واقع اللسانيات الحاسوبية في علوم اللغة

The reality of computational linguistics in the language sciences

إعداد

عقيلة زموري **د/مختار درقاوي**

Akila Zamouri **Dr. Mokhtar Darqawi**

تخصص اللسانيات الحاسوبية وعلوم اللغة العربية – الجزائر

Doi: 0000000000000000

استلام البحث ١٨ / ٧ / ٢٠٢٢

قبول البحث ١٢ / ٨ / ٢٠٢٢

زموري، عقيلة, درقاوي، مختار (٢٠٢٣). واقع اللسانيات الحاسوبية في علوم اللغة. ***المجلة العربية للتربية النوعية***، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٧(٢٧) أبريل، ٤٨٥- ٤٩٤.

http://jasg.journals.ekb.eg

واقع اللسانيات الحاسوبية في علوم اللغة

المستخلص:

تشكل اللغة اللبنة الأساس التي ينطلق منها المتعلم في تنمية معارفه و قدراته ، حتى يتمكن من تحقيق و بناء جسر تواصلي سليم، ولتجسيد ذلك وجب رسم خطط بينية تتفاعل فيها العملية التعلميّة الثقافية مع المعطيات اللغوية ، يكون اللسان أداة إجرائية ووسيلة طيعة لأداء تلك الوظيفة. وسعيا للتقدم الحضاري و التكنولوجي ،يشهد العالم العربي انفتاحا على الثورة الرقمية شمل مختلف المجالات العلمية و الثقافية والاجتماعية و الحضارية و غيرها ، ولا مجال للحديث عن حقل علمي دون التمكن من مفاتيحه ، وعليه فإننا نروم في هذه الورقة الحديث عن ميدان للسانيات الحاسوبية ذلك الفرع من اللسانيات التطبيقية الذي يجمع بين اللغة و التقنية الحديثة ؛ أي بين اللغة والحاسوب، وعليه فقد عرفت الحوسبة اللغوية نشاطا من قبل الباحثين انطلاقا من قواعد اللغة الطبيعية فكان ما أطلق عليه اسم المحللات كالمحلل الصوتي ، والمحلل الصرفي والمحلل الدلالي وغيرها، وسنعول في هذه الدراسة تسليط الضوء على احد المحللات اللغوية التي عرفت دراسات حاول من خلالها الباحثين إثبات دور الحاسوب في معالجة اللغة العربية يعرف بالمحلل الصرفي، فقد كانت النقلة المعلوماتية للغة أحد أهم الأوراق المحركة لصيرورة اللغة و ديمومتها، حيث انطلق فيها الباحثون بالتركيز على المكونات المؤسسة للدرس اللغوي المعروفة بالمستويات اللغوية من صوت وصرف ونحو وغيرها أولى القضايا المطروحة على الساحة المعرفية.

Abstract:

Language is the building block from which the learner starts to develop his knowledge and abilities, so that he can achieve and build a sound communication bridge, and to embody this, it is necessary to draw interface plans in which the cultural learning process interacts with linguistic data. In pursuit of civilizational and technological progress, the Arab world is witnessing an openness to the digital revolution that includes various scientific, cultural, social, civilized and other fields, and there is no room to talk about a scientific field without being able to find its keys, and therefore we aim in this paper to talk about the field of Computational Linguistics, that branch of Applied Linguistics that combines language and modern technology; that is, between language and computer, and therefore linguistic computing has been known as an activity by researchers based on the

rules of natural language, so what was called analyzers were in this study, we will focus on one of the analyzers Linguistic studies have been known through which researchers have tried to prove the role of computers in the processing of the Arabic language, known as morphological analyzer, the informational transfer of the language was one of the most important papers driving the language process and its permanence, in which the researchers started focusing on the components of the language lesson known as the linguistic levels of voice, morphology, grammar and others the first issues raised on the cognitive Arena.

مفهوم اللسانيات الحاسوبية:

شهدت المعلوماتية اهتماما كبيرا لدى الباحثين ، فقضية الحوسبة اتخذت نصيبها من البحث والتفتيش، عمل عليها الباحثين العرب وعليها ارتكزت مجهوداتهم ، فأسسوا في ذلك دوريات ومؤتمرات علمية تناولت اللغة بالطرح من الجانب التقني التكنولوجي مباشرة بجهاز يعرف بالحاسوب .

