اسْتشْرَافُ مُسْتَقْبلِ اللُّغَةِ العَرَبِيةِ فِي ضَوءِ اسْتِرَاتِيجِيةِ الذَّكَاءِ الاصْطنَاعِي

إعداد

منال أبو المجد سلامة

أستاذ اللُّغويات المساعد

كلية التربية بالمجمعة ـ قسم اللغة العربية

جامعة المجمعة

المملكة العربية السعودية

ملخص البحث:

يشهد العالم ثورة هائلة من المعلومات والتقنية في مجالات الاتصالات والتكنولوجيا، وهو ما يطلق عليه" الذكاء الاصطناعي"، ومع هذا التضخم التكنولوجي الهائل الذي يشهده العالم أضحى العمل على معالجة اللغة العربية آليًا مطلبًا ضروريًا؛ لمواكبة عصر الثورة المعلوماتية، فمستقبل اللغة العربية مرهون برؤية تحديات العصر الذي تنضوي تحت لواء امتلاك سلطة المعرفة بمفهومها الجديد، وقوامها المعلوماتية والاتصالات والتكنولوجيا، وقد خصصت هذا البحث لدراسة واقع اللغة العربية في ظل هذه المستجدات ؛ لمعرفة أهم تحديات معالجتها آليًا، لوضع رؤية مستقبلية حول واقع اللغة العربية في القرن الحادي والعشرين، فكان البحث بعنوان:

" اسْتشْرَافُ مُسْتَقْبلِ اللُّغَةِ العَرَبِيةِ فِي ضَوءِ اسْتِرَاتِيجِيةِ الذَّكَاءِ الاصْطنَاعِي"

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، معالجة اللغة الطبيعية، معالجة اللغة العربية.

Abstract: The world witnesses a great revolution of information and technology in both communication and technology fields, and that is called AI or Artificial Intelligence. With this huge technological Expansion the world witnesses, the need for processing the Arabic language automatically has become urgent to continue the informational revolution. For the future of the Arabic language depends on seeing the challenges of this new era that fall under the banner of possessing the authority of knowledge in its new concept and its information communication and technology basis. I devoted this

research to study the state of Arabic language in the light of these developments to find out the most significant challenges and address them automatically to develop a future vision about the state of Arabic language in the twenty-first century. The research was entitled: **"The Future of Arabic Language in the light of Artificial Intelligence Strategy"**

Key Words: Artificial Intelligence, Natural language treatment, Arabic Language processing

المقدمة:

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والصلاة والسلام على سيدنا محمد أشرف الخلق والمرسلين، وعلى آله وصحبه، ومن اهتدى بهداه إلى يوم الدين، وبعد...

تُعدُّ اللغة وسيلة من وسائل الاتصال والتخاطب، وهي المنطلق الأساسي للتواصل مع الثقافات والحضارات الأخرى، وتحوي اللغة العربية العديد من المقومات التي تجعلها قادرة على تبوء مكانها الصحيح في هذا العصر التقني الجديد، الذي سادت فيه اللغات الطبيعية، وأضحت المعلومات بجميع فروعها تُعالج، وتُخزّن، وتُحلل لغويًا، وللمحافظة على استمرارية اللغة لابد أن تواكب العصر وتطوراته من خلال ما ظهر لنا في عصرنا من مستحدثات، ومفاهيم عصرية حديثة كاستراتيجية الذكاء الاصطناعي، فمما لا شك فيه أن المعلوماتية هي الوسيلة التي نصل من خلالها إلى صُنع الإنسان، وما أحدثه من ثورة في المعلومات والاتصالات، والإسهام بشكل فاعل في صياغة واقع تقني متميز، وبما أن الحاسب هو الأداة الطبيعية في هذا العصر كان لابد من استيعاب التقنية وتعريبها ، والاهتمام بإحياء اللغة العربية، ومحاربة ما أصابها من زحف اللغة العامية، وذلك عن طريق معالجتها آليًا بواسطة استراتيجية الذكاء الاصطناعي، فاستخدام كافة فروعه له التأثير المباشر في حل العديد من الصعوبات والعقبات التي يُمكن أن تعترضنا مع اللغة العربية ومحاكاتها، وذلك بتصميم برامج، ومنظومات قادرة على معالجة اللغة العربية، ومن هذا المنطلق كان موضوع البحث "**استشراف مستقبل اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي** " للوقوف على مدى أهمية

معالجة اللغة العربية، والجهود المبذولة في هذا المجال؛ لنصل إلى تصور لرؤية مستقبلية حول واقع اللغة في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي ومجالات استخدامه.

أهمية الدراسة: تتمثل أهمية البحث في تقديم دراسة حديثة في حقل الدراسات الأدبية، التي تقوم على معالجة اللغة الطبيعية المسؤولة عن جذر الكلمة العربية، ومستويات تحليلها من خلال: المستوى النحوي، والمستوى الدلالي، والمستوى الصرفي، ومعرفة واقع اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي ومستقبلها.

أهداف الدراسة:

- معرفة مجالات تطبيق استراتيجية الذكاء الاصطناعي.
- معرفة مراحل تطور معالجة اللغات الطبيعية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي.
- معرفة مراحل تطور معالجة اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي
- معرفة واقع مجتمعاتنا العربية من معالجة اللغة العربية آليًا.
- معرفة مستقبل حوسبة اللغة العربية.

مشكلة الدراسة: يمكن تحديد مشكلة الدراسة في التساؤلات التالية:

- ما ملامح نمو وتطور استراتيجية الذكاء الاصطناعي في معالجة اللغات الطبيعية؟
- ما التأثير الذي سيحدثه استخدام الذكاء الاصطناعي في اللغة العربية؟
- ما مجالات استخدام الذكاء الاصطناعي في معالجة اللغة العربية؟
- ما واقع ومستقبل اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي في مجتمعاتنا العربية؟

الدراسات السابقة:

اتجهت الدراسات الحديثة إلى دراسة الذكاء الاصطناعي، وتوظيفها في دراسة اللغة العربية، ومن هذه الدراسات:

1- الأسمري، عايض محمد، (2018)، الترجمة الآلية من منظور اللسانيات الحاسوبية، دراسة تحليلية مقارنة، المجلة العربية للعلو م ونشر الأبحاث مج4، ع3، تناول الباحث مفهوم الترجمة، وواقع الترجمة في الوطن العربي.

2- روقاب، جميلة، (2018)، مسار الفعل الترجمي بالجزائر ومستقبل اللغة العربية، المجلس الأعلى للغة العربية، ع10، تناولت الترجمة، والنص الرقمي العربي، واستشراف مستقبل الترجمة العربية.

3- بايه، سهام (2017)، اللسانيات الحاسوبية والمعجمية العربية، المركز الجامعي أحمد زبانة بغليزان مج3، ع2، تناولت مجالات تطبيقات اللسانيات الحاسوبية، والبرمجيات المساندة لعمل معجم عربي إلكتروني.

4- كون، حسن (2015)، حوسبة اللغات وبعض إشكالاتها، العربية أنموذجًا، مجلة جيل للدراسات الأدبية والفكرية، مركز جيل البحث العلمي، ع9، تناولت حوسبة اللسانيات، ومهام كل من اللساني والمعلوماتي، وتحديات المعالجة الآلية للغات.

5- أحمد، أحمد راغب (2014)، نظام لغوي مقترح لتحسين نتائج الترجمة الآلية، مجلة كلية دار العلوم، جامعة القاهرة، ع75، تناولت ماهية الترجمة الآلية، والأسس النظرية لبناء معجم عربي آلي، وشبكات العلاقات اللفظية.

أبعاد الدراسة: يشتمل البحث على مقدمة، وثلاثة مباحث:

المبحث الأول: الذكاء الاصطناعي، تناولت فيه مفهوم الذكاء الاصطناعي، ونشأة الذكاء الاصطناعي، ومراحل تطوره، ودعائم الذكاء الاصطناعي ومجالاته.

المبحث الثاني: معالجة اللغة الطبيعية، تناولت فيه مفهوم معالجة اللغة الطبيعية، ومراحل تطور معالجة اللغة الطبيعية، وأقسام معالجة اللغة الطبيعية.

المبحث الثالث: معالجة اللغة العربية، تناولت فيه خصائص اللغة العربية، ومجالات معالجة اللغة العربية، ومراحل تطور معالجة اللغة العربية، ثم واقع اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي، واستشراف مستقبلها في القرن الحادي والعشرين.

ثم اتبعت ذلك بالتوصيات، والنتائج التي توصلت إليها خلال هذا البحث، ثم فهرس للمصادر والمراجع التي اعتمدت عليها في هذا البحث.

المبحث الأول: الذكاء الاصطناعي

يُمثل الذكاء الاصطناعي تكنولوجيا متقدمة أولاها الإنسان المعاصر أولوية كبيرة في بحوثه وتطبيقاته، ويمكننا وصفه بأنه أحد مجالات علم الحاسب الآلي الذي يختص بأداء المهام التي ينجزها الإنسان، وتتطلب نوعًا من الذكاء، وتراكم المعرفة، والإدراك، والتعلم، والفهم، ويهدف إلى التوسع الكيفي في قدرات الحاسب الآلي ، ويرتبط بضرورة توافر المعرفة التي يعتمد عليها الذكاء في حل المشكلات؛ وعليه فإن الذكاء الاصطناعي يعتمد على ثلاثة أمور: الأول: المعرفة المتعمقة الخاصة بمجال اهتمام معين، الثاني: الأدوات التي تستخدم للتعامل مع المعرفة، الثالث: هياكل الرقابة التي تختار الطرق الملائمة لتعديل المعرفة.

