



مجلة ألف: اللغة، الإعلام والمجتمع، مصنفة في فئة ب

قاسمي الحسني عواطف - جامعة الدكتور يحي فارس بالمدينة/ الجزائر

المنطق الرياضي للخليل واللسانيات الحاسوبية: استثمار اللسانيات الخليلية الرياضية في حوسبة اللغة العربية: البنية المنطقية الصورية الرياضية ومرحلتا الوصف والتوصيف
أنموذجا

Exploitation de la logique mathématique d'Al-Khalil dans la computerisation de la langue arabe : une étude des structures logiques formelles et des étapes descriptives
Utilizing Al-Khalil's Mathematical Logic in Arabic Language Computerization: A Study of Formal Logical Structures and Descriptive Stages

تاريخ النشر ASJP	تاريخ الإلكتروني	تاريخ الإرسال	
-2024 06-05	2024-06-05	2023-04-08	

الناشر: Edile- Edition et diffusion de l'écrit scientifique

إيداع قانوني: 6109-2014

النسخة الورقية: 2023 06-05

<https://www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/226>

ترقيم الصفحات: 521-542

دمد-د: 2437-0274

النشر الإلكتروني: <https://aleph.edinum.org>

تاريخ النشر: 2024-06-05

ردمد-د: 2437 1076

المرجعية على ورقة

قاسمي الحسني عواطف، « المنطق الرياضي للخليل واللسانيات الحاسوبية: استثمار اللسانيات الخليلية الرياضية في حوسبة اللغة العربية: البنية المنطقية الصورية الرياضية ومرحلتا الوصف والتوصيف أنموذجا»، Aleph, 11 (3-1) | 2024, 521-542.

المرجع الإلكتروني

قاسمي الحسني عواطف، « المنطق الرياضي للخليل واللسانيات الحاسوبية: استثمار اللسانيات الخليلية الرياضية في حوسبة اللغة العربية: البنية المنطقية الصورية الرياضية ومرحلتا الوصف والتوصيف أنموذجا»، Aleph [En ligne], | mis en ligne le 05 juin 2024 URL : <https://aleph.edinum.org/11688>

المنطق الرياضي للخليل واللسانيات الحاسوبية: استثمار اللسانيات الخيلية الرياضية في حوسبة اللغة العربية: البنية المنطقية الصورية الرياضية ومرحلتا الوصف والتوصيف أمودجا

**Exploitation de la logique mathématique d'Al-Khalil dans la
computerisation de la langue arabe : une étude des structures
logiques formelles et des étapes descriptives**

**Utilizing Al-Khalil's Mathematical Logic in Arabic Language
Computerization: A Study of Formal Logical Structures and
Descriptive Stages**

قاسي الحسني عواطف

جامعة الدكتور يحي فارس بالمدينة/ الجزائر

مقدمة

إنّ اللسانيات العربية في الدرس الحديث تنهل ممّا قدمه الخليل والعلماء الأولون من الأنساق التنظيرية والتطبيقية في المقاربة اللسانية، كما تنهل من نظريات ومناهج العلوم اللسانية الغربية، فمهما حاولنا تطبيق النظريات الغربية الحديثة والاستفادة منها، سنجد العلوم العربية الأصيلة هي الأكثر قدرة على معالجة المقتضيات النسقية للغة العربية، بما في ذلك مقتضيات النسق الرياضي الذي استطاع عقل الخليل كشفه بلغة رياضية رمزية لسانية بديدة، في مقابل الضعف المحسوس والمشاهد في مجريات الدرس الحديث في مقاربة المنطق الرياضي للغة العربية من جهة، والمنطق الرياضي لفكر الخليل في مقاربه اللسانية من جهة ثانية.

تعدّ اللسانيات الحاسوبية للغة العربية من أهم المجالات الحديثة والمعاصرة في الدرس اللساني، وهي في الوقت ذاته من أهم الأوجه الناطقة بحضور فكر الخليل الرياضي في قلب الدراسات المعاصرة.

• فمأى الأوجه الإجرائية لاستثمار اللسانيات الرياضية الخيلية في حوسبة اللغة العربية؟ ما هي النماذج التطبيقية الدالة على سريان المنطق الرياضي للخليل في نسق المراحل الإجرائية القاعدية لحوسبة اللغة العربية: مرحلتا الوصف والتوصيف؟ ما أوجه وآليات ارتكازهما على البنى المنطقية الصورية الرياضية باعتبارها النواة المركزية للسانيات الحاسوبية؟

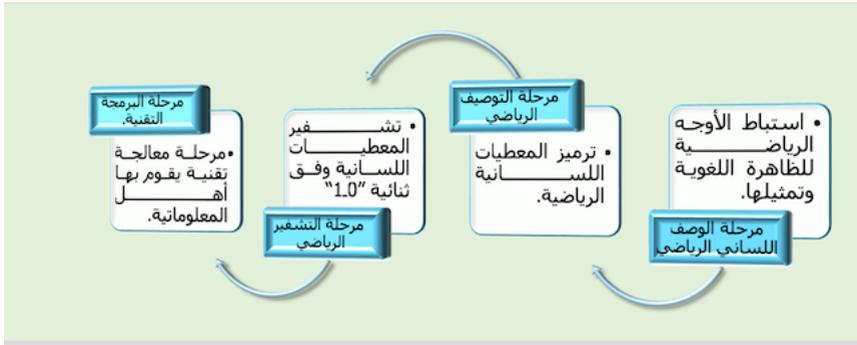
1. المنطق الرياضي للخليل والمراحل الإجرائية لللسانيات الحاسوبية

تقوم اللسانيات الحاسوبية على المعالجة الرياضية للوحدات اللغوية بوصفها وتوصيفها رياضياً، ومنه تشفيرها وفق المنطق الثنائي الرياضي: $[0,1]$ ، ليقوم أهل المعلوماتية ببرمجتها حاسوبياً برمجة تقنية تقوم على مجريات التوصيف الرياضي للغة الطبيعية، ومنه تقوم اللسانيات الحاسوبية على المنطق الرياضي من زاوية أربع:

- زاوية الوصف اللساني الرياضي للظاهرة اللغوية.
- زاوية التوصيف الرياضي لمخرجات عملية الوصف اللساني الرياضي.
- زاوية التشفير الرياضي لمخرجات الوصف والتوصيف وفق ثنائية $[1,0]$.
- زاوية البرمجة التقنية القائمة أساساً على منطق رياضي خوارزمي.

ويمكننا تمثيل المراحل الإجرائية لللسانيات الحاسوبية في الشكل رقم 01:

الشكل 01: (المراحل الإجرائية لللسانيات الحاسوبية).



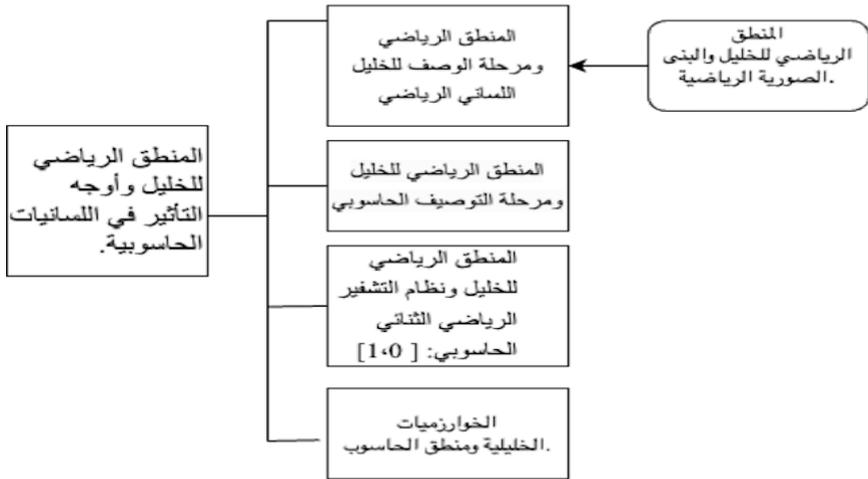
(قاسمي الحسني عواطف، 2017، 2018، ص 6).