استعمل العلماء في ذلك جملة من المصطلحات والمفاهيم التي ارتبطت دلالتها بالمعلوماتية وعليه يستوجب من متلقي هذا النوع المعرفي العلمي أن يركز جل اهتمامه حتى يستوعب المفاهيم الواردة فيه ، كما يكون من الواجب على ملقنه أو معلّمه أن لا يتناول المصطلحات من منظورها اللفظي فقط دون تنويه الطالب بأدق المتغيرات اللفظية التي يجب على المتعلم تعلمها . ولما كانت قضية المصطلحات في اللسانيات الحاسوبية جديدة باعتبار أن هذا الميدان التقني علم جديد على الساحة المعرفية ،وجب علينا الوقوف عند ماهيتها.

اللسانيات الحاسوبية هي : نظام بيني ، بين اللسانيات وعلم الحاسوب المعني بحوسبة الملكة اللغوية، وهي تنتسب إلى العلوم المعرفية وتتداخل وحقل الذكاء الاصطناعي و هو فرع من علم الحاسوب يهدف إلى وضع نماذج حاسوبية للإدراك الإنساني .

وللسانيات الحاسوبية مكونان :

تطبيقي ونظري، أما التطبيقي فأولى عنايته بالناتج العملي لنمذجة الاستعمال الإنساني للغة ، وهو يهدف إلى إنتاج برامج ذات معرفة باللغة الإنسانية، تستند الحاجة إليه أجل تحسين التفاعل بين الإنسان والآلة؛ إذ إن العقبة الأساسية في طريق هذا التفاعل بين الإنسان والحاسوب إنما هي عقبة التواصل ، وحواسيب هذه الأيام لا تفهم لغتنا، أما لغات الحاسوب فيصعب تعلمها كما أنها لا تطابق بنية التفكير الانساني [1].

[1] نهاد الموسى، العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات الحاسوبية، المؤسسة العربية للدراسات، عمان، الأردن، ط١، ٢٠٠٠، ص٥٣.

إنه علم يجمع اللغة بالعالم الإلكتروني أين يستغل اللغة الطبيعية للمعالجة في البرامج الحاسوبية عبر طرق ذكية آلية تعرف بالنظم الخبيرة ، وهو ميدان أقرب إلى العلوم الصلبة منه إلى العلوم الإنسانية، فهذا ما يطلق عليه اسم العلوم الإنسانية الصلبة مقابل العلوم الإنسانية المرنة، حيث يلتقي فيه الجانب النظري اللساني بكل خلفياته المعرفية والمنهجية ، والجانب التقني المعلومياتي بكل تطوراته ليصوغ ما اصطلح عليه بالهندسة اللسانية أو تكنولوجيا اللسان[٢]".

وقد عرّفها حسين بن علي الزراعي فقال: " اللسانيات الحاسوبية، أو حوسبة اللغة: فرعٌ من فروع اللسانيات التطبيقية يهتم بوصف اللغات الطبيعية وتوصيفها ومقارنتها ، من خلال وضع قاعدة بيانات رقمية ودقيقة للمعارف اللغوية بكل مكوناتها وفروعها باستخدام علوم الحاسب المختلفة، ويُستخدم لتخزين قواعد البيانات اللغوية برامجٌ حاسوبية تعمل على ربط قواعد اللغات الطبيعية بقواعد لغات الذكاء الاصطناعي، بغية التمكين من استرجاع البيانات اللغوية المخزنة واستدعائها [٣]".

أتاح العصر الرقمي خدمة كبيرة للغة ، فكانت أول مرتكزاته حتى يتمكن العالم من مسايرة التقدم العلمي العملي ، فمواكبة هذا النوع من التسارع المعرفي تسهم في بناء صرح ثقافي حضاري للأمم .

