مجلة علمية دولية محكّمة نصف سنوية
تصدر عن مخبر الدراسات النقدية والأدبية المعاصرة جامعة تيسمسيلت/الجزائر
ISSN 2571-9882 EISSN 2600-6987
https://www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/297
Contemporary Studies is a bi-annual open access International double-blind journal. It is published by the University of Tissemsilt, Algeria.

المجلد: 07/ العـدد: 01/ جوان (2023)، ص.555/545

حوسبة اللّغة العربيّة" المستوى الصّرفي , أنموذجا

Computerization of the Arabic language, the morphological level, as a model

سليمة محفوظي
salima.mahfoudi66@gmail.com
جامعة محمد الشريف مساعدية سـوق أهراس
(الجزائر)

تاريخ الاستلام: 2022/11/4 تاريخ القبول: 2023/5/22 تاريخ النشر: 2023/6/2

ملخص:
مع تنامي وتطوّر الوسائل التكنولوجيّة وتداخل اللّسانيّات مع مجموعة من العلوم كعلم النّفس،والمنطق والعلوم المعرفيّة،ظهر منهج جديد في دراسة اللّغة،وهو المنهج اللّساني الحاسوبي، وقد جمع هذا المنهج بين نتائج اللّسانيات النظريّة، ونتائج تطوّر التقنيات المعلوماتيّة في معالجة اللّغات الطبيعية ،وبخاصة في مجال المعالجات الآلية للغات الطبيعية، من أجل استغلال الكم المعلوماتي في أقلّ وقت وجهد وكلفة. ولم تكن اللّغة العربيّة بمعزل عن التّطور الكبير في مجال اللسانيّات الحاسوبيّة، غير أن المعالجة الآليّة للغة العربيّة ينبغي أن تراعي جملة الخصائص التي تنماز بها اللّغة العربيّة لتحقّق ما وصلت إليه مثيلاتها في اللّغات الطبيعيّة الأخرى.
وعليه فإنّ هذه الدّراسة تسعى إلى الكشف عن البرمجيات التي تعتمد عليها الحوسبة ومدى النتائج المحقّقة في هذا

كلمات مفتاحية: الحوسبة؛ اللّغة؛ الخوارزميات؛التّصريف؛المُدخلات

Abstract:
overlap of With the growth and development of technological means and the linguistics with a group of sciences such as artificial intelligence, psychology, logic and cognitive sciences, a new approach has emerged in the study of language, which is the computational linguistic approach. in order to exploit the of information in a minimum of time, effort and cost. The Arabic quantity language has not been isolated from the great development in the field of computational linguistics, but the automatic processing of the Arabic language haracteristics that stand out It is up to the should take into account the set of c Arabic language to achieve what its counterparts have reached into other natural languages. Accordingly, this study aims to reveal the software on which computer btained in this fieldscience depends and the extent of the results o its counterparts have reached into other natural languages. Accordingly, his study aims to reveal the software on which computer science depends and the extent of the results obtained in this field.

Keywords: *computing language; morphology; Algorithms; input.*

1. مقدمة:

عرفت اللسانيّات خلال القرن العشرين انفتاحا على العلوم الأخرى، وقد بلغت الدّراسات اللسانيّة الحديثة درجة كبيرة من الدّقة والموضوعيّة،ممّا جعلها تعزّز موقعها بين سائر العلوم ،متبوئة بذلك منزلة ريادية ليس من حيث خصوصيتها المعرفيّة اللغويّة فحسب،ولكن من حيث خصوبة المناهج التي تستعين بها؛حيث سعت إلى إزاحة الحواجز التي أقيمت بين العلوم الطبيعيّة والعلوم الإنسانيّة، فعالم الأنثروبولوجيا "ليفي لشتراوس (Levi

Strauss) يؤكّد على أن «علماء اللّغة أصبحوا يعملون بطريقة منضبطة كان يعتقد بأنّها حكر على العلوم الطبيعيّة فقط»[1]

وأدى الاحتكاك الحاصل بين اللسانيّات وباقي العلوم من جهة وارتباط العلوم والتخصّصات اللسانيّة بالتّقدم العلميّ من جهة أخرى إلى بروز فرع جديد من فروع اللّسانيّات التّطبيقيّة يتعامل مع الحاسوب وآلياته وهو ما يعرف باللّسانيّات الحاسوبيّة (computational linguistics) والذي يُعدّ علمًا لغويًا حديثا ظهر جراء استخدام الحاسوب في دراسة اللّغة الطبيعيّة وتحليلها وترجمتها...

وقد أدرك اللسانيون المحدثون العرب الحاجة الماسّة والملحة لنهضة لغوية شاملة قادرة على تلبية مطالب العصر ومقتضياته وذلك من خلال حوسبة اللّغة العربيّة وإلحاقها بركب اللغات العالمية خاصّة وأنّها تتميّز بجملة من الخصائص تجعلها من أكثر اللّغات الطبيعيّة قابليّة للمعالجة الآليّة حاسوبيّا، فالاطراد في الضوابط والقواعد نجده واضحا في التّصريف والنّحو، والمعجم،والأصوات،خلافا لما هو عليه الحال في كثير من اللّغات الأخرى،كما أنّها تقوم على مكونيّن رياضييّن هما الجذر والوزن، حيث يقوم الجذر بوضع البنية الأساسيّة للكلمة، ويتولى الوزن بناء هيكلها العام عن طريق توزيع الحركات على مختلف أصوات الكلمة،كما يقوم بتوزيع السّوابق واللّواحق إلى مكونات الجذر بهدف توليد الكلمات .

تحاول هذه الورقة البحثية الإجابة عن الإشكاليّة التالية: كيف تتمّ عملية تحليل المستوى الصرفي حاسوبيا؟

وللإجابة عن هذه إشكالية البحث اعتمدت المنهج الوصفي التحليليّ.

2. مفهوم اللسانيّات الحاسوبيّة Definition of Computational linguistics

تنوّعت التّسميات المرادفة لهذا الفرع الجديد المسمى اللسانيّات الحاسوبيّة الذي يعدّ من التخصّصات الحديثة التي اقتحمت السّاحة اللغويّة بمصطلحات عديدة لتعدّد التّرجمات، وقد أطلق عليه عبد الرحمان الحاج صالح مصطلح (اللسانيّات الرتابيّة) ثم استعاض عنه بمرادف ثان هو (اللسانيّات الحاسوبيّة) [2] أمّا عمر مهديوي أشار إليه بمصطلحين هما (اللغويّات الحساسة) و(المعالجة الآليّة للغات الطبيعيّة)[3] ،وفضّل مازن الوعر مصطلح (علم اللسانيات الآلي) [4] وهناك مصطلحات أخرى متعدّدة كاللّسانيّات المعلوماتيّة واللّسانيّات العلميّة وعلوم اللّسان الحاسوبيّ،إلاّ أنّ الأكثر استعمالا وشيوعا في مؤلفات الباحثين والأفضل دلالة هو مصطلح (اللّسانيّات الحاسوبيّة) لأنّه يربط بين اللسانيّات والحاسوب.