إنَّ المنطق الرياضي للخليل في مقارنته للظاهرة اللغوية منطق يسري سريانا فعّالاً في جميع المراحل الإجرائية في المعالجة الآلية للظاهرة اللغوية، بما في ذلك البرمجة التقنية، والتي تقوم على نظام الخوارزميات ونظام الدوال، فبقدر ما كانت الظواهر التي يعالجها الحاسوب ظواهر تخضع لمنطق الخوارزميات والدوال بقدر ما كانت فعّالة وقويّة على مستوى المعالجة لأنّها تحاكي منطق البرامج التطبيقية ولغات البرمجة في نظام بنائها وآلية عملها، وكذا بقدر ما كانت صياغتها صياغة رياضية منطقية تناسب لغات البرمجة الحاسوبية، وذلك ما نجده في اللسانيات الخليلية الرياضية، فهي من جهة غنية بمنطق رمزي رياضي عالي المستوى، ومن جهة ثانية هي غنية بأوجهها الرياضية وبمنطقها الخوارزمي وبأنساق الدوال.

2. أوجه استثمار اللسانيات الخيلية الرياضية في حوسبة اللغة العربية

إنّ ما سنوضحه في هذه الورقة البحثية يعدّ من المفاهيم التأسيسية في الدرس اللساني الحديث التي نحاول تسليط الضوء عليها، فهي ما تزال تحتاج إلى بحوث لسانية حديثة جادة وفاحصة وفق المنظورين: (اللساني والتقني)، ويمكننا توضيح أوجه استثمار المنطق الرياضي للخليل في اللسانيات الحاسوبية للغة العربية في الشكل رقم 02:

الشكل 02: (أوجه استثمار المنطق الرياضي للخليل في اللسانيات الحاسوبية)



(قاسمي الحسني عواطف، 2017-2018، ص25).

سنركز في هذه الدراسة على مرحلتي الوصف والتوصيف، وارتكازهما على البنى المنطقية الصورية الرياضية، مخصصين لمرحلة التشفير الرياضي وبناء الخوارزميات دراسة خاصة بهما إن شاء الله.

1.2. البنية المنطقية الصورية الرياضية الخيلية واللسانيات الحاسوبية

إنّ المركز القطبي لاستثمار المنطق الرياضي للخليل في نسق اللسانيات الحاسوبية لا يرتبط بالنظام الرمزي فقط؛ وإنما المحور الرئيسي في قدرة الباحث المعاصر على استنطاق البنى الصورية الرياضية التي توصل إليها الخليل في مقارنته اللسانية، سواء على مستوى الماهيات، أو العلاقات الرابطة بين العناصر والوحدات اللغوية وبين البنى المجردة في عالم التمثيل الصوري للغة، فكّلما استطاع الباحث المعاصر في اللسانيات

الحاسوبية أن يصل إلى تلك النظم والمثّل الصورية التي توصل إليها الخليل، فإنّ ترميزها الرياضي يسهل عليه، فالمنحى الفكري الصانع للقفزات الحقيقية للمعالجة الآلية للغة العربية كامن في بناء التصورات وتمثّل البنى الكلّية وما يتفرع عنها من البنى الفرعية، ومنه استنباط المنهج الرياضي مسلكا ونتائج. يقول الدكتور عبد الرحمن الحاج صالح:

إنّ المعادلة « إن الصياغة المنطقية الرياضية للنظريات اللغوية هو أمر ضروري لا مناص منه، وليس السبب في ذلك فقط إيتاء فرصة للباحثين اللسانيين منهم والمهندسين من استثمارها في العلاج الآلي للنصوص وغيرها من البحوث الحاسوبية اللغوية بل الغرض منها هو أيضا الاختبار العلمي الدقيق لقيمتها العلمية عامة، وتقدير قدرتها على تفسير أكبر عدد من الظواهر اللغوية... وسيكون ذلك فرصة لنا للتعرض لما تركه لنا لغوي رياضي عبقرى وهو الخليل بن أحمد وتلميذه سيبويه من أفكار علمية ومنهجية تحليلية رياضية عجيبة سبقا بذلك زمانهما وهي جديرة بأن ينظر فيها من جديد وتستثمر بالفعل». (الحاج صالح، 2007، ص 9. 10)

لقد قدّم الخليل للدرس اللساني الحديث [معطيات وصفية وتوصيفية وآليات رياضية إجرائية وأنساق ترميزية] جاهزة، ما على الدارسين إلا استنباطها وتكثيف قوتها الإجرائية واعتمادها نهجا على مستوى الوصف والكشف وعلى مستوى الترميز والتشفير الرياضي، مثلما نجد ذلك في المنطق الرياضي لعلم العروض فهو علم رياضي مهياً للمعالجة الآلية بقوة وفعالية كبيرة تعكس حضور المنطق الرياضي للخليل في مجريات اللسانيات الحاسوبية وكأنه كان عروضاً رقمياً حاسوبياً.

بعدّ الدكتور (عبد الرحمن الحاج صالح)؛ من أهم الباحثين والمفكرين في اللسانيات الحديثة، الذي استطاع الكشف عن المنطق الرياضي للخليل، وتوصيف منهجه الرياضي، وذلك بصياغة الكثير من تلك المفاهيم الرياضية المصحح بها والمضمرة في نصوص الأولين بلغة رياضية حديثة؛ تساعد أهل اللسانيات الحديثة على استثمار المنطق الرياضي للخليل في المعالجة الآلية للغة العربية. يقول عبد الرحمن حاج صالح

«... هذا ونعتقد أن ما قام به النحاة العرب الأولون وخاصة الخليل بن أحمد وتلميذه سيبويه من التحليل الرياضي لنظام اللغة العربية قد يساعدنا على إيجاد الحل وهذا الحل هو عندنا وقبل كل شيء في جعل النظرية اللغوية قادرة على تفسير أكبر عدد من الظواهر، وقد كان لنا الشرف أن أجرينا على هذا التراث اللغوي العربي بحوثاً كان من نتائجها أن التحليل الخليلي أعمق تحليل لغوي يخص اللغة العربية». (الحاج صالح، 2007، ص 21).

موضحا لنا أهم خصائصها على مستوى الوصف والتوصيف الرياضي القائم على
البنى الصورية الموائمة للمعالجة الحاسوبية: يقول الحاج صالح:

« نظام اللغة هو مجموعة من العناصر تنتظم في مستويات ولكل مستوى
قسمة تركيبية خاصة: المستويات اللغوية هي التالي

1. الحروف الصوتية.. المواد الأصلية X الصيغ = الكلم المنصرفة
2. الكلم عموما.
3. اللفظة الاسمية.

مستوى بناء الجملة وينحل إلى [(عامل + معمول أول) ± معمول ثان] ± مخصص «.
(الحاج صالح، 2007، ص 22).

وقوله:

« التحليل الخليلي يميّز بين نوعين من التأليف بين العناصر: ما هو وصل...
مثل ما يوجد بين المضاف والمضاف إليه وما هو بناء مثل ما يربط بين المبتدأ
والخبر، فالأول مجرد ضم عنصر بعنصر وحذف المضموم لا أثر له في بقاء
الأول، أما الثاني فهو تركيب عنصرين فأكثر في بنية بحيث إذا حذف شيء من
ذلك تلاشت الوحدة المتكونة منهما». (الحاج صالح، 2007، ص 23)

وقوله أيضا:

« التحليل الخليلي هو رياضي كما قلنا: فالقسمة التركيبية كمفهوم رياضي
تنطبق مثلا على المواد الأصول: فالحروف العربية الصامتة تتركب التركيبات
التي تقتضيها القسمة على ما يسميه الخليل بوجه التصرف في الثنائي أو
الثلاثي أو الرباعي ويسمى كل تركيب منها بابا مثل: ض رب/ رب ض/ ب رض/
رض ب/ ض ب ر. وكل باب قد يوجد في الاستعمال وقد لا يوجد، فما لا يوجد
هو مجموعة خالية وكذلك هي الصيغ فباب فعل مجموعة خالية وباب فعل
هو وحيد العنصر... ولقد اخترع الخليل حساب العاملي ... في هذا الميدان لأول
مرة في التاريخ. وقد ظهر أيضا لأول مرة في تاريخ العلوم مفهوم الصفر في تحليل
اللغة وخاصة في داخل البنى مثل العلامة غير الظاهرة عند سيبويه ومفهوم
الابتداء وغير ذلك [...] الجدير بالذكر أيضا هو أن لكل مستوى من مستويات
اللغة زمرة وقسمته التركيبية. والذي أتمناه هو أن نتعاون معشر الباحثين
العرب لإيجاد ما يناسب هذه القسمة التركيبية الخاصة باللغة من البرمجيات
الناجعة وبالله التوفيق». (الحاج صالح، 2007، ص 24 . 34).

