مجلة اللسانيات الرياضية
Journal of Mathematical Linguistics
المجلـد 1 العـدد1/ ديسمبر 2021
ص ص: 07-24

لغة الرياضيات ورياضيات اللغة؛ قراءة من خلال اللسانيات الحاسوبية

Language Mathematics and Mathematics Language, Reading from Computational Linguistics

سليم مزهود[1]*

[1] المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف، ميلة، (الجزائر)، البريد الالكتروني: s.mezhoud@centre-univ-mila.dz

الاستلام:2019/02/13القبول:2020/04/16 النشر:2021/12/31

الملخص: لغة الرياضيات هي النظام المستخدم من قبل الرياضيين لتوصيل الأفكار الرياضية فيما بينهم. تتكون هذه اللغة من ركيزة من بعض اللغات الطبيعية باستخدام المصطلحات الفنية والاتفاقيات النحوية التي هي غريبة على الخطاب الرياضي ، تكملها تدوين رمزي متخصص للغاية للصيغ الرياضية.

تتضمن التوصيفات الرياضية لمختلف مفاهيم التقعيد اللغوي أيضا اللغويات الحاسوبية، والمنطق الفلسفي ، وتمثيل المعرفة كفرع من الذكاء الاصطناعي ، وعلم الكمبيوتر النظري، وعلم النفس الحسابي، وقد خدم اللغويات الرياضية في البداية كأساس للسانيات الحاسوبية، على الرغم من أن برنامج البحث الخاص بها لتصميم الآلات لمحاكاة فهم اللغة الطبيعية هو أكثر تطبيقًا بشكل واضح، واكتسبت الأساليب الاستقرائية اليد العليا في

* **د. سليم مزهود**

اللغويات الحاسوبية التطبيقية. والسؤال المطرح هنا: هل الرياضيات لغة، أم أن اللغة رياضيات، وكيف وظفت اللسانيات الحاسوبية اللغة وفق اعتبارها الرياضي؟

الكلمات المفتاحية : الرياضيات، اللغة الطبيعية، الخطاب الرياضي، التعقيد اللغوي، اللغويات الحاسوبية، اللغويات الحاسوبية التطبيقية

Abstract: The language of mathematics is the system used by mathematicians to communicate mathematical ideas among themselves.This language consists of a substrate of some natural language using technical terms and grammatical conventions that are peculiar to mathematical discourse, supplemented by a highly specialized symbolic notation for mathematical formulas.

mathematical characterizations of various notions of linguistic complexity include also computational linguistics, philosophical logic, knowledge representation as a branch of artificial intelligence, theoretical computer science, and computational psychology. Mathematical linguistics has initially served as a foundation for computational linguistics, though its research agenda of designing machines to simulate natural language understanding is clearly more applied. Inductive methods have gained the upper hand in applied computational linguistics

The question is whether mathematics is a language, or that language is mathematical, and how computational linguistics employs language as mathematics ?

Keywords: Mathematics, Natural Language, Mathematical Discourse, Linguistic Complexity, Computational Linguistics, Applied Computational Linguistics

أولا؛ اللغة والرياضيات:

تعد الرياضيات لغة العلوم الدقيقة، إنها اللغة التي كتب بها الله الكون؛ على حد قول الفلكي الفيزيائي الإيطالي غالليو غاليلي [1]

والسؤال الذي يختلج في أذهاننا؛ هل الرياضيات حقا لغة، مثل اللغة العربية والإنجليزية والفرنسية والإسبانية وغيرها من اللغات الشهيرة التي تخضع لقواعد نحوية محكمة، أم أن اللغة تخضع لمنطق الرياضيات فصار بينهما هذا الشبه المنطقي.

إن الإجابة عن هذا السؤال تقتضي أولا أن نعرف ماهية اللغة وكيفية استخدامها المفردات وقواعدها في بناء الجمل، ثم نعرف مفهوم الرياضيات وطبيعتها، لنصل إلى مفهوم اللغة الرياضية والرياضيات اللغوية.

1-تعريف اللغة:

أ-تعريف اللغة لغةً : ورد تعريف اللغة في معاجم اللغة على أن مشتقة من لغا يلغو لغوا بكذا؛ تكلم به، ولغَيَ يَلْغَى لَغًى بالأمر؛ لهج به، ولغت الطير بأصواتها؛ نغمت، واستلغى فلانًا؛ استنطقه واستمع لغته، واللَغَا مصدر معناه الصوت، قال الشاعر عبد الله بن رؤية العجاج (ت:708م)[2]:

وربّ أسرابِ حَجِيجٍ كُظّمِ عنِ اللغا ورَفَثِ التَّكلُّمِ

واللغة جمع لُغًى ولغات ولُغون؛ الكلام المصطلح عليه بين كل قوم، والنسبة إلى اللغة: لغويّ.

