فاعلية المعالجة الآلية لقواعد اللغة العربية

The effectiveness of the automatic processing of Arabic grammar

بوعمران بوعلام

جامعة الجيلالي بونعامة - خميس مليانة- الجزائر

البريد الالكتروني: b.larbi-bouamrane@univ-dbkm.dz

تاريخ الإرسال: 2019/10/20 تاريخ القبول:2020/01/09 تاريخ النشر: 2020/03/27

الملخص:

أصبحت المعالجة الآلية للغة العربية نتيجة حتمية للتزايد الهائل لكمية البيانات العربية الرقمية، مما تطلب وجود نظام حاسوبي عربي يكون فعال من ناحية إدارته للمعلومات، لذا تحتم على الباحثين استثمار تقنيات (Modélisation) هذا الميدان، فظهرت محاولات عديدة من أجل إيجاد أدوات جديدة تتلاءم مع لغتنا العربية، والعمل على الاستفادة مما توصلت إليه الحضارات المتقدمة وتعريب مختلف البرامج الحاسوبية والإلكترونيات الحديثة، وإيجاد مصطلحات ومفاهيم دقيقة وموحدة لذا كان لابد من نهضة لغوية تتوافق مع متطلبات العصر، وحاليا نجد العديد من البرامج والآليات التي سعت إلى معالجة اللغة العربية آليا في مختلف مستوياتها الصوتية، والصرفية، والنحوية، والدلالية.

الكلمات المفتاحية: المعالجة، الآلية، القواعد، اللغوية، العربية.

Summary:

Automated processing of the Arabic language has become an inevitable result of the huge increase in the amount of digital Arabic data, which required the existence of an Arabic computer system compatible with our Arabic language, and work to take advantage of the findings of other languages and the Arabization of various computer programs and modern electronics, and to find terms and concepts accurate and unified so it was necessary to rise Linguistic corresponds to the requirements of the times, and currently we find many programs and mechanisms that sought to address the Arabic language automatically at various levels of phonetic, morphological, grammar, and semantic.

Keywords: processing, mechanism, grammar, linguistic, Arabic.

مقدمة:

تجسد المعالجة الآلية للغات الطبيعية حاليا خيارا استراتيجيا للدول التي تراهن على ثقافاتها، وتصبو لإيجاد مكانة تليق بها في عصر المعلومات، لذا نجد هناك كم هائل من الدراسات الحاسوبية في اللغات الأخرى، سواء في مجال المعالجة الآلية للغات أو الذكاء الاصطناعيّ، هندسة اللغة، استكشاف المعرفة واسترجاع المعلومات وكذا اسهامات اللسانيات الحاسوبية، في حين نجد مثل هذه الأبحاث قليلة جدا في لغتنا، هذا مما يعطينا فكرة أن الأزمة التي تواجهها اللغة العربية حاليا هي الفجوة الرقمية بين التكنولوجيات الحديثة وما وصلت إليه اللغات العالمية الأخرى.

صحيح أن هناك العديد من الصعوبات التي تحول دون حوسبة اللغة العربية ورقمنتها مثل باقي لغات العالم، إلا أن الاهتمام بهذا الجانب ومضاعفة المجهودات كفيل بازالة الحواجز، إذ أثبتت البحوث في مجال المعالجة الآلية للغة العربية أن هذه الجهود مجرد أفكار تنظيرية تحتاج إلى مزيد من العناية والتوسيع، فمجال حوسبة اللغة يقتضي المزاوجة بين التنظير اللغوي والتطبيق الحاسوبي، فبإمكاننا أن نجزم بالقول أن محاولة قولبة اللغة العربية في الحاسوب من أهم المشاكل التي تعترض طريق وضع المصطلحات العربية، بدء بمحاولة إدخالها البرامج الحاسوبية التي تعتمد على لغة الجافا وحصر الأوزان العربية حصراً دقيقاً

وتحليلها، وهو ما سيمكن من وضع رموز رياضية لها في الحاسوب ثم يتم بعد ذلك تطوير برامج آلية يمكنها استيعاب القواعد النحوية والصرفية العربية[1].

