***T***	***T***	***T***	***T***	***T***	***F***
T	***F***	***F***	***T***	***F***	***F***	***F***
F	***T***	***F***	***T***	***T***	***F***	***T***
F	***F***	***F***	***F***	***T***	***T***	***T***

تستخدم هذه الدوال في البرهنة على الصيغ المنطقية، فإذا انتهت الصيغة بالقيمة(T) تكون الصيغة تحصيل حاصل، أما اذا انتهت الصيغة بالقيمة(F) تكون الصيغة كاذبة دائمًا، أو متناقضة. وهكذا نجد أنه باستخدام الرموز وأدوات الربط يمكن التعبير عن مجموعة كاملة من المدخلات والاستنتاجات التي تشبه إلى حد كبير المعادلات الرياضية (George. M.& Nerode.A, 1996, 6). وبالرغم من أن منطق حساب القضايا يعد من البدائل المستخدمة لتمثيل المعرفة إلا أنه لا يستخدم الآن في مجال الذكاء الاصطناعى. (طلبة وآخرون، ١٩٩٤، ١٠٥)، ولم يكن استبعاد منطق القضايا أمرًا تعسفيًا، و إنما أتى نتيجة لظهور أنماط جديدة من المنطق مثل: المنطق المتعدد القيم والمنطق المرن، وهذا ما سنوضحه في المحور الثالث من الدراسة.

(٢) حساب منطق المحمول:

تُنسب فكرة استخدام حساب منطق المحمول في الذكاء الاصطناعي

إلى"جون مكارثى"، فقد كان أول من اقترح استخدام هذا المنطق لتمثيل عمليات الاستدلال واتخاذ القرارات، وذلك في بحث قدمه عام ١٩٥٩ بعنوان "Programs with Common Sense". ومن الأمور التي تسترعى الانتباه أن العديد من نظم الذكاء الاصطناعى تستخدم حساب منطق المحمول كصيغة صورية لتمثيل المعرفة" فيذهب"روبرت كوالسكى" Kowalski إلى أنه:" توجد لغة واحدة فقط صالحة للتعبير عن المعلومات، هي لغة منطق المحمول" (إبراهيم، ٢٠٠٤، ٢٠٠). ويقوم حساب المحمول على تقسيم الجملة إلى أجزاء تتضمن الشيء وخواص هذا الشيء وأي حقائق مؤكدة عن هذا الشيء، ولتوضيح أجزاء الجملة يستخدم حساب منطق المحمول العديد من الآليات المنطقية منها المتغيرات بكافة أنواعها(الحدية والقضائية والحرة والمقيدة)، ودوال القضايا السابق الإشارة إليها، وكذلك يستخدم فكرة الأسوار Quantifiers وهي الألفاظ التي تعبر عن التكميم في القضية (رشوان، ٢٠٠٨، ٢٧٥-٢٧٨). ويميز حساب منطق المحمول بين نوعين من الأسوار؛ السور الكلي والسور الوجودي.

السور الكلي: يدل على جميع قيم المتغير الواردة في دالة القضية فإذا قلنا (كل إنسان فان)، يتم التعبير عنها رمزيًا كالتالى: $P(x): Human(x) \rightarrow Mortal(x)$ ويمكن أن تقرأ هذه الصيغة على الصور التالية " بالنسبة لجميع قيم x ، إذا كان x هو إنسان فإن x هو فان".

السور الوجودي: يدل على بعض قيم المتغير أو هناك (يوجد) فرد واحد على الأقل يشير إلى صفة معينة، مثل بعض الناس فانون. فيمكن صياغتها على الوجه التالي: $E(x): People(x) \wedge Mortal(x)$ ويمكن أن نقرأ هذه الصيغة كما يلي"هناك فرد واحد على الأقل x، بحيث يكون x متصفا بالخاصية إنسان والخاصية فان. (George. M.& Nerode.A, 1996 96-97)

يعد حساب المحمول الأساس الذي بنيت عليه لغة الذكاء الاصطناعي التي تسمى لغة برولوج (Prolog) أو البرمجة بالمنطق" Programming in Logic"، وهي لغة من لغات البرمجة المنطقية المصنفة ضمن لغات البرمجة

عالية المستوى. وتمتلك هذه اللغة روابط عديدة بين تركيب قواعدها وتركيب قواعد المنطق الرياضي (بسيونى، ١٩٩٤، ٢١٨). ولغة برولوج هي حصيلة سنوات من البحث، ظهرت في جامعة مارسيليا بفرنسا عام ١٩٧٢، بوصفها أداة من أدوات"البرمجة المنطقية"، وتُعد حاليًا أهم أداة في برمجة تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتطوير النظم الخبيرة Expert Systems [٨]. بانتهاء عملية تمثيل المعرفة سواء باستخدام اللغة الرمزية أو حساب منطق القضايا وحساب منطق المحمول تصبح أنظمة الذكاء الاصطناعي جاهزة لإجراء عمليات الاستدلال عن طريق المكون الثاني لأنظمة الذكاء الاصطناعي ونعنى به "محرك الاستدلال".

(ج) محركات الاستدلال وأنماط الاستدلال المنطقي في الذكاء الاصطناعي:

يعد "الاستدلال" جوهر المنطق، فهو الموضوع الرئيس الذي تدور حوله الدراسات المنطقية برمتها، يبدأ الاستدلال المنطقي من مقدمات وهي أقوال نسلم بها لتصل بنا إلى النتائج التي تلزم عنها، والتي نستطيع أن نبين– استنادا إلى أسس منطقية خالصة– أنها صادقة إذا ما صدقت المقدمات. وما يطلق عليه في المنطق مقدمات Premise يطلق عليه في أدبيات الذكاء الاصطناعي مدخلات Inputs وهي تحوي البيانات أو المعلومات التي يتم إدخالها إلى نظام أو برنامج كجزء من عملية معالجتها أو تحليلها، ويُمكن أن تكون المدخلات متنوعة، مثل الأرقام، والنصوص، والصور، وغيرها. وما يطلق عليه النتيجة المنطقية Conclusion يطلق عليه في الذكاء الاصطناعي "المخرجات" Outputsوتشير إلى النتائج أو الإجابات التي يتم توليدها بواسطة النظام الذكي بناءً على المعالجة والتحليل للمعلومات والمدخلات الواردة إليه. أما بالنسبة إلى أنماط الاستدلال المنطقية Inferencing Patterns فيتم الإشارة إليها بمصطلح آخر في أدبيات الذكاء الاصطناعي هو"مُحركات الاستدلال"، ويشير هذا المصطلح إلى الأنظمة أو البرمجيات المخصصة للقيام بعمليات الاستدلال داخل تطبيقات الذكاء الاصطناعي وأنظمة معالجة المعلومات. ويُستخدم محرك

الاستدلال لتطبيق مجموعة من القواعد لاستنتاج نتائج جديدة أو اتخاذ قرارات بناءً على المعلومات المتاحة. ويتم استخدام "مُحركات الاستدلال" وتطبق القواعد المنطقية في المرحلة الثانية من مراحل عملية التعلم الآلي[٩]. وتستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي مجموعة متنوعة من أنماط الاستدلالات المنطقية لتمكينها من اتخاذ القرارات والتفاعل مع البيئة. ولقد أمكن تصنيف هذه الأنماط في فئتين أساسيين هما: أولاً: أنماط أساسية الاستخدام Basic Patterns of use ثانيًا: أنماط شائعة الاستخدام Commonly used Patterns. وهو ما يمكن توضيحه فيما يلى:

أولاً- أنماط الاستدلالات المنطقية الأساسية في الذكاء الاصطناعي:

تنقسم أنماط الاستدلال الأساسية في الذكاء الاصطناعي إلى نمطين هما: (١) الاستدلال القائم على القواعد. (٢) الاستدلال غير الرتيب.