وعلى الرغم من هيمنة الذكاء الاصطناعي في مختلف القطاعات في محاولة للاستغناء عن القوة البشرية مقابل استيعاب الآلة والحواسيب إلا أن العقل البشري يتسم بدرجة عالية من الذكاء الفطري التي ميزه بها الله عز وجل عن سائر المخلوقات، والآلات المستحدثة، فمن المعروف أن المخ البشري يشتمل على ما يقرب من (15) بليون خلية عصبية لا يزال معظمها مجهولًا من حيث التكوين، وترتبط كل خلية بعدد ضخم من الخلايا الأخرى؛ لذلك يصْعُب فك طلاسم المخ البشري حتى يُمكن معرفة الذكاء الإنساني، مثل هذه العملية البسيطة (الشبكات العصبية الاصطناعية) يتطلب تمثيلها في الحاسب القيام بالعديد من الوظائف التقنية لتحقيقها[1]، بل إن بناء حاسب بهذا الحجم يفوق مقدرة التكنولوجيا في الوقت الحالي، يضاف إلى ذلك أن الحواسيب قادرة على القيام بمهام روتينية بشكل آلي يعجز عن محاكاة المشاعر، والإبداع، والاجتهاد، وهو ما يُفسر كون الآلة تخضع لمن صممها، وتعمل وفق ما بُرمجت من أجله، فذكاء الآلة يختلف إلى حد كبير عن ذكاء الإنسان، فالأول من صنع الإنسان معتمدًا فيه على ذكائه، ومخزونه العلمي والتقني.

مفهوم الذكاء الاصطناعي:

يعتبر الذكاء الاصطناعي فرعًا من المعلوميات، تقوم بإعادة إنتاج بعض مظاهر الذكاء الإنساني من إدراك للعلاقات اللغوية وغير اللغوية، وفهمها، واستيعابها، وتخزينها، وإنتاجها، واستخدامها في ظروف جديدة.

وقد اختلف العلماء والباحثون في تعريف الذكاء الاصطناعي، فالبعض (ويتسون 1984) ينظر إليه كأحد العلوم التطبيقية، ويحدد الهدف الرئيسي له بجعل الحاسوب أكثر ذكاءًا، ثم فَهْم الذكاء الإنساني، وجعل الحاسوب أكثر نفعًا للإنسان.

بينما يُعرفه (شارنياك وماك دروموت) بأنه: دراسة القدرات العقلية الإنسانية من خلال بناء برامج للحاسوب تحاكي هذه القدرات، وكلاهما ينظران للذكاء الاصطناعي باعتباره علمًا يسعى لتفسير ظاهرة طبيعية إنسانية، وهي ظاهرة الذكاء الإنساني ذات البعد الرمزي في جوهرها.

وعرفه (برينو فادي) بأنه: عبارة عن بناء نماذج معلوماتية لذكاء يتطلب تحديد مناهج لتمثيل المعارف داخل ذاكرة الحاسوب بكتابة خوارزميات قادرة على استعمال هذه المعارف، وقادرة على بناء استدلالات، ثم منح هذه الأنظمة القدرة على الحفظ والفهم، وكذلك القدرة على تعبير المعارف متى شاءت.[2]

أما (رسيل بيل) فعرف الذكاء الاصطناعي بأنه: دراسة السلوك الذكي في البشر، والحيوانات، والآلات، كما أنه يُمثل محاولة لإيجاد السبل التي يُمكن لها إدخال مثل هذا السلوك على الآلات الاصطناعية[3].

وعرفه (ماتن ويك Martin weik) بأنه: قدرة الآلة على القيام بالمهام التي تحتاج للذكاء البشري عند أدائها، مثل: الاستنتاج المنطقي، والتعلم، والقدرة على التعديل[4].

ويمكننا مما سبق وصف الذكاء الاصطناعي بأنه: قدرة الآلات، والحواسيب الرقمية على القيام بمهام معينة تحاكي التي تقوم بها الكائنات الذكية، والتي تتطلب عمليات ذهنية كالتفكير، والتعلم، والقدرة على الاستنتاج.

نشأة الذكاء الاصطناعي ومراحل تطوره:

لقد مرت البحوث الخاصة بالذكاء الاصطناعي بمراحل مختلفة ترجع جذورها إلى الأربعينات من هذا القرن، ومع انتشار الحاسبات بدأ الاهتمام بها ينمو بشكل متزايد بالخمسينات في محاولة لبناء آلة ذكية تحاول تقليد المخ البشري، ولكن التكنولوجيا في ذلك الوقت لم تمكنهم من تحقيق هذا الهدف، وكان من أبرز هذه المحاولات تلك التي قام بها (ROSENBLATT) عام (1957) حيث قام ببناء ما أسماه "المحس berceptron"، ويعتبر المحس نموذجًا مبسطًا جدًا لشبكة العين، إلا أن إمكانياته كانت محدودة جدًا[5].

وفي عام (1958) اختُرعت لغة البرمجة (LISP) كلغة ترميز رياضية عملية[6]، ثم بدأ يظهر اتجاه آخر في الستينات، حيث اتجهت جهود الباحثين إلى تحديد معالم مجال الذكاء الاصطناعي التي راعت إمكانية ترجمة اللغة الطبيعية باستخدام قاموس ثنائي اللغة مع بعض القواعد النحوية البسيطة، وتكويد ذلك آليًا، ومن أمثلة هذه الجهود: الترجمة الآلية، لغة إليزا، مضاهات الكلمات الرئيسية، التكامل الرمزي، مباريات الذكاء كالشطرنج، التعرف على الأنماط، المنطق الحساس، إلا أن هذا المدخل قد فشل بسبب تعدد معاني الكلمة الواحدة، وتواجد كثير من الأمثال الشائعة غير المرتبطة بمعاني الكلمات، وتوافر عدد كبير من الكلمات ذات الدلالات الغامضة[7].

أما في السبعينات فبرزت فيه الأنظمة الخبيرة، ومن الأنشطة التي توصلوا إليها في هذا العقد توافر مداخل لكل من معالجة اللغات، والرؤية الكمبيوترية، ونظم الخبرة، وتفهم الكلام، بالإضافة إلى ظهور أساليب جديد في عرض المعرفة، ونضوج أساليب البحث، واكتشاف بعض برامج البرمجة ، ومن أشهر هذه البرامج في هذه الآونة: برنامج خاص لمعالجة اللغة الطبيعية عن طريق جمع وتحليل المعنى واللفظ معًا في إطار اللغة الآلية، وبرنامج (مايسين) الذي يُمثل نظام خبرة التشخيص، والعلاج الطبي[8].
أما في الثمانينات فتميزت هذه الحقبة عن غيرها بالتطبيقات الصناعية، فشهدت ازديادًا في تطوير نظم الخبرة الآلية في كثير من المجالات، واستثمار تطبيقات الذكاء

الاصطناعي تجاريًا، وتكويد تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، بالإضافة إلى إنشاء بيوت خبرة، وشركات متخصصة في تطوير الذكاء الاصطناعي[9].

أما في التسعينات وأوائل القرن الواحد والعشرين فقد حقق الذكاء الاصطناعي نجاحات كبيرة جدًا، حيث أُستُخدم الذكاء الاصطناعي في استخراج البيانات، وصناعة التكنولوجيا شملت كل القطاعات، وعما قريب سيشهد العالم ظهورًا حقيقيًا لأنماط وظيفية غير اعتيادية في مجالات متعددة في الحياة من خلال تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

دعائم الذكاء الاصطناعي[10]:

يعتمد الذكاء الاصطناعي على ثلاث دعائم رئيسية لبرمجة تطبيقاته المختلفة، هي:

أولًا: البحث عن اكتشاف الحلول (Heuristic search): ارتكزت التطبيقات الأولى في الذكاء الاصطناعي على تصميم البرامج المفتقرة إلى البحث عن اكتشاف الحلول للمشاكل، ومن مهام تطبيقات الذكاء الاصطناعي المرتبطة بحل المشاكل: تحليل الأوضاع، وفهم اللغة الطبيعية، وتخطيط المهام، ونظم الخبرة، واسترجاع المعلومات، ولعب المباريات.

وتنقسم مهام البحث عن اكتشاف الحلول للمشاكل إلى نوعين أساسيين، هما: الأول: تركيب(synthesis) مجموعة من التصرفات، والأفعال في إطار خطة معينة حتى تساعد على تحقيق أهداف هذه الخطة، الآخر: الاستنتاج (eduction)، أي: استنباط النتائج من البيانات أو الفروض المعينة، وتُصاغ كثير من المهام على شكل أسئلة وإجاباتها، تربط بالهدف المطلوب، وكيفية تحققه.

ثانيًا: المنطق الآلي (computational logic): ويتمثل المنطق الآلي في تطوير برامج الحاسب؛ لاستنتاج الحقائق التي لم تُعرض بطريقة ظاهرية، ولكنها تُعرض بطريقة ضمنية عن طريق حقائق أخرى معروضة، فعلى سبيل المثال قد يستخدم الإنسان الآلي

المتسم بالذكاء حقائق منطقية عند بيئته؛ لكي يستنتج كيف يُمكنه الوصول إلى الحالة المستهدفة بصفة أساسية.