تعريف المعالجة الآلية للغة العربية:

من وجهة نظر علم اللغة الحاسوبي هي التطبيق الآلي على مجموعة من نصوص اللغة، وذلك بتغييرها وتحويلها وإبداع شيء جديد اعتمادا عليها، ويتم كل ذلك باستعمال تقنيات وأدوات من علوم اللسانيات والإعلام الآلي[2].

فالعمليات الآلية هي التي تجري عن طريق الآلة والتي تقابلها العمليات التي تجري بواسطة الانسان والآلة التي تستعمل في المعالجة الآلية للغة هي الحاسوب، الذي اخترع لإجراء العمليات الحسابية، لذا يجب تطويره لمعالجة المعلومات ذات الطبيعة اللسانية، حيث أن المعالجة الآلية هي تتابع حركات حسابية تقوم بها الآلة وفق تسلسل زمني، أي أن برنامج المعالجة الآلية Programme automatique يمكن أن يكون كلي Total أو جزئي Partiel.[3]

يمكننا القول أن المعالجة الآلية للغة تعنى باستخدام الحاسب الآلي في تحليل اللغات الطبيعية المكتوبة والمنطوقة، من أجل تحقيق أغراض نفعية مثل التشكيل الآلي، والتلخيص الآلي، والتصحيح التلقائي، والتصنيف الآلي.

تحوي اللغة العربية العديد من المقومات والأسس العلمية، كما أنها تتميز بالدقة الصارمة التي تجعلها قادرة على أن تتبوأ مكانة عالية في مجال المعالجة الآلية للغات الطبيعية، وذلك عائد إلى جملة القواعد المترابطة التي تقوم عليها هذه اللغة منها الصوتية، والصرفية، والنحوية والدلالية، وكما نعلم أن المعالجة الآلية تستند إلى هذه القواعد لبناء محللات تتعلق بالبيانات اللغوية المكتوبة والمنطوقة، لأن صناعة نظام لمعالجة اللغة العربية تعد مهمة صعبة ومعقدة وذلك لصعوبة إدماج المعارف الصوتية، الصرفية، والنحوية، والدلالية، في هذا النظام[4]، أجريت دراسات عدة في مجال معالجة اللغة العربية وتم إيجاد العديد من الأنظمة الحاسوبية من خلال المحللات الصوتية، والصرفية، والنحوية، والدلالية، إضافة إلى بعض التقانات كالتشكيل الآلي، والتلخيص الآلي، والتدقيق الإملائي، والتصنيف الآلي والترجمة الآلية نفصل كل ذلك فيما يلي:

1. **المعالجة الآلية للكلام المنطوق:**

تعتمد اللغة العربية في نظامها الصوتي على أربعة وثلاثين فونيما، ثمانية وعشرون صامتا تتمثل في حروف الأبجدية العربية، وستة صوائت تمثلها الحركات الثلاث القصيرة الفتحة، والكسرة، والضمة، والحركات الثلاث الطويلة حروف المد، لذا تعنى اللسانيات الحاسوبية بتمثيل هذه الأصوات طيفيا، مع مراعاة العديد من القضايا الصوتية كالزمن، والشدة، والتردد، كل ذلك يمثل رياضياتيا وبأرقام دقيقة جدا باستطاعتها تمييز الأصوات عن بعضها البعض، إذ أن الاشارة الصوتية يمكن أن تتمثل بالاعتماد على معالم متنوعة مثل التمثيل باستخدام معلمات المجال الزمني للإشارة، أو المعلمات الطيفية ليتم استخراج خصائص الأصوات المطلوبة من قبل النظام المصمم، إن اختيار نوع التمثيل للأصوات يؤدي دورا كبيرا ومهما في إظهار خصائص الاصوات[5].

وبالتالي إذا أردنا إيجاد برنامج حاسوبي يتعرف على المنطوق ويحوله إلى مكتوب، أو العكس يتعرف على المكتوب ويقرؤه، يتطلب الإلمام بمختلف التغيرات التي تطرأ على الفونيمات والمونيمات مع ضبطها بالتشكيل التام.

