



The Role of Mathematical Logic in the Development of Artificial Intelligence (A Philosophical study)

Zainab Abdul Hakim Hamid 

Department of Philosophy / College of Arts /
University of Basra/ Basra -Iraq

Article Information

Article History:

Received Oct, 18, 2025
Revised Nov , 25 .2025
Accepted Jan, 18, 2026
Available Online Feb 1, 2026

Keywords:

Mathematical logic
Artificial intelligence
Leibniz
George Boolean,
A. Turing, applications of
Mathematical logic in artificial
Intelligence.

Correspondence

Zainab Abdul Hakim Hamid
abduzainb5@gmail.com

Abstract

Can a machine think ?This question ,when posed at first glance ,seems simple However , to answer this question there must be a deep self –awareness of the depth of the question posed. The first question to raise controversy was about the relationship between philosophy in general , and mathematical logic ,and artificial intelligence in particular. This question was born from the womb of philosophy, and its answer is also found in philosophy, it seems to the reader that research in to artificial intelligence is a product of immediate need and development, and therefor A product of the current era . However that the real research in to this development has been research since Leibniz. Leibniz was the first to pose such a question and the first to create a computer .Although his ideas were primitive, they were later considered the cornerstone of subsequent philosophers .studies indicate Leibniz was the first to create a computer, based on his belief that machines were capable of doing what humans do and, with development ,could think ,solve mathematic problem , and other things this reflects the extent of the scientific and intellectual development of philosophers at that time, making his studies references for later scholars.

DOI: -----, ©Authors, 2023, College of Arts, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4>).

دور المنطق الرياضي في تطوير الذكاء الاصطناعي (دراسة فلسفية)

زينب عبد الحكيم حميد محمد علي *

المستخلص

هل تستطيع الآلة التفكير؟ سؤال يبدو عند طرحه للوهلة الأولى أنه سؤال بسيط ولكن للإجابة على هذا السؤال يجب أن يكون هناك وعي ذاتي عميق بمدى عمق السؤال المطروح كان أول سؤال أثير للجدل حول علاقة الفلسفة عموماً والمنطق الرياضي بالذكاء الاصطناعي

* قسم الفلسفة / كلية الآداب / جامعة البصرة / البصرة -العراق

خصوصاً سؤال وُلد من رحم الفلسفة وكذلك إجابته في الفلسفة , يبدو للقارئ أن البحث في الذكاء الاصطناعي هو بحث وليد الحاجة الأنية والتطور وبالتالي هو وليد العصر الحالي إلا أن البحث الحقيقي في هذا التطور هو بحث منذ لبينتز اذ يُعد لبينتز أول من طرح مثل هذا التساؤل و أول من صنع حاسوباً على الرغم من أن افكاره كانت بدائية , إلا أنها عُدت لاحقاً حجر الأساس لما تلاه من الفلاسفة اذ تُشير الدراسات أن لبينتز أول من صنع حاسوباً وذلك ايماناً منه أن الآلة قادرة على أن تقوم بما يقوم به البشر ويمكن بالتطور أن تقوم بالتفكير وحل المسائل الرياضية, وغيرها مما يعكس مدى قدرة التطور العلمي والفكري لدى الفلاسفة في ذلك الوقت مما جعل من دراساته مراجع للاحقين.

الكلمات المفتاحية: المنطق الرياضي, الذكاء الاصطناعي, لبينتز, جورج بول, الآن تورينغ, تطبيقات المنطق الرياضي في الذكاء الاصطناعي.

اهداف البحث:

- 1- تحليل العلاقة بين المنطق الرياضي والذكاء الاصطناعي.
 - 2- استكشاف الأسس الفلسفية للمنطق الرياضي ودورها في تشكيل المفاهيم الأساسية في الذكاء الاصطناعي.
 - 3- تسليط الضوء على إسهامات الفلاسفة وعلماء الرياضيات في تطوير ادوات منطقية كان لها الأثر الكبير في الذكاء الاصطناعي.
- إشكالية البحث:** تمثلت إشكالية البحث في نقاط هي
- 1- هل المنطق الرياضي قادر على تمثيل كل أوجه المعرفة؟
 - 2- كيف اسهمت النماذج المنطقية مثل (منطق القضايا, منطق المحمولات) في بناء انظمة الذكاء الاصطناعي؟
 - 3- ما الأبعاد الفلسفية لاستخدام المنطق في الذكاء الاصطناعي؟
 - 4- ما مدى تحقق حلم (آلة تستطيع التفكير) كما تصوره فلاسفة وعلماء المنطق؟

منهجية البحث: استعملت الباحثة وفقاً لمقتضيات البحث المنهج التحليلي لبعض المفاهيم , وأيضاً المنهج التاريخي لتتبع تطور المنطق الرياضي منذ لبينتز, جورج بول, والآن تورينغ.

المبحث الأول: أولاً- مفهوم المنطق الرياضي:

ثانياً- مفهوم الذكاء الاصطناعي:

لقد عُرف المنطق الرياضي أو المنطق الرمزي بعدة تعاريف تعددت بتعدد واضعيه فقد عرفه البعض بقولهم " هو اسم يطلق على عملية تناول المنطق الصوري بلغة رمزية دقيقة أو حساب منطقي يأخذ شكلاً بعينه بهدف تجنب الوقوع فيما ينتج عن استخدام اللغة العادية من غموض والتباس" (1), فيما عرفته الجمعية البريطانية في تقرير لها عام 1866 بأن المنطق الرياضي هو " علم قوانين ومجموعات الرموز وفي هذا الرأي لا يوجد شيء غير فلسفي في اعتبار المنطق فرعاً من الرياضيات فرعاً من المنطق" (2), أو هو " فرع من المنطق يمثل كيف يجب أن تفكر باستخدام لغة رسمية تتكون من رموز مجردة توفر هذه الرموز المجردة وطريقة دمجها ومعانيها (تفسيراتها) لغة دقيقة وقابلة للتطبيق على نطاق واسع وفعال للغاية في التفكير" (3), أو هو " دراسة نوع الاستدلال الذي يقوم به علماء الرياضيات" (4) هذه التعريفات أجمعت على أن المنطق الرياضي هو استدلال رمزي للغاية منه هي اختصار التطويل والاطناب في تفسير قضايا ومسائل منطقية بمعنى أن هذه الرموز شكلت ابجديات الفكر البشري لغرض التفكير وإيجاد الحلول وكل ذلك ضمن نطاق مختصر ودقيق.

ثانياً- مفهوم الذكاء الاصطناعي:

1- قاسم, محمد محمد, 2002, ص24, نظريات في المنطق الرمزي, دار المعرفة الجامعية للطباعة والنشر.

2- John. Venn, 1881,p17, Symbolic Logic ,Prntel .C and others for publishing ,London.

3- David.W.Agler,2013,p1, Symbolic Logic, published by Rowmen& Littlefield, USA.

4 4-Joseph.Rshoenfled, 1967,p1, Mathematical Logic, published by Addlsin-Wesley, London.

عُرف الذكاء الاصطناعي بأنه " يهتم بالسلوك الذكي الذي يتضمن السلوك الذي بدوره يتضمن الإدراك , التفكير, التعلم, والتواصل في بيئات معقدة"(5) , وهناك من قسم تعريف الذكاء الاصطناعي وفق التفكير العقلاني, ووفق التفكير الإنساني وجاءت وفقاً لذلك التعاريف هي :

التفكير العقلاني " أولاً- دراسة القدرات العقلية من خلال استخدام النماذج الحسابية, أو ثانياً- دراسة العمليات الحسابية التي تجعل من الممكن الإدراك والتفكير والتصرف, ثالثاً- دراسة تصميم العوامل الذكية" بينما التفكير الإنساني قد عرفه بكونه " أولاً- الجهد الجديد والمُثير لجعل أجهزة الكمبيوتر تفكر كالألات ذات عقول بالمعنى الكامل والحرفي, ثانياً- أتمته الأنشطة التي تربطها بالتفكير البشري أنشطة مثل اتخاذ القرارات وحل المشكلات والتعليم, ثالثاً- فن انشاء الآت تؤدي وظائف تتطلب ذكاء عند قيام البشر بها, رابعاً - دراسة كيفية جعل أجهزة الكمبيوتر تقوم بأشياء يكون البشر فيها أفضل في الوقت الحالي"(6), بينما عرفه البعض بمصطلح آخر غريب مستخدمين مصطلح (الوكيل الذكي) والمقصود من هذا المصطلح هو جزء من نظام أكبر وعليه يفهم من هذا المصطلح كونه يُحاكي السلوك الفرد المستقل أيضاً لتفاعله مع بيئة معينة مثل المستخدم .. الخ, وأيضاً لأنه يملك قدرات مثل الإدراك , اتخاذ القرار ... الخ, اذن وفقاً لهذا المصطلح فالذكاء الاصطناعي هو:

" أولاً- يمكن أن يكون عميل الذكاء الاصطناعي برنامجاً خالصاً أو أن يكون له جسم, ثانياً- يمكن توجيه عميل الذكاء الاصطناعي نحو مهمة محددة أو أن يكون عميلاً مرناً يستكشف بيئته ويتلاعب بها ويُبين المعرفة بهدف محدد أو بدونه, ثالثاً- يتعلم عميل الذكاء الاصطناعي من خلال الخبرة أي أنه يتحسن في أداء مهمة ما بمزيد من الممارسة عليها"(7).