١-الاستدلال القائم على القواعد "Rule-Based Inference" :

يعتمد هذا النمط من الاستدلال على المنطق الكلاسيكي (ثنائي القيم)، وهو ما يعرف بالمنطق القاطع أو الرتيب، وأهم قواعد الاستدلال داخل هذا المنطق الثنائي هي:

- **قاعدة إثبات المقدم:** تسمى هذه القاعدة أحيانا بقاعدة الإثبات وصورتها: $((P\rightarrow Q)\wedge P)\Rightarrow Q$ ويمكن أن تقرأ على الوجه التالي: إذا صدقت P صدقت Q، P صادقة، إذن Q صادقة. وهنا نلاحظ أن صدق P يعد شرطًا كافيًا لصدق Q .
- **قاعدة إنكار التالي:** تسمى أحيانا قاعدة الرفع وصورتها: $((P\rightarrow Q)\wedge \sim Q)\Rightarrow \sim P$ وتنص قاعدة الاستدلال هنا على أن كذب التالي لابد أن يؤدى إلى كذب المقدم.
- **قاعدة القياس الشرطي:** وصورتها: $((P\rightarrow Q)\wedge(Q\rightarrow R))\Rightarrow (P\rightarrow R)$ تنص هذه القاعدة على إذا صدقت P صدقت Q وإذا صدقت Q صدقت R للزوم عن ذلك أنه إذا صدقت P صدقت R (Noor, 2023).

(٢) الاستدلال غير الرتيب "Non-Monotonic Inference":

مع بداية عام ١٩٧٠ دخل الاستدلال غير الرتيب مجال الذكاء الاصطناعي ويُعرف بأنه:" عبارة عن نظرية لصنع واختبار الافتراضات بشكل مبدئى، هذه الافتراضات هي فقط افتراضات، ولذا ينبغى التخلى عنها متى عرفنا وقائع جديدة حول الظروف التي تتعارض معها" (Nicholas & Jiyuan, 2004, 476). ويعد الاستدلال غير الرتيب نمطًا من أنماط استدلال الحس المشترك، فقد أدرك بعض علماء الذكاء الاصطناعي مثل"جون مكارثى" و"مارفن منسكاى" أن تمثيل استدلال الحس المشترك داخل الأنظمة الذكية يتسم بالتدفق والتغير لأنه يرتبط بالمعرفة الإنسانية المتغيرة بشكل دائم، وبالتالى لن يكون المنطق الكلاسيكى (ثنائي القيم) واستدلالاته بنتائجها الرتيبة ملائمًا لتمثيل الحس المشترك، بل يحتاج الحس المشترك إلى نمط جديد من الاستدلال أو آلية صورية تتواءم مع طبيعته المتغيرة. حيث تتطلب برامج الذكاء الاصطناعي وسائل وأساليب للقفز إلى النتائج في حالة وجود أدلة وبراهين غير كافية. على سبيل المثال، عادةً ما نستنتج أنه إذا كان هناك كائن حى ما "طائر"، فإن هذا الطائر يطير، ولكن إذا ما علمنا أن هذا الطائر هو "البطريق" أو "النعامة" أو أنه "مات"، فإن هذه النتائج يجب أن يعاد فيها النظر. لقد وجد علماء الذكاء الاصطناعى أن هناك عديد من المواقف التي يتعرض لها الانسان والتي ينبغى عليه أن يتصرف حيالها بشكل منطقى سليم في وقت قد لا تكون كل المعلومات المتعلقة بحل هذه المشكلة أو التعامل مع هذا الموقف غير مكتملة أو غير دقيقة أو أن هذه المعلومات قد طرأ عليها تعديل ما(إبراهيم، ٢٠١٤، ٢٦٩ –٢٧٠).

ثمة أشكال متعددة للاستدلال غير الرتيب تجلت كلها حول فكرة النتائج غير الرتيبة التي تتغير أو تلغى عند ظهور تبريرات أو معلومات جديدة تتعارض معها منها:**الاستدلال بالفروض**، يستخدم في حال غياب المعلومات أو في حال ظهور معلومات مضادة تؤدى إلى سحب النتائج أو إبطالها، في حين اختلف **الاستدلال ذاتى المعرفة** الذي يعتمد، ليس على غياب المعلومة،

بل على التمثيل الناقص للمعلومات الكاملة، وعلى المعرفة الذاتية للمرء، فهنا لايتم سحب النتائج لأن هذه الصورة الاستدلالية تعتمد على السياق، لذلك فهو غير رتيب، حيث تتغير النتائج بتغير السياق والمعرفة الذاتية للمرء(١٠).

ثانيًا- الأنماط شائعة الاستخدام في الذكاء الاصطناعي:

تتمثل أنماط الاستدلال الشائعة الاستخدام في الذكاء الاصطناعي فيما يلي:

١. الاستدلال القائم على النماذج :(Model-Based Inference) وهو استدلال يقوم بإنشاء نماذج للبيئة أو المشهد ويستخدمها لاتخاذ القرارات، ويستخدم في الرؤية الحاسوبية وأنظمة تحليل الصور.

٢. الاستدلال المبني على الأهداف: (Goal-Based Inference) ويستخدم لتحقيق أهداف محددة واختيار الخطوات المناسبة للوصول إليها (Sagar , 2021, 3).

٣. الاستدلال الاستنباطي:(Deductive Inference) هو استدلال يسير من العام إلى الخاص. ويعتمد هذا النمط على المدخلات المنطقية العامة للحصول على نتائج معينة، فإذا كانت هذه المدخلات صادقة، فإنه بالتبعية ستكون(النتيجة) المخرجات صادقة، والغرض من استخدام هذا النمط هو الوصول لاستنتاج أفضل تفسير للمعلومات المتاحة. لذلك يتم تطبيقه في مجالات مثل التشخيص الطبي واستنتاج الأسباب.