تعد عملية تحويل النص المكتوب الى كلام Teste-to-Speech (TTS) ومن بين اهم التقانات التي تتيح معالجة النصوص العربية وتشكيلها وتحويلها الى كلام منطوق، تحوي هذه التقنية على حزمة برمجية ضمن الحاسوب، تعمل على تحليل المعطيات النصية وتحويلها إلى مركبات صوتية، وذلك بالاعتماد على قاعدة بيانات صوتية للحروف والكلمات، من خلال الاعتماد ثلاثة وحدات:الوحدات اللغوية (النص المكتوب باللغة العربية)، الوحدات الصوتية (جملة المعايير الصوتية الخاصة بالكلمات)،الوحدات الكلامية (تعمل على توليد الكلام).

هناك العديد من البرامج التي تعمل على تحويل الكلام المكتوب إلى منطوق من بينها:

- برنامج Arab Talke: قامت بتطوير هذا البرنامج شركة آر دي آي يعمل على تحويل النصوص المكتوبة إلى كلام منطوق.
- برنامج إبصار: يعتمد على محركات صخر للتعرف الضوئي على الحروف وتحويل النصوص الى كلام منطوق.
- نظم صخر آلو: هو عبارة عن نظام يجمع كل تطبيقات صخر المزودة بالكلام تعتمد على تقنية التعرف الآلي على الكلام وتحويل النص الى كلام منطوق.

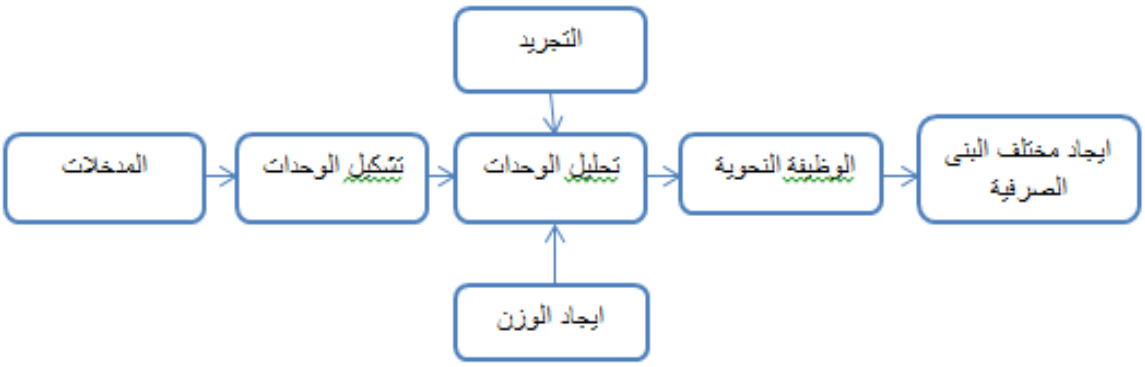
وهناك برامج أخرى في هذا المجال إلا أنها تتراوح من حيث دقتها واعتمادها على المشكل الآلي والتعرف على الوحدات وتقسيمها: Balabolka- Read Speaker - DSpeech- Easy Speech2 Text.

3.المعالجة الآلية للوحدات الصرفية العربية:

نقصد بتألية القواعد الصرفية للغة العربية تمكين الحاسوب من التعامل مع الوحدات الصرفية، من خلال القدرة على صياغة الأبنية اللغوية السليمة بخطوات اجرائية منتظمة،

فاللغة العربية على خلاف غيرها من اللغات الأخرى تتميز باحتوائها على الوزن او البناء الصرفي، يتم في التحليل الانتقال من الكلمة إلى جذرها الاصلي، أي أن الحاسوب يعالج الكلمات العربية المشكولة جزئيا، أو كليا، أو غير المشكولة، فيصف ما يطرأ عليها من تغيير، زيادة، أو نقصانا، أو إعلالا أو إبدالا، أو إدغاما، أو قلبا، حيث يحدد نوعها، وميزانها الصرفي، وسابقتها ولاحقتها وحالتها الاعرابية، ودلالتها[6]، لذا فإن معظم الاعمال التي تم تطويرها في اطار المعالجة الآلية للغة العربية اهتمت بإيجاد أنظمة حاسوبية تعتمد على الاوزان من اجل تطوير المحللات الصرفية، من خلال استخراج جذر الكلمة وتوليد الأبنية الزمنية، لأي مادة معجمية مدخلة، وتقديم تفصيل لما يطرأ على الجذر من تغيير لدى البناء للمعلوم وللمجهول، ثم ما يعتريها من زيادات وتغيير في حركات المبنى لدى صوغ الأفعال المزيدة المبنية للمعلوم وللمجهول، وذكر ما يعتريها من تغيير في الحركات، أو الاعتلال، والقلب، أو الابدال، في بعض الوحدات المعجمية، بسبب تتابع الأصوات مع مراعاة التغيير الذي يطرأ على كل نوع من الأفعال، من حيث الصحة والاعتلال، إذ يتباين الفعل السالم