و اللسانيّات الحاسوبيّة من أحدث فروع اللسانيّات التّطبيقيّة(Applied Linguistics) أو أهمّها في عصر التّكنولوجيا،وهو ما يؤكده وليد العناتي بقوله " لعل اللّسانيّات الحاسوبيّة تكون من أحدث أفرع اللسانيّات الحديثة ولعلّها تكون أهمّ هذه الفروع جميعا في عصر المعلومات (....) وظاهر ظهورا جليّا أن هذا العلم فرع نسبيّ ينتسب نصفه إلى اللسانيّات وموضوعها اللّغة ونصفه الآخر حاسوبيّ وموضوعه ترجمة اللّغة إلى رموز رياضيّة يفهمها الحاسوب ويعالجها"[5] والواضح أن هذا العلم هو فرع وسطيّ وعامل مشترك بين علم اللّغة وعلم الحاسوب .

وجاء في تعريف مازن الوعر للسانيّات الحاسوبيّة بأنّها «الإطار العلميّ الذي يبحث في اللّغة البشريّة كأداة طيّعة لمعالجتها في الآلة(....) وتتألف مبادئ هذا العلم من اللسانيّات العامّة،بجميع مستوياتها التحليليّة الصّوتيّة والنّحويّة والدّلاليّة،ومن علم الحاسبات الإلكترونيّة،ومن الذكاء الاصطناعيّ artificial intelligence والمنطق(logic) ثم الرياضيّات (Mathematics)، مشكّلة بذلك مبادئ اللسانيّات الحاسوبيّة»[6]

أمّا جمعية اللسانيّات الحاسوبيّة (ACL) فترى أنّها الدّراسة العلميّة للّغة من زاوية الإدراك الحاسوبيّ، وبالتّالي فإنّها تهتمّ بحوسبة مختلف النّماذج والظواهر اللسانيّة،التي بإمكانها أن تكون قاعدة المعارف على سبيل المثال.أمّا العمل بها فيبرره الإدراك العلميّ بخصوصيّات الظّواهر اللغويّة،أو ظواهر علم النّفس اللّسانيّ تارة،والاحتياجات التكنولوجيّة لدراسة الخطاب أو أنظمة اللّغة الطبيعيّة تارة أخرى[7]

وعرّف براون ٍوميلر(Brown wimler) اللسانيات الحاسوبيّة في معجم كمبردج لعلم اللّغة « بأنّه توظيف الحاسب في دراسة علم اللّغة وتطوير برمجيات تؤدي المهام اللغويّة مثل الإعراب ومعالجة المادة اللغويّة»[8].

من خلال التعاريف المقدمة يمكن أن نستنتج أن اللسانيّات الحاسوبيّة تعتمد على حقليّن معرفييّن الأوّل علم اللّغة والثانيّ علم الحاسوب الذي يعالج الظواهر اللغويّة حاسوبيًا، ويقوم« بتصميم برمجيّات حاسوبيّة لتحليل النّظام اللغويّ بمستوياته المختلفة، وتطبيقها في مجالات البحث اللغويّ،وتعليم اللّغة،والتّرجمة الآليّة، وصناعة المعاجم الإلكترونيّة،والتّلخيص الآلي،وتصحيح الأخطاء الإملائيّة،مع ضرورة صورنة اللّغة الطبيعيّة لتوظيفها حاسوبيّا لأنّ نظام الحاسوب يعتمد على الرّموز الصوريّة والرياضيّة»[9]

3. حوسبة اللّغة العربيّة: جعل الحاسوب قادراً على معالجة اللّغة إفراداً وتركيباً وممارسة التّدقيق الإملائيّ والنّحويّ عليها، واللّغة العربيّة من هذه الناحية متأخرةٌ جداً؛ فعلى سبيل المثال حينما يقوم الشّخص بالتّدقيق النحويّ والإملائيّ في برنامج تحرير النّصوص Microsoft Word فإنّ البرنامج لا يطبّق أيا من القواعد المعروفة في الإملاء والنّحو،إنّما يعرض الكلمة على القاموس الذي زُوّد به وخزّن في ملفاته؛لهذا لا يفرّق بين كلمتيّ: المسلمون والمسلمين لأنّ كلتا الكلمتيّن موجودتيّن في القاموس، بل إنّه يعلّم كلمة (سألتمونيها) كخطأٍ إملائيٍ؛ لأنّه يملك في قاعدة بياناته بعض مشتقات الفعل (سأل) وتصريفاته،وحالات اتصاله ببعض الضمائر لا غير؛ولذلك فإنّ كتّاب العربيّة لا ينتفعون بهذه الخدمة على الوجه الأمثل كما ينتفع به كتّاب اللّغات الأخرى [10]

ومن أبرز مهام اللسانيّات الحاسوبيّة إنشاء برامج حاسوبيّة للمعالجة الآليّة للنصوص اللغويّة سواء ما كان منها بتوليد الكلام أو تمييزه،لذا فإنّ منحى اللسانيّات الحاسوبيّة هو منحى لسانيّ أكثر منه حاسوبيّ،واهتمام الباحثين فيها بوصف اللّغة وتوصيفها؛ أي بالمعالجة الخوارزميّة للغة،لا بالمعالجة الخوارزمية للحاسوب [11]

4.منهج اللسانيّات الحاسوبيّة: تقتضي معالجة اللّغة بالضرورة «معالجة منطقيّة صوريّة ثم بعدها حاسوبية؛ فلا تتمّ حوسبة اللّغة بدون صورنتها وذلك اعتمادا على مناهج رياضيّة وتقنيّة خاصّة مثل: قواعد إعادة الكتابة ونظرية التشغيل الذاتي(الأتوماتا)(Automata Theory)وآليّة التشجير وتكامل لامدا»[12] مع توظيف الخوارزميّات التي تعتمد على لغة البرمجة.و "الخوارزميات"« مصطلح رياضيّ نسبت تسميته إلى واضعه موسى الخوارزمي.ومن أهمّ تعريفاته:"أن الخوارزميات(Algorithme) تعتمد على مبدأ تقسيم المسألة قيد الحل إلى عدّة خطوات مترابطة منطقيّا فيما بينها،لكي يؤدي تطبيقها إلى الوصول إلى الحل المناسب»[13] فالخوارزميات «نظام من المبادئ والقوانين الصوريّة التي تتحكّم في عمليّات الإنتاج اللغويّ على مستوى التّحليل (الإدخال) والتّوليد (الإخراج) »[14] وتتحدّد شروط الخوارزمية في ما يلي:

1.4. المدخلات: (Input) ويجب أن تعرض القيم الّتي نحتاجها كمدخلات، صفر أو أكثر.