المبحث الثاني: العلاقة النظرية والتاريخية بين المنطق الرياضي والذكاء الاصطناعي

أولاً- إسهام ليبنتز في اختراع النظام الثنائي في المنطق الرياضي:

تعد اسهامات ليبنتز بوصفه منطقياً أول اسهامات حية طبقت فكرة وجود آلة حاسبة ويتداخل فيها الذكاء الاصطناعي في وقت كانت فكرة الرقمنة فكرة لم تُطرح بعد اصدار ليبنتز فكرته عن الحساب الثنائي كانت اللبنة الأساسية اذ رأى أن " جميع الأفكار يمكن اختزالها عن طريق التحلل إلى عدد قليل من الأفكار البدائية وغير القابلة للتعريف ومن ثم, سيكون كافياً اجراء تعداد كامل لهذه الأفكار البسيطة ودمجها معاً للحصول تدريجياً على الأفكار المعقدة من خلال عملية معسومة من الخطأ وهكذا يُشكل المرء ابجدية الأفكار من المفاهيم الأساسية..."(8), هذه العملية جعلت من ليبنتز يصبح أول من اخترع حساباً ويدخل به في مجال الرياضيات حتى وان لم يكن رياضياً , " لقد أدرك ليبنتز أهمية الذكاء الاصطناعي لعلمه أنه سيكون ذا فائدة لكون العقل البشري يعمل بجدية أكثر في الألعاب ولذلك فهو يقول في مقال تحليل ألعاب الحظ: أود منك إكمال جميع الألعاب التي تعتمد على الأرقام...بعد الألعاب التي تعتمد على الأرقام فقط تأتي الألعاب التي لا يزال فيها الموقف مؤسسا مثل الطاولة, والداما.."(9), كانت الفائدة من هذا الاختراع هي فك رموز التشفير وذلك وفق ما يأتي " اذا كان التشفير قصيراً جداً فإنه لا يحتوي على بيانات كافية (حروف وأرقام) لتحديد المفتاح ما يسمح باستيعاب عدد كبير (محدود أو لا نهائي) من المفاتيح وعليه نتج تفسيرات مختلفة (مرجحة أو غير مرجحة), اذ كان له طول معين يعتمد على طول المفتاح أو يعتمد على التشفير فإنه يوفر البيانات اللازمة والكافية فقط لتحديد المفتاح وأخيراً اذا تجاوز هذا الحد الأدنى من الطول فسكون البيانات وفيرة (أكثر من كافية) ... , ان مجرد كون المفتاح المحدد بواسطة جزء من التشفير يوفر ترجمة معقولة للباقي يعد تحققاً محتملاً للغاية وكافياً بشكل عام"(10), يستكمل قوله ان في هذا الآلة " هناك نوعان من العمليات بعضها تركيبي مثل (الجمع , والضرب, والرفع) , وبعضها تحليلي معكوس للأول (الطرح والقسم) واستخراج الجذور واللوغاريتمات) فهو يرى العملية التركيبية الأشمل تتمثل في بناء سلسلة أو جدول باستخدام صيغة أو قانون تكوين معروفاً أما العملية التحليلية الأشمل فتتمثل على العكس من ذلك في ايجاد مفتاح أو أصل أو بناء جدول أو سلسلة... الخ, لقد رأى أن اختراع آلة الحاسوب من شأنه أن يساهم في حل المشكلات التقنية , جهاز قادر على احداث التأثير المطلوب باختصار يستخدم الاختراعات بالمعنى الدقيق للكلمة بطريقة منتظمة ودقيقة توصلنا مباشرة إلى الهدف وتمكننا من الوصول إلى النتيجة الجيدة لجميع الأبحاث التي كانت حتى الآن مسألة تخمين أو تجربة أو خطأ أو صدفة أو ذوق..."(11) , لذا رأى " أن الحساب على أساس اثنين أي على أساس(1,0) كمكافأة على طوله هو الأكثر أهمية بالنسبة ويعطي اكتشافات جديدة والتي تكون مفيدة بعد ذلك حتى لممارسة الأرقام وخاصة بالنسبة للهندسة والسبب في ذلك هو أن

5 -1Nils .J .Nilsson, 1998,p1,Artificial Intelligence Anew synthesis , published by China Machine press ,Chain.

6 Stuart .J .Russell and others,2010,p2, Artificial Intelligence A modern Approach ,published by Pearson,3Edition ,USA .

7- Hala.Nelson,2023,p1, Essential math for AI, published by Oreilly medial, 1Edition,USA.

8 Louis. Couturat, 1901,p35, Logique De Leibniz dapres des documents in edits, published by Felix Alcan , Paris .

9 -2Ibid,p243.

10- Louis. Couturat, 1901,p254.

ليبنتز(1716-1646)فيلسوف وعالم رياضيات الماني من مؤلفاته(الفن التوافقي)/تراجم, طرابيشي, جورج, معجم الفلاسفة*

11 Ibid,p270-276.

الأرقام عندما يتم تقليصها إلى ابسط المبادئ مثل (1,0) يظهر نظام رائع في كل مكان" (12) , وبهذا يعد لبيتنز " مخترعاً بارزاً للآلات الحاسبة الميكانيكية وابتكر عجلة لبيتنز التي استخدمت في الآلات الحاسبة الميكانيكية , كما اخترع الآلات الحاسبة في سبعينيات القرن العشرين على الرغم من عدم الاعتراف به نسبياً خلال حياته إلا أنه طور من المنطق وقام بوصفه وصياغته لنظام الاعداد الثنائية لعبت دوراً مهماً في تطوير اجهزة الكمبيوتر " (13), ان هذا يعني أن افكاره التطويرية قد سبق وكانت فاتحة فعلية لما بعده بقرون عدة وكانت طفرة نوعية مهدت الطريق لما بعده لكي يستنبط القواعد والثوابت وأنظمة الأتمتة وهذا كان على يد جورج بول.

ثانياً- جورج بول وأثره في تطوير ما بناه سلفه لبيتنز:

سار جورج بول في منحى تطوري حيث طور أفكار لبيتنز وعُد مؤسس المنطق الرقمي الحديث وذلك بوصفه فرعا جديدا من الرياضيات والذي يعتمد على نمط المتحولات وبدلاً من استخدامه للأرقام العشرية

التي نستخدمها في حياتنا اليومية قام باعتماد أسس رقمي يقوم على ما اعتمده لبيتنز وهو (0,1) ... (14) " لقد استخدم بول هذا النظام للتعبير عن حالات المتغير المنطقي هو أي نظام يمكن أن يأخذ قيمة واحدة فقط من القيمتين خلال نظريته لجبر المنطق وهو نظام مناسب لبنيّة الحاسوب الالكتروني لسهولة تطبيقه عملياً باعتبار كل مقدار مادي يتصف أن له حالتين متميزتين يصح للاستخدام كعامل فعلي للرموز حيث يمثل الرقم (0) حالة التوقف (of) ويمثل (1) حالة التشغيل (on) ويكتب كل عدد ثنائي في شكل متتالية من الأرقام (1,0) وقاعدة النظام الثنائي هي (r=2) وعليه فإن أساس الجبر البوليني هو التعامل مع المعطيات استناداً إلى قيمتين هي (1,0) , فاستناداً إلى هذه الرقمين يمكن تمثيل العديد من الأوامر والأرقام والأرقام العشرية والصور والأصوات... الخ , وذلك باستخدام شفرات (إشارات) هذه الإشارات هي سلسلة من الشحنات الكهربائية متساوية الكمية والخانة الواحدة في السلسلة تسمى (بت) وفي كل مره تتوزع الشحنات على شكل سلسلة بشكل مختلف فتعطي رمز يصلح لهذا التوضع وهكذا , اسهم منطق بول في تأسيس نوعين من البوابات المنطقية بالكمبيوتر ذات التسلسل المتلاحق بوابة (and) والتي تستند إلى الموازة , بوابة (or) لكنه لا يمثل دور واضح في بقية البوابات ومنه تتكون بقية البوابات " (15) , . يطلق بول على البوابات المنطقية مصطلح الفئة بقوله " أي شيء يمكن أن يُعبر عن فئة من الأشياء من خلال الخصائص المشتركة أو أسماء الاعضاء الفردية حيث يجب تشكيل تعبيرات لتلك الاجزاء المختلفة بشكل منفصل ثم يتم ربطها بواسطة العلامة (+) , ولكن اذا كانت المجموعة التي نرغب في التحدث عنها قد تكونت عن طريق استبعاد جزء محدد من اعضائها من مجموعة أوسع يجب إضافة العلامة (-) إلى تعبير الرمز الخاص بالجزء المُستبعد فيما يتعلق باستخدام هذه الرموز يمكن إضافة بعض الملاحظات الإضافية بشكل عام وهي:

أ- الرمز (+) يُعادل الروابط (و, أو).

ب- بينما الرمز (-) يُعادل حرف الجر (باستثناء) من بين حروف العطف (و , أو) يستخدم الأول عادة عندما يشكل المجموعة المراد وصفها هي الموضوع بينما يتم استخدام الثانية عندما تُشكل المجموعة لقضية ما ومثاله عبارة (العالم ورجل العالم يرغبان في السعادة) , أو قولنا (الأشياء ذات المنفعة أو المنتجة للمتعة أو مانعة للألم) مثال على الحالة الأخرى (16) , يتفرع من هذه البوابات الأساسية بوابات فرعية وهي:

أ- البوابة and: وهي ذات دخلين ومخرج واحد تخرج إشارات فتمثلها في حالة واحدة فقط اذا كان كلا دخلها في الوضع المنطقي أي انها تعمل كدالة ضرب لمدخلها بمعنى رياضي هي عبارة عن دالة ضرب حيث (A,B) الدخلان والمخرج والنقطة علامة الضرب $A.B=C$

ب- البوابة OR: وهي أيضاً ذات دخلين تخرج إشارة رقمية قيمتها (1) اذا كان احد دخلها أو كان كليهما

الوضع المنطقي (1) أي أنها تعمل كدالة الجمع رياضياً هي $A+B=C$

ج- البوابة NOT: إشارة الخرج عكس إشارة الدخول تماماً أي لها مدخل واحد ومخرج واحد رياضياً هي $A =C$

د- البوابة nand: وهي بوابة مركبة تتكون من (and و not) تخرج إشارة رقمية (1) اذا كان احد مدخليها أو كلاهما (0) وتمثل رياضياً

ب $A.B=nand$

12 Mattia. Brancato, Leibniz , Wegel and the Birth of binary Arthmetic, Logic journal,p161.

13 Daniel. R. Lande, Development of the binary number system and the foundation of computer science, No3,V11,2024,p521.

14 ينظر ماريو , رجال. جورج بول مؤسس المنطق الرقمي. مقالة على موقع الكترون. بتاريخ 2015/5/15.

*جورج بول(1864-1815) هو عالم رياضيات بريطاني ابتكر نوعاً من الجبر يتيح التعامل مع الأرقام والحروف والأشياء والعبارات كما لو كانت أرقاماً بحته وقدم الجبر المنطقي المستعمل في الحواسيب.

15 ينظر نقايبي, سليمة, دور منطق جورج بول في بنية الحاسوب, مجلة ابعاد, ع2, م9, 2022,ص501-502.

16George.Boole,2017,p39, An investigation in the laws of thought ,USA.

هـ البوابة: nor تخرج إشارة رقمية (0) اذا كان احد دخلها او كلاهما ب(1) أي رياضياً هي $A+B$.

و- البوابة Xor: تخرج (1) اذا كان الدخل فرد الاحاد (وحايد الدخل الفردي) أي أن المدخل فيها متعاكس ويرمز لها $A.B - A$. رياضياً $A \oplus B = A \oplus B$ (17).

"ي- البوابة Xnor: تخرج (1) اذا كان المدخل قيمته زوجية ومحاييد الدخل زوجي اذا كانت البوابة ذات دخلين فإنها تخرج (1) اذا اتفق الدخلان لأن (00) عدد زوجي, (11) عدد زوجي أي (واحدين) ورمزها منطقياً $A \oplus B$ (18), ولتيسير فهم هذه البوابات المنطقية هي "أن تقارنها بالدارات الكهربائية ويمكن أن تقابل كل عملية منطقية من العمليات (and, or, ...) بدارة خاصة لغرض أنه لدينا تياراً يمر من داره من خلال مجموعة من المفاتيح التي تعمل بصورة مستقلة بحيث أن أي مفتاح منها يمكن أن يكون في وضع الفتح (on), أو في وضع الأغلاق (off) ويمكن تمثيل هاتين الحالتين بـ (1,0) على الترتيب فإذا كان هناك مفتاحان أو أكثر مربوطان على التسلسل أي (سيتشكلان مساراً واحد) فعندئذ يجب أن تكون جميع المفاتيح في حالة (on) لكي يمر التيار أي مفتاح واحد (و), والذي هو (and) وجميع المفاتيح الأخرى يجب أن تكون (on) اذا كان المفتاحان مربوطين على التوازي (التفرع) فسيكون هناك مساران يمكن أن يمر التيار من كل منهما وذلك عبر المفتاح (أو) وهكذا" (19), وإذا كان هناك مفتاح أو أكثر في حالة (on) في دارة تفرعه فان التيار سوف يتجزأ ليمر كل منه في فرع من فروع الدارة ثم تعود الأجزاء بشكل منتظم بعضها لبعض ولكننا في المنطق الثنائي لا نهتم بحجم التيار إنما بمرور هذا التيار وهو ما نرمز له بـ (1) إلى الواحد المنطقي أو عدم المرور وهو ما نرمز له بـ (الصفير المنطقي) (20), اذن يتضح أن عمل جورج بول هو انتاج البوابات المنطقية أو ما يسمى بـ (prosses) إذ أدت أفكاره دوراً حيوياً في إدخال المكون المادي للكمبيوتر محاولة منه على ادخال العقل في صورة الحاسوب والتي تتخذ كل الاجراءات الحاسوبية والمنطقية اذن بعد أن كان المنطق رتبياً مع لبينتز اصبح مع بول غير رتيب بمعنى اخر بعد أن كانت (المقدمات =النتائج) بدون نقص اصبحت مع بول ممكن أن تعطي مقدمات غير كاملة أو منقوصة فتعطي نتائج جديدة, وهذا يعني وفق التحولات هذه أن المنطق اصبح من منطق متعدد القيم إلى منطق ثنائي القيم أي (أما ص أو ك).

ثالثاً- تأثير أعمال تورينغ في تشكيل مفاهيم (قابلية الحساب والذكاء الاصطناعي المبكر):