ثالثًا: عرض المعرفة وتمثيلها (logic representation): وتعتبر من أهم خصائص الذكاء الاصطناعي، بل تُعد المحور الأساسي له، وتهتم بتمكين الآلة من التفكير واتخاذ القرار، إذ يتم جمع وتخزين هذه المعاني التي تكتسبها الآلة في قاعدة بيانات تُستخدم لتبادل المعرفة وإدارتها.

مجالات الذكاء الاصطناعي[11]:

تعددت مجالات استخدام الذكاء الاصطناعي؛ نتيجة مشاركة فئات كثير من الباحثين والعلماء في علوم الحاسب، والرياضيات، والطبيعة، وعلم النفس، واللغة، وغيرها من العلوم، ومن أهم هذه المجالات، والتطبيقات:

- التعرف الآلي على الكلام (data recognition): والقصد منه إمكانية الاتصالات الناطقة مع الحاسوب، وفَهْم كل ما يُقال له.
- التعلم الآلي (Machine Learning): ويرتكز التعلم الآلي على تطوير برامج الحاسب، بحيث يستطيع الوصول إلى البيانات، واستخدامها لتعليم أنفسها بشكل آلي.
- الحفظ الآلي (Automatic saving): والمقصود منه إعداد أنظمة تُمكن الحاسوب من الحفظ.
- النماذج والقوالب للتفكير (Models Thinking): ويحتوي هذا المجال على أنواع عديدة من النماذج المحققة لكل نوع من أنواع التفكير الإنساني، والتي تُمكن الحاسوب من التفكير مثل الإنسان.
- الشبكات العصبية (Neural networks): والغرض منه صنع مخ مزيف مكون من مفاتيح كثيرة تشبه الخلايا العصبية عند الإنسان قادرة على التعلم، والحفظ، واتخاذ القرار.
- الذكاء الاصطناعي الموزع (TAD): والمقصود منه تقليد العمل الجماعي للإنسان لحل مشكلة ما.

- الفهم الآلي للغة أو المعالجة الطبيعية (language recognition and natural processing): والغرض منه التعرف على كل ما يُكتب بطريقة تلقائية دون الارتباط بأي قواعد صارمة.
- الترجمة الآلية (Automatic translation): وهي ترجمة ونقل المعلومات من لغة إلى أخرى بطريقة سريعة وآلية.
- التعرف على رد فعل الوجه (Auto translation): وهو عبارة عن جمع خوارزميات معقدة، وتقنيات معالجة الصور؛ للحصول على فهم أعمق لمشاعر الإنسان من خلال صور الوجه.
- الألعاب الحاسوبية (Computer games): وقد فاز برنامج الحاسوب المسمى "ديب بلو" المتخصص في لعب الشطرنج على بطل العالم الروسي الشهير " Gary Kusparo".
- تكنولوجيا الإنسان الآلي (Robotics): وتُعد تكنولوجيا الإنسان الآلي من أكثر تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي تقدمًا من حيث التطبيقات التي تقوم بحل المشكلات.
- نظم المعرفة أو نظم الخبرة (Knowledge or Expert Systems): يُعد إدخال الخبرة المكتسبة في مجال معين في برامج الحاسب من أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تهدف إلى حل المشكلات الصعبة بأسلوب يشبه الأسلوب البشري، كمستشار أو خبير الكتروني يمتلك مهارة خاصة للمستخدمين للإجابة على تساؤلاتهم.

المبحث الثاني: معالجة اللغة الطبيعية

مفهوم معالجة اللغة الطبيعية:

إن اللغات الطبيعية (Natural Languages) مصطلح يُطلق على اللغات البشرية السائدة سواء أكانت منطوقة أم مكتوبة، وتتم معالجة اللغة الطبيعية في الحاسبات من خلال دراسة نَظْم اللغات الطبيعية المكتوبة، والمنطوقة؛ بهدف التعرف على مكوناتها، وتوضيح العلاقات بين هذه المكونات في محاولة لجعل الحاسب قادرًا على فهم الكلام والاستجابة له من خلال توليد الكلام مسموعًا ومكتوبًا؛ لجعل عملية التخاطب بين الإنسان والحاسب أكثر سهولة[12].

مراحل تطور معالجة اللغات الطبيعية:

تُعد أولى محاولات العلماء لمنح الآلة صفة التواصل مع الإنسان في أواخر الأربعينات حين طرح العالم الأمريكي (وارن ويفر Warren Weavar) اقتراحًا مبتكرًا لحل مشكلات الترجمة بين اللغات، وتعليم الآلة محاكاة المترجم البشري[13] ، ثم تحولت إلى مشروع علمي عام (1951) في معهد ماساشوستش للتقنية (M.I.T)، وكان عام (1954) الميلاد الفعلي للترجمة الآلية، إذ سرعان ما انتقل الاهتمام بها إلى المراكز البحثية والجامعية في أوروبا والاتحاد السوفيتي، ودخل القطاع الخاص_ التجاري_ في السبعينات منافسًا لتلك المراكز العلمية في العناية بالترجمة الآلية[14]، لاسيما بعد أن تطورت النظريات الإحصائية، والرياضية؛ لدارسة اللغة في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، حيث ظهر علم جديد أُطلق عليه اسم اللسانيات الحاسوبية، يعمل على تطبيق التقنيات الحاسوبية الحديثة في مجال اللغة والترجمة، مستفيدين من النظريات الجديدة في مجال اللغة، و خصوصًا تلك النظريات التي وضعها العالم الأمريكي" نعوم تشومسكي" في بحوثه المشهورة ، وهي: تركيب السياق عام (1957) ، وجوانب السياق (1965)، وتأملات لغوية (1975)، فضلًا عن تطور نظريات فهم معنى الجملة، وظهور ما يسمى بالنحو التحويلي الذي يجعل جملة ما تحمل مفهومًا معينًا، أ

ومعنى معينًا يطلق عليه التركيب العميق، ويتعرض لسلسة من التحويلات وفق قواعد معينة لإنتاج عدة جمل جديدة منها؛ بغرض فهم معنى الجملة الأصلية[15].

وقد تدرج هذا الالتقاء بين الحاسب واللغة حتى وصل إلى هذه الدرجة من التفاعل والامتزاج لعدة أسباب ذكرها الدكتور "نبيل علي" في كتابه "العرب وعصر المعلومات"[16]، على النحو التالي :

- التقدم العلمي في تقنيات الحاسب، ومكوناته، ولغات برمجته، وأساليب الذكاء الاصطناعي.
- الاستعانة باللغات البشرية في تصميم لغات برمجة راقية تتسم بالقوة والمرونة.
- انتشار الحاسبات الشخصية والمنزلية بشكل يحتم ضرورة التعامل معها بلغة طبيعية.
- ظهور النظم الآلية الخبيرة التي تستطيع تقديم الاستشارات الفنية والقانونية، والنظم الآلية للتعليم الذاتي، والتي تتطلب قدرة على الحوار مع المستخدم البشرى بلغة سهلة مثل لغته الطبيعية.
- التطور الهائل في علوم اللغويات، وخضوعها للمعالجة الرياضية، والمنطقية.

أقسام معالجة اللغة الطبيعية:

تنقسم منظومة معالجة اللغات الطبيعية إلى قسمين أساسيين:

الأول: مساعدة الآلة على فهم اللغات الطبيعية، وترجمتها بشكل صحيح، وقد تعددت النماذج التي قُدِّمت لتفسير عملية فَهْم الكلام المكتوب والمنطوق وتوليده، ومن أشهر هذه النماذج: نموذج الطبقات السبع الذي يتولى تفسير فهم الإنسان للغة، ويمر بسبع مراحل متتالية، مرحلة تحليل الصوت، تحليل تركيب الجملة، تحديد معنى الجملة، تركيب الجمل والعبارات، انتقاء المعاني الصحيحة للجملة، انتقاء المعاني التي تتفق مع سياق موضوع الكلام، وأخيرًا مرحلة تضمين تأثيرات البيئة الثقافية والاجتماعية في الكلام.

الآخر: قدرة الآلة على إنتاج اللغة الطبيعية بحيث يستطيع البشر فهمها بسهولة.[17]

المبحث الثالث: معالجة اللغة العربية

خصائص اللغة العربية:

للغة العربية مكانة عظيمة ومنزلة رفيعة، فهي لغة القرآن الكريم، والسنة النبوية الشريفة، نزل بها القرآن الكريم فنالت بذلك شرفًا عظيمًا أكسبها الخلود والبقاء إلى يوم الدين، فهي وعاء الثقافة، ورمز الهوية، وعنوان تقدم الأمة وازدهارها حضاريًا وثقافيًا وفكريًا، بل هي مصدر عزها وبقائها، ومن ثمَّ لزم الحفاظ عليها، وحمايتها، والعمل على انتشارها، و اللحاق بركب التقدم والتطور في ميدان تعلم اللغات، وتعليمها، وربط جسر التواصل بين اللغة العربية وبين بقية العالم في هذا المجال، إذ إن التحديات العلمية واللغوية تقع على عاتق الأمة، ومجامعها اللغوية، والعلمية مسؤولية الدخول في عصر المعلوماتية مستعينة بعلماء الحاسوب، والمتخصصين بأنظمة الذكاء الاصطناعي، معتمدة على بحوث ودراسات في مجال التقنيات اللغوية، خاصة وأن اللغة العربية تتسم عن غيرها من اللغات بتوازن في معظم خصائصها اللغوية مما يجعلها في منطقة متوسطة بين كثير من المحاور التي تحدد مجالات التنوع اللغوي، فامتازت عن غيرها من اللغات ببناء رياضي فريدي يجعلها طيِّعة سهلة الانقياد لمطالب الحاسوب، فمعجمها يعتمد على الجذور، وصرفها اشتقاقي يتميز بكثرة مشتقاتها في الأفعال والأسماء مما يسمح لها باستيعاب أي مصطلح جديد، والتعبير عنه بطريقة تلقائية مبسطة لا تتوافر لأي لغة أخرى، فضلًا عن الصلة الوثيقة بين المبنى والمعنى، فلو قُورنت اللغة العربية باللغة الانجليزية على سبيل التمثيل في عدد كلماتها لوجدنا أن إجمالي عدد الكلمات بالإنجليزية يتراوح بين أربعمائة إلى خمسمائة ألف كلمة مستخدمة، بينما تتعدى الكلمات المستخدمة في اللغة العربية عدة ملايين من الكلمات، وجذورها أقل، يضاف إلى ذلك تركيبات السوابق واللواحق تمثل في اللغة العربية ثراء لا حد له، كما أن البناء النحوي للغة العربية يمثل عمقًا دلاليًا لا نظير له[18]، كل ذلك جعلها لا تتخلف كثيرًا عن مثيلاتها في اللغات الأخرى بل تتميز عنها.