بنوعيه المضعف والمهموز، والمعتل بأنواعه المثال، فالأجوف، فالناقص، فاللفيف، وبالتالي سيكون من المفيد جدا أن يدعم كل برنامج بهذه القواعد الصرفية، حتى يغدو قادرا على توليد كل الصيغ الصحيحة للوحدات المعجمية.



الشكل 1. تصميم برنامج للوحدات الصرفية

هناك العديد من البرامج الحاسوبية التي تعنى بالقواعد الصرفية:

- برنامج Arab morpho : هو برنامج من انتاج آر دي آي يعمل على تحليل الوحدات الصرفية.
- برنامج FARASA: عبارة عن موقع انترنيت يتيح مجموعة من الأدوات التي تعمل على معالجة النص العربي، حيث تسمح باستخراج الجذور وتحديد وظيفتها النحوية والصرفية بالإضافة الى تشكيل النص وتحليله.
- برنامج باك وولتر للتحليل الصرفي: استخدم هذا البرنامج من قبل الاتحاد الألماني للبيانات اللغوية لتدوين النصوص العربية، يتضمن هذا المحلل مداخل معجمية باللغة العربية واللغة الانجليزية يضم جذور الكلمات والسوابق واللواحق.
- برنامج الخليل الصرفي: أنجزته المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم خلال العام 2010، يرمي هذا النظام إلى تمكين الحاسوب من اشتقاق (توليد) الأفعال والأسماء المشتقة والمصادر، وتصريفها، انطلاقا من جذورها الثلاثية أو الرباعية، بالاعتماد على قوانين النحو والصرف وعلى المعجم الحاسوبي.

3.المعالجة الآلية للتراكيب النحوي:

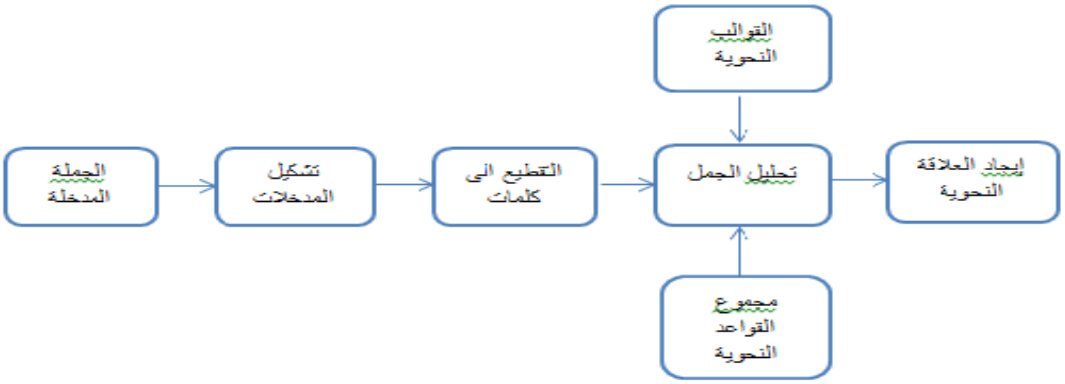
يقوم المحلل النحوي بتجزئة الجمل إلى عناصرها الأولية من أجل ايجاد وظائفها النحوية، بالاعتماد على القوالب النحوية العربية، على سبيل المثال في حال الجملة الفعلية "استيقظ صباحا" وبعد خضوعها لعملية التحليل النحوي، تم تقطيعها إلى قائمة من الكلمات (استيقظ – صباحا)، يتم معرفة عدد الكلمات في الجملة وتقديم الحلول الممكنة لإيجاد القالب النحوي تظهر بالشكل التالي:

- فعل لازم+ فاعل
- فعل لازم + حال

- فعل لازم +ظرف
- فعل مبني للمجهول + نائب فاعل.