٤. الاستدلال الاستقرائي: (Inductive Inference) وهو عبارة عن استدلال يسير من الجزء إلى الكل. ويطلق عليه في الذكاء الاصطناعي "الاستدلال التصاعدي" وهذا النمط من الاستدلال له دور بارز في الذكاء الاصطناعي، حيث يقوم بمجموعة كبيرة من العمليات مثل: تمكين الأنظمة الذكية من استخدام البيانات والمعلومات بشكل فعال لتعلم الأنماط وتوليد نماذج تنبؤية تُستخدم في مختلف التطبيقات.

٥. الاستدلال التناظري:(Analogical Inference)، ويُشير هذا النمط من

الاستدلال إلى عملية استخدام التشابه أو المقارنة بين مجموعتين مختلفتين من الأمور أو المفاهيم لاستنتاج معلومات جديدة أو اتخاذ قرارات (طلبة، وآخرون، ١٩٩٤، ١٢٤-١٢٥).

المحور الثالث- دور المنطق الزمني والغائم في الذكاء الاصطناعي:

مع التطورات المعاصرة التي عرفها المنطق وانتقاله من منطق ثنائي القيم إلى متعدد القيم، وزخم الدراسات حول المنطق الزمنيTemporal logic وظهور المنطق الغائم أو الضبابي Logic fuzzy وما حمله من تغيرات أدت إلى حدوث تحولات كبيرة في مجال الحواسيب والذكاء الاصطناعي، عمد مصممو البرامج إلى تغيير آلية تعاملها وفق ثنائية القيم (١، ٠) إذ لاحظ العلماء أن اعتماد الحواسيب على المنطق ثنائي القيم يقيّد الحواسيب في معالجتها للبيانات والتعامل معها في أمرين: الأول الزمن، والثاني المرونة. بالنسبة للزمن؛ فالمنطق الثنائي يتعامل مع القضايا اللازمنية. أما بالنسبة المرونة؛ فالمنطق الثنائي غير مرن بسبب اعتماده على نهايتين متضادتين هما (١، ٠)، مهملًا المساحة الرمادية بينهما، لذلك سعى العلماء إلى تطوير أنظمة الذكاء الاصطناعي من خلال الاعتماد على المنطق الزمني والغائم، اللذان يعدان أفضل منطق يقترب من منهج تفكير الإنسان. ويمكننا بيان الدور الذي لعبه هذين النمطين من المنطق فيما يلى:

(أ) دور المنطق الزمني في تطوير نظم المعلومات في الذكاء الاصطناعي.

يعد المنطق الزمني نوعًا من منطق الجهات[١١]، فثمة أنواع عديدة من الجهات منها: **جهات الصدق** مثل: ضروري، وممكن، ومحتمل، وممتنع؛ **جهات المعرفة** مثل: متحقق ، وغير متحقق. **جهات الزمان** مثل: دائمًا، وأحيانًا. وقد صنف "آرثر بريور" المنطق الزمني بوصفه نسقًا موجهًا، كما أنه يمثل نسقًا منطقيًا متعدد القيم (Prior.A.N., 1957, 8). وقد ارتبط المنطق الزمني بدراسة العلاقات الزمنية بين القضايا وتحليل المعلومات زمنيا. فالقضية التي يُثبت

صدقها اليوم ربما يُثبت كذبها غدًا. ومن ثم، يُعرف المنطق الزمني بأنه المنطق الذي يعتمد صدق وكذب قضاياه على الزمن، أو هو فرع من فروع المنطق يهتم بتنظيم استدلال تُعبر قضاياه عن الأفعال الزمنية أو الأفكار المتعلقة بالوقت والتغير. ولذا أطلق عليه منطق التغير. ويتعارض المنطق الزمني مع المنطق ثنائي القيم الذي يكون فيه صدق القضية واحدًا على نحو متكرر. في حين تتضمن القضايا الزمنية إشارة صريحة أو ضمنية للوقت، فالمنطق الكلاسيكي يتعامل مع القضايا اللازمنية مثل:(١) القمر تابع للأرض، (٢) القمر مضيء. فالقضية (١) قضية لازمنية وصادقة في الماضي والحاضر والمستقبل، وذلك على العكس من القضية (٢) والتي تتضمن وجهًا زمنيًّا على نحو ضمني (الآن). فتصف صياغة المنطق الكلاسيكي الحالات السكونية، في حين تصف صياغة المنطق الزمني سلاسل من حالات التغير (عبد الجواد، ٢٠١٢، ٢٤-٢٥).

يؤدي المنطق الزمني عددًا من الأدوار المهمة في علوم الحاسوب عامة، والذكاء الاصطناعي خاصة، فلا يكاد يخلو أي نظام حاسوبي من وجود بصمة منطقية زمنية تثبت جوهرية الدور الذي يمثله المنطق الزمني في هذا النظام. فالمنطق الزمني أو بالأحرى "الصفة الزمنية" تبدو شيئًا محوريًا في علوم الحاسوب، ويمكننا تقديم مثال على هذه الأهمية من خلال ما يطلق عليه نظام المعلومات Information System. حيث يستخدم هذا المصطلح **لوصف بيئة تحتوي على عدد من العناصر التي تتفاعل فيما بينها ومع محيطها بهدف جمع البيانات ومعالجتها حاسوبيا، وإنتاج وبث المعلومات لمن يحتاجها لصناعة القرارات** (الصباغ، ٢٠٠٠، ١١). ويستخدم المنطق الزمني في تطوير نظم المعلومات، حيث يستخدم في عناصر النظام المرتبطة بالتركيب العام لبرامج النظام، والاستعلام عن بياناته وتخزينها. كذلك يستخدم لتطوير وسيلة الاستعلام، ويُطبق في اللغة التي تتوافق مع نموذج المستخدم. وكي يتحقق النجاح في الاستعلام داخل قواعد البيانات الزمنية، فمن الضروري أن تتمكن لغات الاستعلام من معالجة البيانات المُتضمنة. وفي السياق نفسه، يظهر دور

المنطق الزمني في نظم المعلومات بوضوح في وحدة تخزين البيانات، والتي تُعد بمثابة نواة نظم المعلومات، ويتم داخلها تخزين المعلومات الزمنية واسترجاعها، وذلك بسبب مقدرتها على تمثيل قيم الصدق المختلفة في اللحظات المختلفة من الوقت.