مجالات معالجة اللغة العربية:

تتجلى أهمية معالجة اللغة العربية باستخدام الذكاء الاصطناعي في تعدد مجالات استخدامه لخدمة اللغة العربية، والتي تتمثل في:

- **التحليل الصرفي**: يقوم بتحليل الكلمة لمعرفة جذرها، ووزنها الصرفي، وما طرأ عليها من زيادة، أو نقصان، أو إعلال، أو إبدال، أو إدغام، أو قلب، بالإضافة إلى معرفة ما اتصل بها من سوابق ونوع تلك السوابق، وما لحقها من ضمائر، أو لواحق، ومكونات تلك الضمائر واللواحق، ومعرفة نوع الكلمة نفسها؛ اسمًا أو فعلًا أو حرفًا، إلى غير ذلك من التوصيفات الصرفية التي تخص كل قسم من أقسام الكلم العربي.
- **التحليل النحوي**: يهتم بعلاقة الكلمات بعضها مع بعض، وتركيب الجملة، وغيرها من المعلومات النحوية، ويعتمد على المرحلة الصرفية.
- **التحليل الدلالي**: يعني بالوجوه الممكنة من المعاني التي يُمكن أن ترد عليها المفردات المكونة للجملة، كالمجاز، والكناية، والاستعارة.
- **المشكِّل الآلي**: يعمل على تشكيل الجمل، والنصوص العربية.
- **العتاد اللساني (المحارف العربية)**: يسعى إعداد برامج موائمة للكتابة العربية، قائمة على حرف عربي آلي مُوحَّد في لوحة المفاتيح.
- **التحليل الصوتي**: يقوم المحلل الصوتي بالتعرف على الحروف المنطوقة اعتماداً على بناء المعطيات الصوتية، وتطبيق طرائق المعالجة المختلفة للإشارة الكلامية الناتجة، ومن ثمَّ التعرف على الكلمات المنفصلة، وذلك من خلال بناء البرمجيات، وتصميم شبكة عصبية.
- **برامج البحث العلمي**: تهدف إلى استغلال ما يوفره العتاد اللساني بغية ميكنة اللغات الطبيعية، ومن ضمنها اللغة العربية، وتعد المكتبة الرقمية السعودية من أضخم المكتبات الالكترونية في العالم العربي حيث تضم أكثر (200) مليون مادة مسجلة، و(680) ألف كتاب رقمي في مختلف التخصصات العلمية، وأكثر من (160) ألف دورية،

وأكثر من (9) ملايين بحثًا، و(57) مليون تقريرًا في جميع المجالات والتخصصات، و(63) مليون مقالة.

- **التعرُّف البصري على الحروف**: يهدف إلى "إكساب الحاسب مهارة قراءة المحارف قراءة صحيحة، سواء كانت مطبوعة، أو مكتوبة باليد، ويعتمد على قواعد خوارزمية صورية تقوم بتقطيع النص وتجزئته؛ بُغية التعرف على الحروف، ويواجه البرنامج مشكلةَ اعتماد اللغة العربية على الحركات، وتعدُّد الضمائر.
- **التوليف الصوتي**: يهدف إلى إكساب الحاسب مهارة القراءة الصوتية للنصوص المدخلة سواء عن طريق لوحة المفاتيح، أو طريق القارئ الآلي، ولهذه التقنية عدة استخدامات منها: مساعدة المعوقين على النطق، التحقق من هوية المتكلم، الترجمة الآلية الشفوية وخاصة عن طريق الهاتف، تدريب متعلمي اللغة العربية على النطق الصحيح بأصواتها وحركاتها[19]، ولعل اعتماد اللغة العربية على الصوامت دون الصوائت خاصية جعلتها أكثر اللغات استجابة للحوسبة؛ شريطة استكمال العتاد اللساني القدرة على استيعاب الخصائص العملية.

وقد دخلت هذه التطبيقات في بدايتها لتعمل على اللغة العربية، ففي البداية قدمت الشركة الرائدة في مجال البرمجيات(جوجل) هذه الخدمة؛ لتسهيل عمليات البحث على ذوي الاحتياجات الخاصة، وما لبث بعض البرمجين أن طوروا هذه الأدوات لأغراض ربحية، وبقيت مشكلة عظمى وهي أن كل هذه البرامج لا تُراعي خصوصية اللغة العربية، فهي لا تُراعي التباديل الصوتية التي تتميز بها اللغة العربية عن غيرها، كالإخفاء الشفوي، والإقلاب، والإبدال، وغيرها من القوانين الصوتية للغة، ومن ثمَّ فإن هذه التطبيقات تحتاج لمزيد من الجهود العربية لمراعاة ذلك.[20]

- **الإملاء الآلي**: ويهدف إلى تمكين المتدرِّبين على اللغة العربية من النطق الصحيح لأصواتها بحركاتها المناسبة، وتمكين المعوَّقين من النطق باللغة العربية، وتحقيق الترجمة الآلية الشفوية، وخاصة عن طريق الهاتف.

- **المدقق الإملائي**: ويهدف إلى تعُّرف الحاسب على بنية الكلمة العربية من خلال القواعد التي يضعها اللسانيّون، وما خُزِّن من قواعد عربية في ذاكرة الحاسب، ولم يصل اللغويون والبرمجيون في هذا المجال إلى نتائج مرضية، فهناك بعض البرامج والمواقع على الشبكة العنكبوتية تقوم بعملية التدقيق اللغوي، على سبيل المثال: موقع (اكتب صح www.ekteb.sa7.com).
- **تحليل النصوص**: يهدف إلى تحديد الأفكار الأساسية، وتسهيل عمليات البحث عن المعلومات، وهذه البرامج مصممة للبحث في النصوص باللغة العربية، ويتميز بقدرته على فك الكلمات العربية إلى أصولها، وجذورها.
- **التحليل العروضي للأبيات الشعرية**: وتعني بتقطيع الأبيات الشعرية تقطيعًا عروضيًا، ونسبة كل بيت شعري إلى بحره العروضي، ومن أمثلته: برنامج"روان"، و"ميازين".
- **الترجمة الآلية**: وتُعرف بأنها تدخل الذكاء الاصطناعي لأداء الترجمة عن طريق الأنماط اللغوية بفعل التراكيب التي يسترجعها الحاسوب، وتهدف إلى تسهيل تعليم اللغة العربية لغير الناطقين بها.
- **المعاجم الحاسوبية**: وهو عبارة عن قاعدة بيانات لغوية مشفرة يشمل جميع المستويات اللسانية (الأصوات، والصرف، والتركيب)، يستطيع الباحث من خلالها استدعاء معنى الكلمة آليًا بشكل سريع.

ولم يكن دخول مجال حوسبة المعجم العربي حديثًا، إذ كان أول دخول لهم في سبعينات القرن الماضي، وذلك من خلال عقد المؤتمرات، والندوات العالمية والعربية، ويُعد على رأس المشتغلين بحوسبة الدراسات اللغوية الدكتور/ عبدالرحمن الحاج صالح، الذي قدم عدة أعمال رائدة حول المعالجة الآلية للنصوص العربية وغيرها.[21]

- **التعليم**: يمكن تقسيم برامج التعليم إلى نوعين:

الأول: برامج محلية: والمقصود بها وضع برامج تعليمية على أجهزة الحاسوب، وفتح المجال للمتعلمين للتفاعل مع الجهاز الذي يتحول إلى القيام بدور المعلم، والذي يُسهم في عملية التعليم الذاتي.

الثاني: التعليم عن بُعد عن طريق الإنترنت؛ والمقصود به تطوير برامج تُوضع على الإنترنت؛ بهدف تعليم أكبر عدد من المتعلمين، والذي يهدف إلى توسيع الحوار المباشر بين أكبر قدر ممكن من المتعلمين، تُمكنهم من تبادل الآراء[22]، ومن أمثلة ذلك: برنامج (Blackboard) المستخدم في جامعة المجمعة، والذي ساهم في تحسين العملية التعليمية في الجامعة، وترسيخ التعليم الذاتي.

تلك هي أهم مجالات معالجة اللغة العربية، وسنعرض لاحقًا أهم هذه التطبيقات في المجالات المختلفة.