و"علم اللغة"؛ هو معرفة أوضاع المفردات [3]، وقد يطلق "علم اللغة" على جميع أقسام العلوم العربية، و"كتب اللغة" هي المعجمات؛ أي ما يعرفونه بالقواميس، وأهل اللغة هم العاملون بها، وربما كانت لفظة "لغة" مأخوذة من لفظة "لوغوس" "Logos" اليونانية "Λούος"، ومعناها كلمة[4]؛ وهي من أشد الكلمات أهمية وأكثرها غموضا في الفكري الغربي الديني والفلسفي، إذ تدل

في سياقات شتى على مدلولات متعددة، نحو: الخطاب واللغة والعقل الكلي وكلمة الإله.

واللَغَاة؛ الصوت، واللَغْوَى؛ لغَطُ القَطا (من أنواع الطيور)، وأما اللغو فهو مصدر معناه ما لا يعتدّ به من كلام وغيره، يقول تعالى: (وَالَّذِينَ لا يَشْهَدُونَ الزُّورَ وَإِذَا مَرُّوا بِاللَّغْوِ مَرُّوا كِرَامًا) (الفرقان.الآية:72).

واللغة هي نسق من الرموز والإشارات ووسيلة لتبيان المعرفة أو تعليلها، وإظهار العاطفة في تعبيرها عن حالات شعورية أو لا شعورية (العقل الباطن). وترمز اللغة إلى الأشياء المنعكسة فيها.

وتعتبر اللغة أهم وسيلة للتفاهم والتعارف بين أفراد المجتمع في مختلف مجالات الحياة، وهي مرتبطة بالفكر والعاطفة ارتباطا وثيقا، وتبرز الحاجة إليها أكثر في تبيان منطق الأفكار؛ إذ إنَّ أفكار الإنسان تحتاج إلى صوغ ها وفقَ قالب لغوي.

ب-تعريف اللغة اصطلاحًا: عرف ابن جني (322-392هـ) اللغة فقال إنها باب من القول وإنها أصوات يعبر بها كل قوم عن أغراضهم[5]، وهو من أدق التعريفات إذْ تناول جانب الصوت وهو طبيعة اللغة، والجانب الاجتماعي التواصلي في التعبير والتوصيل.

ويعرف الأمريكي نوح وبستر Noah Webster (1758-1843م) اللغةَ في قاموسه: "القاموس الأمريكي للغة الإنجليزية" طبعة 1830م بنيويورك، بقوله[6]:

Human speech; the expression of ideas by words or " significant articulate sounds; for the communication of thoughts .words duly arranged in sentences, written, printed or engraved, and exhibited to the eye. The speech or expression of ideas peculiar to a particular nation . style;

meaner of expression . the inarticulate sounds by which irrational animals express their feelings and wants. Any "manner of expressing thoughts

ومعنى ذلك أن اللغة كلام إنساني، يعبر عن الأفكار من خلال الكلمات، أو أصوات لها معاني من أجل توصليها، وهو كلمات مرتبة في جمل صالحة للكتابة والنسخ أو تكون منقوشة تراها العين، وهي الكلام أو التعبير عن أفكار تخص أمة ما، وهي أسلوب أكثر قوة في التعبير، أو هي أصوات لامفصلية (عاجزة عن الإفصاح) للحيوانات غير العاقلة حين تعبر عن رغباتها ومشاعرها. أو هي أي طريقة للتعبير عن الأفكار.

إن هذا التعريف يركز على أن اللغة تكون بهدف التوصيل ونقل الأفكار والمشاعر من خلال إشارات وأصوات وملامح وعلامات يفهم المتلقي معناها.

ويعرف اللغةَ اللغوي وعالم الأنتربولوجيا الأمريكي "إدوارد سابير" E. Sapir (1834–1939م) بقوله[7]:

Language is purely human and non-instinctive method " of communicating ideas, emotions and desires by means "of voluntarily produced symbols

ومعنى ذلك أن اللغة هي إنسانية بحتة، غير غريزية، غرضها توصيل الأفكار والعواطف والرغبات من خلال نظام من الرموز التي تناسب حياة المجتمع ويختارها طوعا.

وتبقى اللغة نظام ا من الرموز الصوتية الاعتباطية، يتفاعل من خلالها أفراد المجتمع بين بعضهم البعض في ضوء ثقافتهم.

أما اللساني الفيلسوف الأمريكي نعوم تشومسكي Avram Noam *Chomsky* (ولد:1928م) فيعرفها بقوله[8]:

Language is a set (finite or infinite) of sentences, each " finite in length and constructed out of a finite set of "elements

ومعنى ذلك أن اللغة هي مجموعة محدودة أو لانهائية من الجمل، ويمكن بناء مجموعة محددة من الجمل من مجموعة محددة من العناصر.

ويمكن حصر الأنماط اللغوية، فالجملة الفعلية تتكون من فعل وفاعل ومفعول به، أو فعل وفاعل فقط، فإنْ أردنا وضع جمل في هذه الأنماط لم نستطع حصرها، كأن نقول في النمط الأول: قرأ الطالبُ القصةَ، شربَ الطفلُ العصيرَ ...

ويمكن اعتبار اللغة مؤسسةً يقوم فيها الأفراد بتحقيق التواصل في ما بينهم، من خلال استعمال رموز اعتباطية الصوت كأنها نظام متفق عليه.