نشأة اللسانيات الحاسوبية:

بدأت ملامح الفكر اللغوي المحوسب في الظهور ملازما للترجمة خلال الحرب الباردة؛ لغرض ترجمة الوثائق التي تحصل عليها مخابرات أحد الأطراف المتنازعة، أين كانت الولايات المتحدة الأمريكية تركز جهودها على الترجمة الفورية من اللغة الروسية، وقد أفرزت هذه النقطة في إحياء بوادر الحس الرقمي، ومن هنا أخذت معالم التفكير الالكتروني في التطور لمجارات القفزات العلمية واستغلالها بما يضمن الاتفاق والسرعة، لإفراز وحدات متناسقة منظّمة، مستفيدة بذلك من تقنية الذكاء الاصطناعي وسرعته في استيعاب الأوامر وقد كان ذلك مابين ١٩٥٦م و١٩٧٥م[٤].

---

[٢] ينظر: عمر ديدوح، فعالية اللسانيات الحاسوبية العربية، الأثر(مجلة الآداب واللغات)، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر،ع٨، ماي ،٢٠٠٩،ص:٨٧. وعز الدين غازي: اللسانيات الحاسوبية واللغة العربية، الحوار المتمدن،(المحور: تقنية المعلومات والكمبيوتر)، ١١،٣٧:٠٤/٠٨/٢٠٠٦،العدد:١٦٣٩،ص:٠١.

[٣] حسين بن علي الزراعي، اللسانيات وأدواتها المعرفية، مؤسسة الانتشار العربي، بيروت ، لبنان، ط١، ٢٠١٦،ص:٢٠٨.

[٤] ينظر: بلعيد، دروس في اللسانيات التطبيقية، دار هومة، الجزائر ،ط٤،٢٠٠٩ ،ص:٢٠٣ -٢٠٤.

وعلى هذا تعود أولى بدايات الحوسبة اللغوية إلى أواسط الخمسين من القرن العشرين، ويُرجع بعض الباحثين أوليات المعلوماتية بوصفها علما له من الأثر الكبير في المعالجة اللغوية؛ إلى جهود قسم اللسانيات الحاسوبية بجامعة جورج تاون سنة ١٩٥٤ في مجال الترجمة الآلية من اللغات الأجنبية إلى اللغة الانجليزية، إذ عُدّت الخبرات الرقمية والمعالجة اللغوية فرعا من فروع علم اللغة التطبيقي، ومن جهة أخرى يرى الباحثون أنّ الحقيقة في مجال الرقمنة اللغوية قد انبثقت عوالمها من مركز التحليل الآلي للغة بإيطاليا وبالضبط بمدينة غلرات (gallarat) عام ١٩٦٢م[٥].

و تقوم المعالجة الآلية للغة (العربية) على محورين أساسيين:

١) نظم برمجة فروع اللغة المختلفة :

أ) نظام الصرف الآلي: يقوم بتحليل الكلمات إلى جذرها، وتفكيكها من اللواحق والسوابق،ويبيّن ميزانها الصرفي، أو يعيد تركيب الكلمات أي توليدها واشتقاقها من هذه العناصر الأولية.

ب)نظام النحو الآلي:

يحلل بنية الجملة، من حيث ترتيب عناصرها، والعلاقات التركيبيّة والوظيفية التي تربط بينها، ويعطي كل كلمة فيها موقعا إعرابيا فيقوم بإعراب الكلمات في الجملة آليا و تشكيلها.

ت)**نظام التحليل الدلالي الآلي:**

ويعنى بالمعاني التي يمكن أن ترد عليها الكلمة المكونة للجملة، فالمفردة الواحدة تكسب مدلولات عديدة ضمن السياق الذي ترد فيه ، مغاير عن الذي تحمله خارج التركيب ؛أي الذي على أساسه يمكن أن يتغير المعنى الإعرابي لهذه المفردة، ويستخلص معاني الكلمات والجمل استنادا إلى سياقها.

٢) التطبيقات اللسانية التي تقوم على النظم اللغوية:

وهي تطبيقات تقوم على نظم الصرف الآلي، ونظم النحو الآلي ، ونظم التحليل الدلالي الآلي وتشمل العديد من التقنيات الهندسية وتطبيقاتها نذكر منها: المعاجم الآلية، الترجمة الآلية، الإحصاء اللغوي، التدقيق اللغوي،التشكيل الآلي، الفهرسة الآلية...[٦].