مراحل تطور معالجة اللغة العربية:

اعتمدت لغات البرمجة منذ قديم الأزل على لغات غير طبيعية، وكان على المستخدم أن يلم بخواص اللغة التي يستخدمها الحاسب، وما بها من مصطلحات ورموز، ثم تتطور الأمر بعد ذلك وأصبحت الحاجة ماسة لإيجاد أسلوب يُمَكِن مستخدم الحاسب تعلُّم لغة جديدة ، فاتجهت إلى منظومات اللغات الطبيعية المكتوبة، ولما أصبح الحاسوب تقنية معتمدة في كتابة النصوص باللغة العربية اضطر المبرمجون إلى تصميم برامج تُمَكِن المستخدم العربي من هذه التقنية باللغة العربية، وفي مقدمتها صناعة الحرف العربي آليًا، وتنميط لوحة المفاتيح وفق خوارزميات تُمكنه من التحكم في حجم البنط وتغييره، بالإضافة إلى توحيد لوحة المفاتيح العربية بين مختلف الدول العربية تيسيرًا لنقل البيانات بين الحواسيب باللغة العربية، ونشرها، وحفظ الوثائق المدخلة على الحاسوب، وفي هذا الإطار قامت منظمة عربية عُرفت بمنظمة "المواصفات" بوضع شفرات المحارف الخاصة بتنميط لوحات المفاتيح الحاسوبية[23]، وكان ذلك في أواخر الستينات.

كما ظهر في هذه الآونة بعض المراكز لمعالجة البيانات كمركز (AMAC) التابع لمؤسسة الأهرام بمصر، ومركز الكمبيوتر العربي (PACC) بالكويت، ومركز الكمبيوتر الأردني، إلا أن نشاط هذه المراكز قد تقلص عملها نتيجة لانتشار الحاسبات الشخصية، وقيام كثير من عملائها بإنشاء مراكز معلومات خاصة بهم[24]، ثم توالت برامج التعريب، ومن هذه التجارب: تجربة المركز القومي للحاسبات الإلكترونية بالعراق،

وتجربة مركز التوثيق الإعلامي لدول الخليج العربي؛ لتوفير قاعدة بيانات تتعامل مع اللغة العربية للاستخدامات المكتبية وتطويرها[25]، فأدرك الباحثون في هذه الآونة أن معالجة اللغة العربية بواسطة الآلة يتطلب مراعاة عدة أمور، أهمها:

- الاتفاق على شفرة عربية موحدة لرموز الكتابة.
- توحيد مخططات لوحات المفاتيح العربية، وثنائية اللغة (عربي/انجليزي، عربي/فرنسي).
- تقييس الأشكال المختلفة للحروف العربية (عدد أشكال كل حرف، والأشكال الرئيسية).
- توحيد أسلوب تحويل الكتابة العربية إلى كتابة صوتية.[26]

أما في السبعينات، فتُعد محاولة الدكتور/ بشاي _الأستاذ بجامعة هارفرد _أول محاولة عربية لتطوير الترجمة من الإنجليزية إلى العربية، والذي كان يهدف منها إلى تحرير النص الإنجليزي قبل ترجمته آليًا إلى اللغة العربية، ونظرًا لتكلفة هذا التحرير من حيث الجهد، والمال، والوقت لم يلق البرنامج قبولًا يشجعه على الاستمرار.[27]

وفي عام (1973) شكل مَجْمَع اللغة العربية بجمهورية مصر العربية فريقًا من أساتذة علميين ولغويين لاستيعاب العلوم الحديثة بإبدال الألفاظ بألفاظ عربية الأصل، أو معربة تعريبًا علميًا سليمًا يقبله اللسان العربي.[28].

وفي عام (1977) تم إصدار مرسوم بإنشاء المركز الوطني السعودي للعلوم والتقنية، والذي تم تعديل مسماه فيما بعد بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، ويعمل المركز على بناء وتطوير البنك الآلي للمصطلحات العربية، ويتمثل نشاط البنك فيما يلي:

- قاعدة البيانات للمصطلحات الآلية، وتشمل المصطلح، ومصدره، وتاريخه، والمكان الذي استعمل فيه أول مرة، والمقابل له في اللغات الأخرى.
- قاعدة بيانات الكتب العلمية (المؤلفة والمترجمة) الموجودة بالمملكة وخارجها، وبلغ النتاج المترجم في المملكة حتى عام (2007) إلى ما يقرب (2200) كتاب، أي بمعدل (52) كتابًا سنويًا[29].

كما دعم المركز مشروعًا أجراه (الأطرم)، واستغرق فيه عامين لتحليل الظواهر اللغوية في عناوين المقالات ببعض الدوريات العربية، وآثارها على كفاية نظام واسترجاع المعلومات، ونُشر هذا البحث في مجلدين بعنوان: "كفاءة اللغة الطبيعية في تكشيف واسترجاع الوثائق العربية".[30]

وفي الثمانينات شرع الباحثون في تطوير خوارزميات معالجة اللغة العربية، وفي هذا المجال قدمت هيئات علمية مثل: مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية بالجزائر، ومركز الحاسوب بجامعة محمد الخامس بالمغرب أعمالًا نظرية معتبرة، حاولت وضع القواعد المناسبة بتطوير المحللات الصرفية، والدلالية، والنحوية التي تضبط اللغة، والتوليد الآلي للمعاجم، والترجمة الآلية[31]، بالإضافة إلى المشروع الذي أطلقته شبكة بيانات المؤتمر الإسلامي (OTCS_NET)، حيث بدأت المنظمة بوضع محطات لشبكتها في بعض الدول الإسلامية ، والتنسيق مع البلدان الأخرى؛ لتبادل المعلومات التي تهتم بالعالم الإسلامي.[32]

- ومنه أيضًا: مشروع "المعجم العربي الحديث"، حيث خصص الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي حوالي (300 ألف دولار) كدفعة أولى عام (1987) لإنجاز معجم عربي حديث[33].
- ومنه أيضًا: "نظام ابن النديم" الآلي لتنظيم واسترجاع الكتب العربية، ودمجها مع الكتب الأجنبية في قاعدة معلومات واحدة، وقد بدأ تنفيذ هذا المشروع عام (1988)[34].

وفي بداية التسعينات حققت مؤسسة صخر نقلة نوعية في معالجة اللغة العربية، فكانت نواة لإنجاز برمجيات عربية مكتبية على أقراص الليزر، مثل: برامج الناشر المكتبي، والقرآن الكريم، والحديث النبوي، والمواريث، وبرنامج المحلل النحوي، وبرنامج المشكّل الآلي، وبرنامج المفهرس الآلي، وبرنامج القارئ الآلي، وبرنامج الترجمة الآلية، ونظام (Arab dox) الشامل لمعالجة الوثائق العربية مع فهرستها آليًا، وأنجزت ثلاثة نظم: (www.al.Islam.com . ajeeb.com . Johaina.com)،

وانتقلت في نهاية التسعينات إلى التركيز على شبكة الإنترنت كأبرز وسيلة متداولة في العالم، فأنشأت "السندباد" متصفح على موقع صخر[35].

- ومنه مشروع " الوراق" (www.alwaraq.com): والذي يهدف إلى تكوين أول موقع استراتيجي من نوعه باللغة العربية على الإنترنت، وتم نشر (600) كتابًا على الشبكة الدولية، بلغ عدد صفحاتها أكثر من مليون صفحة[36].
- برنامج "المترجم العربي (ATA) للترجمة، صدر لأول مرة عام (1996)، ويتضمن عددًا من المعاجم المحققة[37].
- مشروع مركز مكي جمعة الماجد (الإمارات المتحدة)، ومن إنجازاته على سبيل الخصوص تصوير بواسطة كاميرا رقمية أكثر من (3000) مخطوطًا.
- ومشروع مركز الجهوري للبرمجيات، وهندسة المعلومات عام (1997)، صدر عن المركز مجموعة من الأقراص الضوئية بعنوان "ذخيرة الحضارة الإسلامية"[38] .
- ومنه برنامج "القلم الضوئي العربي" للتعرف على النص العربي، أصدرته شركة دار حوسبة النص بالأردن.

أما في العقدين الأخيرين من القرن العشرين فقد حظيت اللغة العربية باهتمام واسع من المختصين في علمي اللغة، والحاسوب؛ من أجل اختيار الصياغات الشكلية الرياضية التي تلائم تطبيقاتها، ومعالجتها حاسوبيًا، إذ كانت جهود الباحثين آنذاك منصبة على تطوير المنهجيات اللغوية لصياغة اللغة العربية في النحو، والصرف، والدلالة، والمعجم وفق منهجيات علم اللسانيات.

واقع اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي:

يشهد العقد الحالي من القرن العشرين تدفقًا سريعًا للغاية لتطبيقات تكنولوجيا المعلومات من نظم تشغيل، وبرامج، وتطبيقات، منها:

- كاشف إيماءات العين (Eye Gesture Detection): براءة دولية باسم جامعة المجمعة عام (2019) برقم (19147263) المسجل بمكتب البراءات الدولية بالمملكة المتحدة، ويخدم هذا التطبيق شريحة مهمة من المجتمع الإنساني،

وهي شريحة مرضى الإعاقات الذين فقدوا القدرة على التواصل اللفظي والحركي بسبب الشلل التام، كمرضى الجلطات الدماغية ومن في حكمهم، ويستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي عبر خوارزميات لتحويل إيماءات العين على مؤشر يستطيع المرور على حروف أبجدية موجودة مسبقًا على شاشة عرض أمام المريض.