وأما ماري بونومو وفينوكيرو Mary Bonomo and Finocchiaro فقد عرفا اللغة عام 1973م، بمناسبة كتابهما عن اللغة الإنجليزية كلغة ثانية بين النظرية والتطبيق، بالقول[9]:

" Language is a system of arbitrary vocal symbols which permits all people in a given culture, or other people who have learned the system of that culture, to communicate or to interact"

ومعنى ذلك أن اللغة هي نظام من الرموز الصوتية الاعتباطية التي تسمح للناس –أصحاب اللغة الأم بين بعضهم البعض أو الذين يتعلمون اللغة غير الأم– أنْ يحصلوا على ثقافة أمة أخرى من أجل الاتصال والتفاعل مع ثقافات الغير.

إن اللغة هي مهارة معرفية تتطور طوال حياة الفرد ، وقد تم فحص هذه العملية التنموية باستخدام عدد من التقنيات، والنهج الحسابي هو واحد منها ، إذ يوفر تطوير اللغة الإنسانية بعض القيود التي تجعل من الصعب تطبيق طريقة حسابية لفهمها ، ولذلك وجب نمذجة تطوير اللغة من خلال الحاسوب (10)

من خلال ما سبق من تعريفات يتبين لنا أن اللغة هي عبارة عن نظام للكلمات أو الرموز المستخدمة داخل هذا النظام، إنها تشير إلى نظام اتصال باستخدام الرموز أو الأصوا ت، ويفترض أنها قادرة على تمثيل الأحداث والمفاهيم المجردة، وتحتوي اللغة المكونات الآتية:

- مجموعة من الكلمات أو الرموز.
- ربط المعنى بالكلمات أو الرموز.
- لغة القواعد ؛ وهي مجموعة من القواعد التي توضح كيفية استخدام المفردات.
- بناء جملة ينظم الرموز في الهياكل الخطية أو المقترحات.
- يتكون السرد أو الخطاب من سلاسل من الافتراضات التجميعية.
- مجموعة من الأفراد الذين يستخدمون الرموز ويفهمونها.

وتعتمد الرياضيات هذه المتطلبات في فهم ظواهر العالم الحقيقي والمفاهيم المجرد، وتوصيل مفاهيمها إلى متلقيها، من خلال الرموز ومعانيها، وصوغ المفاهيم التي تخضع إلىها، إنها القواعد نفسها التي تحكم لغات العالم.

إن مفردات الرياضيات تعتمد على العديد من الأبجديات المختلفة وتتضمن رموزًا خاصة بالرياضيات، لكنها مأخوذة من اللغة، فقد يتم ذكر معادلة رياضية في الكلمات لتشكيل جملة لها اسم وفعل، تماما مثل الجملة في اللغة المحكية. فمثلا: حين نكتب 4+5=9؛ يقابلها في اللغة العربية: أربعة تضاف إلى خمسة تساوي ثمانية.

كذلك تقابل الأشكال الهندسية والرسوم البيانية ألفاظا لغوية تدل عليها، مثل: الدائرة والزاوية والمثلث وما إلى ذلك، ويحصل هذا مع لغات العالم جميعها، ولا يكاد يوجد رسم أو شكل أو رمز رياضي كان فهمه يحتاج إلى شرح لغوي، ولفظ لغوي دال عليه، سواء أكان معللا أم اعتباطيا، نحو

المالانهاية أو اللانهاية التي يرمز إليها في الرياضيات بالرمز (∞)، ويعبر عن بعض الرموز الرياضية بالأفعال، نحو لفظة تساوي ويقابلها: (=) ولا يساوي، ويقابلها : (≠)، وأكبر تماما، ويقابلها: (>)، وأكبر أو يساوي، ويقابلها: (≥) وأقل تماما، ويقابلها (<)، وأقل أو يساوي، ويقابلها: (≤)، ويوافق (في الموافقات)، ويقابلها: (≡)، ويساوي بالتقريب، ويقابلها (≈)، وتقابل إجراءات رياضية كثيرة الأسماء في اللغة، نحو الجمع والطرح والضرب والقسمة.

ويتم استخدام الأبجدية اللاتينية لكثير من المتغيرات الرياضية نحو: (γ, β, α)، تقابل: (A, B, C)، ويقابل المجهول في قيمته حرف X. وهكذا مع رموز الرياضيات جميعها.

2-ماهية الرياضيات بوصفها لغة:

إن أ ساس ثقافة الإنسان هي اللغة، والرياضيات هي نوع خاص من النشاط اللغوي[11]، وفكرة أن الرياضيات هي لغة يحتفظ بها العديد من علماء الرياضيات، ويتم التعبير عنها في مناسبات متكررة [12] .