2.4.المخرجات(Output) توضح الخوارزميّة النّتائج الفعليّة المتوقّعة من تطبيقاتها وتكون قيمة واحدة على الأقل.

3.4.الوضوح :**(Definiteness)**لابدّ أن تكون كلّ خطوة في الخوارزمية واضحة المعاني وغير غامضة، وأن يفهمها الجميع .

4.4.المحدودية:(Finiteness) : كلّ الخطوات الخوارزميّة يمكن حلّها في فترة زمنيّة محدّدة، فمثلا عبارة قسّم الرقم10 على 3 بدقّة عالية غير محدودة ولا يسمح بها داخل البرنامج.

5.4ـالمحلولية: (Effectiveness) ضرورة أن تكون كلّ خطوة في الخوارزمية ممكنة الحل أو الفعالية فعبارة 3/0 لا يمكن حلّها أبدا.[15]

5- التّوليد والتّحليل: تسعى اللسانيّات الحاسوبيّة إلى إعادة توصيف النّظام اللغويّ انطلاقا من المخزون البشري على أن تستدرك بعض ما تجاوز عنه النّحاة في وصفهم للنظام اللّغوي، لأنّ «غاية ما تحاول اللسانيّات الكشف عنه هو

استبطان المعطيات والأدلة الضمنيّة المدركة بالحدس لدى الإنسان، وصياغة تلك المعطيات في خطوات إجرائيّة وأدلة شكليّة يمكن تمثيلها لجهاز الحاسوب المفتقر إلى (الفهم)»[16]

والجدير بالذّكر أنّ قواعد اللّغة العربيّة مثلا قائمة على «أدلة يستوعبها العقل البشري لفهم نظام اللّغة بحيث يقوم ذلك العقل بالمقارنة والقياس معتمدا على تلك الأدلة"[17] فعندما يعرف« سيبيويه (الاسم) بقوله: «فالاسم رجل وفرس وحائط»[18] فحدس المتلقي وقدرته على قياس ذلك (بامرأة وحصان وجدار) وغيرها من مسميات الأشياء. «أمّا الحاسوب فيحتاج إلى أدلة أقرب ما تكون إلى الإجرائيّة بحيث يمكن أن توصف بأنّها أدلة شكل»[19] ، وذهب النّحاة أن الفعل ثلاثة أنواع من حيث الزمن، ماضي، مضارع، أمر«فأمّا علامة الماضي فهي ارتباطه بتاء التّأنيث السّاكنة،وعلامة المضارع ارتباطه بحروف المضارعة (أنيت) ولكن هناك حالات أخرى يكون فيها الفعل مضارعا كدخول (لم) عليه ويذكر الفاكهي(ت972 ه) علامات تختص بالمضارع والماضي وهي ثلاثة: «دخول (قد) التي تفيد التحقيق أو التقليل، و(سين) و(سوف) وهما يختصان بالمضارع، أمّا تاء التأنيث السّاكنة فتختص بالماضي إشعارا بتأنيث الفاعل»[20] فالبرمجة الحاسوبيّة تحتاج إلى توصيف دقيق لهذه العلامات حتى يتمكن الحاسب من فهمها والاّ سيعتبر (أكلتُ) فعلا مضارعا.

6. مستويات التمثيل اللّغويّ: في الحاسوب :تقتضي طبيعة اللسانيّات الحاسوبيّة أن تعنى بجانبيّن أحدهما نظريّ و الآخر تطبيقيّ، فالنّظريّ يوجّه طاقاته لاستجلاء قدرات العقل البشريّ في توليد المعرفة اللغويّة،ومن ثم صياغة هذه القدرات بصورة رمزيّة منطقية،والثانيّ يستثمر ما تحقّق في الجانب النظريّ لتمثيله في الحاسوب ليكون قادرا على محاكاة الإنسان في استعمال اللّغة،و يقتضي أن تتعدّد ميادين المعالجة الآليّة للغة،إذ تفرض اللّغة نفسها في كلّ مناحي الحياة وبصور وأشكال متعدّدة على المستويّين المنطوق والمكتوب،ولأجل ذلك فإنّ ميادين المعالجة وأشكالها ستتعدّد وفقا لتعدّد مستويات اللّغة المتمثّلة في الصّوت والصّرف والنّحو والدّلالة و المعجم. [21]

واذا كانت مجالات الإحاطة باللّغات البشريّة متعدّدة فإنّ«الحوسبة اللّغويّة تتنوّع أوجهها،لتشمل الدّراسات الأسلوبيّة والتّأليف النّصي والتّرجمة الآليّة،وغيرها من الميادين التطبيقيّة، إذ إن التّطور الحاصل في هذا الحقل مرهون بمدى توسّع معارفنا اللغويّة، وقدرتنا على وضع أطر ملائمة للمشاكل اللسانيّة بطريقة تجعلها تتواءم ومتطلبات الحاسوب» [22]

و تبرز مجالات المعالجة الحاسوبيّة للّغات الطبيعيّة في ما يلي:

6 .1. التّحليل الصّوتيّ : يعتمد في هذا المستوى على البرامج والتطبيقات التي تعرف بتقنيّة التّعرف الصّوتيّ، و يستخدم الحاسوب في تحويل الأصوات إلى نصوص و كذلك تحويل النّصوص إلى أصوات ونطقها،و قد دعمت هذه الإمكانات العلوم اللغويّة بتحليل كميات هائلة من نماذج الوحدات اللغويّة في اللّغات المختلفة لاكتشاف بنية اللّغة،وأوجه تشابه الأنماط اللغويّة،واحتمال وجود روابط بين لغة وأخرى،إضافة إلى إمكانياتها التطبيقيّة في معالجة مشاكل التّخاطب والسّمع،كما يتمّ في هذا المستوى من التّحليل تحديد الوحدات النغميّة و تعيّين النّبر الموجود في النّصوص[23].