أصبحت مع تورينغ العلاقة أقوى بين المنطق الرياضي اذ مثلت أعمال السابقين نقطة انطلاق مهدت الطريق لكي يستقي منهم أفكارا ستكون القاعدة الأساس في نظرية الحوسبة وهو ما يعد حجر الأساس للباحثين في علوم الحاسوب اذ ان اعماله ربطت بين النظرية والتطبيق مما جعل اعماله دائماً تطرح سؤال فلسفياً حول امكانية الدمج بين الذكاء البشري والمحاكاة وهو ما سنفصل القول فيه " كان الوصف لآلة تورينغ هي نوع من الآلات الحاسوبية والنظرية وهذا يختلف في نقطتين عن الكمبيوتر البشري الذي يعمل بموجب تعليمات منبثقة, أو آلة حاسبة رقمية فعلية (مثل آلة حاسبة مكتبة أو كمبيوتر عالي السرعة مزود بأنايبب الكترونية أو ترانزستورات) وهذه هي النقاط التي تخصص فيها المثالية من خلال تجريد الكمبيوترات البشرية والآلات الفيزيائية من قيودها العملية, تميزت الآلة تورينغ بميزات أو لآ- انها لا تتعرض للأخطاء, أي أنها تطيع القوانين المقصودة لأفعالها دون أي انحرافات, ثانياً- تنتج آلة تورينغ ذاكرة محتملة غير محدودة أي أن كمية المعلومات المخزنة في أي وقت هي محدودة الا أنه لا يوجد حد أعلى لهذه الكمية, قد تشمل المراد تخزينها (في وقت من الأوقات) بيان السؤال الموجه للآلة والعمل التحضيري الذي قامت به الآلة اثناء وصولها إلى الإجابة" (21) وللإجابة السماح بتخزين غير محدود لمثل هذه المعلومات, تعد الآلة نفسها ومنشأة التخزين الطرفية منفصلتان, والتي تعدها شريط لانهاياً, الآلة نفسها تقوم بالعمليات الحسابية وتحدد الوظيفة محددة للحظات من خلال افتراض الآلة واحداً أو أخرى من مالا نهائيتها" (22), اذن ماهي هذه الآلة؟ يُعرف تورينغ الآلة بقوله " إذا كانت حركة الآلة في كل مرحلة محددة تماماً من خلال التكوين إلى قسمين هما (آلة اوتوماتيكية أو آلة A) لبعض الأغراض قد تستخدم الآت الاختيار أو (آلة C) يتم تحديد حركتها جزئياً فقط من خلال التكوين ومن هنا جاء استخدام كلمة (ممكن) عندما تصل هذه الآلة إلى أحد هذه التكوينات الغامضة, يمكنها الاستمرار حتى يتم اتخاذ خيار تعسفي من قِبل مُشغل خارجي سيكون هذا هو الحال اذا كنا نستخدم الآلات للتعامل مع الانظمة البيديهية, أما الآلات الحوسبية فهي اذن طبقت آلة (A) نوعين من الرموز الأول يسمى (الاشكال) بالكامل من (1,0), وتسمى الرموز الأخرى رموزاً من النوع الثاني فتسمى الآلة (آلة حوسبية) اذا تم تزويد الآلة بشريط فارغ وتم تشغيلها, بدءاً من التكوين الأول الصحيح (M), فإن التسلسل الفرعي للرموز المطبوعة بواسطة والتي هي من النوع الأول سيسمى بالتسلسل المحسوب بواسطة الآلة يُطلق على العدد الحقيقي الذي يتم الحصول على تعبيره كعدد عشري ثنائي عن طريق وضع فاصلة عشرية قبل هذا التسلسل, الرقم المحسوب

17 ينظر الشواربي, محمد عبد المنعم, 2008, ط1, ص70-46, فن تصميم الدوائر الرقمية, دار الكتاب للطباعة والنشر, مصر.

18 ينظر المصدر نفسه, ص71-73.

19 جون, ماكليش, ت-خضرت الاحمد واخرون, ص255-256, 1999, العدد من الحضارات القديمة حتى عصر الكمبيوتر, عالم المعرفة للطباعة والنشر, الكويت.

20 المصدر نفسه, ص256.

21 Stephen. Cole Kleene, 2002, p259, Mathematical logic, published by dover publication, USA.

*الآن تورينغ (1912-1954) عالم رياضيات وعالم منطق من مؤلفاته (نظم المنطق على أساس الترتيب الرتيبي)

https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A2%D9%84%D8%A7%D9%86_%D8%AA%D9%88%D8%B1%D9%86%D8%BA

22 Stephen. Cole Kleene, 2002, p260, Mathematical logic

بواسطة الآلة في مرحلة من مراحل حركة الآلة يقال أن عدد المربع الممسوح ضوئياً والتسلسل الكامل لجميع الرموز الموجودة على الشريط والتكوين M يصف التكوين الكامل في تلك المرحلة تسمى تغيرات الآلة والشريط بين التكوينات الكاملة المتتالية تحركات الآلة" (23) , وهناك تعريف اخر لها وهو M " هي رباعية {K,Σ,q0 T, } اذ:

أ- K- هي مجموعة منتهية من حالات M.

ب -Σ هي ابجدية منتهية من حالات M.

ج- q0 هي الحالة الاولية.

د - T هي {K Σ×k → (Σ) U (R,L) هي دالة انتقال (جزئية) لـ M} " (24)

يمكن الاتفاق بداية على أن " آلة تورينغ تتعامل مع العديد من الخوارزميات هي رموز ابجدية منتهية {a0,a1,.....an} يمكن للكانتات غير الرمزية :

	A ₂	A ₅	A ₁		
--	----------------	----------------	----------------	--	--

يتم تمثيلها بالرموز , واللغات المستخدمة فعلياً في الحساب تتطلب عدداً محدوداً من الرموز يُطلق على التسلسل المحدود من رموز لغة (A) اسم كلمة من (A) من المناسب قبول كلمة من (A) لا تتكون من أي رموز على الاطلاق اذا كانت (Q,P) كلمتين فإن (Pa) تُشير إلى الكلمة التي تم الحصول عليها بكتابة (a) على عين (P) بالنسبة لأي عدد صحيح موجب (K), يجب أن يمثل (Pk) الكلمة المكونة من (K) تكرارات متتالية لـ (P) ... أن جميع العمليات الحسابية تتم على شريط مقسم إلى مربعات يكون الشريط فيها لانهاياً في كلا الاتجاهين يمكن, بمعنى أنه على الرغم من أنه محدود في أي لحظة إلا أنه يمكن دائماً إضافة المزيد من المربعات إلى طرفي الشريط الأيمن والأيسر يحتوي كل مربع على رمز واحد على الأكثر من الأبجدية (A), في أي وقت يحتوي على عدد محدود فقط من المربعات على رموز بينما تكون الباقي فارغة سيتم حجز الرمز (a0) لمحتوى المربع الفارغ في اللغة العادية تستخدم المساحة أحياناً لنفس الغرض وعليه يمكن تمثيل حالة الشريط في لحظة معينة بكلمة من الحرف (A) كما في الشريط اعلاه لا يحد استخدامنا لشريط أحادي البُعد عن من الخوارزميات التي يمكن التعامل معها يمكن ترميز المعلومات الموجودة في مصفوفة ثنائية الأبعاد كتسلسل محدود" (25) , وعليه تعمل الآلة بالطريقة الآتية " في لحظات زمنية منفصلة وليس بشكل مستمر ولديها رأس قراءة يقوم في أي لحظة بمسح مربع واحد من الشريط (يمكن اختزال ملاحظة مجال اكبر إلى ملاحظات متتالية لمربعات فردية) ثم يتفاعل الجهاز بالطرق الآتية:

أ- يطبع رمزاً في المربع ويمحو الرمز السابق.

ب- ينتقل إلى المربع التالي على اليمين" (26)

أ- qj aj ak qr

ت- qj aj Rqr

ج- qj Qj Lqr

في كل حالة (qj) هي الحالة الداخلية الحالية و(aj) هو الرمز المرصود , و(qr) هي الحالة الداخلية بعد الخطوة في الشكل (أ) تمسح الآلة (aj) وتطبع (ak) في الشكل(ب) يتحرك رأس القراءة للآلة مربعاً واحداً إلى اليمين , وفي الشكل(ج) يتحرك مربعاً واحداً إلى اليسار...." (27).

23 A. Turing ,on computable number with an application to the entscheidungs problem, series2,Vol42,1936,London.p232

24 Michal.Walicki,2016.p102,introduction to mathematical Logic, published by word scientific, British.

25 Elliot .Mendelson, 2015,p311-312, introduction to mathematical Logic, published by Taylor& Francis Grope ,6edition, USA.

26 Ibid,p312.

27 Elliot .Mendelson, 2015,p313, introduction to mathematical Logic

مميزات الآلة تورينغ:

أولاً: "تخزن الآلة بياناتها على شريط خطي طويل للغاية يتكون الشريط من خلايا تحتوي كل خلية على رمز واحد من ابجدية الشريط
ثانياً: تقرأ الآلة خلية واحدة في كل مرة من الشريط تسمى الخلية التي تتم قراءتها موضع رأس الشريط , يمكن لرأس الشريط تحريك
خلية واحدة إلى اليسار أو اليمين كل مرة.

ثالثاً: هناك أبجدية Σ تسمى أبجدية الإدخال لدينا $\Gamma \not\subseteq \Sigma$ يوجد رمز فارغ # موجود في Γ ولكنه ليس موجود في Σ تتم تهيئة آلة تورينغ
بعدد محدود فقط من الرموز غير الفارغة على شريطها اذا اخذت آلة تورينغ مدخلاً واحد $W \in \Sigma$ فسيتم تهيئتها بالمدخل W المكتوب في
خلايا شريط متتالية وتحتوي بقية الشريط على رموز فارغة # , آلة تورينغ التي تأخذ K مدخلات (W_1, \dots, W_k) تتم تهيئة الرموز
 $(W_1\#, W_2\#, \dots, W_k\#)$ وبقية الشريط فارغة , يبدأ رمز الشريط من أول رمز (أقصى اليسار) لمدخلها الأول.