يقوم النظام بتطبيق مجموعة من القواعد الاساسية على كل كلمة من كلمات الجملة، لاختيار القالب النحوي الصحيح لها، في المثال السابق يتم إدراج الجملة إلى القالب النحوي: فعل لازم + ظرف لأن الكلمة صباحا تدرج في مجموعة الظروف.

وبالتالي أي محلل نحوي لابد أن يعتمد على قاعدة معطيات، تضم مختلف القواعد النحوية والقوالب التي يمكن أن تتشكل وفقها الجملة العربية، نوضح ذلك من خلال التصميم التالي:



الشكل2. التصميم المقترح للمحلل النحوي

من خلال ما يظهر في التصميم لابد من تزويد المحللات النحوية بقاعدة معطيات تحوي كل القواعد النحوية بشكل منظم ومصنف بدقة، تكون على شكل أبواب (باب الأفعال، باب الاسماء المنصوبة والمرفوعة والمجرورة، وباب التوابع كالعطف والبدل والتوكيد والنعت)، الدراسات التي تتعلق بالتحليل النحوي أو بالأخص الإعراب الآلي هي قليلة جدا مقارنة بالمحللات الصرفية، نذكر بعض هذه البرامج:

- برنامج اعراب الجمل (بالعربي): يعد هذا البرنامج من أفضل التطبيقات لإعراب الجمل، حيث يقوم بتقسيم الجملة إلى كلمات منفردة، وتقديم إعراب مفصل لها، إلاّ أن هذا البرنامج ما يزال ناقصا بعض الشيء من حيث استيعابه لكل القواعد النحوية.

4. برامج التشكيل الآلي:

يعد تشكيل النصوص أحد الفروع المهمة في المعالجة الآلية للغة العربية، إذ أن جل الأنظمة الحاسوبية تستعين بالمُشَكلات الآلية من أجل التحليل الصوتي، أو الصرفي، أو الدلالي، وذلك لأن التشكيل ضروري في اللغة العربية.

- برنامج التشكيل الآلي Arab Diac: هو من انتاج شركة آر دي آي يعمل عل تشكيل النصوص العربية، ويعتبر برنامج التشكيل القاعدة الأساسية في جميع برامج المعالجة الآلية للغة العربية.
- برنامج صخر للتشكيل الآلي Diacritique Automatique: قامت شركة صخر بتطوير برنامج التشكيل الآلي اذ يقوم بتشكيل الكلمات والنصوص العربية

– موقع الجزيرة نت[7]: يتيح هذا الموقع عبر صفحته تعليم اللغة العربية لغير الناطقين بها أداة تسمح بتشكيل النصوص، اذ يمكن الدخول اليها عبر نافذة " معالج النصوص"، كما تقدم هذه الخدمة تحليلا صرفيا للكلمات مصحوبة بترجمة الى اللغة الفرنسية والانجليزية

– برنامج مشكال: هو من البرامج مفتوحة المصدر يعمل على التشكيل الآلي للنصوص العربية، وكذا تصحيح التشكيل المقترح من أجل القراءة والتعليم وفك الغموض عن النصوص، هذا البرنامج مدعم بالعديد من الأدوات كالمحلل الصرفي، وتحويل النص إلى قائمة كلمات، تحديد الجمل العربية في النص.

– موقع آلي سوفت: يقوم هذا الموقع بإتاحة أداة لتشكيل النصوص مع رصد الاخطاء الواردة في النص مع إمكانية تعديلها.

– موقع حركات[8]: صمم هذا الموقع التعليمي من قبل شركة ملتيليكت، يعمل على وضع حركات التشكيل تلقائياً على النص العربي مع مراعاة القواعد والإعراب وتركيب الجملة والنحو.