أما بالنسبة لدور المنطق الزمني في الذكاء الاصطناعي، فيُعد المنطق الزمني أداة تطبيقية مهمة فالعديد من البحوث التي أجريت في هذا المجال كانت موجهة نحو مهام محاكاة الفعل واللغة، ويتحقق ذلك بوجود معالجة مناسبة للوقت. فبالنسبة للأفعال، فهي تقع في إطار الوقت وتحتاج إلى تقدير للبنية المنطقية للحقائق الزمنية، وذلك كي يتم إعدادها وتنفيذها بشكل ملائم. وبالنسبة للغة الطبيعية، فإن تلك المعالجة توجد في جزء كبير منها، على المستويين المعجمي والنحوي، وفقًا للمصطلح الرمزي الزمني. ومن ثم؛ يؤدي المنطق الزمني دورًا مهمًا في الذكاء الاصطناعي سواء من ناحية محاكاة فهم اللغة الطبيعية، أو من ناحية محاكاة التخطيط الذكي، فمعظم الذين يعملون في هذا المجال يستخدمون الصيغ المنطقية الزمنية (عبد الجواد، ٢٠١٢، ١٧٥-١٧٧)

(ب) دور المنطق الغائم في تمثيل اللغة الطبيعية في الذكاء الاصطناعي:

يهتم المنطق الغائم بدراسة الظواهر والأشياء التي تقع دائما بين النهايات القاطعة، وتتميز بكونها نسبية ومتدرجة في وجودها، وهو منطق يسعى إلى تجاوز ثنائية الخطأ والصواب الصارمة التي قام على أساسها المنطق ثنائي القيم ليقترب أكثر من واقع الإنسان، هذا الواقع الذي ينتفي فيه المطلق، ولا يخلو أمر من أموره من امتزاج الخطأ بالصواب بدرجة أو بأخرى، وهكذا ولدت الحقيقة الرمادية، الثرية بتعدد الدرجات لتحل محل الحقيقة ذات اللونين الأبيض والأسود(السيد، نصر السيد، ١٩٩٧، ٧). وعلى الرغم من حداثة هذا المنطق الذي وضع أسسه الأولى العالم "**لطفي زاده .L.Zadeh** " في أوائل ستينيات القرن العشرين، إلا أن جذوره الأولى كانت في العقيدة الروحانية الشرقية القديمة، حيث يمكن أن نجد ملامح الغموض والضبابية مع "بوذا" الذي كان يرفض مبدأ عدم التناقض القاطع وإقراره بمبدأ التناقض الذي يعبّر عنه شعار

"الين" "يانغ"[١٢] والذي يقوم على فكرة اجتماع النقيضين في الشيء الواحد وفي اللحظة نفسها (مذكور، ٢٠٢٠، ٢٨٦). كما يمكن الرجوع إلى هذه الفكرة في فلسفة "هيراقليطس" صاحب المقولة الشهيرة "الحياة في تغير مستمر". فقد أدرك "هيراقليطس" الجانب الأساسي للحياة، ألا وهو أنّ لا شيء دائم، وأن العالم المرئي في حالة تغير مستمرة، وأن سبب تعاستنا هو رغبتنا وإصرارنا على الديمومة في عالم يتغير باستمرار (Joshua.J.M., 2020).

يُعرِّف "زاده" المنطق الغائم بقوله: "المنطق الغائم، كما يشير اسمه، هو المنطق الذي يكمن وراء أوضاع التفكير التي تكون تقريبية بدلًا من كونها قاطعة. وتنبع أهميته من حقيقة أن معظم أوضاع التفكير البشري، وخاصة التفكير الشائع، هي تقريبية بطبيعتها. ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ أن التفكير التقريبي، على الرغم من وجوده الشائع، يقع خارج نطاق المنطق الكلاسيكي"(Zadeh.L.A., 1992, 2). وهذا يعنى أن المنطق الغائم هو المنطق الذي يتناول أنماط التفكير التي تتسم بالتقريب وليس بالدقة. وترجع أهمية المنطق الغائم في الذكاء الاصطناعي إلى أن أغلب أنماط التفكير الاستدلالي الإنساني – وخاصة التفكير الاستدلالي القائم على الحس المشترك– هي بطبيعتها تقريبية، فالدقة البالغة لا تلعب دورًا مهمًا في المنطق الغائم كما تفعل في الأنساق المنطقية الكلاسيكية. ويحدد "زاده" أهم سمات المنطق الغائم فيما يلى:

١) في المنطق الغائم؛ يُنظر إلى التفكير الدقيق على أنه حالة محددة من التفكير التقريبي.

٢) في المنطق الغائم؛ كل شيء يُعامل على أنه مسألة درجات.

٣) يمكن تطبيق مفهوم المنطق الغائم على أي نظام منطقي آخر.

٤) في المنطق الغائم؛ يتم تفسير المعرفة على أنها مجموعة من القيود المرنة.

٥) يُنظر إلى عملية الاستدلال في المنطق الغائم على أنها عملية انتقال للقيود المرنة (Zadeh.L.A., 1992, 2).

ولعل أهم ما يميز المنطق الغائم استخدام المتغيرات "اللغوية" بدلًا من المتغيرات العددية أو بالإضافة إليها. ويعرف "زاده" المتغير اللغوي بأنه "المتغير الذي لا تكون قيمه أعدادًا، بل كلمات أو جمل بلغة طبيعية أو اصطناعية". فعلى سبيل المثال، يعد "العمر" متغيرًا لغويًا إذا كانت قيمه لغوية، بدلًا منها عددية، أى، شاب، ليس شابًا، كهل، ليس كهلًا جدًا، وليس شابًا جدًا، إلخ بدلًا منها 20، 21، 23، ... إلخ. وبما أن الكلمات تكون، عمومًا أقل دقة من الأعداد فإن مفهوم المتغير اللغوي يقدم وسائل الوصف (أو التمثيل) التقريبي للظواهر التي تكون معقدة أو غامضة إلى الحد الذى يصعب وصفها بالحدود الكمية التقليدية (جاب الله، ٢٠١٥، ١٦٠). وهذا معناه أن المنطق الغائم لا يتعامل مع الكم فقط، بل يتعامل مع الكيف بالدرجة الأولى، ذلك لأن المتغيرات التي يعتمدها هي متغيرات لغوية وليست رقمية، فهو يعتمد على أساليب الإنسان العادي – التي رغم غموضها– إلا أنها تتمتع بقدرة فائقة على الوصول إلى المطلوب، وإبداع الحلول واتخاذ القرارات الملائمة، فالإنسان في أغلب تعاملاته مع أحوال واقعه، فكرًا وعملًا لا يستخدم "لغة الكم" بأعدادها وبرموزها وصيغها بالغة الدقة وشديدة الوضوح، بل يعتمد أساسا على لغة الكيف بتعبيراتها الفضفاضة وصيغها السلسة التي كثيرا ما تفتقد إلى الدقة، وغالبا ما يشوبها الغموض، فالإنسان عندما يرغب في التعبير عن المقادير لا يستخدم "الأعداد"، بل يستخدم الألفاظ الكيفية مثل: ثقيل، وخفيف، وكثير، وقليل، وطويل، وقصير، وبارد، وبارد جدا، وحار، وحار جدا...، إلخ أثناء تعبيره عن المتغيرات الغامضة مثل: الوزن والطول، الارتفاع، واللون، والحر، والبرد وغيرها (مذكور، ٢٠٢٠، ٢٨٧). وهنا نلاحظ نقطة غاية في الأهمية وهي اتجاه المنطق الغائم نحو العودة إلى اللغة الطبيعية واعتماد صيغها الغامضة في فهم العمليات العقلية، والتعبير عن الظواهر، بعد أن كان الاتجاه السائد من قبل يسير في اتجاه نقد اللغة الطبيعية والاتجاه نحو اللغة الرمزية ضمانا للدقة وطلبا للوضوح، ولهذا أصبح المناطقة يتجهون الآن نحو اللغة الطبيعية، لأنها أكثر تعبيرا عن واقع الإنسان وواقع العالم من حوله، رافعين

شعار" كلما زادت الدقة زاد الغموض أو زادت المرونة".