- برنامج الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية، ويعتبر هذا البرنامج بمثابة نظام حاسوبي لتوليد المفردات العربية (الفعل، والاسم، والحرف)، بتوظيف لغات برمجية مختلفة.
- برنامج "الخليل" للتحليل الصرفي في اللغة العربية، وهو عبارة عن برمجة خوارزمية لتحليل الكلمات العربية باستخدام تقنيات حاسوبية، وتم إنتاجه بدعم من المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم بالتعاون مع شركاء عرب.
- برنامج "إبصار"، وهو عبارة عن حل متكامل للمعاقين بصريًا والمكفوفين، ويعتمد على محركات صخر للتعرف الضوئي على الحروف، وتحويل النصوص إلى كلام منطوق.
- برنامج (Arab Morpho): يحلل هذا البرنامج الوحدات الصرفية والمعجمية باستخدام المقاطع، وهو من إنتاج آر دي آي.
- برنامج محرك البحث النصي العربي (Swift): عبارة عن محرك بحث اشتقاقي في النصوص العربية.
- برنامج التشكيل الآلي (Arabic Piac): أنتجته شركة آر دي آي، ويقوم بتشكيل النص العربي بنسبة دقة تصل إلى 96%.
- مدقق (دال) الإملائي: ويحتوي على (54000) فعلًا، و(30000) اسمًا، وأكثر من (500) مليون شكل تصريفي للكلمة.
- برنامج (Arab Diction): يقوم بتحليل الكلمات العربية إلى وحداتها الصرفية، ومن ثمَّ ربط كل الأشكال الصرفية بمادة المعجم المقابلة لها، والتي تعتمد على الجذور.

- مبادرة مجمع اللغة العربية الافتراضي بالمدينة المنورة، والتي تسعى إلى نشر الوعي اللغوي، وتحليل النصوص اللغوية، وجمع اللهجات العربية المعاصرة، وتقريبها من بالفصحى.
- مبادرة تصنيف معجم العربية الشامل، بالتعاون مع الجامعة الإسلامية بالمدينة المنورة، ومركز الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
- مبادرة الأديب الرقمي بجامعة حائل، وتهدف إلى تحويل النص الإبداعي إلى نص مرئي.
- مشروع النص الرقمي، الذي أعلنه نادي جدة الثقافي الأدبي بهدف حفظ النص الرقمي العربي المنشور على شبكة الإنترنت، ومواقع التواصل الاجتماعي التابعة للنادي.
- برنامج "المسبار" لترجمة النصوص الطويلة، ومواقع الإنترنت، وهو مشتق من المترجم العربي.
- نظام "صخر آلو": ويقوم بتمييز أسماء الموظفين المطلوب الاتصال بهم، وبقراءة رسائل البريد الالكتروني، وتحويل الرسائل النصية عبر الهواتف المحمولة إلى كلام منطوق والعكس.
- مشروع "ذاكرة العالم العربي": ويهدف إلى توثيق تراث العالم العربي، ويشترك في المشروع أكثر من (55) مؤسسة مشاركة، ويشترك جميع الدول العربية في هذا المشروع عدا جزر القمر.
- برنامج بيليو إسلام (WWW.biblioislam.nt): ويتضمن (50000) مادة بحثية.
- المكنز الدولي للغة العربية: وهو محاولة من مكتبة الإسكندرية بمصر لبناء مكنز عربي حديث يحتوي على (100) مليون كلمة.

- مكنز العربية الفصحى (Classical Arabic Group): ويحتوي على خمس ملايين كلمة، ويتكون من نصوص تتضمن أبيات شعرية قصيرة من بداية العصر الإسلامي حتى القرن الحادي عشر.
- مكنز نيملار (www.nemlar.org): ويهدف إلى دعم وتطوير موارد، وألفاظ اللغة العربية، وغيرها من اللغات.
- تطبيق (Google Assistant): المساعد الشخصي في الهواتف التي تعمل بنظام (Android)، والذي يعمل على تحويل الكلام المنطوق إلى صيغة قابلة للقراءة الآلية.
- الناقل العربي الذي طورته شركة سيموس العربية في باريس، والذي يعني بالترجمة بين الإنجليزية والعربية، والفرنسية والعربية.
- مكنز العربية العلمية العامة (Thesaurus of the general scientific Arabic): ويهدف لدراسة صياغة المصطلحات العلمية والتقنية في اللغة العربية.
- المدونة العربية لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية السعودية.
- برنامج الفهرسة الآلية للكتب.
- برنامج الترجمة الصوتية لأسماء الأعلام المكتوبة بالحروف اللاتينية.
- تطبيق الوافي الصرفي على هواتف أيفون، من شركة آبل.
- قاموس زاد التعليمي الالكتروني.
- المترجم الفوري (Lingo).
- برنامج المترجم الكافي.
- برنامج سفير.
- نظام البحث في النصوص العربية "الهدهد".
- قاموس الوافي المدرسي.

يتضح مما سبق عرضه أن البرمجيات العربية تتقدم بشكل ملحوظ، وأن السوق العربية زاخرة بالبرمجيات المختلفة في كافة المجالات ، يضاف إلى ذلك الخدمات التي

تقدمها المؤسسات العربية، والتجارب العربية في مجال استخدام اللغة العربية في نظم استرجاع المعلومات، وإجراء البحوث لمعالجة المشكلات التي تواجه اللغة العربية، وتصميم أنظمة لمعالجتها وحوسبتها، وفي مقدمتها كتاب "العرب وعصر المعلومات" للدكتور/نبيل علي، والذي يُعد أول عمل عربي في اللغويات الحاسوبية، وكتاب "اللغة العربية والحاسوب" للحناش، وغيرها من الجهود التي لا يتسع المقام لذكرها.

تحديات معالجة اللغة العربية:

تعتبر معالجة اللغات الطبيعية بشكل عام، واللغة العربية بصفة خاصة من أكثر المجالات تعقيدًا للذكاء الاصطناعي، إذ أن اللغات الطبيعية تحتاج إلى فهم عميق لهذه اللغات التي هي مرآة للفكر البشري، بالإضافة إلى زيادة الألفة والتفاعل بين لغة الحاسب ولغة البشر[39].

وعلى الجانب الآخر فإن الذكاء الاصطناعي يواجه بعض التحديات عند معالجة اللغة العربية منها:

- يعتبر الحاسب الآلي آلة محدودة بالمكان والزمان والطاقة، ويعمل ببرنامج محدود غير قابل للاقتباس.
- عدم اكتمال البنية التحتية للاتصالات والحاسوب، والتي تظهر على شكل عراقيل تواجه المستعْمِل العربي.
- تعدد اللهجات العربية، واختلافها مع اللغة العربية الفصحى، وذلك عكس اللغات الأخرى التي ليس لديها لهجات كثيرة.
- اللغة العربية واللغة العامية، إذ ليس هناك طريقة موحدة في الكتابة، مما يؤدي إلى تداخل في الكتابة لا يستوعبها نظام الحاسوب.
- التزايد الكبير في عدد العلوم والتكنولوجيات التطبيقية، والتي لا يوجد لها في أغلب الأحيان مكانًا على خارطة المعارف العربية.
- تعدد معاني الكلمة الواحدة، حيث يتحدد معنى الكلمة حسب موقعها في الجملة أو السياق، بالإضافة إلى مشكلة الضمائر.

- العبارات الطلبية يتحدد معناها على الموقف الاستعمالي لها، ويصعب علي الحاسب الآلي أن يفهم ذلك، أو يفسره.
- صنعة الجملة العربية في ترتيب مكوناتها، مما يجعل من الصعب التيقن من المعنى المقصود إلا في نهايتها.

استشراف مستقبل اللغة العربية في القرن الحادي والعشرين:

إن استشراف المستقبل هو الطريق المستقيم لمواجهة تحديات القرن الحادي والعشرين، والتخطيط اللغوي لمواجهة تحديات معالجة اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي أضحى مطلبًا ضروريًا، وملحًا لمواكبة عصر الثورة التكنولوجية، والمعلوماتية الفائقة السرعة، فتقدم الأمم يقوم على ما تمتلكه من رصيد قومي معرفي، وهذا يتطلب منا العمل الدؤوب على تهيئة اللغة العربية لمتطلبات معالجتها آليًا، وتسخير التكنولوجيا للتعامل معها بخصائصها الصرفية، والنحوية، والدلالية، كما أن نشر الثقافة العربية لن يكون إلا بلغة بسيطة ميسرة مع توافر آلية عربية لجهاز مصطلحي عربي في كل العلوم.

يضاف إلى ذلك التعاون الفعَّال بين علماء الحاسوب، وخبراء المعلومات، والذكاء الاصطناعي، واللغويين في استحداث مشروعات بحثية مشتركة تعالج المشكلات الناتجة عن المعالجة للعربية، واستحداث وسائل متقدمة للفهرسة، والتلخيص، والبحث، واستخدام آلية الذكاء الاصطناعي في تحليل النصوص العربية، وفهمها آليًا، وتطوير الآليات المتوافرة، وتحسينها، وهذا يتطلب تضافر جهود المؤسسات العربية الحكومية، ومجامع اللغة العربية في مختلف الدول العربية بعقد الندوات، والمؤتمرات، والمعارض المخصصة باللغة العربية والذكاء الاصطناعي، كمعرض جامعة أم القرى تحت مسمى "اللغة العربية والذكاء الاصطناعي" والذي يُعد أول معرضًا من نوعه في العالم العربي.