6 .2 . التّحليل المعجميّ: لبرمج المعاجم اللغويّة حاسوبيّا، ينبغي أن تكون ممثلة لعدد كبير ومتنوع من مفردات اللّغة،ويحتاج هذا العمل إلى فريق من المعجميّين الذين ينصب عملهم على جمع متن ضخم من النّصوص و تصنيفها، وعلى الرّغم من أن استخدام الحاسوب في وضع المعاجم ذو قيمة و فعالية،إلاّ أن القدرات البشريّة للمعجميّين متعذرة في مراحل معيّنة من عملية الحوسبة،لأنّ اللّغوي غالبا ما يكون مهتمًّا بحدوث مفردات معجمية ودرجة تكرارها أو كلمات قاموسية بدلا من الأشكال المختلفة التي يمكن لهذه المفردات أن تأخذها داخل السياق«ويشير اللّغويون الحسابيون إلى المفردات المعجمية بـ ليماتا (Lemmata) و إلى العملية التي تجمع صيغ الكلمات التي تربطها علاقة صرفية في كلمة أو مفردة معجميّة بـــــ(Lemmatisation) وتشكل (Lemmatisation) عملية تشكيل المفردة

المعجمية أحد أهمّ صعوبات التّحليل النّصي الحسابي،لأنّها تحتاج لتفصيلات محدّدة ودقيقة للقواعد الصّرفيّة وكذلك قواعد التهجئة(...) والصعوبة تكمن في مشكلة المجانسة الكتابية وهي وجود كلمة تعود لمفردات معجمية مختلفة، ولكنّها تنطق بالطريقة نفسها إلاّ أنّه وعلى الرّغم من الصّعوبات فقد تحقّق قدر كبير من التّقدم الملموس في عدد من اللّغات»[24] وذلك بفضل الجهود الكبيرة التي بذلها المهتمون بحوسبة اللّغة.

3.6.التّحليل الصّرفيّ: يقوم الحاسوب في هذا المستوى،بتحليل الكلمة لمعرفة جذرها ووزنها الصّرفيّ، وما طرأ عليها من زيادة أو نقصان أو إعلال أو إبدال،أو إدغام أو قلب،بالإضافة إلى معرفة ما اتصل بها من سوابق و لواحق،ومعرفة الكلمة نفسها،اسما أو فعلا أو حرفا إلى غير ذلك من التّوصيفات الصّرفيّة التي تخص الكلمات،و تسمى هذه التقنية بتقنية تجميع التّحليل الصّرفي أي« تجميع جذور أشكال عن أية زوائد (سابقات و حواشي و لاحقات) يمكن أن تكون موجودة والبحث عن الجذور في قاموس آلي»[25] وكلّ هذا التّحليل يتمّ بواسطة برامج جدّ متطورة مصمّمة أساسًا لهذا الغرض.

6. 4 .التّحليل النّحوي: يحلّل الحاسوب في هذا المستوى علاقة الكلمات بعضها مع بعض،أيّ هيكلة الجملة وغيرها من المعلومات النحويّة،و«تتمثل أوّل مرحلة في تحليل الجملة نحويّا في تجميع التّحليل الصّرفي، وهي بذلك تعتمد على المرحلة الصرفيّة» [26] وتجرى بعدها تعيين تركيب نحويّ واحد أو أكثر للجملة على أساس قواعدي،وقد اعتمدت «المحاولات الأولى التي طوّرت في نهاية الخمسينات وبداية السّتينات على قواعد نحو التّركيب العباري غير مقيد بالسياق ،و لكن واجه هذا التحليل صعوبات ممّا أدى باللّغويّن الحسابيّن في منتصف أواخر السّتينات إلى الالتفات إلى قواعد تشومسكي التوليديّة»[27]

5.6.التّحليل الدّلالي : يقوم الحاسوب بفهم المقصود من الجملة عن طريق الرّبط المنطقيّ بين موضوع الحديث في الجملة و معلومات من العالم الواقعي،و يعتمد في هذه المرحلة على كلّ من التّحليل الصّرفي والتّحليل النّحوي،و يمكن القول بأنّ التّحليل الدّلالي يبقى انتقائيًّا و غير كاف لكثير من التّطبيقات وهذا يظهر بشكل خاص في العمل المتعلق بالذكاء الاصطناعيّ، حيث « توجد هناك محاولات لإصدار برامج حاسوبية تفهم اللغة الطبيعية و بالتالي ستحتاج لإجراء تحليل دلالي مفصل و شامل» [28]

7.انجازات عربية رائدة

ولقد ثبت بالتجربة «طواعية اللغة العربية لتقانات المعلوماتية سواء في أساليب معالجة الكلمة والجملة،أو في المعالجة الآلية للكلام المنطوق، أو في تعامل الأجهزة والمعدات مع الحرف العربي، والأهم قابلية اللغة العربية واستطاعتها المثلى لاحتواء النظم الحاسوبية والبرمجيات، مثلما ثبت أيضاً سعة ميادين استخدام اللغة العربية في المعلوماتية كالتوثيق والتخزين والتعليم والتعريب والإبداع والاتصال»[29]

ومن بين المشاريع الرّائدة في عام الحوسبة المشروع الذي «أطلقه الأستاذ عبد الرحمن الشارخ وشركته العالمية "صخر"حيث وضع حاسوبا تمت كتابته بالعربية ويعمل بنظامMSX مما جعل حواسيب من صنف "صخر" تشتغل في محيط عربي أصيل.»[30]

كما سعى الباحث الجزائري بشير حلمي من خلال« شركته(ALIS) إلى تصميم نظام عربي (ARABIC DOS) موائم للنظام المطوّر من طرف البرمجيات الأمريكية (MICROSOFT) لصاحبها (Bill Gates) قبل أن تتفق الشركتان على إدماج النسخة العربية ضمن قائمة النسخ المتوفرة بعديد اللغات في نظام التشغيل (MS-DOS)»[31]

بالإضافة إلى مساعي بعض«الخبراء العرب لتوفير نظام اليونيكس (UNIX) بالعربية تماشياً مع ما لاحظوه من أهمية متزايدة لهذا النظام، ولسعة استغلاله سواء على الحواسيب الصغيرة أو المتوسطة أو الكبرى»[32].

وقد أنجز خبراء المعلوماتية في سورية المعجم الحاسوبي ضمن قاعدة معطيات الصرفية والنحوية لقواعد الاشتقاق. ويحتوي على جميع الجذور المعجمية الثنائية والثلاثية والرباعية والخماسية. وقد بلغ عددها في إحصائهم 11347 جذراً توزعت على النحو التالي:

115جذراً ثنائياً،وهذه الجذور هي تراكيب لا اشتقاق فيها.

7198جذراً ثلاثياً، وهي أكثر الجذور خصوبة.

3739جذراً رباعياً، وهي دون الثلاثية في الخصوبة.

295جذراً خماسياً، وهي أقل الجذور خصوبة.

واعتمدت هذه الإحصائية على خمسة معاجم أصول هي " جمهرة اللغة" لابن دريد و "تهذيب اللغة" للأزهري، و"المحكم" لابن سيده، و" لسان العرب" لابن منظور و" القاموس المحيط" للفيروز أبادي، بلغت في مجموعها 43 مجلدا [33]

8 . المحلّل الصّرفي الآلي :

هو تطبيق حاسوبي يقوم باستخلاص العناصر الأوليّة لبنية الكلمة في اللّغة و«يحدّد سماتها الصّرفيّة، والصّرفيّة صوتيّة، والصّرفية نحويّة، فيقوم بالكشف عن جذر الكلمة، ووزنها الصّرفي،ويبيّن ما يطرأ عليها من تغيير بالزّيادة أو التقصان،والإعلال،والإبدال، والإدغام، والقلب، ويوضح ما يلحقها من سوابق، ولواحق، وزوائد، بالإضافة إلى تقسيم الكلمة إلى اسم، أو فعل، أو حرف، وتقسيم الاسم إلى جامد، أو مشتق، ومذكر، أو مؤنث، ومفرد أو مثنى أو جمع ...الخ »[34]

ويضمّ المحلّل الصّرفي مجموعة من قواعد المعطيات: هي قواعد معطيات معجميّة لأوزان الكلمات المستعملة، وقواعد معطيات أسماء الأعلام، وقواعد معطيات الأخطاء الإملائيّة، والنحويّة الشّائعة في نصوص اللّغة.