لقد أعاد المنطق الغائم إلى واجهة البحث ضرورة العودة إلى اللغة الطبيعية بعد أن تبيّن أن تفكيرنا ليس حسابًا رياضيًا، بل إن تعاملنا بالأساليب الإنشائية والعبارات الغامضة التي لا يمكن الحكم عليها بالصدق أو الكذب يشغل حيزا أكبر من تعاملنا مع القضايا المنطقية، لأن القضايا الإنشائية هي القضايا الغالبة في اللغة الطبيعة والأكثر تداولا في تواصل الإنسان مع أخيه الإنسان، ولهذا اتجه العديد من المناطقة إلى العودة إلى اللغة الطبيعية في حد ذاتها وفهمها والتعامل بها، مثلما انتهى "فتجنشتين" في كتابه" بحوث فلسفية" إلى أن "اللغة لعبة وليست حسابًا منطقيًا دقيقًا يكون فيها لكل كلمة معنى محدد أو يعتمد في بناء جملها على قواعد المنطق، ويقول فتجنشتين: "الكلمة مطاطة تتسع ويضيق استخدامها حسب الظروف والحاجات، كما أن اللغة ليست كالرجل الصارم الذي يعرف دائمًا ماذا يريد ويفعل دائمًا طبقًا لقاعدة محددة، وإنما كرجل فضفاض متفائل له مناشط متعددة يتلاعب بما لديه من أدوات دون صرامة أو خطة محكمة (زيدان، ١٩٨٥، ١٠٦-١٠٧).

ويقترب كثيرًا "زاده" مما انتهى إليه "فتجنشتين"، فقد أشار إلى أن العقل لا يفكر بمنطق له حدود واضحة، وأن أغلب المفاهيم التي نستخدمها في لغتنا اليومية ليست دقيقة بما تعبر عنه، ولهذا فإن "استخدام المتغيرات اللغوية يوفر لنا وسيلة تقريبية وفعالة لوصف سلوك الأنظمة المعقدة للغاية أو غير المحددة بدرجة كافية. لهذا يمكن القول إن المنطق الغائم بإمكانه أن يحل العديد من الإشكاليات التي ارتبطت بالذكاء الاصطناعي، ذلك لأن أهم مشكلة كان يعاني منها هي أن الخوارزميات[١٣] كانت تعتمد في الحواسيب على تحويل المعلومات وتحويل اللغة الطبيعية إلى لغة رمزية رياضية، وهو ما جعلها تسقط المعاني والدلالات وتفرغ القضايا من معانيها كشرط لازم للتعامل مع الرموز وعلاقاتها، وهو ما جعل العبارات الرمزية تفتقد إلى المعاني، وقد شكل هذا نقطة ضعف حقيقية بالنسبة لتعامل الحواسيب مع النص المنطوق أو المكتوب، أو أثناء الترجمة التي تكون غالبا حرفية تهمل المعنى والسياق. **والسؤال: كيف يمكن**

للمنطق الغائم أن يساهم في تقريب المعنى في برامج الذكاء الاصطناعي؟

إن تقريب المعنى في برامج الذكاء الاصطناعي يمكن الوصول إليه بنسب احتمالية، وذلك من خلال تعامل البرامج مع عدة معاني للفظة الواحدة ومختلف استخداماتها، وجعله يتعامل مع كل هذه المعاني دفعة واحدة حتى يستطيع في النهاية أن يخرج بالمعنى الأقرب ويستطيع اتخاذ القرار الأصوب، وفي هذا يقول "زاده": "مع الزيادة السريعة في تعقيد مهام معالجة المعلومات التي يُطلب من أجهزة الكمبيوتر أداؤها، فقد وصلنا إلى نقطة يتعيّن فيها تصميم أجهزة الكمبيوتر لمعالجة المعلومات في شكل غامض، ولهذا علينا التعامل مع المفاهيم الغامضة التي تميّز الذكاء البشري عن الذكاء الآلي لأجهزة الكمبيوتر الحالية، وبدون هذه القدرة لا يمكننا بناء آلات يمكنها تلخيص النص المكتوب أو الترجمة الجيدة من لغة طبيعية إلى أخرى، أو القيام بالعديد من المهام الأخرى التي يمكن للبشر القيام بها بسهولة بسبب قدرتهم على التعامل مع المفاهيم الغامضة... لذلك يجب التأكيد على أن أجهزة الكمبيوتر الغامضة ستستخدم البرامج الغامضة لمعالجة المعلومات الغامضة، وهو ما يجعلها أقرب ما تكون إلى بنية الدماغ البشري من أجهزة الكمبيوتر الحالية التي تسير وفق المنطق ثنائي القيم(مذكور، ٢٠٢٠، ٢٨٩).

لقد قدم المنطق الغائم لعلماء الذكاء الاصطناعي الأساس للغات برمجة أكثر اقترابًا من لغة الإنسان، لغات قادرة على التعامل مع الرموز اللغوية مباشرة مثل لغة "بيسكBasic" و"لغة باسكال Pascal " حيث أصبح التخاطب مع الآلة يتخطى طابع " التلقي السلبي لمجموعة من التعليمات وتنفيذها، بل أصبح في جوهره علاقة إيجابية بين الإنسان والآلة لتبادل الإيضاحات والوصول إلى الفهم المشترك، لقد صار لزاما على النظام الآلي أن يستوعب محادثة البشري بأن يتكيّف مع عاداته اللغوية، ولوازمه اللفظية، وهفواته النحوية، وأخطائه الإملائية، بل على النظام الآلي أيضا أن يفترض مسبقا إلمام مستخدميه بما تحويه قاعدة معلوماته من مصطلحات ومعطيات ومفاهيم"(على، ١٩٨٨ ، ١٦٢).