إن الرياضيات هي لغة نقية، إنها لغة العلم. وهي فريدة بين اللغات في قدرتها على توفير تعبير دقيق لكل فكرة أو فكرة يمكن صياغتها وفق شروطها. (في اللغة المحكية ، توجد كلمات ، مثل "السعادة" ، التي تتحدى التعريف). إنها أيضًا فن - أكثر الفنون الفكرية والكلاسيكية[13]

وتُعدّ الرياضيات علما متدرجا تراكميا؛ يعتمد بشكل رئيس على بدايته، وقواعده، والرياضيات كذلك هي علم تجريدي، مبني على العلاقات الهندسية والرقمية، إذ تتصف بدقتها وترتيبها الأفكار وتدرجها مما يساعد في الوصول إلى إيضاحات وتفسيرات دقيقة للنتائج جميعها . وقد ارتبطت الرياضيات بمعانٍ عديدة، فهي مهارات حسابية، وهي وظيفة علمية أكاديمية، وهي حسابات اقتصاديات المال والأعمال، وهي الدراسة العميقة للأنظمة

التجريدية، وهي أسس الكون ونواميسه، إنها أسلوب منطقي ينمّي الفكر في ذهن الإنسان ويطور طرق التفكير، وتساعد في تدقيق الأمور وابتكار الأشياء[14].

وتعتمد العلوم الإنسانية في كثير من مسائلها على اللغة الرياضية، فالاقتصاد يقوم على التخطيط الذي يعد أسلوبا للسيطرة على اقتصاد البلد ومحوره الأساسي الرياضيات ، ويرتكز علم الاجتماع وعلم النفس وتعليمية العلوم ومواد التدريس على الاستبانات والجداول الإحصائية والخطوط البيانية أثناء دراسة لحالة اجتماعية نحو الفقر والهجرة والبطالة، أو حالة تربوية نحو الرسوب المدرسي، وأما مجال التاريخ فيعتمد في سرده الأحداث وتدوينها على كرونولوجيا الأحداث، وتستخدم اللغة الرقمية في العديد من الدراسات لعلم النفس خاصة عند قياس الفروقات الفردية ونسبة الذكاء، وأصبحت الرياضيات أكثر تلاحما مع اللسانيات الحديثة.

3-أبرز علماء الرياضيات المسلمين الذين خدموا اللغة:.

من أبرز علماء الرياضيات في العالم الإسلامي، الذين خدموا بها اللغة العربية، واستفاد من دراساتهم وعلومهم الكثير من العلماء المحدثين في مختلف الجامعات العربية والغربية العالمية.

أ-**الخوارزمي:** هو أبو عبد الله محمد بن موسى الخوارزمي؛ عالم في الرياضيات والفلك، ولد عام 781م، وتوفي عام 847م، وهو من أوائل علماء الرياضيات المسلمين، أسهمت أعماله بدور كبير في تقدم الرياضيات في عصره، اتصل بالخليفة العباسي المأمون، وعمل في بيت الحكمة ببغداد، وكسب ثقة المأمون إذ ولاه بيت الحكمة، كما عهد إليه برسم خارطة للأرض، عمل فيه أكثر من سبعين عالما في الجغرافيا والفلك،، وأشهر كتبه على الإطلاق؛ كتاب الجبر والمقابلة الذي ترجم إلى اللغة اللاتينية عام 1135م،

وبفضله دخل مصطلح الجبر (Algebra)، والصفر(Zero)، وقد ترك الخوارزمي كثيرا من المؤلفات في علوم الرياضيات والفلك والجغرافيا، أبرزها: الجمع والتفريق في الحساب الهندي، ورسم الربع المعمور، وتقويم البلدان، والعمل بالإسطرلاب، وصورة الأرض؛ الذي اعتمد فيه على كتاب المجسطي لبطليموس مع إضافات بالشرح والتعليق، وأعاد كتابة كتاب الفلك الهندي، الموسوم (السند هند الكبير)؛ المترجم إلى العربية في زمن الخليفة المنصور، وأسماه الخوارزمي: (السند هند الصغير)[15].

وكانت لإسهاماته تأثير كبير على اللغة؛ فالجبر هو أحد من اثنين من العمليات المستخدمة ي حل المعادلات التربيعية، وفي اللغة الإنجليزية كلمة Algorism و Algorithm مشتقتان من الكلمة اللاتينية المأخوذة من اسم الخوارزمي وهي: Algiritmi، واسمه هو أصل الكلمة أيضا في الإسبانية هو Guarismo، وفي البرتغالية هو Algarismo والكلمتان في اللغتين معناهما هو (رقم) [16].

ب–عمر الخيام: هو أبو الفتح عمر بن إبراهيم الخيام النيسابوري، وُلد في 1048م، رحالة يحب السفر في طلب العلم، إلى أن استقر به الحال في بغداد، حينما بلغت أقصى مبلغ في التفتح العلمي والازدهار المعرفي، وقد برع الخيام في مجالات عديدة أبرزها : الفقه، والرياضيات واللغة، والفلك، وكانت بصمته واضحة في علم الجبر، وواصل بحثه في المعادلات ذات القوة الثالثة والرابعة، وبرع في علم الهندسة التحليلية، فأتقن دراسة هندسة إقليدس، ويعدّ الخيام أبرز نابغة في الرياضيات، بعد الخوارزمي في علم الجبر، توفي عام 1131م[17]

ثانيا؛ حوسبة لسانيات الرياضيات:

تهتم اللسانيات الرياضية بنمذجة اللغة الطبيعية وتستند إلى القواعد من منظور حاسوبي، وكذلك دراسة النهج الحسابية المناسبة للمسائل اللغوية.