2.2. مرحلتا الوصف والتوصيف

1.2.2. المفهوم الاصطلاحي

تعدّ ثنائية (الوصف والتوصيف) من أهم الثنائيات المركزية في اللسانيات الحاسوبية للغة العربية، ورائد هذا المفهوم الاصطلاحي المركزي في حوسبة اللغة العربية هو الدكتور نهاد الموسى (ينظر: الموسى، 2003). مفرقا في كتاباته بين الوصف والتوصيف¹؛ فالوصف عنده (ما وقع للعرب من قواعد مستنبطة من الأداء اللغوي الواقعي) (الموسى، 2000، ص 69). أمّا التوصيف فعملية وصف مضاعفة تُنقل فيها المعطيات اللغوية للحاسوب وفق لغة رياضية يستوعبها ويتمثلها، فإنّ:

«الحاسوب جهاز أصم، لا يستعمل إلا وفق الخوارزميات التي أعدّها الإنسان له للتعامل مع اللغة الطبيعية. وبناء عليه، ينبغي أن توصف المواد اللغوية توصيفا دقيقا، حتى يمكن للحاسوب أن يدرك الإشكالات اللغوية التي يدركها الإنسان». (الموسى، 2000، ص ص 54).

إنّ العلاقة بين الوصف والتوصيف . عند نهاد الموسى . علاقة بنائية قوية، إذ يقوم التوصيف على الوصف لكن بانتظام رياضي يحاكي به منطق ولغة الحاسوب، يقول موضحا:

«التوصيف يتكئ على الوصف دون أن يقف عند حدوده، والفرق بينهما أن رسم الصورة العربية للإنسان بالاعتماد على الحدس الذي يتمتع به عقل الإنسان أن يقدر ويقيس، أما رسم العربية للحاسوب فلا يكتفي بالوصف بل يقتضي توصيف ليعوض الحاسوب عنصر الحدس الذي ينفرد به الإنسان». (الموسى، 2000، ص 20)

انطلاقا ممّا تقدم ذكره؛ يتبيّن لنا أنّ الوصف . وفق منظور نهاد الموسى . آلية منهجية تعدّ مخرجاتها مدخلات للفكر الإنساني، فما قدمه العلماء الأولون في المقاربة النظرية والتطبيقية للغة العربية هو عملية وصفية المراد منها الكشف عن مجريات اللغة العربية في جميع مستوياتها كظاهرة لها إطارها ونواميسها، تخاطب بها العقول العلمية بعضها، ويستثمرها المتلقي في فهم اللغة وفي تعلّمها وتعليمها.

إنّ الوصف عند نهاد الموسى عملية منهجية إجرائية تخص العقل الإنساني الذي يفهم مدخلات النسق اللغوي ومخرجاته لأنّ اللغة جزء من كيانه واستعماله. أمّا التوصيف فهو عملية إجرائية يتم من خلالها وصف اللغة للحاسوب بمنطق يفهمه ويتمثله العقل الإلكتروني، فالوصف للإنسان والتوصيف للعقل الإلكتروني، إذ لا يمكن للعقل الإلكتروني تمثّل المعطيات اللسانية كما هي موجودة في العلوم اللسانية، بل يجب تكيفها وصياغتها صياغة رياضية حاسوبية تجاري المنطق الرياضي للحاسوب.

الجدير بالذكر القول؛ أنّ مفهومنا لثنائية الوصف والتصنيف في هذه الدراسة لا يخرج عن هذا الإطار التأسيلي الدقيق الذي قدمه الدكتور (نهاد موسى)، غير أننا نرى الوصف في اللسانيات الحاسوبية لا يقف عند حدود ما قدمه الأولون من رسم للعربية بل ما قدمه الأولون والمحدثون، فكلّ مقارنة لسانية تراثية وحدائية لا بدّ أن يتفحصها ويعتمدها المتخصصون في اللسانيات الحاسوبية.

كما أننا في هذه الدراسة سنركز على منحى إجرائي وظيفي هام في عملية الوصف كمرحلة أساسية تقوم عليها اللسانيات الحاسوبية ونعني بها زاوية الوصف الرياضي للبنى اللغوية، فالباحث في اللسانيات الحاسوبية يعتمد على مختلف المعطيات اللسانية الوافدة من مختلف الروافد الفكرية والعلمية التي تخص المقاربة اللغوية من (لسانيات عامة، ولسانيات خاصة، ولسانيات رياضية، ولسانيات نفسية، ولسانيات عصبية، ولسانيات عرفانية)، وكلّ ماله علاقة بالتمثلات الذهنية والتداولية للظاهرة اللغوية (لمزيد من التفاصيل في اللسانيات المعرفية ومنطق الحاسوب ينظر: طعمة، 2017، ص 15، 14). و(ينظر في ثنائية اللغة والحاسوب: علي، 1988). مسلطين الضوء هنا على الزاوية الرياضية في عملية الوصف مع إيماننا العميق أنّها جزء من كلّ في المقاربة الوصفية للسانيات الحاسوبية، وتركيزنا عليها لسببين:

- أولهما: أنّ أصول المنطق الرياضي الحاسوبي تتفاعل بقوة مع الظواهر ذات المنطق الرياضي في عملية محاكاة العقل الإلكتروني للظواهر الإنسانية بما في ذلك الظاهرة اللغوية، فأهمية ترميز المعطيات ترميزاً رياضياً هي الجسر الرئيسي للمعالجة الآلية للغات الطبيعية ومنها اللغة العربية، لكن أن يتوصل الباحثون في مجال اللسانيات الحاسوبية إلى الكشف عن أوجه جديدة للمنطق الرياضي للغة العربية سيكون منعرجاً هاماً حاسماً ونقطة نوعية في مسار المعالجة الآلية للغة العربية.
- ثانيهما: تهدف دراستنا إلى الكشف عن أوجه استثمار اللسانيات الخليلية الرياضية في اللسانيات الحاسوبية، مسلطين الضوء على سريان المنطق الرياضي للخليل في نسق حوسبة اللغة العربية، فالملاحظ على بعض الدراسات التي تركز على المقاربة الوصفية للعلماء الأولين في المعالجة الآلية، أنها تقرّ بالمصادر التأسيلية للعلماء الأولين مع وضعهم مدخلات توصيفية جديدة لم يعتمدها الأولون، ومنهم من يراها نقصاً في الوصف يملأ ثغراته التوصيف، لكننا لا نعتقد بأنّ هناك نقصاً أو ثغرات لأنّ النظرية العربية لم تكن نظرية خاصة بالمعالجة الآلية للغات، ثانياً وهو الأهم أنّ الخليل والعلماء الأولين لم يقدموا معطيات

وصفية تقليدية بل قدموا مقارنة لسانية رياضية عميقة تحاكي منطق العلوم اللسانية المعاصرة أهمها اللسانيات الرياضية، بل ومنطق الرياضيات المعاصرة ممثلة في مفهوم الثابت والمتغير ونظرية المجموعات والعلاقات بين المجموعات والخوارزميات إضافة لنظرية التباديل والتوافيق باعتبارها اختراعا لسانيا أثر في الرياضيات العربية ومنه في الرياضيات المعاصرة ممثلة في نظرية الاحتمالات، مما يقدم للباحثين في مجال حوسبة اللغة العربية ثراء المادة والرؤية والمنهج.

كما أننا لا نغفل جهود أهل اللسانيات الحاسوبية في عمليات التوصيف الهامة للغة العربية، لكن إن نحن تأملنا بعمق لوجدنا المنهج الرياضي للخليل ساراً وبقوة في توصيفاتهم، موازٍ للمنطق الرياضي المعاصر المفعل، لأن منهجه كان منهجاً رياضياً، فالخليل قدم لأهل اللسانيات الحاسوبية العربية المادة والمنهج، البناء الرمزي بل والخوارزمي الذي تقام على ضوءه البرامج التطبيقية الخاصة بالمعالجة الآلية للغة العربية، وكيفينا دلالة العروض الحاسوبي والمولدات الصرفية الخليلية.