رابعاً: تحتوي آلة تورينغ على عنصر تحكم محدود (Q) من الحالات وقائمة محدودة من التعليمات لكيفية عمل هذه الآلة يتم ترميز هذه
التعليمات باستخدام دالة انتقال (δ) .

خامساً: في أي خطوة معينة تكون آلة تورينغ في حالة $(q \in Q)$ تسمى الحالية وتقرأ $(\Gamma a \in \Sigma)$ في خلية الشريط اسفل رأس تعطي القيمة
 $\delta(q, a)$ تعليمات حول الرمز الذي يجب كتابته في خلية الشريط الحالية وما اذا كان يجب تحريك رأس الشريط يساراً أو يميناً مربعاً واحداً
وما هي الحالة التالية التي يجب أن تكون عليها.

سادساً: هناك حالة بداية محددة أو (حالة أولية) غالباً ما يُشار إليها بـ (q_0) تبدأ الآلة العمل في حالة البداية سابقاً: هناك مجموعة (Qhalt)
(من حالات التوقف المحددة لتحديد علاقة أو تحديد جزئي لها حالتان توقف غالباً ما يُشار إليها $(q_{urj\ and}, q_{ace})$, وهما حالتان محدودتان
للقبول والرفض آلة تورينغ التي تحسب دالة أو تحسبها جزئياً أو تعدد مجموعة لها حالة اخراج محددة واحدة غالباً ما يُشار إليها بـ (q_{out}) عند
ادخال حالة الإخراج تكون سلسلة الإخراج مساوية للحد الأقصى (28)

وهذا يعني أن افكار تورينغ كانت اختراع حاسوب مشابه لما هو عليه الحاسوب اليوم وبنفس العمل والجودة وهو ما كان إيذاناً بإدخال
المنطق الرياضي للحاسوب على خطى سابقيه اذاً نخلص إلى نتائج من أن كان اثر ليبنتز واضحاً في افكار تورينغ اذ بينما استخدم ليبنتز
النظام الثنائي كتمثيل رياضي وفلسفي استخدمه تورينغ كأساس للحوسبة الرمزية وسعيه المستمر لإكمال مشروع ليبنتز فاستخدم المنطق
الرياضي لتحليل قابلية الحل , وكذلك كان اثر ليبنتز واضحاً في أثر الحوسبة اذ بينما هي مع ليبنتز كانت ميكانيكية تعتمد على النظام الثنائي
, استخدمها تورينغ لتصبح نموذجاً نظرياً يُحاكي الحوسبة وختاماً ربط بين الارقام والمعاني الوجودية بطريقة رياضية استخدمها تورينغ
ليربط بين الرموز والذكاء الاصطناعي بطريقة تُحاكي التفكير البشري ليجيب على سؤال طرحه ليبنتز في اوراقه البحثية (هل تستطيع الآلة
التفكير)؟.

المبحث الثالث: نماذج خوارزمية تستخدم في المنطق الرياضي:

أولاً *propositional Logic* :

" يمكن وصف منطق القضايا بأنه " منطق ثنائي القيمة ف تحليل روابط الجمل المعطاة (A, B) مثل $(A \text{ and } B)$ أو $(A \text{ or } B)$ ليس
 (A) اذا (A) ثم (B) في منطق القضايا ثنائي تهمل هذه الظواهر بشكل كبير فحسب بل يتميز أيضاً بتقديم العديد من المفاهيم على سبيل
المثال مفاهيم النتيجة أو استقراء القاعدة أو الحل على مستوى ايسط وضوحاً...." (29) , و يُعرف أيضاً " جزء من المنطق حيث تُبنى عبارات
جديدة من عبارات معطاة باستخدام ما يسمى بأدوات الربط مثل (لا , أو , و) ثم تحدد قيمة الحقيقة لمثل هذه العبارات الجديدة تماماً من خلال
قيم الحقيقة للعبارات المعطاة ولذا بالنظر إلى أي عبارة q أو p يمكننا فهم العبارات الثلاث وهي:

أولاً- $\neg p$ نفي p , وينطق ليس (p) .

ثانياً- $p \vee q$ وتعني فصل وتنطق p أو q .

ثالثاً- $q \wedge p$ وتعني وصل وتنطق $q \wedge p$ (30).

ان أي أساس ادراجي لمنطق القضايا كتطبيق على جبر بول هو لأن الجبر البوليني هو التعبير الجبري عن منطق القضايا لذا يُعرف الجبر البوليني " هو نظام $\langle A, +, -, 0, 1 \rangle$ بحيث تكون (+) و (-) عمليتين ثنائيتين على (A, و) وتكون (-) عملية أحادية على $\langle A, 0, 1, <$ وتنطبق الشروط الآتية على جميع $(A, \in Z, y, X)$ وهذه الشروط هي:

$$x + y = y + x \text{ and } x \cdot y = y \cdot x$$

$$x \cdot (y + z) = (x \cdot y) + (x \cdot z) \text{ and } x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)$$

$$x + (x \cdot y) = x \text{ and } x \cdot (x + y) = x$$

$$x + (x + y) = x + y \text{ and } x \cdot (x \cdot y) = x \cdot y$$

$$x + x = x \text{ and } x \cdot x = x \text{ (31)}$$

يعتمد جبر بول على مفهوم الثنائية وتعني $(B, +, *)$ هي العبارة الناتجة عن تبديل عمليتي الجمع + و الضرب * كلاً مكان الآخر في العبارة الأصلية وتبديل عنصرَي الوحدة الجمعي (0) والضربي (1) كلاً مكان الآخر في العبارة الأصلية, وينتج عن هذه العبارة نظريات في جبر بول تتمثل بما الآتي:

اولاً- الثنائية شرط من شروط جبر بول , أي نفترض أن $(B, +, *)$ جبر بول ونفترض أن $(A \in B)$.

ثانياً- عناصر الوحدة تكون وحيدة أي أن:

$$1 \cdot a = a \text{ and } a \cdot 1 = a \text{ (1)}$$

$$a + (a \cdot b) = a \text{ and } a \cdot (a + b) = a \text{ (2)}$$

ثالثاً- قانون التماثل القوي ويتكون من نقطتين هما:

$$a + a = a$$

رابعاً- $a + a = a$ ويمكن اثبات الطريقة (2) وفقاً لمفهوم الثنائية , فإن الثنائية $a + a = a$ تكون $a * a = a$ وبما أننا اثبتنا في (1) أن $a + a = a$ صواب إذاً تكون $a * a = a$.

$$a + (a + a) = a + a = a$$

$$a + a = a + (a + a) \text{ وفقاً لقانون المكملة فإن } a + a = a + (a + a)$$

$$a + a = (a + a) + a = U \cdot a$$

خامساً- قانون الالتفاف $a + a = a$ من قانون المكملة (B5) نعلم أن لكل $(A \in B)$ يوجد $a' \in B$ بحيث أن $a * a' = 0$ و $U = a + a'$ وطالما أن $a' \in B$ إذاً يوجد $a'' \in B$ بحيث أن $a' * a'' = 0$ و $U = a' + a''$.

سادساً- عناصر الوحدة تكون مكملات لبعضها البعض أي أن :

$$a + a' = U$$

$$a' + a = U$$

30 Lou. Van den Driessche, 2012, mathematical Logic, p13.

31 J. Donald Monk, 1976, p141-142, mathematical logic, published by Congress, 1 edition, USA

32 رزق الله, رأفت رياض, المنطق الرياضي, 2001, ص224, المكتبة الأكاديمية للطباعة والنشر, مصر.