مصطلحات المحللات اللغوية عند سمر معطي وفاضل سكر:

١ـ المحلل الصرفي:

يقوم المحلل الصرفي بتحديد البنية الصرفية النحوية للجملة العربية ، وذلك بعد تمثيل القواعد الصرفية لهذه الأوزان على شكل جمل منطقية ، اعتمد المحلل على تجريد الكلمات

---

[٥] ينظر: دوكوري ماسيري، الحوسبة اللغوية ومشكلات تعليم اللغة العربية،جامعة المدينة العالمية،شاه علم ، ماليزيا،ص:٠١.

[٦] ينظر: جوزف طانيوس لبس،المعلوماتية واللغة والأدب والحضارة(الرقم والحرف)،المؤسسة الحديثة للكتاب ، لبنان ، ط١ ، ٢٠١٢، ص:١٩-٢٠.

من السوابق واللواحق وتحديد أوزانها المقابلة عن طريق استدعاء الهيكل البنيوي الملائم لكل كلمة من بنى المعطيات (أوزان الأسماء والأفعال) وإيجاد العلاقة الصرفية النحوية من أجل التوصل إلى القالب النحوي الموزون للجملة المدخلة و هو يمثل القالب الصرفي الموزون لها[٧] (١٦).

٢- المحلل النحوي:

يقوم المحلل النحوي بتقسيم الجملة وتحديد قوالبها ، ويجزئ الكلمات فيها لإيجاد العلاقة النحوية فيما بينها ، ومن ثم يقوم باختيار القالب النحوي المناسب للجملة العربية بعد سلسلة من عمليات الاستدلال والاستنتاج التي يقوم بها محرك البحث(مجموعة من الاجراءات للوصول إلى الحل الأفضل بالاعتماد على القواعد النحوية في اللغة العربية؛ حيث أن الجملة والقالب مصطلحان مختلفان ولكنهما متصلان اتصالا وثيقا، فمثلا :

أكل الولد تفاحة، جملة ؛ ولكن (فعل + فاعل +مفعول به) قالب لكن قالب عدد لا نهائي من الجمل، ومن بعض القوالب في اللغة العربية الشهيرة:

(فعل +فاعل+ مفعول به	فعل+ فاعل +مفعول مطلق
كتب+الولد+الدرس	نام + الولد+ نوما

٣- المحلل الدلالي :

يقوم المحلل الدلالي بتفسير الجملة من الناحية الدلالية، ومدى قبولها أو عدم قبولها دلاليا ، وذلك بعد القيام بعدة خطوات تتضمن عمليات استدلال واستنتاج بالاعتماد على بنى الحقول الدلالية، وذلك لاختيار الاعراب الصحيح لها انطلاقا من دراسة القواعد الكلية ومعرفة أنواع الدلالات للكلمة وأنواع المعاني[٨].

الصرف:

مما ورد في المعاجم في باب صرف أن " الصاد والراء والفاء معظم بابه يدل على رجع الشيء، من ذلك صرفت القوم صرفاً وانصرفوا ، إذا رجعتهم فرجعوا، والصّريف اللّبن ساعة يُحتبُ ويُنصَرفُ به [٩] ".

" إذا تتبعنا معنى أحرف الكلمة الصاد والراء والفاء وجدنا أن الصاد تدل على المعالجة الشديدة، والراء تبين عن الملكة وتدل على شيوع الوصف، والفاء تنم عن لازم المعنى

---

[٧] سمر معطي، فاضل سكر، معالجة اللغة العربية آليا باستخدام الذكاء الصنعي،وقائع الندوة الدولية الثالثة حول المعالجة الآلية للغة العربية،٤-٥ ماي ٢٠٠٩، المدرسة امحمدية للمهندسين،الرباط، المغرب،ص:١٧.

[٨] المرجع السابق: ص:١٨.

[٩]: أبا الحسن أحمد بن فارس بن زكريا ، معجم مقاييس اللغة ،تح: عبد السلام محمد هارون ، ج: ٣، دار الجيل ، بيروت، ط٢، ١٩٨٢، ص:٣٤٣.