2.2.2. الأساس المنهجي

تنبني مرحلتنا الوصف والتوصيف في المعالجة الآلية للغة العربية على نواة مركزية هي الصياغة المنطقية الصورية الرياضية، فهي أساس قاعدي لجميع المراحل الإجرائية للسانيات الحاسوبية، فالمعالجة الآلية للغات الطبيعية تجري وفق محورين رئيسين؛ محور يقوم على البرامج التطبيقية وتفعيل قوة الحاسوب في المعالجة الآلية للغات الطبيعية وذلك ما يعرف بالهندسة الحاسوبية:

«أما التطبيقي فأول عنايته بالناتج العملي لنمذجة الاستعمال الإنساني للغة، وهو يهدف إلى إنتاج برامج ذات معرفة باللغة الإنسانية، وهذه البرامج مما تشد الحاجة إليه أجل تحسين التفاعل بين الإنسان والآلة، إذ إن العقبة الأساسية في طريق هذا التفاعل بين الإنسان والحاسوب إنما هي عقبة التواصل». (الموسى، 2000، ص ص 54).

محور ثانٍ أعمق ينبني عليه المحور الأول وهو المعوّل عليه في تطور اللسانيات الحاسوبية للغات الطبيعية وعلى وجه الخصوص اللغة العربية. لكونها لغة جبرية في الأساس. ماهيته أنّ المعالجة الآلية للغات الطبيعية مبنية على التمثيلات العميقة للبناء اللغوي وعلى المثل الصورية المحدودة التي تتولد منها مجموعات متعددة من البنى الفرعية وتندرج تحتها ما لا نهاية من الوحدات اللغوية المستعملة باعتبارها متغيرات للثوابت (البنى الصورية)، مشكلة هذه الثوابت والمتغيرات أنساقاً لسانية خوارزمية يستثمرها أهل اللسانيات الحاسوبية في بناء البرامج التطبيقية للمعالجة الآلية للغة

العربية « أمّا النظري أو « اللسانيات الحاسوبية النظرية » فتتناول قضايا في اللسانيات النظرية، تتناول النظريات الصورية للمعرفة اللغوية التي يحتاج إليها الإنسان لتوليد اللغة وفهمها ». (الموسى، 2000، ص 54).

تتجلى أهمية المنطق الرياضي للخليل بن أحمد الفراهيدي في اللسانيات الحاسوبية للغة العربية في العصب الأساسي الذي تقوم عليه المعالجة الآلية للغات الطبيعية ونعني به :

- آلية الوصف اللساني الرياضي؛ القائم على استنباط وتحليل الأوجه الرياضية لظاهرة اللغوية من أجل الكشف عن المنطق الرياضي للغة.
- آلية التوصيف الحاسوبي للمخرجات اللسانية الرياضية؛ وهنا يقوم عمل اللساني على الصياغة الرياضية الرمزية للمعطيات اللسانية الرياضية، وهي صياغة رمزية قائمة في التحليل اللساني الحاسوبي الأمثل على البنية المنطقية التجريدية للمفاهيم والبنى قبل الصياغة الرمزية كنسق ترميزي. (ينظر في مفهوم التوصيف: الموسى، 2001، ص ص 54.53) و(ينظر: العناتي، 2003، ص ص 123.145).

يسري فكر الخليل بن أحمد الفراهيدي في نسق اللسانيات الحاسوبية للغة العربية، على المستويين: الوصف والتوصيف؛ فقد قدم للباحثين مجموعة من النماذج الصورية الرياضية في معالجة الوحدات اللغوية من خلال استنباط «البنى الفونولوجية، الإفرادية، التركيبية، والدلالية، والأسلوبية والعروضية» نحو: [مفهوم الاشتقاق كنظام توالدي رياضي، ومفهوم الثابت والمتغير وهو مفهوم رياضي بحث]، وكذا [مفهوم البنية ومفهوم الصفر ومفهوم المجموعات، ونظام العلاقات بين المجموعات] وغيرها من المفاهيم الرياضية الحاضرة حضوراً إجرائياً في اللسانيات العربية.

« تظهر التجربة العملية أن ثمة فرقا كبيرا بين وصف اللغة وتجريد أمثلتها وضبط أحكامها حين يكون هذا الوصف موجها للإنسان وحين يكون مصمما ليودع في الحاسوب. ولعل هذا ما حمل د. نهاد الموسى على إقامة الفرق بين هذين العاملين، فقد سعى ما يُعمَل للإنسان « الوصف »، فوصف العربية ما وقع للعلماء العرب من قواعد مستنبطة من الأداء اللغوي الواقعي، وهو مبني في نظريته على أنّ المستقبل يسهم إسهاما فاعلا في الحدث التواصلي، مضافا إلى ذلك ما يحصل للإنسان من معرفة بالحدس والسليقة والخبرة المعرفية والتثقف والعرف اللغوي والمقام. أمّا « التوصيف » فإنه ينظم الوصف اللغوي المجرد مضافا إليه العناصر التي يتعرفها الإنسان بالحدس

والسليقة والقرائن المتعددة اللفظية والمعنوية والموقفية، ولما كان الحدس أظهر ما يتكء عليه الإنسان في تعرفه للغة وأدائها، ولما كان الحاسوب يفتقر إلى هذا العنصر البشري الخالص، وجب على الموصف أن يتدارك هذا النقص، ليبلغ بالحاسوب مبلغ المعرفة الإنسانية باللغة». (العناتي، 2003، ص 65)

كما استطاع الخليل أن يقدم للدرس الحديث نظاما رمزيا اختزاليا يحاكي المنطق الرياضي ولغة أهل الرياضيات المعاصرة نحو: (فَعِلُّ، وَقَاعِلٌ وَمَفْعُولٌ به) و(عامل ومعمول أول ومعمول ثان) والتي صاغها لنا الدكتور عبد الرحمن الحاج صالح الصياغة الرياضية الدقيقة وفق منطق العلم الرياضي الحديث: [ع²م (1م ± 2م]. و(مبني ومبني عليه) في النحو العربي، ونحو الثوابت والمتغيرات في البنى الصرفية نحو: «فَعَلٌ، يَفْعَلُ، يَفْعِلُ، فَعَلَّةٌ، فَعَالٌ.....»، ونحو ثنائيات المتحركات والسواكن في الإيقاع العروضي، إذ توصل الخليل إلى أَنَّ البنية العروضية تقوم على نظام ثنائي: المتحرك والساكن: [0 / 0] عبر عنه تعبيرا ترميزيا رياضيا يعادل الترميز الرياضي [1،0]، وذلك ما تقوم عليه وتنبي اللسانيات الحاسوبية بما يعرف بالتوصيف الحاسوبي ومنه التشفير. (ينظر: حركات، 1988، ص ص5756).

نسق ترميزي سارفي جميع المستويات اللسانية؛ لتتجلى الأنساق الرياضية الخليلية في قلب المقاربة والمعالجة الحاسوبية للغة العربية، تمثيلا صوريا، ونسقا ترميزيا، ونمطا تشفيريا موازيا لثنائية [1،0] التي يقوم عليها منطق الحاسوب، في مقابل الأنساق الخليلية الخوارزمية المحاكية لأساس البرمجة التقنية. يوضح الشكل رقم 03 مرحلتي الوصف والتوصيف كمراحل إجرائية حاسوبية تأسيسية في عملية استثمار اللسانيات الحاسوبية للمنطق الرياضي للخليل:

الشكل 03: (المنطق الرياضي للخليل ونسق الوصف والتوصيف الحاسوبي).



3.2. نموذج تطبيقي تأصيلي وفماذج إجرائية جارية لمرحلتى الوصف والتوصيف في اللسانيات الحاسوبية

1.3.2. النموذج التطبيقي التأصيلي

إنّ الأوجه الرياضية المتداولة هي ذاتها غالبا في النسق الخليلي الحاسوبي في الدرس الحديث، لكننا نريد في هذه الدراسة . إضافة إلى النماذج الإجرائية الجارية. أن نقدم وجها تأصيليا هو معروف رياضيا، ومستعمل في مختلف العلوم بما في ذلك اللسانيات الحاسوبية ونعني به : مفهوم المعادلة، غير أنّ الجديد والأصيل في بابه؛ هو الكشف عن وجود مفهوم المعادلة وحضورها إجرائيا في نصوص العلماء الأولين وعلى رأسهم الخليل وسيبويه. (ينظر: قاسمي الحسني، 2017، الباب التطبيقي) و(ينظر: قاسمي الحسني، 2019، ص 357) ينظر في مفهوم المعادلة اللسانية عند العلماء الأولين كبحت تأصيلي: (كشاش، 1996، ص 40.39). (قاسمي الحسني، 2017)، و(ينظر: قاسمي الحسني، 2019). غايتنا في ذلك تفعيل الجهود الأصلية في اللسانيات الحاسوبية القائمة على استثمار منهج الخليل ومنطقه الرياضي في حوسبة اللغة العربية. ينظر: (قاسمي الحسني، 2018، ج 2، ص 65.86). وينظر: (الخطاب، 2006، ص 18)، و(ينظر: المهبوبي، 2011، ص 11343).