سنكتفي بأثبات رقم(1) (ملاحظة سنكتفي بأثبات رقم 1) قانون الوحدة $0B4=6+6=0$
 قانون الأبدال $0B1=6+0=0$
 قانون المكمل $U.B5=U$

سابعاً- قانون دي مورجان وهو $1 - (a+b) = \bar{a} * \bar{b}$ (33)"(a*b)

ثامناً- المكمل تكون وحيدة وتكون كالاتي : البرهان -نعرف $\bar{a}1, \bar{a}2$ مكملين للعنصر (a) اذن المطلوب اثباته أن $\bar{a}1 = \bar{a}2$ ومن قانون المكمل B5 حيث ان $\bar{a}1$ و $\bar{a}2$ مكملين للعنصر (a)

$$a + \bar{a} = U, a * \bar{a} = 0-1$$

$$a + \bar{a}2 = U, a * \bar{a}2 = 0-2$$

تاسعاً- قانون الامتصاص وهو $a + (a * b) = a$

$$(34)"a * (a + b) = a$$

عاشراً- "نفترض $(b, +, *)$ جبر بول , وأن $a, b \in B$ اذن الشروط متكافئة و(سنكتفي بذكر النقاط فقط)

$$a * \bar{b} = 0-1$$

$$A + b = b-2$$

$$a + \bar{b} = U-3$$

$$a * b = \bar{a} - 4$$

حادي عشر- " نفرض أن $(B, +, *)$ جبر بول العلاقة (\leq) علاقة ترتيب جزئي في B أي أن:

$$1- (\leq) \text{ علاقة عاكسة } a \in B \forall a \in B$$

$$2- (\leq) \text{ علاقة غير متماثلة } (a \leq b) \wedge (b \leq e) \Rightarrow a = b$$

$$3- (\leq) \text{ علاقة شاملة } (a \leq b)(b \leq e) \Rightarrow a \leq e$$
 (35)"

جداول الحقيقة:

"ان جداول الحقيقة هو آلية ملائمة لتحديد مخرجات أي دالة بوليانية من أبسطها إلى أكثرها تعقيداً لجميع التركيبات الممكنة لقيم الإدخال لتوضيح ذلك (انظر إلى جدول الحقيقة لدالة and الموضح في الشكل a) فهناك 22 = 4 تركيبات محتملة لقيم الإدخال اذا كان لدينا ثلاث مُدخلات فيكون (a=0 ; b=0 ; b=1 ; a=1 و b=1) لدينا 8 = 22 تركيبات محتملة لقيم الإدخال في الجدول نوضح قيمة الإدخال هذه على الجانب الأيسر من الخط الرأسي تركيبة واحدة من المُدخلات لكل صف , على الجانب الأيمن نوضح قيمة الدالة لقيم الإدخال في كل صف هنا تكون الدالة (1) فقط في الصف الأخير حيث تكون جميع المُدخلات خلال (1) يوضح الشكلان (b2.1) و (c2.1) جداول الحقيقة لقيمة الدالة (, not (or)"(36)

a	b	And	a	b	Or	a	Not
---	---	-----	---	---	----	---	-----

33 ينظر رزق الله، رأفت رياض، المنطق الرياضي، ص226-227.

34 ينظر المصدر نفسه، ص228-229.

35 ينظر المصدر نفسه، ص230-235.

36 John .D. Carpinell, 1edition, p41-42, an animated in introduction to digital logic design, njit published, USA.

-ملاحظة الجدول اعلاه يرجع لذات المصدر.

0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1		
a			b			c	

الدوائر المنطقية:

لقد أوضحنا في النقطتين السابقتين منطق القضايا وجداول الحقيقة كنبذة مختصرة لاستخدامهما كتطبيق في الدوائر المنطقية وهو ما برع فيه جورج بول " تستخدم شبكة and, or لتكوين حدود داخل الضرب وبوابة or لتكوين مجموعة هذه النواتج لذلك فإن دالة التبديل المعينة التي سيتم تنفيذها في منطق and, or يجب التعبير عنها في شكل مجموع نواتج sop على سبيل المثال الدالة $F(p, q, r, s) = \overline{p}r + qrs + ps$ يتم تنفيذها مباشرة في منطق (or, and), يمكن استخدام ترجمة بسيطة باستخدام جبر التبديل لتحويل مجموع التعبيرات الضرب إلى شكل مناسب لتطبيق (nand) المباشر مع وضع خطين فوق دالة (sop) بأكملها ثم استخدام نظرية دي مورجان لإيجاد شكل للدالة:

$$\begin{aligned} F(p, q, r, s) &= \overline{p}r + qrs + ps \\ &= \overline{p}r + \overline{q}rs + ps \\ &= \overline{X1.X2.X3} \end{aligned}$$

حيث يظهر تحقيق (nand) بهذا الشكل رياضياً , وفي حال وجود مخرج في شكل البوابة (nand) في شكلها المكافئ لقانون دي مورجان يُكتب المخرج المنطقي لها على الشكل الآتي:

$$\begin{aligned} F(p, q, r, s) &= X1 + X2 + X3 \\ &= \overline{\overline{p}r} + \overline{\overline{q}rs} + \overline{ps} \\ &= \overline{p}r + \overline{Prs} + \overline{p}s \end{aligned}$$

لاحظ أن فقاعات الانعكاس على طرفي الخطوط (X1,X2,X3) في الشكل الثاني تلغي بعضها البعض بشكل فعال مما يجعل الرسم التخطيطي يشبه الرسم في الشكل الثاني, ويوضح أنه يتم نموذج مجموع حاصل الضرب لذلك يفضل تنسيق الشكل الثاني على تنسيق الشكل الثالث عند رسم (nand) يمكن استخدام التقنيات المستخدمة هنا على أي دالة مجموع حاصل الضرب لاشتقاقه بشبكة (or, nand, and), ويمكن تحويل أي دائرة مبنية بنظام (or, and) أي مجموع مضروب أي دائرة مبنية باستخدام بوابات (nand) وذلك " بوضع عاكسين على خرج كل بوابه (and) حيث العاكس الأول مع كل بوابة (and) يعطي بوابة (nand), باقي العواكس في دخل بوابة (or), مع بوابة (or) تكافئ بوابة (nand) حسب قوانين الجبر المنطقي ...في الكثير من الاحيان يكون الرسم المنطقي للدائرة غير مُتاح وحتى جداول الحقيقة لذلك يصبح التعبير عن ذلك بمعادلة منطقية تكون كما يأتي:

$$\begin{aligned} F &= X(\overline{y}+Z) + \overline{xy} - 1 \\ &= F - \overline{y} + XY + \overline{XY} \end{aligned}$$

2-عكس الطرف الأيمن للمعادلة مرتين سوف لن يكون هناك أي تأثير نتيجة هذا العكس المزدوج في هذه الحالة ستكون المعادلة كما يأتي:

$$\overline{F - XY + XZ + XY}$$

3-طبق نظرية دي مورجان على عملية العكس الداخلية وعلى عمليات الجمع دون عمليات الضرب في هذه الحالة ستكون المعادلة كالآتي:

$$. (38)F = \overline{(\overline{XY})(\overline{XZ})(\overline{XY})}$$

ثانياً first order Logic :

يُطرح سؤال غريب ما حاجة الذكاء الاصطناعي إلى منطق الرتبة؟ يعد منطق الرتبة الأولى من الأساسية في بناء الذكاء الاصطناعي وذلك لأن التمثيل الرمزي للمعرفة حيث يسمح منطق الرتبة الأولى بتمثيل الكيانات والعلاقات نفسها بدقة، كذلك يُستخدم في الاستنتاج المنطقي وذلك لكونه يستخدم لاشتقاق معلومات جديدة عن معلومات موجودة وأيضاً لسبب آخر وهو أن منطق الرتبة الأولى يسمح باستخدام الكميات (\exists, \forall) ، والمتغيرات والعلاقات مما يجعله أكثر تعبيراً وتعقيداً من منطق القضايا " تحتوي لغة منطق الرتبة الأولى على ما يأتي :

1-المتغيرات X, Y, Z, W, \dots

2-لكل N رموز دالة n -ary المسند.

3-الرموز \forall, \exists, \neg .