بالإضافة إلى إنشاء مراكز البحوث التقنية المدعومة من الحكومات العربية، فلو تتبعنا الجهود التي تمت في هذا المجال حتى وقتنا الحالي لوجدنا أن أغلب هذه الجهود تجارية من الشركات الخاصة، أو مبادرات من المنظمات الأجنبية والغربية ، أو تجارب

فردية دون تنسيق بين مختلف الجهات تحت مظلة عربية موحدة، فعلى الرغم من جهود الخبراء والمختصين في آلية استخدام اللغة العربية في مجال المعلوماتية، وتعريب البرمجيات لوضع إطار تقنية المعلومات من منظور لغوي في مجال الترجمة الآلية، واللسانيات بمختلف مستوياتها: المعجمية، والدلالية، والصرفية، والنحوية، إلا أنها تفتقد التنفيذ، والدعم من الهيئات والحكومات العربية، والعمل الجاد؛ لتذليل العقبات، وتطويع، تقنيات الحاسوب للغة العربية.

يضاف إلى ذلك ضرورة اتجاه المؤسسات الحكومية العربية نحو التخصص في هذا المجال دراسة وتدريسًا، وهذا ما ظهر جليًا في إنشاء بعض الحكومات العربية كليات خاصة للذكاء الاصطناعي، حيث افتتحت مصر حديثًا، للمرة الأولى في تاريخها كلية للذكاء الاصطناعي ، بتنسيق مع وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، في خطوة تهدف لإعداد متخصصين من الشباب يسهمون في تطوير الاقتصاد المعرفي، وجامعة البلقاء التطبيقية بالمملكة الأردنية ، التي افتتحت أواخر العام الماضي أول كلية للذكاء الاصطناعي في المملكة، وأدرجت جامعتا اليرموك والزيتونة الأردنيتان، مناهج الذكاء الاصطناعي في المناهج الجامعية، بهدف مواكبة الخريجين لاحتياجات سوق العمل، وأطلقت مملكة البحرين للمرة الأولى في تاريخها، منتصف أبريل/نيسان الماضي، أكاديمية للذكاء الاصطناعي، وكلية البحرين التقنية، في خطوة تهدف إلى تطوير مجال المعلومات الحاسوبية، وتوفير منصة؛ لتعزيز قدرات الابتكار، والإبداع في مجال الذكاء الاصطناعي.

بالإضافة إلى تلك الجهود التي يقدمها مجمع الملك سلمان بن عبد العزيز العالمي للغة العربية بالتعاون مع الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي في بناء مستقبل اللغة العربية وعمل على تفعيل التخطيط اللغوي من خلال إصلاح بنية اللغة ووظائفها، وبناء المعاجم، وحماية مفردات اللغة وتحديثها، واتخاذ القرارات اللازمة لخدمة اللغة العربية وتطويرها.

يضاف إلى ذلك الجهود التي يبذلها الاتحاد السعودي للأمن الإلكتروني والبرمجة فيما يتعلق بتبني الموهوبين في مجال البرمجة، وتعزيز النحول الرقمي وفقًا لرؤية المملكة (2030).

وأخيرًا: فإن رقمنة اللغة العربية في الوقت الراهن لم تعد ترفًا فكريًا بل أصبحت مطلبًا ملحًا أكثر من أي وقت مضى للحاق بركب هذا التطور الهائل في مجال اللسانيات الحاسوبية، والترجمة الآلية، ولا يزال حقلًا خصبًا يعوزه العمل الدؤوب الجاد لمواكبة مطالب التقنيات الحديثة؛ لضمان بقاء مكانة اللغة العربية ضمن مصاف اللغات الأخرى في ظل العولمة، والرقمنة اللغوية.

التوصيات:

- ضرورة تكثيف الجهود المبذولة في مجال الأبحاث، والتطوير لتقنيات المعلوماتية؛ من أجل تطويع هذه التقنيات للتعامل مع اللغة العربية بكفاءة.
- استخدام حركات التشكيل العربية في كافة الكتابات، ودراسة ذلك دراسة واقعية.
- تشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في مجال تكنولوجيا اللغة العربية.
- شراء الدول العربية سعة لربط المنطقة بالشبكة العالمية للإنترنت؛ لخلق روح التنافسية في صناعة الاتصالات.
- المشاركة الفعّالة في جهود المنظمات الدولية، وعلى رأسها اليونسكو، ومنظمات المجتمع المدني العالمية المدافعة عن التنوع اللغوي، وكافة اللغات القومية.
- تحديث وتطوير المعاجم القديمة بإضافة ما جدَّ إليها من كلمات، وإضافة المعاني الجديدة للكلمات القديمة، بالإضافة إلى إعادة ترتيبها آليًا.
- استخدام المعالج الصرفي الآلي في إبراز خصائص الصرف العربي.
- استخدام تكنولوجيا الحاسب في بناء أطلس للهجات العربية، وإبراز العلاقة بين هذه اللهجات والفصحى.
- تطوير برامج تعليم ذكية؛ لتعليم، وتعلم اللغة العربية.

- استخدام الحاسب في تطوير معالج نحوي للغة العربية؛ لتسهيل عملية تحليل مضمون النصوص، وفهمها آليًا.
- مواكبة التطور في براءات الاختراع بالمؤسسات البحثية، والجامعات فيما يخص الذكاء الاصطناعي، واستخدامه في معالجة اللغة العربية.
- إجراء المزيد من الدراسات، والبحوث حول استراتيجية الذكاء الاصطناعي ومستقبل اللغة العربية.
- دعم الهيئات، والمؤسسات الحكومية للجهود المبذولة في مجال معالجة اللغة العربية آليًا، وتذليل العقبات التي قد تواجه تلك الجهود.
- الاهتمام بتدريس الذكاء الاصطناعي في مناهج التعليم، خاصة المرحلة الجامعية.
- التوسع في إنشاء المؤسسات التعليمية المعنية بتعليم الذكاء الاصطناعي.

نتائج البحث:

بعد هذه الدراسة الموجزة، فقد خرجت الدراسة بعدة نتائج، وبيان ذلك كالتالي:

- الذكاء الاصطناعي يقصد به قدرة الآلات والحواسيب الرقمية على القيام بمهام معينة تحاكي التي تقوم بها الكائنات الذكية، والتي تتطلب عمليات ذهنية كالتفكير، والتعلم، والقدرة على الاستنتاج.
- معالجة اللغة الطبيعية هي محاولة لجعل الحاسب قادرًا على فهم الكلام والاستجابة له من خلال توليد الكلام مسموعًا ومكتوبًا؛ لجعل عملية التخاطب بين الإنسان والحاسب أكثر سهولة.
- تعتبر حوسبة اللغة العربية مطلبًا ضروريًا أملاها عصر المعلوماتية والتقنية؛ لمواكبة المستحدثات والمفاهيم العصرية الحديثة كاستراتيجية الذكاء الاصطناعي.
- تواجه أبحاث الذكاء الاصطناعي في مجال معالجة اللغة الطبيعية بشكل عام، واللغة العربية بشكل خاص بعض التحديات مع تقدم قدرات الحاسب والتقنية، منها:

المشترك اللفظي، والترادف اللغوي، والتحت، والتضاد والدلالة، وغيرها من التحديات، ويرجع ذلك إلى عدم قدرة الحاسب على الفهم الجيد لكيفية استخدام اللغة الطبيعية عند البشر.

- تقدُّم البرمجيات العربية بشكل ملحوظ، ويتضح ذلك من خلال البرمجيات، والتطبيقات التي يزخر بها السوق العربية بما فيها الإنترنت، والترجمة الآلية.
- الخدمات التي تقدمها المؤسسات والحكومات العربية مؤشرًا لمواكبة اللغة العربية لتحديات عصر المعلوماتية والرقمنة.
- إن واقع العالم العربي يحتاج إلى تكثيف الجهود المبذولة في مجال الأبحاث، والتطوير لتقنيات المعلوماتية؛ من أجل تطويع هذه التقنيات للتعامل مع اللغة العربية بكفاءة.
- حاجة المجتمع العربي إلى مؤسسات تعليمية تعني بالذكاء الاصطناعي؛ لمواكبة التطور في شتى مجالات الحياة.
- حاجة الساحة العربية إلى مزيد من التطبيقات التي تخدم اللغة العربية، كقراءة النص، ونطق النص، وتحرير النصوص المصورة، وغيرها.

ثبت المراجع والمصادر

1- اسماعيل، محمد (1995)، المخ البشري والذكاء الاصطناعي، المجلة الثقافية، الجامعة الأردنية (2006)، ع66، ينظر: فتحي، محمد أديب، الذكاء الاصطناعي، المركز العربي للتعليم والتنمية.

2- الأسمري، محمد عايض (2018)، الترجمة الآلية من منظور اللسانيات الحاسوبية، المجلة العربية (AGSRP) مج4، ع3.

3- أبوالنصر، سعيد (2014)، القدرة على التفكير باستخدام عقل غير بشري، نادي التجارة، ع65.

4- الباجي، فريال (2004)، تحديات تكنولوجيا الاتصال والذكاء الاصطناعي، المنظمة العربية للتربية والثقافة، تونس.