و تعد تطبيقات التّحليل الصّرفي لكلمات اللّغة العربيّة بمثابة الأساس وقاعدة التّطبيقات الحاسوبيّة اللّغويّة الأخرى، إذ تستفيد منها بشكل،أو بآخر، ولكنّها «تصبح أساسيّة بالنسبة لتطبيقات الآلية،واسترجاع البيانات»[35] البحث والفهرسة،فهي تطبيق مباشر لها، حيث يقف المحلّل الصرفيّ في مكان الصّدارة بوصفه التّطبيق الفاعل والسّريع للمساعدة في الوصول إلى الكلمات المطلوبة عن طريق إعادة الكلمة المشتقة إلى جذرها،والتعرف على الصور الصّرفيّة لها كما يستخدم المحلل الصّرفي في التّرجمة فيتولى ربط المفردات المختلفة للصيغ، مثل (كتب، الكتب، يكتبون، كاتبون، كتبت،.)التي يمكن استرجاعها تحت الجذر(ك ت ب) بالإضافة إلى إمكانية استرجاع الكلمات المختلفة حسب صياغاتها المتفاوتة، مع ما يتصل بها من سوابق أو لواحق .

8. 1. المعالجة الآليّة للصرف العربيّ: يعتبرها القائمون على هذا المجال بمثابة توطين« آليات المعرفة التقنيّة في الحاسوب من أجل تيسير إدخال المعرفة واسترجاعها،ويمكن تلخيص هذا فيما يسمّى بالذكاء الاصطناعي الذي هو علم تطويع الآلة لتحاكي الذكاء البشري»[36] وتعدّ المعالجة الآليّة للصرف العربيّ من أصعب عمليّات التّوليد وذلك لطبيعتها العكسيّة لرد الفرع إلى أصله.

إذ يقوم هذا التطبيق باستخلاص العناصر الأوليّة لبنية الكلمة في اللّغة العربيّة، ويحدّد سماتها الصّرفيّة، والصّرفيّة صوتيّة، والصّرفيّة نحويّة، فيقوم بالكشف عن جذر الكلمة،ووزنها الصّرفي،ويبيّن ما يطرأ عليها من تغيير بالزّيادة أو التّقصان،والإعلال، والإبدال، والإدغام، والقلب، ويوضّح ما يلحقها من سوابق،ولواحق وزوائد، بالإضافة إلى تقسيم الكلمة إلى اسم، أو فعل، أو حرف، وتقسيم الاسم إلى جامد، أو مشتق، ومذكر أو مؤنث، ومفرد أو مثنى أو جمع ...الخ . ويضمّ المحلّل الصّرفي مجموعة من قواعد المعطيات هي قواعد معطيات معجميّة لأوزان الكلمات العربيّة المستعملة، وقواعد معطيات أسماء الأعلام، وقواعد معطيات الأخطاء الإملائيّة، والنحويّة الشّائعة في نصوص اللّغة العربيّة[37]

8 .2. متطلبات بناء المحلّل الّصرفي الآليّ:

يعتمد التّحليل الصّرفي الحاسوبيّ للغة العربيّة على تنظيم الوحدات الصّرفية وترتيبها ثم تخصيص كلّ وحدة برمز يعرفها الجهاز الآلي(الحاسوب)، فإذا أدخل« المستخدم وحدة صرفية استقبلها الجهاز عن طريق ذلك الرمز، وهذا هو التحليل وهو يعرف بالانتقال الآلي من حالة إلى حالة بالتدريج، فتقسم الكلمات إلى سوابق ولواحق وجذور وجذوع، وصيغ وأوزان، ثم ينتقل بعد ذلك إلى توليد الذي يراد به ربط ذلك العنصر المدخل بالرمز المخرج والعنصر الرئيسي في دراسة بناء الكلمة هو الوحدة الصرفية المجردة المعروفة في الاصطلاح الأجنبي بالمورفيم (morphème) وهي أصغر وحدة لغوية تحمل معنى أو وظيفة في السياق اللغوي» [38] وللوصول إلى نتائج صحيحة وجب أن يخضع المحلّل الآلي إلى متطلبات نوجزها في النقاط التالية:

2.8 .1.متطلبات لغويّة

- تحديد جذور الكلمات العربية،لمعرفة أصول الكلمات التي تتشابه فيها البنية والضبط مع اختلاف الجذر.
- تحديد الأعلام دون تحليلها إلى مستوى الجذر.
- تحديد الكلمات الثابتة التي لا تشتق منها كلمات أخرى، وهي الكلمات التي تثبت كما هي دون حاجة للاشتقاق منها، (هؤلاء، ذلك،..).
- تحديد الفروق الدقيقة بين الكلمات الملبسة .
- بناء قاعدة معطيات للأوزان القياسية للأسماء، والأفعال المشتقة من كل جذر.
- وضع قاعدة معطيات للسوابق، واللواحق، والزوائد، التي يمكن أن تأتي في بداية كل كلمة أو نهايتها.
- إنشاء قاعدة بيانات لتخزين نتائج التّحليل الصّرفي للكلمات.[39]

2.2.8.متطلبات تقنية :

- بناء قواعد المعطيات، وبرامج إدخال المواد اللغوية وبرامج تعديلها بعد الإدخال.
- وضع برنامج التحليل الصرفي الآلي باستخدام إحدى لغات البرمجة .
- استحداث برنامج لربط الجذور بمشتقاتها المختلفة الموجودة في قواعد المعطيات .
- إنشاء برنامج للتشكيل الآلي للكلمات[40]

3.2.8.خطوات المحلّل الصّرفي الآليّ:

تعالج مدخلات المحلّل الصّرفيّ كلمةٌ مفردة، أو مجموعةُ كلماتٍ تؤلِّف جملةً (أو نصًّا). فإذا كانت المدخلات جملةً (أو نصًّا)، عالَج النظامُ كلماتها تباعًا، وأعطى تحليل كلّ منها مستقلًّا عن سياق النّص.