لقد تمّ تنفيذ اللغويات الحاسوبية من قبل علماء الكمبيوتر الذين تخصصوا في تطبيق أجهزة الكمبيوتر لتجهيز لغة طبيعية، إذ تعتمد اللسانيات الحاسوبية على مشاركة اللسانيين وعلماء الكمبيوتر والخبراء في الذكاء الاصطناعي وعلماء الرياضيات، وعلماء المنطق والفلاسفة والعلماء المشهورين والأخصائيين النفسانيين وعلماء الأنثروبولوجيا وعلماء الأعصاب وغيرهم، من أجل العمل على مكونات نظرية وتطبيقية ونمذجة استخدام اللغة الإنسانية العالمية [18]؛ إذ تهتم اللسانيات الحاسوبية بتقديم نماذج حسابية لمختلف أنواع الظواهر اللسانية [19]، و غالبًا ما يتم تصنيف اللغويات الحاسوبية ضمن مجال الذكاء الاصطناعي، ولكنها في الواقع كانت موجودة قبل تطوير الذكاء الاصطناعي.

لقد نشأت اللسانيات الحاسوبية مع الجهود المبذولة في الولايات المتحدة الأمريكية في الخمسينات من القرن العشرين لاستخدام أجهزة الكمبيوتر من أجل ترجمة النصوص تلقائيًا من اللغات الأجنبية، و بخاصة في ترجمة المجلات العلمية الروسية إلى اللغة الإنجليزية[20]

وبما أن أجهزة الكمبيوتر بإمكانها إجراء عمليات حسابية Arithmetic بشكل أسرع وأكثر دقة من الإنسان، فقد كان يُعتقد أنها مجرد مسألة وقت قصير، قبل أن تبدأ أيضًا في معالجة اللغة[21]

وتستخدم الطرق الحسابية والكمية في محاولة إعادة بناء الأشكال السابقة للغات الحديثة وتجميعها وتصنيفها ضمن عائلات لغوية، وقد ثبت أن الطرق السابقة مثل : علم المعاجم الإحصائي أو المعجمي : Lexicostatisticsكانت سابقة لأوانها وغير دقيقة. ومصطلح

Glottochronology مشتق من اللاتينية الأثينية، ومتكون من قسمين هما Glotto وتعني اللسان واللغة، و Chronology وتعني التسلسل الزمني، والغلوتوكرولونوجي هو جزء من Lexicostatistics؛ علم الإحصاء المعجمي، الذي يتعامل مع العلاقة الزمنية بين اللغات، إنها طريقة لتحديد مدة فصل اللغات –المتصلة ببعضها– عن اللغة المشتركة الموروثة.

ولكن حين فشلت الترجمة الآلية أو ما يسمى الترجمة الميكانيكية، في الحصول على ترجمات دقيقة فورية، تم التعرف على المعالجة الآلية للغات الإنسانية على أنها أكثر تعقيدًا بكثير مما كان متوقعًا في الأصل، وبدأ العمل على تطوير الخوارزميات Algorithms، والبرمجيات لمعالجة بيانات اللغة بذكاء يحوسب اللغة، و مصطلح "اللغويات الحاسوبية" قد صاغه في البداية ديفيد هايس David Hays؛ عضو مؤسس جمعية اللسانيات الحاسوبية، واللجنة الدولية للسانيات الحاسوبية[22].

وعندما ظهر الذكاء الاصطناعي في الستينات، أصبح مجال علم اللسانيات الحاسوبية هو ذلك القسم الفرعي للذكاء الاصطناعي الذي يتعامل مع الفهم الإنساني ويعمل على إنتاج اللغات الطبيعية من أجل ترجمة لغة إلى لغة أخرى، ولوحظ أنّه ينبغي فهم القواعد اللغوية للغة التي يترجم منها واللغة التي يترجم إليها، بما في ذلك ضرورة فهم الجانب المورفولوجي (قواعد أشكال الكلمات)، والنحوي (قواعد بناء الجمل)؛ لأجل فهم التركيب اللغوي، وضرورة فهم الدلالات ومعجم الألفاظ، وبدأت الجهود في الترجمة بين اللغات وفق نظام كامل مخصص لفهم كيفية تمثيل اللغات الطبيعية ومعالجتها باستخدام أجهزة الكمبيوتر[23].

ولا يزال البحث مستمرا في نطاق اللسانيات الحاسوبية وفي الإدارات اللغوية الحاسوبية، ومختبرات اللسانيات الحاسوبية، وإدارات علوم الكمبيوتر،

والدوائر اللغوية، بهدف إنشاء نظام معالجة الكلام أو معالجة النصوص ، وكذلك إنشاء نظام يسمح بالتفاعل بين الإنسان والآلة في ما يسمى وكيل المحادثة[24]

وقد بذلت محاولات لنمذجة عملية تطوير اكتساب اللغة لدى الأطفال من زاوية حسابية، مما أدى إلى كل إنتاج قواعد إحصائية ونمذجة اللغة بالذكاء الاصطناعي[25]

كما تم اقتراح العمل في هذا المجال في شرح تطور اللغة عبر التاريخ ، إذ تبين أن اللغات يمكن تعلمها مع مزيج من المدخلات البسيطة المقدمة بشكل متزايد.