5. برامج التلخيص الآلي:

نظرا لتزايد البيانات النصية على الشبكة العنكبوتية أصبح الوصول إلى المعلومة أمر عسير جدا، إذ كان لابد من وجود آليات تمكننا من القيام بالتصفح السريع لهذه البيانات، لذا ظهرت إثر ذلك تقنية التلخيص الآلي وهناك حاليا الكثير من برامج التلخيص الآلي بجميع لغات العالم نذكر البعض منها:

– محرك صخر للتلخيص الآلي: يحدد هذا البرنامج الجمل المهمة آليا داخل النص ويعرضها بشكل ملخص قصير.

– برنامج SARA: هو اختصار لـ Summarization of Arabic هو من تصميم شركة RDI هو عبارة عن اداة للتلخيص الآلي للنصوص العربية.

– برنامج AlSummarizer: برنامج للتلخيص الآلي للنصوص المتعددة اللغات.

5. التصنيف الآلي للنصوص:

التصنيف الآلي للنصوص (Automatic Text Categorization) هي مهمة تصنيف المستندات النصية الإلكترونية اتوماتيكيا إلى أصنافها المعرفة مسبقا بحسب محتوياتها، وهناك العديد من التقنيات الحاسوبية المعروفة بما يسمى "التعليم الآلي المسبق"(Supervised Machine Learning) والتي تم استخدامها بغرض حل مشكلة التصنيف الآلي للمستندات، واغلب هذه الادوات هي برامج تحوي على كم هائل من الخوارزميات نذكر بعض هذه البرامج:

برنامج Rapidminer: يعتبر من البرامج المجانية مفتوحة المصدر صمم من قبل شركة Germany Rapid-I يعمل بلغة الجافا، يتيح هذا البرنامج جملة من الخوارزميات المعروفة لمعالجة كميات ضخمة من البيانات.

برنامج WEKA: يعتبر من البرامج المجانية مفتوحة المصدر، تم تصميم هذا البرنامج في جامعة ويكاتو بنيوزلندا يعمل بلغة الجافا، يتميز بقدرته على معالجة كمية هائلة من البيانات، يمدنا بمجموعة كاملة لمختلف الخوارزميات.

6. اشكالات المعالجة الآلية للغة العربية:

هناك العديد من المجهودات العربية في مجال المعالجة الآلية للغة العربية، وفي معظمها كانت محاولة لمحاكاة البرامج الغربية، فالضعف في مجال التقنيات الذي تشهده اللغة العربية اليوم هو حصيلة لقلة المجهودات البحثية في مجال التقنية، ولا يتعلق أبدا باللغة العربية، فهي ليست عاجزة أبدا عن حمل مشروع الرقمنة والمعارف الجديدة، هي الآن فقط بحاجة إلى تكاثف المجهودات من أجل حوسبتها وإيجاد أنظمة وبرامج عربية.

إن الأزمة التي تواجهها اللغة العربية حاليا هي الفجوة الرقمية بين التكنولوجيات الحديثة وما وصلت إليه اللغات العالمية الأخرى، نظرا لنقص المجهودات في هذا الجانب، وإن كانت بعض الأنظمة والبرامج الحاسوبية المروجة على مواقع الانترنيت، والتي في أغلبها تتعلق بشركات تجارية قد قطعت شوطا كبيرا في تحليل ومعالجة اللغة العربية، إلا أنها لم تحظى باهتمام الدارسين والباحثين من أجل تطويرها أكثر، بالإضافة إلى أن أغلب هذه البرامج وإن كانت قد قطعت شوطا بعيدا على صعيد اللغة المكتوبة لكنها لم تحقق نفس التقدم على صعيد اللغة المنطوقة، وقد حققت معالجة اللغة العربية آليا نجاحا تكنولوجيا واقتصاديا ملحوظا على مستوى الحرف والكلمة والجملة، غير أن هناك قصور شديد في اللغة العربية على مستوى النص، كما أن التوجه العام نحو تطبيق الذكاء الاصطناعي، ونظم معالجة المعارف يتطلب الارتقاء بمستوى المعالجة إلى وحدة البناء الرئيسية للمعرفة، ألا وهي المفهوم حتى يتسنى فهم النصوص العربية آليا والنفاذ إلى عمق مضمونها"[9].