ويمتاز نظام المحلّل الآليّ بأنّه يَقبل الكلمةَ مشكولةً كليًّا (نحو: سَمِعَ)، أو جزئيًّا (نحو: تعلَّم)، أو غير مشكولة البتة (نحو: سحب). ومن مزايا نظام التحليل الصّرفي أنّه يراعي الوجوه المختلفة للكلمة؛ في حالتَين:

الأولى: إذا كانت غير مشكولة (نحو: وهم = وَهُمْ، وَهِمَ، وَهْمٌ، وَهَمَ، وَهَّمَ...)

الثانية: إذا كانت مستقلةً عن سياقها في النصّ؛ نحو:

فَرَمَتْ = فَ + رَمَتْ (من الفعل: رَمَى، يَرْمِي،ارم)،

فَرَمَتْ= فَرَمَ+ تْ (من الفعل: فَرَمَ، يَفْرُمُ،افْرِمْ).

ويختلف عدد هذه الوجوه من كلمة إلى أخرى تبعًا لاستعمالات الكلمة. ولمَّا كان نظامُ التّحليل الصّرفي يعالجُ الكلمةَ مستقلة عن سياقها في النّص، فإنّ نتيجة تحليله تتضمّن جميع الوجوه الممكنة للكلمة. وتنتهي عند هذا الحدّ مهمّةُ المحلِّل الصّرفي، لتبدأ مهمّة المحلِّل النّحوي الذي يختار من بين هذه الوجوه ما يوافق سياق النّص تماما.

ومن خصائص الكلمة في اللّغة العربيّة أيضًا أنّها لا تعدو أن تكون فعلاً أو اسمًا أو حرفًا؛

أمّا الفعل، فيستوعبُ جميعَ الأفعال الثّلاثيّة والرّباعية،المجردة والمزيدة؛ (نحو: رَفَعَ، نَقَّبَ، كَبْكَبَ، تَسَرْبَلَ...).

وأمّا الاسم، فيشتمل على جميع الأسماء والمصادر و الصّفات والظروف.. (نحو: كتاب، عالِم، كبير، وِراثَة، أمس...)

والحرف، يتضمّن جميعَ حروف الجرّ والنّصب والجزم والعطف.. (نحو: مِن، أنْ، لا، و...). وبسببِ غياب الشّكل، يمكن أن تَشترك وجوهُ التّحليل الصّرفي للكلمة في:
الاسميّة والفعليّة؛ نحو: ورد = وَرْدٌ (اسم)، وَرَدَ (فعل).
أو الاسميّة والحرفيّة؛ نحو: رب = رَبٌّ (اسم)، رُبَّ (حرف).
أو الفعليّة والحرفيّة؛ نحو: عدا = عَدَا (من الفعل: عَدَا يَعْدُو)، عَدَا (حرف جرٍّ).
أو الفعلية والاسمية والحرفية؛ نحو: بل = بَلَّ (فعل)، بَلٌّ (مصدر)، بَلْ (حرفٌ).
لذا،فإنّ نظامَ التّحليلِ الصّرفي يَفترض أن الكلمةَ التي يعالِجها هي فعلٌ واسمٌ وحرف. وعلى هذا فإنّ نظام التّحليل الصّرفي يتضمّن جميعَ الوجوه الممكنة للكلمة المعالجَة. وهي لا تعدو أن تكون فعلاً أو اسمًا أو حرفًا.
مثال: إذا كانت كلمة المدخلَة هي (سلم)، فإنّ المحلِّل الصّرفي سيعطي في المخرجات الوجوه الآتية:
سَلَمَ (فعل ثلاثي مجرد على وزن فَعَلَ).
سَلِمَ (فعل ثلاثي مجرد على وزن فَعِلَ).
سَلَّمَ (فعل ثلاثي مزيد على وزن فَعَّلَ).
سَلْمَ (مصدر على وزن فَعْلَ).
سَلْمَ (اسم على وزن فَعْلَ).
سِلْمَ (اسم على وزن فِعْلَ).
سَلَمَ (اسم على وزن فَعَلَ).
سُلَّم (اسم على وزن فُعَّل).
فإذا كانت الكلمة فعلاً، أعطى المحلل المخرجات الآتية:
صيغة الفعل (ماضٍ، مضارع، أمر).
وزنه (فعَل، أفعَل، فَعَّل، تفاعَلَ، استفعَلَ...).
سابقته (و، ف، س...).
لاحقته (ضمائر الرفع المتصلة، ضمائر النصب المتصلة).
جذره.
الضمير المسند إليه (أنتَ، هو، نحن...).
بناءه للمعلوم أو للمجهول.
تجرّده أو زيادته.

- ضبطه بالشكل التام (بالحركات).
- وإذا كانت الكلمة اسْمًا، أعطى المحلل ما يلي:
- سابقته (و، أل، بـ...).
- لاحقته (ضمير الجر المتصل).
- وزنه (إفعال، فَعِيل، تَفَعْلُل...).
- نوع الاسم (مصدر، صفة، ظرف، اسم علم...).
- جذره.
- نوعه من جهة الجمود والاشتقاق (اسم جامد، اسم مشتق "اسم فاعل، اسم مفعول، مبالغة اسم الفاعل...").
- نوعه من جهة التصرف (ممنوع من الصرف، مصروف).
- نوعه من جهة التذكير والتأنيث (مذكر، مؤنث).
- نوعه من جهة الإفراد والتثنية والجمع (مثنى، جمع مذكر سالم، جمع تكسير...).
- نوعه من جهة النسبة، ونوعه من جهة التصغير.[41]

9.خاتمة:

ممّا سبق نخلص إلى أن معالجة اللّغات الطبيعيّة حاسوبيّا ليس بالأمر الهين،بل يتطلب الكثير من الجهد كما يحتاج إلى فرق بحث متخصّصة ذات تصورا لغويّا كاملا و حاسوبيّا،فمعظم الأنظمة و البرامج المجربة على اللّغات الإنسانيّة لم تسلم حتى الآن من الكثير من المشاكل و الصعوبات، سواء على المستوى المنهجي أو الصّوري للغة،فالباحث في علم اللّغة الحاسوبيّ يحتاج إلى التّسلح بأسس نظريّة لسانيّة مع ضرورة الإحاطة بجوانب تقنية تضيء له الطريق، بغية الوصول إلى المنهج الصحيح ، فالعمل في حوسبة اللّغة يتطلّب التمكن من نوعين من المعرفة هما: المعرفة الدّقيقة لجميع جزئيّات النظّام اللغوي وفق أحدث النظريات و القوانين اللسانيّة الحديثة، كما يتطلب الإحاطة و الإلمام بالمعرفة الحاسوبية ذات العلاقة بمعالجة اللغات الطبيعية خاصّة في شقها البرمجي المنطقي،فالحاسوب هو منظومة برمجية منطقية بالدرجة الأولى تقوم على مجموعة من الخوارزميات الدقيقة، فلا يمكن أن نتقدم في مجال البحث في الحوسبة اللسانيّة حتى نجمع بين هذين التّخصصين.