تقوم اللسانيات الخليلية الرياضية على (خطاب مركب)؛ تتفاعل فيه آليتا الوصف والتوصيف بمنطق الاستنباط لقوانين اللغة كبنية صورية رياضية جاءت موافقة للمنطق الصوري الرقي كتوظيف حاسوبي، حيث يقوم التوصيف الحاسوبي أولا؛ على مخرجات الوصف اللساني الرياضي، ثانيا؛ على المنطق الرمزي للمعطيات اللسانية الرياضية بلغة يفهمها الحاسوب، أو ما يعرف بالتوصيف الحاسوبي للمعطيات اللسانية الرياضية وذلك ما نجده عند الخليل.

إنّ المطلوب منّا كباحثين في ميدان المعالجة الآلية للغة العربية الكشف عن الأوجه الرياضية للغة ومنه صياغتها صياغة رياضية، وليس هناك مثل ما قدمه الخليل سواء على مستوى الوصف أي الكشف عن تلك الأوجه أو على مستوى توصيفها توصيفا رياضيا وفق نظام ترميزي، محاولين تقديمه وفق منطق رياضي حديث عاكسا لعلمق إجراءاتهم الرياضية. إذ يعدّ هذا النموذج المقدم من النماذج التطبيقية التأصيلية في بابها على الصعيد التنظيري والصعيد الإجرائي التطبيقي، أي من حيث استنباط سريان المعادلات ومفهومها في نصوص الأولين تنظيريا، وعلى مستوى استثمارها في حوسبة اللغة العربية إجرائيا وتطبيقيا.

إنّ المعادلة كمفهوم رياضي تعني :

« علاقة المساواة بين طرفين، وعلاقة المساواة كمفهوم رياضي لا تعني المطابقة، وإنما تعني أن الطرفين يتقاطعان ويتساويان في وجه أو وجهين أو مجموعة من الأوجه، أو ما يعرف في المنهج الرياضي بدرجات التساوي، التي لا تعني بالضرورة المطابقة، فمفهوم المعادلة رياضياً يعني المساواة بين طرفين في أوجه من الأوجه أو في أكثر من وجه دون أن تعني مطابقة الطرف الأول للطرف الثاني حتى يكونا الشيء ذاته ». (قاسمي الحسني، 2019، ص 359)

لكن هل يوجد حضور لمفهوم المعادلة في اللسانيات العربية عند الأوائل؟

• نعم هناك حضور إجرائي للمعادلات في اللسانيات العربية، وهو حضور خصب يسري في كثير من نصوصهم، موضحين ذلك في قول سيبويه: « كما أن [ما] ك [ليس] في لغة أهل الحجاز ما دامت في معناها، وإذا تغيرت عن ذلك أو قدم الخبر رجعت إلى القياس، فصارت اللغات فيها كلغة تميم ». (سيبويه، 1988، ج1، ص122).

يمكننا صياغة قول سيبويه فيما يلي :

- ما الحجازية + معنى النفي = ليس في العمل.
- ما لحجازية - النفي ≠ ليس في العمل.
- ما الحجازية ± معنى النفي + تقدم الخبر ≠ ليس في العمل.

يوضح لنا سيبويه في الخطاب أعلاه، كيف تعمل ما الحجازية عمل ليس، وذلك ما دامت في معناها، ومنه تتشكل لدينا معادلة، طرفاها [ما الحجازية] وهي فرع ملحق في عمله بالطرف الثاني الأصلي وهو [ليس]، ووجه المساواة يكمن في العمل: رفع المبتدأ ونصب الخبر، وذلك لوجود وجه شبه يكمن في معنى النفي، وبمجرد أن ينتفي النفي، تنتفي المعادلة، أي ينتفي العمل جوهر المساواة بين الطرفين، فتعود « ما » إلى أصلها وهو عدم العمل، ويكون الاسم الذي يأتي بعدها مبتدأ، نحو: « ما موجود إلا زيد ». وذكر سيبويه لشرط عمل « ما » عمل « ليس » أي لشرط المساواة بينها وبين « ليس » يعد دليلاً تبييناً من خلاله المعادلة، كما يتجلى مفهومها في الرياضيات ولكنها مكيفة بحسب الدرس اللساني عند الأولين، فالفرع أحط من الأصل وإن شابهه في بعض أوجهه، لكنه لا يجري في كل مجاريه، وإلا كان مطابقاً له، ومما يدل على ذلك: أنه بمجرد أن يتقدم الخبر فإن عمل ما الحجازية يبطل، وتعود إلى القياس أي إلى بائها الأصلي وهو عدم العمل. (ينظر: قاسمي الحسني، 2017).

كما تقوم الجمل في بناء اللغة العربية على متواليه من المعادلات، فتتقاطع الجمل الاسمية مع بعضها في معيار الصدارة، وتتقاطع الجمل الفعلية في البناء الفعلي، كما تشكل الجمل الاسمية مع الجمل الفعلية معادلات تتقاطع في البنية العاملية: [ع+م+1م] كما يوضح ذلك الدكتور عبد الرحمن الحاج صالح.

ويمكننا تقديم نماذج تطبيقية للمعادلات اللسانية للجمل العربية فيما يلي:

الأصل = الأصل. ← س = ع. حيث س = ج. اسمية وع = ج. فعلية.

وجه المساواة



[ع+م+1م+2م]

العلم نور = سمع عمر صوتا.

الفكر لغة = ألقى الأستاذ المحاضرة .

العلم نور = ألقى الأستاذ المحاضرة .

الفكر لغة = سمع عمر صوتا.

الأصل = الأصل ←

سمع عمر صوتا = ألقى الأستاذ المحاضرة .

ضرب المعلم التلميذ = تعلم التلميذ الدرس .

تلا المقرئ القرآن = أقام الإمام الصلاة .

س = ع، حيث س = ج. ف وع = ج.

[ع+م+1م+2م]
[فعل + فاعل + مفعول]

نلاحظ في الشكل أعلاه؛ تقاطع جمل مع جمل أخرى كمعادلات وفق مجموعتين: مجموعة المعادلات من الدرجة الأولى والتي تتقاطع فيها الجمل الاسمية مع الجمل الفعلية، انطلاقا من وجه واحد هو البنية العاملية، والمجموعة الثانية هي مجموعة المعادلات من الدرجة الثانية والتي تتقاطع فيها الجمل الفعلية مع بعضها بعض أو الجمل الاسمية مع بعضها على أساس البنية العاملية كدرجة أولى في التساوي، وعلى أساس البنية الفعلية أو البنية الاسمية كبنيتين صورييتين أقل تجريدا من البنية العاملية الأم باعتبارهما الدرجة الثانية في التساوي بين طرفي المعادلة. (ينظر للاستزادة من التفاصيل: قاسمي الحسني، 2017)، و(ينظر أيضا: قاسمي الحسني، 2018). تشكل جمل المجموعة الأولى [معادلات من الدرجة الأولى]:

• من الشكل ← س =¹ع.

في حين تشكل جمل المجموعة الثانية [معادلات من الدرجة الثانية]:

• من الشكل ← س =²ع.

انطلاقا مما تقدم ذكره؛ يتبين لنا أننا قمنا بالكشف عن وجه من أوجه الفكر الرياضي للغة العربية وهو مفهوم المعادلة كما قمنا بعملية التوصيف الرياضي وذلك على مستوى الترميز والمخططات التوضيحية. وبذلك نجد أنفسنا نطبق مرحلتين هما المراحل التأسيسية في اللسانيات الحاسوبية ونعني بهما مرحلة الوصف اللساني الرياضي ومرحلة التوصيف اللساني الحاسوبي.

2.3.2. نماذج إجرائية جارية

إنّ النماذج التطبيقية الجارية وفق استثمار المنطق الرياضي للخليل في مرحلتي الوصف والتوصيف الحاسوبي؛ أغلبها متداول وأوجهه ومعروف نحو: (مفهوم الاشتقاق والصيغ الصرفية)، إذ يعدّ مجال الصرف من أهم الحقول نجاعة على مستوى حوسبة اللغة العربية لما قدمه الخليل من قوالب صرفية جاهزة وترميز رياضي عالي التجريد، فمن الجدير ذكره أنّ:

« كثيرا من الدراسات والأبحاث ومشاريع الحوسبة كانت تصدر عن النظرية اللسانية القديمة في النحو والصرف والدلالة حسيما درسها العلماء العرب القدماء، بل إن مجالا كاملا كالمعالجة الصرفية لا تكاد نجد فيه أثرا للمدارس اللسانية الحديثة». (الحطاب، 2006، ص18).