إذ إن الطفل يطوّر ذاكرة أفضل تمتد لفترة أطول، بحسب استنتاجات الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN)؛ Artificial neural networks التي أنشأها المشروع؛ وهي أنظمة حوسبة مستوحاة بشكل غامض من الشبكات العصبية البيولوجية التي تشكل أدمغة الحيوانات [26]، كما تم تصميم قدرة الأطفال على تطوير اللغة باستخدام الروبوتات[27]

وتم إنشاء نموذج للتعلم مع الأطفال من أجل اختبار النظريات اللغوية، على أساس نموذج إمكانية الفعل ؛ يقضي بوجود شيئ ما يشير إلى وجود فعل ما، لا يوجد له مصطلح حالي ، نلمسه في عالم الحيو ان والطبيعة من حولنا؛ ويسمى إمكانية الفعل Affordance، إذ تم إنشاء التعيينات بين الأعمال والتصورات والآثار وربطها بالكلمات المنطوقة.

والأهم من ذلك أن هذه الروبوتات تمكنت من الحصول على تعيينات كلمات وظيفية دون الحاجة إلى بنية نحوية، لتبسيط عملية التعلم إلى حد كبير، وإلقاء الضوء على المعلومات التي تعزز الفهم الحالي للتنمية اللغوية ، وتبقى هذه الملحوظات صالحة الاختبار التجريبي حاسوبيا فحسب.

إذ إنَّ فهمنا لتطور لغة الفرد خلال العمر يتم تحسينه باستمرار باستخدام الشبكات العصبية وأنظمة التعلم الروبوتية، لا يعني إغفال أن اللغات نفسها يمكنها التغير والتطور مع مرور الوقت ، ومن ثمَّ ينبغي عمل نموذج لتاريخ التطور اللغوي للغات الحديثة في إطار الحاسوبية [28].

إن فهم التطور اللغوي لدى الإنسان عبر المراحل الزمنية، قد تحسن بشكل مذهل بسبب التقدم في اللسانيات الحاسوبية.

ثالثا؛ نموذج هيكلة اللغة وقواعدها:

إن فهم بنية اللغة أمر بالغ الأهمية، ولأجل ذلك استدعى البحث العلمي في هذا المجال على خلق نماذج لغوية حسابية لتعطينا نتائج أفضل.

إذ تمت دراسة اللغة الإنجليزية على وجه دقيق، باستخدام النهج الحسابي لفهم كيفية عمل اللغة على المستوى الهيكلي بشكل أفضل، ومن ثمَّ القدرة على دراسة البنية اللغوية بتوفير توافر الكتبيات اللغوية أو العينات ، فتمنح من خلالها البيانات الأولية اللازمة لتشغيل النماذج واكتساب فهم أفضل للهياكل الأساسية الموجودة في الكم الهائل من بيانات لغة ما؛ وقد اعتمد في اللغة الإنجليزية وفق هذه الهيكلة على نمط التشجير، أو بنك الشجرة Treebank[29].

وفي علم اللسانيات كلمة بنك الشجرة أو الشجرة البنك Treebank قد أطلقها لأول مرة جيفري ليتش Geoffrey Leech؛ وتعني بنك المعلومات والإمدادات اللغوية، وتتضمن مختلف مفاهيم بنيات الجمل النحوية أو الدلالية في نص مكتوب؛ بناء على ما توصلت إليه مجامع اللغة الإنجليزية في أوائل 1990 في ظل الثورة اللغوية الحاسوبية الهائلة التي استفادت من بيانات تجريبية واسعة النطاق[30].

وقد تم تطوير مناهج نظرية لهيكلة اللغات ، مما يسمح بأن يكون للسانيات الحاسوبية إطار يتم من خلاله وضع فرضيات من شأنها تعزيز فهم اللغة بطرق لا حصر لها.

وقد اقترح نعوم تشومسكي أحد هذه الأطروحات النظرية الأصلية تمثلت في استيعاب قواعد اللغة وهيكل اللغة[31]

إن عدم العمل على نهج حسابي لهيكل البيانات اللغوية، ستبقى الكثير من المعلومات المتاحة، مخفية في ظل اتساع البيانات في أي لغة ما، لكن اللسانيات الحاسوبية تسمح للعلماء بتحليل كميات هائلة من البيانات بشكل موثوق به وبكفاءة، مما يخلق إمكانية اكتشافات جديدة لا تشبه أيًا من الأساليب السابقة.