وحتى تواكب اللغة العربيّة متطلبات الثورة المعلوماتية المتسارعة على المهتمين بهذا التخصص الجديد بالانفتاح على كل ما هو حديث في عالم الحوسبة ،والإفادة من الدراسات اللغوية المعاصرة، الأمر الذي يثري لغة القرآن ويقرّبها للناشئة، مع المحافظة على ثوابت الهوية اللغوية الأصيلة.كما يتوجب .السعي الدؤوب للاستفادة من البرمجيات الحديثة في خدمة اللغة العربية، وضمان ديمومتها على مر العصور. مع استثمار النظريات النقدية واللسانيات الحديثة ودورها المتميّز في إنتاج تقنيات تخدم اللغة العربية.

10. قائمة الإحالات:

1.حلمي خليل (1999)،دراسات في اللسانيات التطبيقية،دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر والتوزيع،مصر ،ص 9

2.ينظر:عبد الرحمان الحاج صالح(2007)، بحوث ودراسات في اللسانيات العربية،المؤسسة الوطنية للفنون المطبعية،موفم للنشر،الجزائر ص 230.

3.ينظر:عمر مهديوي(2018)، اللسانيات الحاسوبية و اللغة العربية" إشكالات وحلول" ،ط1،دار كنوز المعرفة العلمية، عمان الأردن، ص 28_30.

4.ينظر:مازن الوعر(1988)، قضايا أساسية في علم اللسانيات الحديثة، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر،سورية،ص 165

5.وليد العناتي(2017)، خالد الجبر(2017)، دليل الباحث في اللسانيات العربية، ط1،دار جري وللنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ص13

6 .مازن الوعر،اللسانيات والعلم والتكنولوجيا، نحو تعريب موحد للسانيات التطبيقية العربية وبرمجتها في الحاسبات الالكترونية،مجلة اللسان العربي،مكتب تنسيق التعريب،الرباط،ع 22،يناير 1984،ص 19.

7. جمعية اللغويات الحاسوبيةACL ،تعريف اللسانيات الحاسوبية https://topicarabic.com/wiki/ar/Association_for_Computational_Linguistics

8. محمد أحمد حماد وصفوت علي صالح(2020) ،علم الدلالة وعلم اللغة الحاسوبي، مركز جامعة القاهرة للتعليم المدمج، القاهرة ص95.

9. Butler Basil Black Well LTD ,First Edition ,Christopher , Computer In Linguistics Oxford v. 65 1985 k..

10.ينظر: سعيد فاهم، نحو معجم لساني حاسوبي عربي: قراءة في المنهج والإجراء،مجلة ألف للغة والإعلام والمجتمع، الجزائر،ع2،المجلد3، ديسمبر 2016.ص103

11 ينظر:نبيل علي(1988)،اللغة العربية والحاسوب،ط2، دار غريب، القاهرة، ص 333

12. Mitchell, John C, Concepts in Programming Languages, University Cambridge Press, 2003;p. 57.

13. ينظر:محمد الزركان(1993)، اللسانيات وبرمجة اللغة العربية، السجل العلمي لندوة استخدام اللغة العربية في تقنية المعلومات، مكتبة الملك عبد العزيز، الرياض، ص 125

14. جمانة خالد محمد، برامج النطق الآلي أو ما يعرف بـ(مركبات الكلام) وعلاقتها باللغة العربية، جامعة بغداد، ع202 ، جوان 2012، ص184 .

15. حسن ياسين طعمة(2019) تحليل وتصميم الخوارزميات، مكتبة نور للنشر الالكتروني، ص7

16..سيبويه،الكتاب،ط2، تح: عبد السالم هارون، مكتبة الخانجي، القاهرة،1988 ص97

17.نبيل علي(1988)، اللغة العربية والحاسوب، التمهيد ص1.

18. عبد الله بن أحمد الفاكهي النحوى المكي (899 - 972 هـ) ، شرح كتاب الحدود في النحو ،تح: المتولي رمضان أحمد الدميرى، مكتبة وهبة - القاهرة ط2، 1414 هـ - 1993 م ،ص173

19.ينظر:. نهاد الموسى(2011)، العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات الحاسوبية،ط1،المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ص 21.
20. وليد أحمد العناتي: الدليل نحو بناء قاعدة بيانات للسانيات الحاسوبية العربية،مجلة اللسانيات،الجزائر،ع2،المجلد14 ديسمبر ،2009،ص 98
21. ينظر:محمد عطية وآخرون(2019) ، العربية والذكاء الاصطناعي، إصدارات مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز الدولي لخدمة اللغة العربية، السعودية، ص2
22. عبد الله عبد العزيز الموسى(2010)، مقدمة في الحاسب والانترنت، جامعة الملك فيصل،ط6، السعودية، ص 76-77.
23. مأمون حطاب(2006)،التحليل الصرفي للغة العربية باستخدام الحاسوب، دار حوسبة النص العربي،عمان،الأردن ،ص34
24.سناء منعم(2015) اللسانيات الحاسوبية والترجمة الآلية "بعض الثوابت النظرية والإجرائية"ط1،، عالم الكتاب الحديث، الأردن،ص،181
25. عبد الرحمن بن حسن العارف، توظيف اللسانيات الحاسوبية في خدمة الدراسات اللغوية العربية ، جهود ونتائج – مجلة مجمع اللغة العربية الأردني ، عمان ، عدد73 ، 2007م،ص154
26. مأمون حطاب(2006)،التحليل الصرفي للغة العربية باستخدام الحاسوب، ،ص36
27.محمد بن أحمد ،اللغة العربية والنظم الحاسوبية والبرمجيات كتاب " استخدام اللغة العربية ،ص125.
28.المرجع نفسه،ص125ـــ ـ126
29عبد الله أبو هيف،اللغة العربية وتحديات العولمة ، في كتاب "مؤتمر اللغة العربية أمام تحديات العولمة"،ص466 ـ https://www.m-a-arabia.com/vb/showthread.php?t=27086
30. ومحمد حسان الطيان، أسلوب معالجة اللغة العربية في المعلوماتية: الكلمة ـ الجملة في كتاب " استخدام اللغة العربية في المعلوماتية"، ص27 ـ 28
31.المرجع نفسه،ص28
32. محمد بن أحمد، اللغة العربية والنظم الحاسوبية والبرمجيات(1996): من كتاب " استخدام اللغة العربية ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، ص125
33 .مروان البواب، ومحمد حسان الطيان(1996)، أسلوب معالجة اللغة العربية في المعلوماتية: الكلمة ـ الجملة، من كتاب " استخدام اللغة العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، ،ص27ـ28 ـ
34 .محمد بن أحمد، اللغة العربية والنظم الحاسوبية والبرمجيات(1996): من كتاب " استخدام اللغة العربية،ص127
35. مجدى بن محمد الخواجي،المعلوماتية واللغة العربية،مجلة كلية دار العلوم،كلية الآداب والعلوم الإنسانية،جامعة جازان،العدد.المجلد 3،ديسمبر 2000ص154
36.طلال فاظم الزهيري(2009)،مهارات الحاسوب،ط1،دار دجلة،عمان،ص198
37. ينظر: محمد إبراهيم عبادة ،الجملة العربية مكوناتها ، أنواعها ، تحليلها ، منشأة المعارف، الإسكندرية(د.ت)،ص205
38. ريم فرحان عطية، توصيف الجملة الفعلية حاسوبيا-الجملة المبدوءة بالفعل الماضي. التام المجرد الثلاثي الصحيح المبني للمعلوم،. المجلة الأردنية في اللغة العربية وآدابها،العدد5،المجلد12، 2005
39. محسن رشوان(2019) ، مقدمة في حوسبة اللغة العربية، ط5 ،مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز الدولي لخدمة اللغة العربية، الرياض، ص90
40. نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب ، ص77
41. جمانة خالد محمد، برامج النطق الآلي أو ما يعرف بـ(مركبات الكلام) وعلاقتها باللغة العربية،ص185