لكل N قد يكون عدد رموز الدالة (n -ary) صفر أو غير صفر أو محدداً أو لا نهائياً وينطبق الشيء نفسه على رموز المسند باستثناء أنه يجب أن يكون رمز المساواة (=) من بين رموز المسند الثنائية يُطلق على رمز الدالة (n -ary) اسم ثابت , يطلق على رمز الدالة أو رمز المسند رمز غير منطقي وتسمى الرموز الأخرى رموزاً منطقية "(39) , ان وفق ما تقدم يُعرف منطق الرتبة الأولى هو " لغة تكون فيها الرموز والصيغ كما اسلفنا وتحدد لغة الدرجة الأولى تماماً من خلال رموزها غير المنطقية قد تكون هذه الرموز أي رموز لم يتم تخصيصها بالفعل لغرض آخر , ومع ذلك نتفق على أنه اذا استخدم رمز كرمز دالة غير منطقية في إحدى لغات الدرجة الأولى فلن يستخدم في أي لغة أخرى من الدرجة الأولى إلا كرمز دالة غير منطقية فينطبق الأمر نفسه على رموز المسند وهذا يضمن أنه اذا كانت لغتان في الدرجة الأولى تحتويان على نفس الرموز غير المنطقية فإنهما متطابقتان"(40) , وفي موضع اخر نجد تعريف لمنطق الرتبة الأولى

بأنه" اولاً-المتغيرات, V_0, V_1, V_2

ثانياً- $\neg, \forall, \exists, \wedge, \rightarrow, \leftrightarrow$

ثالثاً- \exists, \forall

رابعاً- \equiv ويعني رمز المساواة

خامساً- $()$ الأقواس

سادساً- لكل $1 \leq n$ مجموعة فارغة من (n -ary) رموز العلاقات.

ب- لكل $1 \leq n$ مجموعة فارغة من (n -ary) رموز لدوال.

ج-مجموعة من الثوابت"(41)

الكميات Quantifiers :

38 العودي, محمد ابراهيم, 2017, ص65-66, الدوائر المنطقية نظري -عملي.

39 -Joseph .R. Shonefiled, p14, mathematical logic.

40 Ibid,p15 .

41 Heinz. Dieter . Ebbinghaus,2021,p140, mathematical logic, 3edition, published by pringer, USA .

كانت الغاية من الترميز المقدم هو التعبير عن حقائق معقدة للغاية حول اعداد طبيعية معينة ومع ذلك واجهت صعوبة في التعبير عن كل عدد طبيعي يساوي نفسه كانت الفائدة من هذا التعبير هو لغرض الاختصار حيث ان كل متغير فردي سوف يمثل مجموعة من الاعداد وعليه سيصبح التعبير عن كل عدد يساوي نفسه هو $X=X$ بعد هذه الصياغة يمكن الآن أن لكل فرد خاصية معينة الا أنه لديه نفس الصيغة...ولذلك اقترح أن "يكون (\forall) هو رمز يعني(كلي) لجميع الافراد وعليه فإن $\forall X(X=0)$ تعني لجميع الاعداد الطبيعية ($X, X=0$), أما الرمز (\exists) والذي يعني بعض وعليه فإن $\exists X(X=0)$ تعني أن بعض الافراد $"0=(42)$, بعد هذه المقدمة عن معنى هذين الرمزين وجب إيضاح معنى الكم يُعرف الكم " يفترض أن يكون ϕ مسنداً و X متغيراً عندها سوف تكتب , $\forall X \phi$ على سبيل المثال لجميع ϕ, X تصبح $XX\forall$ ولغويًا يُقال (جميع العناصر أولية) , فالعبارة (بعض X يقابلها ϕ) أو ما يُعادلها (يوجد X بحيث ϕ) وهكذا هي عدد أولي $\exists XX$ وسوف نصوغ امثلة من المنطق التقليدي الاحرف (A, E, I, O) هي اسماء في العصور الوسطى لشكل الجُمْل في الكميات تصبح كالآتي :

$\rightarrow A-\forall X(X \rightarrow$ رجل فان \Rightarrow (كل رجل فان

$\rightarrow -\forall X(X$ هو رجل $\rightarrow -X$ هو فان \Rightarrow (لا يوجد رجل فان

$\exists X(X$ هو رجل $\wedge X$ هو فان (بعض الرجال خالدون

$\rightarrow -\exists X(X$ هو رجل \wedge (هو فان)بعض الرجال ليس خالدون

في المثال اعلاه لاحظ كيف يتوافق \forall مع \rightarrow و \exists تتوافق مع \wedge , تتعلق التنبئية الجبرية دائماً في العناصر ذات الصلة لهذا فهي تستخدم محددات الكمية, $(X + (Y + Z) = (X + Y) + Z)$ ($\forall X \forall Y \forall Z$) لكن بعض القوانين تنص على وجود عنصر لذا فهي تحتاج إلى مكتم وجودي ومثال ذلك في الحقل كل عنصر غير صفري N معكوس مضاعف: $(\exists y(X-y=1) \rightarrow \forall X(X+0=1))$ " (43) .

التوحيد unification :

هو عبارة عن تحديد اذا كان بالإمكان جعل عبارتين منطقيتين متساويتين من خلال استبدال المتغيرات بقيم أو رموز أما علاقته بالذكاء الاصطناعي فهو يدخل في عدة حقول في الذكاء الاصطناعي ومثاله التمثيل المعرفي حيث يستخدم هناك لربط المفاهيم المجردة بالحقائق الملموسة داخل قاعدة المعرفة وأيضاً يستخدم في لغات البرمجة مثل (Prolog) حيث يُعد التوحيد آلية أساسية في تنفيذ البرامج تُرى ما هو مفهوم التوحيد ؟

"نضرب مثال $C1=(\neg p(Z1,a) \vee \neg p(Z1,X) \vee \neg p(X,Z1))$:

$C2=(p(Z2,f(Z2)) \vee (Z2,a))$

أولاً نستبدل a بـ X و a بـ Z , لنحصل على $G1=(\neg p(a, a))$ and $G2=(p(F(a)) \vee p(a, a))$, ثم يفيد حل حرفياً $p(a, a)$, لاحظ أن مجموعتي القيم عرضية $\{p(Z2,a)\}$ و $\{p(Z1, a), p(Z1,X), p(XZ1)\}$ اللتين تم الحصول عليهما بأسقاط علامة الرمز ($C1$) فتم توضيحها عن طريق الاستبدال بشكل عام في حالة وجود حملين (C, B) متغيراتها متصلة وفي حالة وجود استبدال يدعمه اتحاد مجموعة المتغيرات في حالة (B, C) اذا كانت هناك مجموعة فرعية (B, C) مرافقتها فيجب أن يكون هناك مجموعة فرعية تحتوي على $\{ \dots, Bn, \dots, B1 \}$, من مجموعات القيم الحرفية في B ومجموعة فرعية في $\{ \bar{C}^1, \dots, \bar{C}^n \}$ من مجموعات القيم الحرفية في (C), $6(B1)=\dots=6(Bm)=6(C1)=\dots=6(Cn)$, فنقول عن هذا موحد لمجموعة القيم الحرفية أي أن هناك خوارزمية تسمى خوارزمية التوحيد", اذا يُفهم التوحيد بأنه" اذا كانت ايجدية \sum أو أي مجموعة $S=\{T1, \dots, Tn\}$ من أشعار \sum المحدودة فإننا نقول أن الاستبدال هو موحد لـ (S) اذا كانت $6(T1)=\dots=6(Tn)$ " (44) , اذاً التوحيد هو " جعل تعبيرين منطقيين متطابقين من خلال بديل مناسب للمتغيرات وهو عملية أساسية في منطق الدرجة الأولى يستخدم في نطاق واسع في الاستدلال الآلي ومحركات الاستدلال والبرمجة المنطقية لحل العبارات المنطقية بشكل منهجي في الذكاء الاصطناعي يؤدي التوحيد دوراً أساسياً في اثبات النظريات اذ يساعد على مطابقة الفرضيات مع الاستنتاجات مثل برولوج , يُمكن التوحيد النظام من مطابقة القواعد والحقائق مع الاستعلامات مما يسمح بمطابقة الانماط وتقييم القواعد بكفاءة ومثال ذلك : أ- الوالد (X , ماري) , ب-الوالد (جون , ماري) , ما يأتي جون $X=$, لتوحيد هذه التعبيرات نجد استبدالاً يجعلها متطابقة

هنا ينتج عن استبدال الوالد(جون, ماري) =الوالد (جون, ماري) مما يجعلها أساسية في التفكير استنتاج معارف جديدة وإقامة علاقات منطقية"(45)

تطبيق التوحيد على برنامج برولوج:

أحد أهم التطبيقات التي تعتمد على التوحيد هو البرولوج وهو (لغة البرمجة المنطقية) إذ يعتمد على التوحيد في وظائفها الرئيسية طُورت في سبعينيات القرن الماضي وتُستخدم منذ ذلك الحين في نطاق واسع في الذكاء الاصطناعي ومعالجة اللغة الطبيعية وانظمة الخبراء يعتمد برولوج على منطق الدرجة الأولى ويُستخدم نموذج برمجة تصريحي بدلاً من تحديد كيفية حل المشكلة خطوة بخطوة تُعرف الحقائق والقواعد المتعلقة بمجال المشكلة ويستخدم برولوج الاستدلال المنطقي والتوحيد لاستخلاص الحلول, في لغة برولوج تُمثل المعرفة كمجموعة من الحقائق والقواعد الحقائق هي عبارات صحيحة بلا قيد أو شرط بينما تحدد القواعد العلاقات المنطقية يستخدم برولوج قاعدة من الحقائق تُعرف باسم قاعدة المعرفة للإجابة على الاستفسارات وحل المشكلات(46), إذن ما هو البرولوج هو " لغة برمجة للحساب الرمزي غير الرقمي وهي مناسبة بشكل خاص لحل المشكلات التي تتضمن اشياء وعلاقات بين الأشياء ومثاله :

-الأب (توم , بوب) , وفق شجرة برولوج يتكون هذا التعريف مما يأتي:

-الأصل (بام, بوب)

-الأصل (توم , بوب)

-الأصل (توم , ليز)

-الأصل (بوب, آن)

-الوالد (بوب, بات)

-الوالد(بات, جيم), إذ يتكون هذا البرنامج من ست جمل كل جملة من هذه الجمل تعلن عن حقيقة واحدة حول علاقة الأصل"(47) , " يتبنى برولوج في عمله سياسة الجدولة فهي تحافظ على المحلل كجدول فتخرج الهدف العلوي للاختزال وتدفع الاهداف المشتقة إلى جدولة المحلل فضلاً عن سياسة الجدولة , يُحاكي برولوج الاختيار غير الحتمي لعبارة الاختزال من خلال البحث المتسلسل والتتبع العكسي عند محاولة اختزال البحث يتم اختيار أول جملة يتحد رأسها مع الهدف اذا لم يتم العثور على جملة قابلة للتوحيد المتنبئ فيتم ارجاع الحساب إلى اخر اختيار تم اجراؤه ويتم اختيار الجملة القابلة للتوحيد التالية "(48), إذن كانت الأسباب الرئيسية من البرولوج وصناعته هو ادراك أن المنطق يمكن أن يكون أساساً للغة برمجة علمية , وأيضاً هي تطوير تقنيات تنفيذ فعالة " إذن تتمثل مزايا البرنامج في أنه اسهل بكثير في القراءة إذ انه يوفر آلية توفير حلول مختصرة والتحقق بالفعل بما هو مطلوب منه باختصار لأن لغة البرمجة المنطقية سوف تنجم عنها مزايا هي وجود دلالات تعريفية ودلالات اجرائية بمعنى أدق أنك ستعرف ما يحسبه البرنامج بدلاً من كيفية حسابه "(49) .

نتائج البحث:

أولاً- ان أبرز نقطة استطاع المنطق الرياضي أن يحققها وهو أنه بدأ كفرع فلسفي ثم تطور ليصبح علماً مستقلاً يُستخدم في تصميم الخوارزميات مما يعكس قدرة الفلسفة في التأثير على التكنولوجيا الحديثة.

ثانياً-ان أثر ليبنتز وما تلاه في استخدام المنطق ثنائي القيم الذي يسمح بدرجات متفاوتة من الصدق وهو ما كان مناسب جداً كي يستخدم في الذكاء الاصطناعي.

ثالثاً- ادى المنطق دوراً أساسياً في أن يُكون جسراً بين العقل البشري والآلة بشكل أكبر مما يخدم مصلحة الذكاء الاصطناعي ويصب في مصلحة تقدم العلوم مع إبقاء رابطة تماسكها جيداً وعدم العودة إلى الانفصال ما بين العلوم.

45 The Applied AI Team AI, unification, 4/2025

46 Sanjana. Kumari, 18feberory 2025, unification in Artificial intelligence, Article .

47 Ivan. Bratko, 1986, p3-4, Prolog programming for Artificial intelligence ,published by Addison-Wesley ,USA.

48 Leon. Sterling and others, 1994,2 edition ,p120,the Art of prolog ,published by the EMIT ,London.

49 William. F. Clocksin and others, 5edition, programming in prolog , published by springer-verlag ,USA.

رابعاً- تطور الفكر الفلسفي المنطقي على الرغم من بدائيته وبساطته الا أن لبيتنز استطاع أن يكون قاعدة أساسية تنطلق منها دراسات اللاحقين مما يعكس قدرة عقلية ممنهجة وجادة في الأخذ بخطوات التطور الأولى.

خامساً- وهي الإجابة عن سؤال لبيتنز هل تستطيع الآلة التفكير؟ على الرغم من تطور العلوم وارتباط الذكاء الاصطناعي بالمنطق الرياضي و الآليات المستحدثة لكي تجعل الآلة تفكر مثل البشر ألا أنها عجزت عن ذلك لأن العقل البشري خُلق ليجيب على تساؤلات وفق مواقف بمعنى آخر الموقف يستدعي العقل يُفكر ويُجيب وهذا ما لا يستطيع أن تفعله الآلات بعجز واضح.

سادساً: المنطق الرياضي وحده لا يكفي لمحاكاة الذكاء البشري اذ ان الذكاء البشري يتضمن جوانب غير صورية مثل الحدس, السياق, التعلم وهي عناصر يصعب تمثيلها بالمنطق الرياضي مما جعل الآلة لا ترقى إلى المستوى البشري.

سابعاً: اسهامات فلاسفة المنطق كانت حاسمة في تشكيل الذكاء الاصطناعي افكار الفلاسفة حول (آلة تستطيع التفكير) ونظام بول, وغيرها جميعاً مهدت الطريق لتصور الذكاء منطقياً كعملية قابلة للبرمجة.

توصيات:

1-تشجيع الدراسات البينية بين الفلسفة والمنطق وعلوم الحاسوب.

2-اعادة قراءة التراث الفلسفي والمنطقي في ضوء تحديات الذكاء الاصطناعي.

3-توظيف المنطق في ضبط اخلاقيات الذكاء الاصطناعي.

References

1. David .W. Agler, Symbolic Logic, published by Rowmen& Littlfiled ,USA,2013.
2. Elliot. Mandelson, introduction to mathematical logic,6edition, published by Taylor & Francis Grope ,USA,2015.
3. George, Bool, An investigation in the Law of thought, USA,2017.
4. Heniz.D. Ebbinghaus, 3edition, mathematical logic, published by springer,USA,2021.
5. Ian. Chiswell and others, mathematical logic, published by oxford ,1edition,USA.
6. Ivan. Bratko, Prolog Programming for Artificial intelligence ,published by Addlison-Wesley, USA, 1986.
7. Johen.Venn, Symbolic logic, published by prntel.c and others, London,1881.
8. Joseph. Rshonfiled, mathematical logic ,published by Addlison -Wesly, Londen, 1967.
9. Donald monk, mathematical logic,1edition, published by Congress,USA,1976.
10. John. D. Carpinell, 1edition, An animated in introduction to digital logic design, published by NJIT,USA.
11. Jean.H.Gallier, Logic for computer science foundation of Automatic theorem proving,USA,2003.
12. Louis. Couturat, Logique De Leibniz dapres des doucumants in edits, published by felix.
13. Leon. Sterling and others, 2edition, The Art of prolog , published by EMIT, London,1994.
14. Lou. Van den drios, mathematical logic,2012.
15. Michal.Walicki, introduction to mathematical logic, published by word scientific,British,2016.
16. Nil.J.Nilsson, Artificial Intelligence Anew synthesis, published by China machine, Chain, 1998.
17. Stuart. J. Russell and others, Essential math for AI,1edition, published by oreilly medial,USA.2023.
18. Sam.Buss, introduction to mathematical logic, USA,2023.
19. Stephen.Cole Kleene, mathematical logic, published by dover ,USA,2002.
20. V.P.Nelson and others, digital logic circuit anlaysis &design, published by prentice-Hall, USA,1995.
21. Wolfgaung.Rautenberg, A concise introduction to mathematical logic,3edition,2002.

22. William.F.Clocks in and others, 5edition, Programming prolog , published by springes-verlag, USA.
23. A.Turing, on computable number with an application to the entscheidungs problem ,series 2,Vol42,London,1936.
24. Dan. Falk, the philosopher who helped create the information age, Nov14/2016.
25. Daniel. R.Land, development of the binary number system and the foundation of computer science, No3,V11,2024.
26. Mattia.Brancato, Leibniz, Wegel and the birth of binary Arthmetic ,Logic Journal.
27. Sanjana. Kumar, unification in Artificial intelligence, 18feb,2025. 6-The Applied AI team, unification,4/2025.