رابعا؛ تطبيقات اللسانيات الحاسوبية ورياضية اللغة:

غالبًا ما تكون اللسانيات الحاسوبية الحديثة مزيجًا من الدراسات في علوم الكمبيوتر والبرمجة والرياضيات، و بخاصة الإحصا ءات والهياكل اللغوية ومعالجة اللغات الطبيعية مجتمعة، وتؤدي هذه الحقول غالبًا إلى تطوير الأنظمة التي يمكن من خلالها التعرف على الكلام ، وتنفيذ بعض المهام استنادا إلى ذلك الكلام، وتتضمن الأمثلة برنامج التعرف على الكلام نحو ميزة Siri[32]من شركة Apple، وأدوات التدقيق الإملائي، وبرامج تركيب الكلام التي غالبًا ما تستخدم لإظهار النطق أو مساعدة المع اقين، وبرامج الترجمة الآلية ومواقع الويب نحو ترجمة Google.

ويمكن أن تكون اللسانية الحاسوبية مفيدة بشكل خاص في الحالات التي تنطوي على وسائل التواصل الاجتماعي والانترنت، فعلى سبيل المثل الفلاتر *Filters* أو المرشح الالكتروني[33].

إذ حين استعمال غرف الدردشة أو عمليات البحث على المواقع، غالبًا ما تستخدم عوامل تشغيل الدردشة الفلاتر لتحديد كلمات أو عبارات معينة ، وترى أنها غير لائقة بحيث لا يمكن للمستخدمين إرسالها ، فتمنعها، وتستعمل بعض المدارس الفلاتر بحيث يمنع موع ويب لأنه يحتوي على كلمات وصور وفيديوهات معينة لا تليق بمشاهدة الأطفال، ويفعل الآباء ذلك مع أولادهم في الكمبيوتر المنزلي في إطار الرقابة الأبوية، ويمكن لعلماء اللسان الحاسوبي أو اللغة الحاسوبية تطوير برامج تجمع المحتوى وتنظمه من خلال يستطيع أيضًا علماء اللغة الحسابية تطوير برامج تجمع المحتوى وتنظيمه من خلال التعدين السحابي[34] على وسائل التواصل الاجتماعي، فمثلا في تيوتر يمكن للبرامج تجميع التغريدات عن طريق الموضوع أو الكلمات الرئيسة[35]، كما أن اللغويات الحاسوبية تستخدم لاسترجاع الوثائق والتجميع عند إجراء بحث عبر الإنترنت، إذ يتم استرداد المستندات ومواقع الويب استنادًا إلى تكرار التصنيفات الفريدة المرتبطة بما كتبته في محرك بحث.

وعلى سبيل المثال إذا كنت تبحث عن سيارة حمراء أو كبيرة أو رباعية العجلات بقصد العثور على صور لشاحنة حمراء، فسيظل محرك البحث يجد المعلومات المطلوبة من خلال مطابقة كلمات مثل "ذات العجلات الأربع" مع "السيارة "[36]

نتيجة: إن اللغة هي رياضية بالدرجة الأولى ولا يمكنها بناؤها إلا من خلال توظيف الرياضيات، والرياضيات بدورها لغة، لا يمكن فهمها إلا من خلال اللغة، فاللغة والرياضيات متلازمان، واللسانيات الحاسوبية هي الوسيط الحديث في هذا التلازم، إذ تشمل الدلالات الحسابية على تحديد المنطق المناسب لتمثيل المعاني اللغوية، وإنشائها آليا، والتفكير فيها، وكذلك الأمر بالنسبة الترجمة الآلية.

الإحالات والهوامش:

[1] - Maharishi Mahesh Yogi. On the Bhagavad-Gita: A New Translation and Commentary with Sanskrit Text, Chapters 1. Baltimore: Penguin Books1969.p6

[2] – ابن منظور (محمد بن مكرم): لسان العرب. دار إحياء التراث العربي، بيروت، المجلد 8، ص: 300

[3] – أبو حيان (أثير الدين): البحر المحيط. دار الفكر، بيروت، 2010، ج:1، ص:5–6

[4] – الرافعي (مصطفى صادق): تاريخ آداب العرب. دار الكتاب العربي، لبنان، 2012م / ص: 373

[5] – ابن جني (أبو الفتح عثمان): الخصائص.الهيئة المصرية العامة للكتاب. دت، ج: 1، ص:33

[6] – An American dictionary of the English language; E1. Newyork :Noah Webster 33:USA. P

[7] - Sapir, E. (1921). *Language. An introduction to the study of speech*. Harcourt, Brace. Reprint: Dover Books on Language, New York.2004. P:7

[8] - Chomsky, N. 1957. Syntactic Structures. The Hague: Mouton. P:7-

[9] - The Foreign Language Learner: A Guide for Teachers. Finocchiaro, M. & M. Bonomo.. Regents Publishing Company. 1973. P:3

[10] - Bowerman, M. (1988). The "no negative evidence" problem: How do children avoid constructing an overly general grammar. Explaining language universals

[11] - Mathematics and Creativity T. Ferris A.Adler ،ed, Little ،Brown and Co ،1991، 435p

[12] - The Language of Geometry *in* A Mathematical :RLE Schwarzenberge p:112 ،2000 ،Applied Probability Trust spectrum miscellany,

[13] - A. Connes, Conversations on mind, Matter and Mathematics, ،Changeux .J.-P Princeton University Press ،1995 ،p. 10:

[14] –ينظر: محمد راشد، مناهج الرياضيات وأساليب تدريسها للصفوف الرئيسية . دار الجنادرية، عمان، الأردن، ط:1، ص:13–20.