لعل إشكالية معالجة اللغة العربية آليا تعود لجملة من الاسباب من بينها:

- نقص خبرة اللغويين في مجال الذكاء الاصطناعي وهندسة اللغة وعلوم الحاسوب، ولا تتحقق هذه المعرفة الا بالتعاون المتبادل بين المجالين اللغوي والتقني إذ لابد أولا من العمل على خلق هذا التواصل من خلال المحافل العلمية وإشراك مختلف التخصصات في البحث في القضايا اللغوية.

الشكل 3. تصميم نموذج للتحليل النحوي

- جل الدراسات التي تتعلق بمعالجة اللغات الطبيعية هي غربية المنشأ، وبالتالي القليل من الأنظمة التي تتعامل مع اللغة العربية.
- قلة الدعم في تفعيل وتشجيع الاستثمار التقني والمعلوماتي، مثل صناعة الحواسيب والبرامج والأنظمة العربية وبناء قواعد البيانات العربية.
- البحوث في مجال المعالجة الآلية للغة العربية هي الآن مجرد أفكار تنظيرية تحتاج إلى مزيد من العناية والتوسيع، فمجال حوسبة اللغة يحيل إلى الكثير من الصعوبات بالنسبة إلى اللغات ككل وليس اللغة العربية فقط.
- نقص الدراسات في مجال التحليل الدلالي كونه يرتبط بمضمون الجمل وسياقاتها وتطوير الحقول الدلالية ورقمنتها.

خاتمة:

بالرغم من العديد من الصعوبات التي قد تعيق عملية تطبيق انظمة المعالجة الآلية للغة العربية، إلا أن البحوث لا تزال مستمرة و هناك العديد منها قدمت تقنيات حاسوبية (آلية) حاولت أن تعطي حلولا قيمة لعملية حوسبة اللغة العربية وتحتاج إلى تطوير أكثر، ولازالت هناك العديد من الخوارزميات والبرامج الغربية في حاجة إلى تطويع حتى تتناسب مع لغتنا.

المصادر والمراجع:

- راضية بن عريبة، محاضرات في اللسانيات الحاسوبية، الفا للوثائق، ط1، 2017، ص38.

- منصور بن محمد الغامدي وآخرون، مدخل الى اللسانيات الحاسوبية، ط1، داروجوه للنشر والتوزيع، الرياض:2017م، ص50.
- نبيل علي، نادية حجازي، الفجوة الرقمية رؤية عربية، مجتمع المعرفة، العدد 318، اغسطس، 2005، ص 357
- غانم سعيد، تقطيع الكلمة العربية إلى أحرف وتمييزها، مجلة الرافدين لعلوم الحاسبات، المجلد2، العدد 2، 2005، ص 124.
- سعد بن هادي قحطاني، تحليل اللغة العربية بواسطة الحاسوب، مركز اللغة الانجليزية، معهد الإدارة ، الرياض.
- Delafosse_rionel_Automatique In:glossaire de linguistique computationnelle- http:page perso orange.fr,1997 page 02.
http://learning.aljazeera.net/en
https://harakat.fr.uptodown.com

الهوامش:

[1] سعد بن هادي قحطاني، تحليل اللغة العربية بواسطة الحاسوب، مركز اللغة الانجليزية، معهد الإدارة ، الرياض.

[2] Delafosse_rionel_Automatique In:glossaire de linguistique computationnelle- http:page perso orange.fr,1997 page 02.

[3] Delafosse_rionel_Automatique In:glossaire de linguistique computationnelle.page 02.

[4] راضية بن عريبة، محاضرات في اللسانيات الحاسوبية، الفا للوثائق، ط1، الجزائر، 2017، ص38.

[5] غانم سعيد، تقطيع الكلمة العربية إلى أحرف وتمييزها، مجلة الرافدين لعلوم الحاسبات، المجلد2، العدد 2، 2005، ص 124.

[6] منصور بن محمد الغامدي وآخرون، مدخل الى اللسانيات الحاسوبية، داروجوه للنشر والتوزيع، ط1،الرياض:2017م، ص50.

[7] http://learning.aljazeera.net/en

[8] https://harakat.fr.uptodown.com

[9] نبيل علي، نادية حجازي، الفجوة الرقمية رؤية عربية لمجتمع المعرفة، العدد 318، اغسطس، 2005، ص 357.