خاتمة (نتائج الدراسة):

حاولت الدراسة عبر تناولها للعديد من المحاور التي تدور في فلك المنطق وعلاقته بالذكاء الاصطناعي، الإجابة عن الإشكالية الرئيسة وهى: ما الأسس المنطقية التي تقوم عليها أنظمة الذكاء الاصطناعي؟ وقد توصلت الدراسة – في محاولتها الإجابة عن الإشكالية السابقة– إلى مجموعة من النتائج على النحو التالي:

بالنسبة للمحور الأول المعنون بـ"علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي"، توصلت الدراسة إلى:

١–أن مفهوم القدرات المنطقية يعد معيارًا للتمييز بين الذكاء الاصطناعي والإنساني، بل إن تصنيف أنواع الذكاء الاصطناعي يتوقف على هذا المفهوم.

٢– أوضحت الدراسة طبيعة العلاقة بين المنطق والذكاء الاصطناعي، فلا يكاد يخلو أي نظام ذكي من وجود بصمة منطقية تثبت جوهرية الدور الذي يلعبه المنطق في هذا النظام. فالعلاقة بينهما "ثابتة وقوية"، فعلى مر تاريخ الذكاء الاصطناعي أُعتُبِرَ المنطقُ إحدى الركائز الأساسية لهذا العلم.

أما بالنسبة للمحور الثاني المعنون بـ"مكونات الذكاء الاصطناعي وأسسها المنطقية"، كشفت الدراسة طبيعة الأسس المنطقية لأنظم الذكاء الاصطناعي كافة، كما حددتها في ثلاثة أسس على النحو التالي:

٣– **الأساس الأول: "اللغة المنطقية الرمزية"**: أظهرت الدراسة كيف أسهمت اللغة المنطقية الرمزية في ظهور اللغة الرقمية التي كانت في البداية

اللغة الوحيدة للتعامل مع الحواسيب، حيث تعد اللغة المنطقية الرمزية من أقدم الأشكال المستخدمة في تمثيل المعرفة في أنظمة الذكاء الاصطناعي.

٤- **الأساس الثاني: "نظريات المنطق من الدرجة الأولى"**: تناولت الدراسة أهم النظريات المنطقية المستخدمة في قاعدة المعرفة في أنظمة الذكاء الاصطناعي، وهي: نظرية منطق القضايا ونظرية منطق المحمول، اللتان يشكلان معًا ما يُطلق عليه "المنطق الحاسوبى".

٥- **الأساس الثالث: "أنماط الاستدلال"**: أوضحت الدراسة أنماط الاستدلال المستخدمة في الذكاء الاصطناعي، لتمكينها من اتخاذ القرارات والتفاعل مع البيئة. وقد تم تقسيمها إلى فئتين أساسيتين هما: أولاً: أنماط أساسية الاستخدام، ثانيًا: أنماط شائعة الاستخدام. كما تناولت الدراسة طبيعة الاستدلال غير الرتيب فهو استدلال افتراضى قائم على مجموعة من الافتراضات، أى أنه يعتمد على غياب المعلومة أكثر من حضورها. ولقد امتد نطاق الاستدلال غير الرتيب بأشكاله المتعددة ليطبق في عديد من أنظمة الذكاء الاصطناعي، حيث إنه يوفر طرقًا صورية تمكن الأنظمة الذكية من أن تعمل بشكل كافٍ عندما يواجه معلومات ناقصة ومتغيرة.

أما بالنسبة للمحور الثالث المعنون بـ"دور المنطق الزمني والغائم في الذكاء الاصطناعي". أوضحت الدراسة الدور الذي يلعبه المنطق الزمني والغائم في أنظمة الذكاء الاصطناعي على النحو التالي:

٦- يستخدم المنطق الزمني في تطوير نظم المعلومات، حيث يلعب دورًا رئيسًا في وحدة تخزين البيانات، والتي تُعد بمثابة نواة نظم المعلومات، ويتم داخلها تخزين المعلومات الزمنية واسترجاعها، وذلك بسبب مقدرتها على تمثيل قيم الصدق المختلفة في اللحظات المختلفة من الوقت.

٧- قدم المنطق الغائم لعلماء الذكاء الاصطناعي الأساس للغات برمجة أكثر اقترابًا من لغة الإنسان، لغات قادرة على التعامل مع الرموز اللغوية مباشرة مثل لغة "بيسك Basic" و"لغة باسكالPascal " حيث أصبح التخاطب مع الآلة يتخطى طابع " التلقي السلبي لمجموعة من التعليمات وتنفيذها، بل أصبح في جوهره علاقة إيجابية بين الإنسان والآلة لتبادل الإيضاحات والوصول إلى الفهم المشترك.

في الختام يمكننا القول: إن المحاور الثلاثة ونتائجها تجسد مقولة علماء الذكاء الاصطناعي القائلة: "المنطق قلب الذكاء الاصطناعي Logic " is the heart of artificial intelligence.

الهوامش

(١) جُونْ مَكَارْثِي(١٩٢٧– ٢٠١١) عالم أمريكي في مجال الحاسوب، يعد أحد "الآباء المؤسسين" للذكاء الاصطناعي، يعود له الفضل في اختيار لفظ الذكاء الاصطناعي وإطلاقه على هذا العلم، له عديد من المساهمات والاختراعات، منها اخترع لغة ليسب(LISP) عام ١٩٥٨. (للمزيد انظر: جون مكارثي (عالم) – ويكيبيديا (wikipedia.org))

(٢) قدمت مجموعة من التعريفات وفقا للفترات الزمنية التي مر بها تطور الذكاء الاصطناعي وكيفية دراسته على النحو التالي: (١٩٧٠–١٩٧٩): فترة العمل على حواسيب قادرة على التفكير، لتصبح آلات لها عقول، فالذكاء الاصطناعي محاكاة الآلة الذكية للأنشطة التي ترتبط بالذكاء البشري(عبد القادر، ٢٠٢١، ٢٠٨).(١٩٨٠–١٩٨٩) فترة دراسة القدرات الذهنية من خلال استخدام النماذج الحسابية، وهي أيضًا دراسة الحوسبة التي تجعل من الممكن الإدراك والقيام بالفعل.(١٩٩٠–١٩٩٩) فترة معنية بدراسة كيفية محاكاة السلوك الذكي بشكل عمليات حسابية، وهو فرع من فروع علم الحاسوب الذي يهتم بالسلوك البشري الذكي(للمزيد انظر، بسيوني، ٢٠٠٥، ١٧–١٨).

(٣) للمزيد حول التمييز بين الذكاء الاصطناعي والإنساني ودور مفهوم القدرات المنطقية في ذلك.