لقد توصلت المعالجة الآلية للغة العربية . انطلاقا من المنطق الرياضي للخليل في مقارنته للظاهرة اللغوية. إلى بناء محلات ومولدات صوتية وصرفية، وكذا تركيبية ومعجمية، لكن يظل المستوى الصرفي باعتباره أكثر تجريدا في مقابل المستويات الأخرى الأكثر نجاعة، نظيره في ذلك العروض الرقمي الحاسوبي، ومن أهم البرامج الصرفية برنامج الخليل الصرفي التابع للمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تمثله الصورة أدناه(https://ossl.alecso.org/affich_oso_details.php?id=57):

الصورة رقم 01: (برنامج الخليل الصرفي).

برنامج الخليل الصرفي الإصدار الثاني 2011

جامعة محمد الأول وجدة
مخبر البحث في الإعلاميات
فريق العمل

د. عبد الحق لخواجه
د. عز الدين مزروعى
د. عبد الرحيم بودلال
أ. محمد ولد عبد الله ولد بيباه
د. عبد الوافي مزيان
د. مصطفى اسهول
مستشار لغوى

منسق المشروع لدى المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم
د. أمين القلقى

منسق المشروع لدى مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
KACST

(المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، 2011).

إنّ من النماذج الإجرائية القيّمة للسانيات الحاسوبية للغة العربية ما يقوم به الباحثون من توصيف حاسوبي للأفعال والأسماء والجمل، ومن هذه الدراسات ما قدمه: «عبد العزيز بن عبد الله صالح المهيبوي»: (توصيف جموع التكسير من المفرد الثلاثي في ضوء اللسانيات الحاسوبية) يقول:

«ترجع هذه الدراسة إلى فرع حديث من فروع اللسانيات، ألا وهو اللسانيات الحاسوبية... ولقد تناولت هذه الدراسة توصيف اشتقاق جموع التكسير من المفرد الثلاثي حاسوبياً، ليكون الحاسوب قادراً على اشتقاقها آلياً من الصفة أو الاسم المفرد الصحيح لغوياً، وتتبع هذه الدراسة التوصيف وسيلة لبناء الأنظمة والقوانين اللغوية لتكون قابلة لبرمجتها حاسوبياً». (المهيبوي، 2017، صص 316، 317)

موضحاً لنا أنّ حوسبة جموع التكسير تقوم على طريقتين:

«تعتمد حوسبة جموع التكسير على طريقتين: الطريقة الأولى: بناء قواعد معطيات ضخمة، تضم جموع التكسير جميعها» الثلاثية والرباعية والخماسية «مقرونة بمفرداتها التي اشتقت منها على النحو التالي:

الرقم	المفرد	وزنه	نوعه	الجمع	وزنه	نوعه
1	كُغِب	فَعْل	اسم	كُغُوب	فُعُول	كثرة
	كِعَاب	فِعَال	كثرة			

ويعيب هذه الطريقة ضخامة المادة اللغوية التي يتم تخزينها في ذاكرة الحاسوب، وتضييق الإنتاج اللغوي المنضبط، باعتمادها على بيانات مستمدة من المعجم...». (المهيبوي، 2017، ص 330).

يوضح لنا صاحب القول الطريقة الأولى في المعالجة الحاسوبية لجموع التكسير، والقائمة على الوصف والتوصيف، ومن ثم تخزين المعلومات في قاعدة بيانات توصف بأنّها ضخمة، وإذا ما تأملنا عملية الوصف والتوصيف في هذه الطريقة وخاصة في الجدول أعلاه لتبيّن لنا أن المعطيات المدخلة هي معطيات لسانية رياضية مبنية على ما قدمه الخليل والعلماء الأولون في استنباط البنى المجردة وفي الأوصاف المقدمة للوحدات اللغوية المستعملة: [كُغِب: «اسم مفرد»، كُغُوب، كِعَاب

: جمع كثرة، جموع تكسير]، أو الوحدات البنوية الصورية: [فَعْل، فُعُول، فِعَال]. كذلك بنيت هذه الطريقة في عملية المعالجة الحاسوبية لجموع التكسير على النظام القياسي الرياضي الذي استطاع من خلاله الخليل التوصل إلى استنباط البنية الجامعة التي تندرج تحتها الوحدات ككلمات مستعملة ومنه نستنتج أنّ النظام القياسي الإجرائي والنظام الاستنباطي للبنى المجردة

كمنطق رياضي أسسه الخليل، قد استعان بهما أهل اللسانيات الحاسوبية؛ إذ يقدم لهم قالب الجامع الذي تندرج تحته العناصر الجزئية، ونعني بالقالب البنى الصورية الجامعة نحو الصيغ الصرفية المذكورة أعلاه (فَعُول / فِعَال)، في حين نعني بالعناصر الجزئية الوحدات اللغوية المستعملة نحو (كُؤُوب وكِعَاب). فما قدمه الخليل والعلماء الأولون من مقارنة لسانية رياضية على مستوى الإجراء والنتائج هو مقارنة حاسوبية في شقها التنظيري الوصفي التوصيفي، إذ تعدّ مخرجات عمل الخليل والعلماء الأولين في مقاربتهم للظاهرة اللغوية من المدخلات الأساسية لبناء قواعد بيانات لجموع التكسير أو غيرها من العناصر اللغوية، وذلك كطريقة أساسية للمعالجة الحاسوبية في المنحى الإجرائي الأول» الذي يسלט الضوء عليه صاحب الدراسة

أما الطريقة الثانية فمفادها:

« ناء قوانين، وأنظمة تضبط اشتقاق جموع التكسير من مفرداتها من خلال مجموعة من الخوارزميات القادرة على اختزال النظام اللغوي إلى تجريدات رياضية، وقد اعتمدت دراستنا على هذه الطريقة، حيث سيعمد الباحث إلى استعمال قوانين، وأنظمة لتوسيع القياس، لتعويض إدخال جموع التكسير كاملة في قواعد بيانات حاسوبية». (المهيوبي، 2017، ص330)

طريقة رغم اعتمادها على أنساق توصيفية توليدية غير أنّها مبنية على أسس ما قدمه العلماء الأولون وعلى رأسهم الخليل بن أحمد الفراهيدي، يقول صاحب الدراسة: « اعتمدت الدراسة مجموعة من المراجع اللغوية لتوصيف القواعد التي تضبط اشتقاق جموع التكسير وتوليدها من المفرج، ومنها: الكتاب لسيويه وشرح الكافية للرضي». (المهيوبي، 2017، ص ص316،317). ويمكننا عرض نماذج مما قدمته الدراسة المبنية على الطريقة الثانية وفق نموذجها التوصيفي في الجدول رقم1، والجدول (2.3.4.76.5):

(ينظر: الملاحق).