الكنائي. وإذا عدنا إلى فهم المعنى الإجمالي لمعنى الكلمة وجدنا أن الفعل صرف يفيد مطلق التغيير من حال إلى حال،لأن المعالجة الشديدة الكامنة في معنى الصاد لاتتم إلا بالتغيير والتحويل مضافة إلى الملكة وشيوع الوصف الكامنة في الراء مخصصة هذا التغيير وذاك التحويل بدخول الفاء الذي يدل على لازم المعنى [١٠]".

المحلل الصرفي والجهود العربية في حوسبة الصرف العربي.

عمل المهتمين بالدرس العربي على إيجاد سبلا نظامية يقوم عليها المحلل الصرفي تستوجب من ممتهن عملية الحوسبة الوقوف عليها، وذلك انطلاقا من الكلمة والتمعن فيها من حيث التجريد أو من حيث الدواخل عليها وكذا وبالتركيز على أهم التغيرات التي تطرأ عليها، فوضعوا محللات صرفية من شأنها خدمة اللغة العربية وسنأتي على ذكر بعض منها:

من المحللات الصرفية الشائعة الاستخدام للغة العربية المحلل الصرفي للغة العربية (tim buckwalter Morphological Analyzer) الذي يعتمد على قوائم للكلمات ومعلوماتها الصرفية تم إعدادها يدويا، وهذه القوائم تحتوي على قائمة الجذع و قائمة السوابق واللواحق،وقد تم إضافة جداول الصواب والخطأ لتحديد التوافيق الصحيحة التي تجمع السوابق باللواحق للكلمات، ومن أنظمة استخراج الجذور ، نظام شرين خوجا لاستخراج جذر الكلمة حيث يقوم هذا النظام على إزالة أطول سابقة ولاحقة للكلمة، ثم يقوم بمقارنة ما تبقى بقائمة من أوزان الأسماء والأفعال لاستخراج جذر الكلمة، ويحتوي النظام على العديد من الملفات التي تحتوي على بيانات مفيدة كقائمة علامات التشكيل، وعلامات الترقيم والجذور الثلاثية والرباعية، وأدوات التعريف وقائمة تحتوي على ١٦٨ كلمة وقف stor words،وقد استخدم هذا النظام في تطبيقات استرجاع المعلومات، ورغم العديد من الأخطاء الناتجة في تحليل الكلمات ،إلا أنه قد ساعد في تحسين النتائج لأنظمة استرجاع المعلومات[١١]

التحليل الصرفي الآلي عند نبيل علي:

يقصد بميكنة التحليل الصرفي قيام النظام الآلي باستخلاص العناصر الأولية لبنية الكلمة، وتحديد سماتها الصرفية والصرف نحوية والدلالية والتي يمكن استنباطها من بنية الكلمة ، ومن تمثيل ذالك فيما يلي:

تحليل كلمة وبإيصاله

السوابق : "و"حرف عطف ، " ب" حرف جر

جذع الكلمة" إيصال"

---

[١٠]: أحمد الحملاوي، شذا العرف في فن الصرف، تح:محمد بن عبد المعطي، دار الكيان ، الرياض،ط١، ١٩٥٧، ص:٣٩.

[١١] مجدي صوالحة و إيرك أتول، توظيف قواعد النحو والصرف في بناء محلل صرفي للغة العربية، جامعة ليدز ،المملكة المتحدة، ص:٢-٣.

الرتبة النحوية:مصدر ثلاثي مطرد
قسم الكلم: اسم جماد، محسوس، قابل للعد، أو اسم مجرد غير قابل للعد
جذر الكلمة: وصل
الصيغة الصرفية: إفعال
الميزان الصرفي : إيعال
الحالة التصريفية: مفرد ، مذكر، مجرور
العلامة الإعرابية: الكسرة الظاهرة
اللواحق: ضمير الملكية للمفرد الغائب (ه)
عمليات التعديل الفنولوجي: إبدال فاء الجذر (الواو في وصل، ياءه، ومماثلة حركة الضمير المتصل (هاء الغائب) مع علامة الإعراب التي تسبقه الكسرة[١٢]