(انظر أيضًا، Kumari. R.2021.7)

(٤) من الجدير بالذكر أن أول من ميز بين نوعين من الذكاء الاصطناعي هو المنطقي الأمريكي"جون سيرلSearle.J "، فالذكاء الاصطناعي القوي يقول إن العقل مجرد برنامج حاسوب، أما الذكاء الاصطناعي الضعيف فيقول إن الإنسان يستطيع استعمال الحاسوب لدراسة العقل مثلما يستطيع أن يستعمله لدراسة أي شيء آخر. (انظر: إسماعيل، ٢٠٠٥، ١٦٧)

(٥) للمزيد حول العلاقة بين المنطق وعلوم الحاسوب، انظر الرسائل الأكاديمية التالية:(إبراهيم، ٢٠٠٤، ٤٦–٥٢) و(عبد الجواد، ٢٠١٢، ١٦١–١٧١) و(بلتيت، ٢٠١٩، ٢٦–٢٨) و(غربي، ٢٠٢٢، ١٩٠–١٩٩) و(سماوي، ٢٠٢٣، ٢٠–٢٤).

(٦) انظر ترجمة هذا الكتاب: فريجه، جوتلوب(٢٠١٤). التصورات، لغة صورية للفكر الموضوعي الخالص، وقد صيغت على أساس لغة علم الحساب، ترجمة عصام زكريا جميل، القاهرة : مكتبة دار الثقافة للنشر والتوزيع.

(٧) لمزيد من التفاصيل انظر:(إسلام، عزمى، ١٩٧٠، ١٤٠– ١٥٠)، (رشوان، محمد مهران، ٢٠٠٨، ٦٦–٧٨)، (محمد، ماهر عبد القادر، ١٩٩٠ ، ٨١– ٨٧).

(٨) تُعد النظم الخبيرة من أهم فروع الذكاء الاصطناعي، فهي تحاول محاكاة سلوك الخبير البشري، لتحقيق بعض الوظائف الفكرية مثل تعرف هوية الأشياء والتشخيص والتنبؤ بالأحداث، وتخطيط الأفعال حيث يصعب – غالبًا – نمذجة هذه الوظائف بحسابات محددة، وقد ثبُت مقدرتها على استخلاص الخبرات الإنسانية وتخزينها ببرنامج يقلد الخبير في عمله بالمستوى نفسه (بسيونى، ١٩٩٤، ٢١٩)

(٩) هناك مرحلتان في عملية التعلم الآلي؛ الأولي: هي مرحلة التدريب حيث يتم تطوير الذكاء من خلال تسجيل المعلومات وتخزينها وتصنيفها. على سبيل المثال، إذا كنت تقوم بتدريب آلة للتعرف على السيارات، فسيتم تغذية البرنامج بالعديد من الصور لسيارات مختلفة. أما المرحلة الثانية: هي مرحلة الاستدلال حيث يمكن للآلة استخدام الاستدلال لتحديد وتصنيف الصور الجديدة على أنها "سيارات".

(١٠) للمزيد حول تفصيلات هذه الأنماط من الاستدلال، انظر(على، مايسة، ٢٠١٨، ، ١٣–١٤) .

(١١) بدأ الاهتمام بالجهات الزمنية منذ العصر القديم، وبخاصة عند "ديودرس كرونس"، حيث قام بتعريف "الممكن" على أنه "ما يكون أو سوف يكون"، وعرف "الضروري" بأنه "ما يكون وسيكون دائمًا". وقد ترتب على ذلك قيام "آرثر بريور" في العصر الحديث بتأسيس المنطق الزمني وتطويره، مقدمًا خلاله عديدًا من الروابط المنطقية الزمنية(انظر: .Blom J.A,1996,35 – 36).

(١٢) الين ويانغ (Yin and Yang) مصطلحان يشكلان جزءًا أساسيًا في الطب الصيني التقليدي وفلسفة التوازن. يُمثل الين ويانغ نهجًا دينيًا وفلسفيًا يشير إلي التوازن والتناغم في الكون. الين يُمثل الجانب الداكن والهادئ والبارد والأنثوي والسلبي والتقليدي. يُمكن رؤية الين في الليل والظلام والقمر والهدوء. يانغ يُمثل الجانب الساطع والنشيط والحار والذكوري والإيجابي والمبتكر. يُمكن رؤية يانغ في النهار والشمس والحركة والنشاط.

الفكرة الرئيسية وراء الين ويانغ هي أن الكون يتكون من توازن بين هذين القوتين المتعارضتين.

(١٣) مصطلح الخوارزميات ينسب إلى العالِم محمد بن موسى الخوارزمي، والذي عاش في القرن الثامن الميلادي. الخوارزميات هي مجموعة من الخطوات المنهجية والمنطقية التي يتم اتباعها لحل مشكلة معينة أو للقيام بمهمة محددة. تُستخدم الخوارزميات في العديد من المجالات والتطبيقات، بما في ذلك مجالات البرمجة، والذكاء الاصطناعي، وعلوم الكمبيوتر، والرياضيات، والهندسة، والعلوم الاجتماعية.

ثبت المراجع

أولا- المراجع العربية:

إبراهيم، هيثم السيد. (٢٠١٤). الإسهامات الفلسفية والمنطقية في التطور التكنولوجي: الذكاء الاصطناعي نموذجًا. **مجلة ديوجين**، منشورات جامعة القاهرة، القاهرة، العدد ١، ص ص ٢٤٣-٣٠٠.

أبو النور، أحمد أنور. (١٩٩٣). **المنطق الطبيعي، دراسة في نظرية الاستنباط الأساسية**. القاهرة: دار الثقافة للنشر والتوزيع، ط ١

إسلام، عزمى. (١٩٧٠). **أسس المنطق الرمزي**. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

إسماعيل، صلاح. (٢٠٠٥). هل العقل برنامج كمبيوتر؟ ضمن كتاب: **الفلسفة التطبيقية**، تحرير مصطفى النشار، القاهرة: الدار المصرية السعودية. ص ص ١٦١- ١٨٠.

بسيوني، عبد الحميد. (٢٠٠٥). **الذكاء الاصطناعي والوكيل الذكي**. القاهرة: دار الكتب.

بونيه، آلان. (١٩٩٣). الذكاء الاصطناعي؛ واقعه ومستقبله. ترجمة على صبري فرغلي، الكويت: **سلسلة عالم المعرفة**، العدد (١٧٢).

جاب الله، السيد. (٢٠١٥). **المنطق الغائم، ثورة في أسلوب التفكير الإنساني**. القاهرة: دار النهضة العربية للنشر والتوزيع.

رشوان، محمد مهران. (٢٠٠٨). **مقدمة في المنطق الرمزي**. القاهرة: دار الثقافة.

السيد، السيد نصر. (١٩٩٧). **الحقيقة الرمادية**. القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب.

الشرقاوي، محمد على. (١٩٩٦). **الذكاء الاصطناعي والشبكات العصبية**. الكتاب الأول، سلسلة علوم وتكنولوجيا حاسبات المستقبل، القاهرة:مركز الذكاء الاصطناعي للحاسبات.