11. قائمة المصادر والمراجع:

1.جمانة خالد محمد، برامج النطق الآلي أو ما يعرف بـ(مركبات الكلام) وعلاقتها باللغة العربية، جامعة بغداد، ع202 ، جوان 2012.
2.جمعية اللغويات الحاسوبية ACL ،تعريف اللسانيات الحاسوبية https://topicarabic.com/wiki/ar/Association_for_Computational_Linguistics
3.حسن ياسين طعمة، تحليل وتصميم الخوارزميات، مكتبة نور للنشر الالكتروني.المملكة العربية المتحدة،2019
4.الحطاب الرعيني ،الفواكه الجنية على متممة الأجرومية، تح:محمد نصار،ط1 ،دار الكتب العلمية، بيروت،2004
5.حلمي خليل ،دراسات في اللسانيات التطبيقية،دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر والتوزيع،مصر ،1999
6.عبد الرحمان الحاج صالح، بحوث ودراسات في اللسانيات العربية،المؤسسة الوطنية للفنون المطبعية،موفم للنشر،الجزائر،2007
7. عبد الرحمن بن حسن العارف، توظيف اللسانيات الحاسوبية في خدمة الدراسات اللغوية العربية ، جهود ونتائج – مجلة مجمع اللغة العربية الأردني عمان ، عدد73 ، 2007م.
8.ريم فرحان عطية، توصيف الجملة الفعلية حاسوبيا-الجملة المبدوءة بالفعل الماضي. التام المجرد الثلاثي الصحيح المبني للمعلوم،. المجلة الأردنية في اللغة العربية وآدابها،الأردن،العدد5،المجلد12، ديسمبر 2005
5. سعيد فاهم، نحو معجم لساني حاسوبي عربي: قراءة في المنهج والإجراء،مجلة ألف للغة والإعلام والمجتمع، الجزائر،ع2،المجلد3، ديسمبر 2016

سناء منعم، اللسانيات الحاسوبية والترجمة الآلية "بعض الثوابت النظرية والإجرائية"، ط1،عالم الكتاب الحديث، الأردن، 2015
6.صفوت علي صالح ،علم الدلالة وعلم اللغة الحاسوبي، مركز جامعة القاهرة للتعليم المدمج، القاهرة ،2020
7. طلال فاظم الزهيري،مهارات الحاسوب،ط1،دار دجلة،عمان ،2009
8. عايد حمدان سليمان الهرش، الحاسوب وتعلم اللغة العربية، مجلة العلوم الإنسانية، ،جامعة منتوري، قسنطينة، الجزائر، العدد12، 1999م
9.عمر مهديوي،اللسانيات الحاسوبية و اللغة العربية" إشكالات وحلول"،ط1،دار كنوز المعرفة العلمية، عمان ،الأردن،2018
10.عبد الله عبد العزيز الموسى، مقدمة في الحاسب والانترنت،ط6، جامعة الملك فيصل، السعودية،2010
11.عبد الله أبو هيف،اللغة العربية وتحديات العولمة ، في كتاب "مؤتمر اللغة العربية أمام تحديات العولمة"،ص466 ـ
https://www.m-a-arabia.com/vb/showthread.php?t=27086
12.مازن الوعر،قضايا أساسية في علم اللسانيات الحديثة، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر،سورية،1988
13. مازن الوعر،اللسانيات والعلم والتكنولوجيا، نحو تعريب موحد للسانيات التطبيقية العربية وبرمجتها في الحاسبات الالكترونية،مجلة اللسان العربي،مكتب تنسيق التعريب،الرباط،ع 22،يناير 1984
14.مأمون حطاب،التحليل الصرفي للغة العربية باستخدام الحاسوب، دار حوسبة النص العربي،عمان،الأردن،2006
15. مجدي بن محمد الخواجي،المعلوماتية واللغة العربية،مجلة كلية دار العلوم،كلية الآداب والعلوم الإنسانية،جامعة جازان،العدد 27.المجلد 3،ديسمبر 2000
16.محسن رشوان ، مقدمة في حوسبة اللغة العربية، مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز الدولي لخدمة اللغة العربية،ط5 الرياض،2019
17.محمد إبراهيم عبادة ،الجملة العربية مكوناتها ، أنواعها ، تحليلها منشأة المعارف، الإسكندرية(د.ت)
18.محمد بن أحمد،اللغة العربية والنظم الحاسوبية والبرمجيات، من كتاب " استخدام اللغة العربية ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس،1996
19 .محمد الزركان، اللسانيات وبرمجة اللغة العربية، السجل العلمي لندوة استخدام اللغة العربية في تقنية المعلومات، مكتبة الملك عبد العزيز، الرياض،1993
20.محمد عطية وآخرون ، العربية والذكاء الاصطناعي، إصدارات مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز الدولي لخدمة اللغة العربية، السعودية،2019
21.مروان البواب، ومحمد حسان الطيان، أسلوب معالجة اللغة العربية في المعلوماتية: الكلمة ـ الجملة، من كتاب " استخدام اللغة العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس،1996
22.نهاد الموسى (2011)، العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات الحاسوبية،ط1،المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، 2011
23.نبيل علي،اللغة العربية والحاسوب،ط2، دار غريب، القاهرة،1988
24.وليد العناتي خالد الجبر ، دليل الباحث في اللسانيات العربية،ط1، دار جرى وللنشر والتوزيع، عمان، الأردن،2017
Mitchell, John C, Concepts in Programming Languages, Cambridge University Press, 2003.25.
. .k. 1985 .v Oxford ,Christopher , Computer In Linguistics ,First Edition Basil Black Well LTD Butler 26.