وقد وجد ان نظام الصرف العربي تعتوره إشكاليات عند الحوسبة كاقتصار كتب الصرف على الوصف دون التوصيف حيث لا تتغلغل إلى بيان الأدلة التي تفسر الواهم أو خطأ المتعلم، تعدد معنى البنية الواحدة للكلمة من الناحية الصرفية، اللبس في أبنية الكلام، التغييرات التي تطرأ على البنية الصرفية...[١٣]

مخطط توضيحي يبين مبدأ عمل المحلل الصرفي :

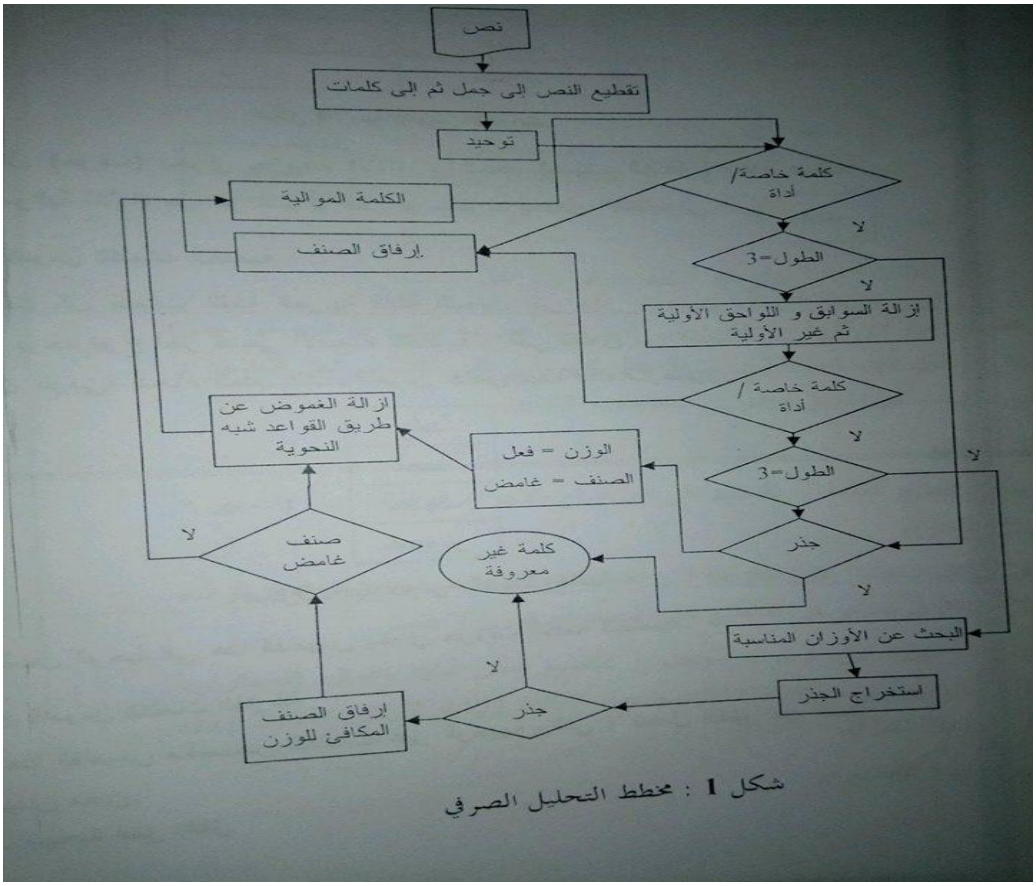
لخص الباحث بسو صديق وآخرون التحليل الصرفي الآلي وأهم المراحل التي يجب مراعاتها في عملية المعالجة ضمن مقالة معنونة بالنظام الآلي لاستخراج جذور الكلمات العربية وقد نوهوا على ضرورة تسوية رسم الكلمات بسبب التغيرات المختلفة عند كتابة نفس الكلمة ، ثم تجريد الكلمة من الدواخل عليها (السوابق واللواحق) ، وتحديد الجذر ، وبعدها ضرورة إعطاء تفسير لكل وحدات الكلمة بعد التقطيع بالاعتماد على الميزان الصرفي ، وتعطي كنتيجة القيم الصرفية (خارج السياق) لمختلف الوحدات وقد تستدعي الضرورة مراعاة السياق والسباق ، يوضح الشكل التالي مبدأ عملل هذا المخطط:[١٤]

---

[١٢] نبيل علي: اللغة العربية والحاسوب، التعريب ، ١٩٨٨، ص:٣٠٦.