[15] - Look: Gerald J. Toomer (éd.), *Apollonius: Conics Books V to VII The Arabic Translation of the Lost Greek Original in the Version of the Banū Mūsā.* Ed. with translation and commentary by G. J. Toomer (New York-Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 1990, 123-124

[16] - Look: Knuth Donald: Algorithms in modern mathematics and computer. Edition Springer; 1979, ISBN 0-387-11157

[17] –ينظر: مصطفى الجيوسي، موسوعة علماء العرب والمسلمين وأعلامهم . دار أسامة للنشر والتوزيع ، عمان، الأردن، ج:1، ص: 200–206

[18] - *Uszkoreit, Hans.* "What Is Computational Linguistics?"*Department of Computational Linguistics and Phonetics of Saarland University*

[19] - "What is Computational Linguistics?". *The Association for Computational Linguistics. February 2005*

[20] - John Hutchins: Retrospect and prospect in computer-based translation. Proceedings of MT Summit VII, 1999, pp. 30–44

[21] - Arnold B. Barach: Translating Machine 1975: And the Changes To Come

[22] - "Deceased members". *ICCL members*. Retrieved 15 November 2017

[23]- Natural Language Processing by Liz Liddy, Eduard Hovy, Jimmy Lin, John Prager, Dragomir Radev, Lucy Vanderwende, Ralph Weischede

[24]- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2009). Speech and language processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.

[25]- Powers, D.M.W. & Turk, C.C.R. (1989). Machine Learning of Natural Language. Springer-Verlag. ISBN 978-0-387-19557-5.

[26]- Look:[a] [b] Elman, J. (1993). Learning and development in neural networks: The importance of starting small. Cognition, 71-99.

[27]- Salvi, G., Montesano, L., Bernardino, A., & Santos-Victor, J. (2012). Language bootstrapping: learning word meanings from perception-action association. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. Part B, Cybernetics : a publication of the IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, 42(3), 660-71. doi:10.1109/TSMCB.2011.2172420

[28]- *Gong, T.; Shuai, L.; Tamariz, M. & Jäger, G. (2012). E. Scalas, ed.Studying languge change uning price equation and polya-urn Dynamics. PLoS ONE. 7 (3): e33171.* doi:10.1371/journal.pone.0033171. PMC 3299756. PMID 22427981

[29]- *Marcus, M. & Marcinkiewicz, M. (1993).* "Building a large annotated corpus of English: The Penn Treebank" (PDF). *Computational Linguistics. 19 (2):P 313*

[30]- Sampson, G. (2003) 'Reflections of a dendrographer.' In A. Wilson, P. Rayson and T. McEnery (eds.) Corpus Linguistics by the Lune: A Festschrift for Geoffrey Leech, Frankfurt am Main: Peter Lang, pp. 157-184

[31]- Look: Braine, M.D.S. (1971). On two types of models of the internalization of grammars. In D.I. Slobin (Ed.), The ontogenesis of grammar: A theoretical perspective. New York: Academic Press

[32]- يري هو مساعد شخصي ذكي ومتصفح معرفى الذي يعمل كتطبيق لشركة أبل نظام تشغيل آي أو إس آ أو إس. تطبيق يستخدم واجهة مستخدم اللغة الطبيعية للرد على الأسئلة، وتقديم توصيات، وتنفيذ إجراءات من خلال تفويض طلبات لمجموعة من خدمات الإنترنت . ينظر موقع سيري: https://www.apple.com/siri

[33]- الفلاتر هو عبارة عن دارات (كهربائية) تقوم بوظائف معالجة الإشارة

[34]- التعدين السحابي مفهوم جديد لعملية التعدين التقليدية، فهو عملية تسخير للأجهزة الحاسوبية الضخمة المعدّة للتعدين عن بعد باستخدام وسطاء التعدين، ودون الحاجة لتنصيب البرمجيات الخاصة على الجهاز الحاسوبي الخاص بالمستخدم أو الحاجة لشراء العتاد الخاص بالتعدين من هاردوير بأشكاله جميعها أو حتى استهلاك القطع الحاسوبية الخاص. فالمستخدم يحتاج فقط لاتصال بالانترنت وحاسوبه الشخصي للتحكم بمركز البيانات الموجود لدى الشركة المضيفة والفرق الجوهري هنا مكان تواجد العتاد والتحكم بالبرمجيات الخاصة بالتعدين

[35]- Marujo, Lus et al. "Automatic Keyword Extraction on Twitter." Language Technologies Institute, Carnegie Mellon University, n.d. Web. 19 Sept. 2016

[36]-"Computational Linguistics". *Stanford Encyclopedia of Philosophy Metaphysics Research Lab, Stanford University. Feb 26, 2014*. Retrieved Apr 19, 2017.