الصباغ، عماد. (٢٠٠٠). **نظم المعلومات، ماهيتها ومكوناتها**. الأردن: مكتبة دار الثقافة للنشر والتوزيع.

طلبة، محمد فهمي، جمال عبد المعطي، علاء الدين محمد فهمي، السيد نصر الدين، مصطفي جاد الحق محمد، أمين فهمي شكري، محمد سعيد عبد الوهاب. (١٩٩٤). **الحاسب والذكاء الاصطناعي**. القاهرة: مجموعة كتب دلتا للنشر(١٠).

عبد المعطي، جمال وعبد الوهاب، رضا. (١٩٩٥). **الحاسب والذكاء الاصطناعي**، إعداد

وتقديم محمد فهمي طلبة، القاهرة: سلسلة دلتا.

عبد القادر، أمل. (٢٠٢١). تطبيقات الذكاء الاصطناعى لتعزيز تنافسية سوق العمل بمؤسسات المعلومات الأكاديمية. القاهرة: **المجلة المصرية لعلوم المعلومات** ، مج٨، ع ١. ص ص١٩٧-٢٣٣

على، نبيل. (١٩٨٨). **اللغة العربية والحاسوب**. القاهرة: تعريب للنشر.

على، مايسة. (٢٠١٨). الاستدلال غير الرتيب. القاهرة: **مجلة الجمعية الفلسفية المصرية**، السنة السابعة والعشرون، العدد السابع والعشرون، ص ص١٣-٤١.

فرغلي، على. (١٩٨٧). الذكاء الاصطناعي ومعالجة اللغات الطبيعية. الكويت: **عالم الفكر**، العدد(٣)، ص ص١١٩-١٤٤

محمد، ماهر عبد القادر. (١٩٩٠). **المنطق الرياضي**. الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية.

محمود، زكي نجيب. (١٩٥١). **المنطق الوضعي**. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

مذكور، مليكة. (٢٠٢٠). دور المنطق المرن في تطوير أبحاث الذكاء الاصطناعي في مجال اللغة. العراق: **مجلة لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية**، العدد(٣٧) الإصدار(١-٤)، ص ص٢٧٩-٢٩٤.

ياسين، سعد الله غالب. (٢٠١١). **تحليل وتصميم نظم المعلومات**. الأردن: دار المناهج، ط١.

ثانيا- المراجع الأجنبية:

Anjali. U. J. (2018). **Understanding three types of artificial intelligence**. https://www. analyticsinsight. net/understandingthree-types-of-artificial-intelligence/. (accessed, October3, 2023)

Bibel, W. and Nicolas, J. (1989). **The Role of Logic for Data and Knowledge Bases: A Brief Survey**, In: Schmidt, J. W. &Thanos, C. (eds.), In: Foundations of Knowledge Base Management, Springer-Verlag, London.

Blom, J. A. (1996). **Temporal Logics and Real Time Expert Systems. Computer Methods and Programs**. in Biomedicine, (51), Elsevier Science Ireland Ltd.

Frege. G. (1979). **Posthumous Writings**, trans. By P. Long&R. White, ed, By, H. Hermes& F. Kambartel& F. Kaulbach. Basil Blackwell. Oxford.

Genesereth. M. R. and Nilsson. N. J . (1987). **Logical Foundations of Artificial Intelligence**. Morgan Kaufmann Publishers, Inc.

George. M. and Nerode. A. (1996). Principles of Logic and Logic Programming. In : **Studies in Computer Science and Artificial Intelligence**. Vol. 13. Hardcover – Import, 13 June.

Gugerty, Leo, (2006). **Newell and Simon's Logic Theorist, Historical Background and Impact on Cognitive Modeling**. in Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 50(9):880-884

Kneal . W. (1984). **The Development of Logic**. Oxford. University Press.

Kumari. R. (2021). **7 Differences between Artificial Intelligence and Human Intelligence**. analytics steps. 7 Differences between Artificial Intelligence and Human Intelligence | Analytics Steps. (accessed, October3, 2023)

Minker. J. (2000). **Logic-based artificial intelligence**. Springer Science+Business Media New York, .

Noor. A. (2023). **Rules of inference in artificial intelligence**. Rules of inference in artificial intelligence (educative. io) (accessed, October5, 2023)

Pedamkar . P. (2023). **Differences between Artificial Intelligence Vs. Human Intelligence**. educba, Artificial Intelligence vs Human Intelligence | Top 5 Useful Comparison (educba. com) (accessed, October2, 2023)

Sagar. A. K. (2021). **Rules of Inference in Artificial Intelligence**.

Rules of Inference in Artificial Intelligence 2 | PDF | Inference | Metaphilosophy (scribd. com). (accessed, October5, 2023)

Sezen. N. Aand Bülbül . A. (2011). **A scale on logical thinking abilities**. Procedia Social and Behavioral Sciences 15: 2476–2480

Zohuri, B. and Moghaddam. M. (2017). **What Is Boolean Logic and How It Works**. in " Business Resilience System (BRS): Driven Through Boolean, Fuzzy Logics and Cloud Computation (pp. 183-198) Springer International Publishing AG 20177

Joshua. J. M. (2020). **Heraclitus: Life Is Flux**. Heraclitus: Life Is Flux - World History Encyclopedia (accessed, October17, 2023)

ثالثا– الرسائل الجامعية:

إبراهيم، هيثم السيد. (٢٠٠٤). **منهجية المحمول في عالم الذكاء الاصطناعي.** رسالة ماجستير، غير منشورة، جامعة جنوب الوادي.

بلتيت، محمد خليفة. (٢٠١٩). **الأبعاد المنطقية للذكاء الاصطناعي،** رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة.

سماوي، فاتن عابد(٢٠٢٣). **دورة المنطق الرياضي في الذكاء الاصطناعي،** رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة.

عبد الجواد، أحمد عصام الدين. (٢٠١٢). **المنطق الزمني وعلاقته بعلوم الحاسوب.** رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة.

غربي، نور اليقين رحال. (٢٠٢٢). **نمذجة المنطق الضبابي في تمثيل عمليات التفكير التقريبي، وتوسع تطبيقاته في العلوم الإنسانية،** رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، قسم الفلسفة، جامعة الحاج لخضر، جامعة باتنه ١، الجزائر.

رابعا– المعاجم والقواميس والموسوعات:

Encyclopedia of Philosophy (2006). Second Edition Donald M. Borchert, Editor in Chief, Vol. 1, Thomson Gale. https://plato.

stanford. edu/entries/logic-ai/ (accessed, October2, 2023)

Nicholas , B. and Jiyuan . Y. (2004). **The Blackwell Dictionary of Western Philosophy**. First published by Blackwell Publishing Ltd.

Stanford Encyclopedia of Philosophy. (2018). **Logic and Artificial Intelligence**, First published *Wed Aug 27, 2003; substantive revision Fri Nov 2, 2018*