الملاحظ على هذه الطريقة؛ أنّها تبنى على توصيف يوائم المنطق الخوارزمي للحاسوب هادفة إلى توليد الحاسوب مجموعة من جموع التكسير وفق توسيع الآليات الإجرائية للتوليد، فتتميز عن الطريقة الأولى بالبناء التوليدي، لا مجرد التخزين على مستوى قاعدة البيانات، وذلك لاستثمار الطاقات الإبداعية الحاسوبية في أرق صورها لا مجرد الاستفادة من طاقة الحفظ والتخزين والقدرة على الاسترجاع. فقد:

« يظن أنه بالإمكان أن يخزن في جهاز الحاسوب قائمة بالمفردات، وجموعها الصحيحة، وأن الحاجة إلى حوسبة قواعد توليد جموع التكسير، وبناء خوارزميات لاشتقاقها تقل في ظل المقدرة الكبيرة للحاسوب على تخزين

البيانات، والحقيقة أن هذه القوائم يستعان بها فعلا إلى جانب الحوسبة لتتكامل معه، أما الاعتماد عليها وحدها فيعد إهمالا لقدرات الحاسوب.»
(المهيوبي، 2017، ص 324)

لقد تمكّن الباحثون والعلماء العرب في العمليات التوصيفية للوحدات اللغوية بما يوافق نظام الحاسوب الرقمي الرياضي، لكن إذا تأملنا أغلب هذه الدراسات بما فيها الدراسات اللسانية المبنية على نهج الطريقة الثانية في عملية توصيف اللغة العربية للحاسوب لوجدناها قائمة أولاً؛ على مخرجات العملية الوصفية للسانيات الخليلية، ثانياً على نهج العملية التوصيفية الرياضية التي اعتمدها الخليل.
فلقد استطاع الخليل بعقله الرياضي الكشف عن الأوجه الرياضية للغة العربية وعن الآليات التوليدية والتحويلية للوحدات اللغوية في جميع مستوياتها، مقدماً نظاماً صورياً رياضياً للبنى وصياغة ترميزية للبنى والعمليات ونسق آليات البناء والتوليد والتحويل، مستنبطاً بعقله الرياضي النسق الخوارزمي لوحدات اللغوية: صوتاً وإفراداً وتركيباً ودلالة وإيقاعاً عروضياً (ينظر: حركات، 1988، ص ص 49.48)، واضعاً بين أيدي علماء الدرس الحديث في حوسبة اللغة العربية مقارنة لسانية محوسبة حوسبة لسانية رياضية.

3. أهمية المنطق الرياضي للخليل في اللسانيات الحاسوبية

تنبى أهمية المنطق الرياضي للخليل بن أحمد الفراهيدي في اللسانيات الحاسوبية من منطق العلوم الحاسوبية القائمة على محاكاة العقل الإلكتروني للعقل البشري في الإنتاج والاستقبال اللغوي، واللسانيات الحاسوبية تتركز في أساسها على مدخلات معرفية هامة من العلوم اللسانية أهمها: (اللسانيات العامة، اللسانيات الخاصة، اللسانيات المعرفية، اللسانيات الرياضية، اللسانيات العصبية)، فأساس التمثيلات الجذرية للسانيات الحاسوبية هو فهم آليات عمل العقل البشري في إنتاج الظواهر اللغوية واستقبالها، فيقدر فهمنا وإدراكنا لمجريات الأنساق اللغوية بقدر ما كانت المحاكاة الحاسوبية محاكاة ذات أبعاد إجرائية فعّالة، ومن ثمة صياغتها الصياغة الرياضية.
الإعجاز العلمي للخليل؛ أنه استطاع الكشف عن آليات العقل العربي في إنتاج الظاهرة اللغوية، مبيناً أهمية المنطق الرياضي كأحد أهم مقوماتها وآلياتها، ليقدّم لأهل العصر الحديث نظرية غنية بـ:

- المفاهيم الرياضية للغة العربية نحو: (نظرية المجموعات، نظرية العلاقات، مفهوم الثابت والمتغير...).
- التمثيلات الصورية الرياضية نحو: التمثيلات الصورية للبنى والأنساق الخوارزمية.

- لغة ترميزية لسانية رياضية تحاكي مستوى اللغة العلمية الحديثة والمعاصرة. وكأنّ الخليل يخاطب المنطق العلمي المعاصر بلغته الرقمية الرياضية المبنية على النظام الثنائي وعلى النظام الخوارزمي، فلقد أقام الخليل نظريته كلّها على ثنائية الأصل والفرع باعتبارها ثابته ومتغيرات، وما أكثر الخوارزميات اللسانية الخليلية التي قارب بها الخليل المنطق الرياضي سواء في بناء الفروع على أصولها أو بعدول الفروع عن أصولها الثابتة مشكلة خوارزميات توليدية وخوارزميات توليدية تحويلية تبنى على ضوءها البرامج التطبيقية للمعالجة الآلية للغة العربية.

خاتمة

خلاصة القول؛ أنّ المنطق الرياضي للخليل منطوق ساري المفعول في البنية العميقة للمراحل الإجرائية لحوسبة اللغة العربية، فأساس اللسانيات الحاسوبية هو البناء الصوري الرياضي للمعطيات اللغوية وتوصيفها توصيفا رياضيا، ولقد استطاع الخليل بفكره الرياضي لا أن يصف المدخلات والمخرجات اللغوية وفق النظم الرمزية الرياضية، فقط، بل أن يكشف عن مجريات المنطق الرياضي للغة العربية.

وفق أصول المنطق الرياضي الحاسوبي؛ فإنّه بقدر ما كانت الظواهر التي يحاكيها الحاسوب ظواهر مبنية على درجة رياضية عالية بقدر ما كانت المحاكاة الحاسوبية محاكاة قوية وفعّالة، والخليل استطاع أن يكشف عن كثير من مجريات المنطق الرياضي للغة العربية والتي يستثمرها المتخصصون في حوسبة اللغة العربية سواء على مستوى الوصف أو على مستوى التوصيف.

تبنى مرحلتنا الوصف والتوصيف في المعالجة الآلية للغة العربية على نواة مركزية هي الصياغة المنطقية الصورية الرياضية، وهي أساس قاعدي لجميع المراحل الإجرائية للسانيات الحاسوبية، فالمعالجة الآلية للغات الطبيعية تجري وفق محورين رئيسين: محور يقوم على البرامج التطبيقية وتفعيل قوة الحاسوب في المعالجة الآلية للغات الطبيعية وذلك ما يعرف بالهندسة الحاسوبية، ومحور ثانٍ أعمق يبني عليه المحور الأول وهو المعوّل عليه في تطور اللسانيات الحاسوبية للغات الطبيعية وعلى وجه الخصوص اللغة العربية. لكونها لغة جبرية في الأساس. ماهيته أنّ المعالجة الآلية للغات الطبيعية مبنية على التمثيلات العميقة للبناء اللغوي وعلى المثل الصورية المحدودة التي تتولد منها مجموعات متعددة من البنى الفرعية وتندرج تحتها ما لا نهاية من الوحدات اللغوية المستعملة باعتبارها متغيرات للثوابت (البنى الصورية)، مشكلة هذه الثوابت والمتغيرات أنساقا لسانية خوارزمية يستثمرها أهل اللسانيات الحاسوبية في بناء البرامج التطبيقية للمعالجة الآلية للغة العربية.

يكمن جوهر المنطق الرياضي للخليل وأهميته في اللسانيات الحاسوبية؛ أنه مهما نجحت البرامج التطبيقية الغربية في المعالجة الآلية للغة العربية، باعتبارها برامج تطبيقية واسعة مخصصة وصالحة لجميع اللغات الطبيعية، فإن تطور حوسبة اللغة العربية مبني على البنى الصورية المستقاة من نسق العربية نفسها، فحوسبة اللغة العربية بحاجة ماسة إلى بناء برامج تطبيقية تحاكي نظم ومثل اللغة العربية، ولن يتأتى هذا إلا بتفعيل وتوحيد الجهود الفردية وجهود المؤسسات في الكشف عن المنطق الرياضي للغة العربية وفي استثمار اللسانيات الخليلية الرياضية الغنية بالمفاهيم والتصورات والتمثيلات الرياضية رؤية ومضمونا وندسقا ترميزيا.