[١٣] ينظر محمود مصطفى خليل، اسناد الأفعال إلى الضمائر في ضوء اللسانيات الحاسوبية، دار جليس الزمان، عمان، ط١، ٢٠١٨، ص: ٥٦-٥٧-٥٨-٥٩. وينظر: نهاد الموسى، العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات العربية، ص،٩٤. ٢٩٩.

[١٤] صديق بسو: النظام الآلي لاستخراج جذورالكلمات العربية،كلية علوم الهندسة ، السطيف، bessou.s@gmail.com ص: ٥٦.



شكل 1 : مخطط التحليل الصرفي

الخلاصة:

يحاول الدرس اللغوي العربي الإلحاق بالركب الحضاري من خلال ملامسة ثلة من الباحثين لمعطياته وقواعده ومحاولة تحقيق وصلة تفاعلية تجمع القواعد العربية بالتكنولوجيا لتعتبر هذه القوانين بمثابة أدوات إجرائية من شأنها معالجة اللغة بطريقة آلية تختلف عن الطريقة التقليدية ، وهو مجهود يحسب العقل والفكر العربي إذ يسهم بشكل واسع في بناء واقع حضاري راق للغة العربية خاصة والأمة بأكملها.

قائمة المصادر والمراجع:

١- نهاد الموسى، العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات الحاسوبية، المؤسسة العربية للدراسات، عمان، الأردن، ط١ ، ٢٠٠٠.
٢- عمر ديدوح، فعالية اللسانيات الحاسوبية العربية، الأثر(مجلة الآداب واللغات)، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر،ع٨، ماي ،٢٠٠٩،
٣- عز الدين غازي: اللسانيات الحاسوبية واللغة العربية، الحوار المتمدن،(المحور: تقنية المعلومات والكمبيوتر)، ٢٠٠٦/٠٨/٠٤:٣٧،١١،العدد:١٦٣٩.
٤- دوكوري ماسيري، الحوسبة اللغوية ومشكلات تعليم اللغة العربية،جامعة المدينة العالمية،شاه علم ، ماليزيا
٥- صالح بلعيد، دروس في اللسانيات التطبيقية، دار هومة، الجزائر ،ط٤، ٢٠٠٩ .
٦- جوزف طانيوس لبس،المعلوماتية واللغة والأدب والحضارة(الرقم والحرف)،المؤسسة الحديثة للكتاب ، لبنان ، ط ١ ، ٢٠١٢.
٧- محمد محمد الحناش، اللغة العربية والحاسوب (قراءة سريعة في الهندسة اللسانية أو مقاربة في محاكاة الدماغ العربي لغويا، قسم اللغة العربية ، جامعة الإمارات المتحدة العربية،WWW.al – aferm .com
٨- أبا الحسن أحمد بن فارس بن زكريا ، معجم مقاييس اللغة ،تح: عبد السلام محمد هارون، ج: ٣، دار الجيل ، بيروت، ط٢، ١٩٨٢.
٩- أحمد الحملاوي، شذا العرف في فن الصرف، تح:محمد بن عبد المعطي، دار الكيان ، الرياض،ط١، ١٩٥٧.
ابن مالك الطائي : شرح المكودي على الألفية في علمي الصرف والنحو، تح: عبد الحميد هنداوي، المكتبة العصرية ، صيدا ، بيروت ،ط١، ٢٠٠٥.
١٠- مجدي صوالحة و إيرك أتول، توظيف قواعد النحو والصرف في بناء محلل صرفي للغة العربية، جامعة ليدز،المملكة المتحدة.
١١- نبيل علي: اللغة العربية والحاسوب، التعريب ، ١٩٨٨
١٢- محمود مصطفى خليل، اسناد الأفعال إلى الضمائر في ضوء اللسانيات الحاسوبية، دار جليس الزمان، عمان، ط١، ٢٠١٨
١٣- صديق بسو: النظام الآلي لاستخراج جذور الكلمات العربية،كلية علوم الهندسة ، السطيف، bessou.s@gmail.com ص: ٥٦.