5- الحناش، محمد (1993)، استخدام اللغة العربية في تقنية المعلومات، مطبعة النجاح الجديدة، الدار البيضاء.
6- الحناش، محمد (2002)، اللغة العربية والحاسوب، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، الإمارات.
7- الدرويش، محمد (2005)، الذكاء الاصطناعي هل هو تكنولوجيا رمزية، مجلة فكر للعلوم الإنسانية والاجتماعية، ع6.
8- زمولي، موسى (2002)، التجارب الراهنة حول حوسبة النصوص التي تعتمد اللغة العربية، المجلس الأعلى للغة العربية، ع17.
9- _السامرائي، أحمد هاشم (2013)، حوسبة المعجم العربي والقضايا المعاصرة ص11، جامعة سامراء، كلية التربية، قسم اللغة العربية، ع24، مج.
10- السيد، أحمد عبد الرحمن (1994)، تطبيقات الذكاء الاصطناعي ونماذج الشبكات العصبية في المجالات العلمية والتعليمية المختلفة، مجلة كلية التربية، جامعة بنها، مصر، مج5، ع15.
11- شريط، الأخضر (2008)، المصطلح بين اللغة الطبيعية والذكاء الاصطناعي، مركز الدراسات والبحوث الإنسانية بوجدة، مج2.
12- العجماوي، علاء الدين صلاح (2001)، المعالجة الآلية، مجمع اللغة العربية الأردني، عمان، المؤتمر 19.
13- عيدان، عدنان (2012)، الترجمة العربية الآلية الواقع والحاضر وآفاق المستقبل، المنظمة العربية للترجمة، مج4، ع9.
14- غنيم، محمد سالم (2004)، النظم المحسبة للاسترجاع الموضوعي باللغة العربية، دراسة تطبيقية على اللغة العربية ص 215 دار غريب للطباعة، مصر، مج9، ع1.
15- فؤاد، نفين فاروق (2012)، الآلة بين الذكاء الطبيعي والذكاء الاصطناعي، مجلة الحث العلمي، كلية البنات للآداب، جامعة عين شمس، مصر، مج3، ع13.

16- القحطاني، سعيد بن هادي (2005)، تحليل اللغة العربية بواسطة الحاسوب، مجمع اللغة العربية، مج29، ع68.
17-لقم، أحمد علي، تطبيقات هندسة اللغويات العربية، حولية كلية اللغة العربية، إيتاي البارود، مصر، ع31.
18- محمد، بشري (2013)، اللغة العربية وتقانة التواصل الإلكتروني في عصر العولمة، معهد الدراسات اللغوية، جامعة قسنطيطة، الجزائر، ع9.
19- محمد، فهمي طلبة (2000)، الحاسب والذكاء الاصطناعي، دار العربية للنشر، مصر.
20- مختار، محمود (2000)، مجمع اللغة العربية وعصر الحاسبات، مجمع اللغة العربية، مصر، ج87.
21- نبيل، علي (1994)، العرب وعصر المعلومات، ط: عالم المعرفة، مصر.
22- وهدان، وهدان (2006)، عصر الحواسيب والذكاء الاصطناعي، المعطيات والآفاق، المجلة الثقافية، الجامعة الأردنية، ع6.
23- ويتباي، بلاي (2008)، الذكاء الاصطناعي، ط: دار الفاروق، مصر، ط: الأولى، الطبعة الأجنبية (2003).
24- الهادي، محمد محمد(1413.)1993، التطورات الحديثة لنظم المعلومات المبنية على الكمبيوتر، ط: دار الشروق، مصر، الطبعة الأولى.

فهرس الموضوعات

المقدمة
المبحث الأول: الذكاء الاصطناعي:
- مفهوم الذكاء الاصطناعي.
- دعائم الذكاء الاصطناعي.
- مجالات الذكاء الاصطناعي.

المبحث الثاني: معالجة اللغة الطبيعية:

- مفهوم معالجة اللغة الطبيعية.
- مراحل تطور معالجة اللغة الطبيعية.
- أقسام معالجة اللغة الطبيعية.

المبحث الثالث: معالجة اللغة العربية:

- خصائص اللغة العربية.
- مجالات معالجة اللغة العربية.
- مراحل تطور معالجة اللغة العربية.
- تحديات معالجة اللغة العربية.
- واقع اللغة العربية في ضوء استراتيجية الذكاء الاصطناعي.
- استشراف مستقبل اللغة العربية في القرن الحادي والعشرين.
- التوصيات.
- نتائج البحث.
- ثبت المراجع والمصادر.

---

[11] – وهدان، وهدان (2006)، عصر الحواسيب والذكاء الاصطناعي، المعطيات والآفاق، المجلة الثقافية، الجامعة الأردنية ع6، ص400

[2]– الدرويش، محمد (2005)، الذكاء الاصطناعي هل هو تكنولوجيا رمزية، مجلة فكر للعلوم الإنسانية والاجتماعية، ع6، ص50.

[3] – ويتباي، بلاي (2003)، الذكاء الاصطناعي، ط: دار الفاروق (2008)، الأولى، الطبعة الأجنبية، ص18.

[4] – فؤاد، نفين فاروق (2012)، الآلة بين الذكاء الطبيعي والذكاء الاصطناعي، مجلة الحث العلمي، كلية البنات للآداب، جامعة عين شمس، مج3، ع13، ص 491.

[5] – اسماعيل، محمد (2006)، المخ البشري والذكاء الاصطناعي، المجلة الثقافية، الجامعة الأردنية ع66، ص396، وينظر: فتحي، محمد أديب (1995)، الذكاء الاصطناعي، المركز العربي للتعليم والتنمية ص193.

[6] – أبوالنصر، سعيد (2014)، القدرة على التفكير باستخدام عقل غير بشري، نادي التجارة، ع65، ص28.

[7] – الهادي، محمد محمد(1993.1413)، التطورات الحديثة لنظم المعلومات المبنية على الكمبيوتر، ط: دار الشروق، الطبعة الأولى ص239.

[8] – الدرويش، محمد، مرجع سابق، ص242

[9] – المرجع السابق، ص 242

[10] – الهادي، محمد " مرجع سابق" ص266، وينظر: السيد، أحمد عبد الرحمن (1994)، تطبيقات الذكاء الاصطناعي ونماذج الشبكات العصبية في المجالات العلمية والتعليمية المختلفة، مجلة كلية التربية، جامعة بنها، مج5، ع،15، ص 249.

[11] – الباجي، فريال (2004)، تحديات تكنولوجيا الاتصال والذكاء الاصطناعي، المنظمة العربية للتربية والثقافة، تونس ص908، وينظر: السيد، أحمد، مرجع سابق، ص167، فؤاد، نفين، مرجع سابق، ص 497

[12]– فؤاد، نفين فاروق، مرجع سابق، ص492

[13]– الأسمري، محمد عايض (2018)، الترجمة الآلية من منظور اللسانيات الحاسوبية، المجلة العربية (AGSRP) مج4، ع3 ص41، وينظر: شريط، الأخضر (2008)، المصطلح بين اللغة الطبيعية والذكاء الاصطناعي، مركز الدراسات والبحوث الإنسانية بوجدة، مج2 ص944.

[14]– الأسمري، علي، مرجع سابق، ص41.

[15]– عيدان، عدنان (2012)، الترجمة العربية الآلية الواقع والحاضر وآفاق المستقبل، المنظمة العربية للترجمة، مج4، ع9، ص141.

القحطاني، سعيد بن هادي (2005)، تحليل اللغة العربية بواسطة الحاسوب، مجمع اللغة العربية مج29، ع68، ص244،

[16]– نبيل، علي (1994)، العرب وعصر المعلومات، ط: عالم المعرفة مصر، ص345.

[17]– محمد، فهمي طلبة، الحاسب والذكاء الاصطناعي، دار العربية للنشر ص43، الآلة بين الذكاء الطبيعي والذكاء الاصطناعي، ص 500.

[18] – العجماوي، علاء الدين صلاح (2001)، المعالجة الآلية، مجمع اللغة العربية الأردني، عمان، المؤتمر 19، ص 71.

[19]– الحناش، اللغة العربية والحاسوب ص 16.

[20]– لقم، أحمد علي، تطبيقات هندسة اللغويات العربية، حولية كلية اللغة العربية، إيتاي البارود، مصر، ع31، ص114.

[21]– السامرائي، أحمد هاشم أحمد (2013)، حوسبة المعجم العربي والقضايا المعاصرة، جامعة سامراء، كلية التربية، قسم اللغة العربية، ع24، مج9، ص11.

[22]– الحناش (2002)، محمد، اللغة العربية والحاسوب، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، الإمارات، ص 18.

[23]– المرجع السابق ص11.

[24]– نبيل، علي، مرجع سابق، ص221.

[25]– الحناش، محمد (1993)، استخدام اللغة العربية في تقنية المعلومات، مطبعة النجاح الجديدة، الدار البيضاء ص142.

[26]– نبيل، علي، مرجع سابق، ص221

[27]– محمد، بشري (2013)، اللغة العربية وتقانة التواصل الالكتروني في عصر العولمة، معهد الدراسات اللغوية، جامعة قسنطيتة ع9، ص182.

[28]– مختار، محمود (2000)، مجمع اللغة العربية وعصر الحاسبات، مجمع اللغة العربية ج87، ص20.

[29]– الحناش (مرجع سابق) ص86.

[30]– غنيم، محمد سالم (2004)، النظم المحسبة للاسترجاع الموضوعي باللغة العربية، دراسة تطبيقية على اللغة العربية، دار غريب للطباعة، مج9، ع1، ص 215

[31]– زمولي، موسى (2002)، التجارب الراهنة حول حوسبة النصوص التي تعتمد اللغة العربية، المجلس الأعلى للغة العربية)، ع17، ص278.

[32]– المرجع السابق، ص 279.

[33]– المرجع السابق، ص278.

[34]– الحناش، محمد، مرجع سابق، ص146.

[35]– الحناش، محمد، مرجع سابق، ص 146.

[36]– زمولي، موسى ص282.

[37]– المرجع السابق، ص 282

[38]– المرجع السابق، ص283.

[39]– الهادي، محمد، مرجع سابق، ص285.