قائمة المراجع

- الحاج صالح، عبد الرحمن. (2007). بحوث ودراسات في اللسانيات العربية. ج1. الجزائر: موفم للنشر.
- الحاج صالح، عبد الرحمن. (2007). بحوث ودراسات في اللسانيات العربية. ج2. الجزائر: موفم للنشر.
- الحاج صالح، عبد الرحمن. (2016). أنماط الصياغة اللغوية الحاسوبية والنظرية الخليلية الحديثة، مجلة المجمع اللغوي الجزائري للغة العربية، 24، 9-28.
- حركات، مصطفى. (1988). اللسانيات الرياضية والعروض. (ط1). بيروت: دار الحداثة.
- الخطاب، مأمون. (2006). تجربة دار حوسبة للنص العربي في معالجة النص العربي حاسوبيا (المحاضرة الأولى). عمان، الأردن. تم الاسترجاع من موقع: <https://aladdin.7olm.org/3691-topic>
- خير بك ناصر، مها. (2007). النحو العربي والمنطق الرياضي (التأسيس والتأصيل)، (ط1). لبنان، بيروت: اتحاد كتاب اللبنانيين
- . سيبويه. (1988). الكتاب. ج1. (ط3). عبد السلام هارون (محرر). القاهرة: مكتبة الخانجي
- . طعمة، عبد الرحمن محمد. (2017). البناء العصبي للغة (دراسة بيولوجية تطورية في إطار اللسانيات العرفانية الحاسوبية). (ط1). عمان: دار كنوز المعرفة للنشر والتوزيع.
- علي، نبيل. (1988). اللغة العربية والحاسوب. الكويت: مؤسسة تعريب
- . العناتي، وليد أحمد. (2003). مراجعة كتاب العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات الحاسوبية للدكتور نهاد الموسى، مجلة البصائر، 27، (2)، 123-145.
- قاسمي الحسني، عواطف. (2017-2018). محاضرات في اللسانيات الحاسوبية. (مقدمة لطلبة السنة أولى ماستر، تحليل الخطاب، والسنة الثانية ماستر، تخصص: تعليمية اللغات). قسم اللغة العربية وأدائها، كلية الآداب واللغات. الجزائر: جامعة المدينة
- قاسمي الحسني، عواطف. (2016-2017). التفكير الرياضي في علوم العربية، (رسالة دكتوراه)، إشراف الدكتور: بن لعلام مخلوف، الجزائر: جامعة البليدة2.
- قاسمي الحسني، عواطف. (2019). معادلات التكافؤ التناظري الاستنباطي ومعادلات التكافؤ التناظر التعليلي في اللسانيات العربية. مجلة الدراسات اللغوية، 24، (4)، 356-380.
- قاسمي الحسني، عواطف. (2020). منطق المجموعات في النظرية الخليلية الحديثة (مفهوم الباب أنموذجا)، مجلة اللسانيات العربية، 10، 5-28.

قاسمي الحسني، عواطف. (2018). اللسانيات الخليلية الرياضية وأفاقها الحاسوبية. كتاب المؤتمر الوطني، ج2، الجزائر: المجلس الأعلى للغة العربية
 . ككاش، محمد. (1996). الفكر الرياضي والنحو العربي، مجلة اللسان العربي، 41، 49-35.
 المهيوبي، عبد العزيز بن عبد الله صالح. (2017). توصيف توليد جموع التكسير من المفرد الثلاثي في ضوء اللسانيات الحاسوبية. مجلة جذور، 46، 35-315.
 المهيوبي، عبد العزيز بن عبد الله صالح. (2018). إشكاليات تطوير محلل صرفي حاسوبي دقيق للغة العربية. مجلة اللغة العربية وتعليمها للناطقين بغيرها. 22، 113-43.

الملاحق

الجدول 01

الرمز	تعريفه	الرمز	تعريفه
ف	الحرف الأول من حروف المفرد	ع	الحرف الثاني من حروف المفرد
ل	الحرف الثالث من حروف المفرد	ج	يعني العودة إلى الجذر لمعرفة أصل الألف
ش	يُجمع شذوذاً		

(المهيوبي عبد العزيز، 2017، ص334).

الجدول 2: 4،3،5،6،7.

نظام التوليد رقم (٧)			
نوعه		وزن المفرد	
ثلاثي عينه ألف أصلها واو أو ياء		فعل (اسم / جمعه: قياسي)	
وزن الجمع	نوعه	توصيف توليده	
أفعال	قلة	أ+ف+ع+ل+ج+ل	
نظام التوليد رقم (٨)			
نوعه		وزن المفرد	
ثلاثي معتل اللام بالواو أو الياء		فعل (اسم / جمعه: قياسي)، فعل (اسم / جمعه: قياسي)	
وزن الجمع	نوعه	توصيف توليده	
أفعال	قلة	أ+ف+ع+ل+ج+ل	
نظام التوليد رقم (٩)			
نوعه		وزن المفرد	
ثلاثي صحيح أو معتل العين بالواو أو الياء		فعل (اسم / جمعه: قياسي)، فعل (سفة / جمعه: سماعي)، فعل (اسم / جمعه: قياسي)، فعل (اسم / جمعه: سماعي)	
وزن الجمع	نوعه	توصيف توليده	
فُعول	كثرة	ف+ع+ل+ج+ل	
نظام التوليد رقم (١٠)			
نوعه		وزن المفرد	
ثلاثي معتل اللام بالواو أو الياء		فعل (اسم / جمعه: قياسي)	
وزن الجمع	نوعه	توصيف توليده	
فُعول	كثرة	ف+ع+ل+ج+ل	
نظام التوليد رقم (١١)			
نوعه		وزن المفرد	

(المهيوبي عبد العزيز، 2017، ص337).

مستخلص

تعالج الورقة البحثية موضوع اللسانيات الحاسوبية للغة العربية التي تعدّ من أهم المجالات الحديثة والمعاصرة في درس اللساني، وهي في الوقت ذاته من أهم الأوجه الناطقة بحضور المنطق الرياضي للخليل في قلب الدراسات المعاصرة. أما المنظور المنهجي للدراسة فهو تراثي حديث؛ إذ مهما حاولنا تطبيق النظريات الغربية الحديثة والاستفادة منها، سنجد العلوم العربية الأصيلة هي الأكثر قدرة على معالجة المقتضيات النسقية للغة العربية، بما في ذلك مقتضيات النسق الرياضي الذي استطاع عقل الخليل كشفه بلغة رياضية رمزية لسانية بديعة، في مقابل الضعف المحسوس والمشاهد في مجريات درس الحديث في مقارنة المنطق الرياضي للغة العربية من جهة، والمنطق الرياضي لفكر الخليل في مقارنته اللسانية من جهة ثانية. تسلط الدراسة الضوء على آليات استثمار المنطق الرياضي للخليل في نسق المراحل الإجرائية القاعدية للسانيات الحاسوبية: مرحلتا الوصف والتوصيف وارتباطهما بالبنية المركزية في حوسبة اللغة العربية: البنية المنطقية الصورية الرياضية وما يترتب عنها من بناء الخوارزميات. فمشروع تطوير حوسبة اللغة العربية يقوم في الأساس على النمط المنطقي الرياضي الصوري الذي تنبني عليه الأنساق الخوارزمية للبرامج التطبيقية في المعالجة الآلية للغات الطبيعية.

كلمات مفتاحية

المنطق الرياضي للخليل، اللسانيات الحاسوبية، حوسبة اللغة العربية، مرحلتا الوصف والتوصيف، الخوارزمية

Résumé

Dans le domaine de la linguistique moderne et contemporaine, la linguistique informatique en langue arabe occupe une place prépondérante. La présence de la logique mathématique d'Al-Khalil au cœur des études contemporaines dans ce domaine est remarquable. La perspective méthodologique de cette étude est à la fois classique et moderne. Bien que l'application des théories occidentales modernes ait contribué à promouvoir ce domaine, les sciences arabes originales demeurent mieux à même de répondre aux exigences systémiques de la langue arabe. En particulier, le système mathématique révélé par Al-Khalil dans un langage mathématique linguistique symbolique offre une solution supérieure. Cette étude vise à mettre en évidence les mécanismes de la logique mathématique d'Al-Khalil au sein des étapes de procédure de la linguistique informatique, ainsi que leur relation avec la structure fondamentale dans «l'informatisation» de la langue arabe, incluant les algorithmes. Ainsi, le développement de l'informatique en langue arabe repose principalement sur un modèle formel logique-mathématique, sur lequel sont basés les modèles algorithmiques des programmes appliqués pour le traitement automatique des langues naturelles.

Mots-clés

Logique mathématique d'Al-Khalil, Linguistique Informatique, Informatisation de la Langue Arabe, Étapes de Description et de Caractérisation, Algorithmes

Abstract

Computational linguistics in the Arabic language stands out as one of the most significant areas in modern and contemporary linguistics. Al-Khalil's mathematical logic is particularly notable in contemporary studies of this field. The methodological perspective of this study is both classic and modern. While attempts to apply modern Western theories and their contributions to promoting this field are evident, original Arabic sciences are better equipped to address the systemic requirements of the Arabic language. Particularly noteworthy is the mathematical system revealed by Al-Khalil in a brilliant symbolic mathematical language. This paper highlights the mechanisms of Al-Khalil's mathematical logic within the basic procedural stages of computational linguistics and their relationship to the basic structure in the "computerization" of the Arabic language, including the formal logical structure and resulting algorithms. Consequently, the development of computer science in the Arabic language primarily relies on a formal logical-mathematical model, upon which the algorithmic models of applied programs are based for the automatic processing of natural languages.

Keywords

Mathematical Logic of Al-Khalil, Computational linguistics, Computerization of the Arabic Language, Description and Characterization Stages, Algorithms
