



البنى اللسانية للعربية في ضوء الحوسبة: إشكالية الدلالة و آفاق التطوير التقني
***Linguistic Structures of Arabic in the Light of Computing:
The Challenge of Semantics and Prospects for Technological
Development***

نسمة شمام*، جامعة خنشلة ، الجزائر: chamam.nassima@univ-khenchela.dz

تاريخ المقال

النشر: 2026/03/31

القبول: 2026/02/07

الإرسال: 2025/12/10

الكلمات المفتاحية

ملخص البحث

يعرض هذا المقال تحليل مستويات اللغة العربية حاسوبيا ، باعتماد منهج وصفي تحليلي ، بتبيان كيفية تمثيلها آليا. فيركّز في الصرف على آليات التعرف على البنى المورفولوجية وتوليد الكلمات، وفي التركيب على تقنيات التحليل والتوليد النحوي وما يصاحبهما من لبس ناتج عن التحويلات التركيبية. أما في الدلالة فيوضح صعوبة تمثيل المعنى حاسوبيا ودور الموارد الدلالية في تقليل الغموض وتحسين الفهم الآلي. مما يحيل على أن تطوير نظم معالجة عربية فعّالة يقتضي تكامل كافة المستويات مع بناء بنى دلالية دقيقة تدعم الخوارزميات وتحسّن أداء أنظمة المعالجة الآلية.

Abstract

This article presents a computational analysis of the levels of the Arabic language using a descriptive-analytical approach, highlighting how each level is modeled automatically. It outlines mechanisms for morphological pattern recognition and word generation, syntactic parsing and generation along with ambiguity caused by structural transformations, and the challenges of representing meaning computationally. The study also stresses the role of semantic resources in reducing ambiguity and enhancing automatic understanding. It concludes that developing effective Arabic NLP systems requires integrating all linguistic levels and constructing precise semantic structures to support algorithms and improve overall processing performance.

Keywords

Automatic Processing
Morphological Level
Syntactic Level
Semantic Level
Artificial Intelligence (AI)

1. مقدمة

تُعَدُّ دراسة اللغة بواسطة الحاسوب من أحدث الاتجاهات في اللسانيات العربية المعاصرة، إذ يشهد العصر الراهن ثورة رقمية غير مسبوقة جعلت من التقنية محورًا أساسيًا في مختلف مجالات الحياة. ولما كانت اللغة أداة التفكير والتعبير الأولى لدى الإنسان، فقد بات من الطبيعي أن تدخل بدورها مجال المعالجة الآلية والاستفادة من التطورات التي أتاحتها علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي.

في هذا الإطار، تبرز اللسانيات الحاسوبية بوصفها علمًا بينيًا يتقاطع فيه اللساني والنظامي، ويجمع بين المقاربة النظرية للغة ومقتضيات المعالجة التقنية لها. فهي تسعى إلى توصيف اللغة توصيفًا صوريًا دقيقًا يمكن الآلة من تحليلها ومعالجتها على المستويات الصوتية، والصرفية، والتركيبية، والدلالية، والنصية. غير أن المستوى الدلالي يظل من أعقد هذه المستويات نظرًا لما يطرحه من تحديات تتعلق بتمثيل المعنى والعلاقات السياقية التي يدركها الإنسان بالفطرة والخبرة.

وتستند اللسانيات الحاسوبية في جوهرها إلى تصوّر يرى أن الحاسوب يحاكي - إلى حدّ ما - آليات العقل البشري في إنتاج اللغة وفهمها، غير أنه يظلّ جهازًا محدود القدرات الإبداعية، إذ لا يملك وعيًا أو حدسًا لغويًا، وإنما يعالج المعطيات المزوّدة له بناءً على خوارزميات محدّدة. ومن ثمّ، فإن نجاح أي معالجة آلية للغة العربية يتوقف على دقّة توصيف النظام اللغوي وتمثيله في نموذج حاسوبي يستوعب العوامل التداولية والنفسيّة والمعرفية التي تسهم في إنتاج المعنى.

ويقوم هذا البحث على المنهج الوصفي-التحليلي، من خلال وصف المستويات اللسانية في اللغة العربية وتحليل طرائق معالجتها آليًا، مع إبراز التحديات الدلالية

التي تواجه هذه المعالجة، إضافة إلى توظيف المنهج التطبيقي عند مناقشة بعض النماذج أو التطبيقات الحاسوبية ذات الصلة. ويهدف المقال إلى الكشف عن مدى فاعلية المعالجة الآلية في تمثيل اللغة العربية، وإلى بيان أهمية تجاوز الإشكالات الدلالية لضمان حضورٍ رقميٍّ فاعلٍ للغة العربية في فضاء الحوسبة الذكية.

وتتوزع اللسانيات الحاسوبية إلى مكوّنين أساسيين: أحدهما نظري يضع الأطر المفاهيمية والقواعد اللغوية والحاسوبية، والآخر تطبيقي يعنى بتحويل هذه القواعد إلى برامج قادرة على محاكاة الاستعمال الإنساني للغة. وكما يوضح (الموسى، 2000، صفحة 22)، فإن الغاية من هذا الجانب التطبيقي هي تحسين التفاعل بين الإنسان والآلة، باعتبار أن العقبة الرئيسة في هذا التفاعل هي عقبة التواصل اللغوي.

ويُعَدُّ إدخال القواعد اللغوية بمستوياتها الصوتية، والصرفية، والتركيبية، والدلالية في النظم الحاسوبية أحد أبرز التحديات العلمية في هذا الحقل، إذ تمكّن هذه العملية الحاسوب من توليد جمل جديدة استنادًا إلى المدخلات المخترنة في ذاكرته، بما يسمح بتقديم اقتراحات وتصويبات لغوية تسهم في تطوير فعالية نظم المعالجة الآلية للغة العربية وتعزيز حضورها في بيئة الذكاء الاصطناعي.

الإطار النظري للدراسة:

تتأسس هذه الدراسة على المنطلقات النظرية لعلم اللسانيات الحاسوبية (Computational Linguistics)، الذي يُعنى بوصف الظواهر اللغوية وتحليلها آليًا وفق نماذج صورية دقيقة، مستعينًا بخوارزميات الذكاء الاصطناعي وتقنيات التعلّم الآلي ومعالجة اللغة

الطبيعية (NLP) وتقوم اللسانيات الحاسوبية على مبدأين أساسيين:

أنّ اللغة نظام يمكن تمثيله رياضياً ومنطقياً عبر قواعد وقوالب يمكن للحاسوب التعامل معها؛ وأنّ معالجة اللغة آلياً تستلزم فهم بنيتها الداخلية وعلاقاتها السياقية والمعجمية.

وقد عرفت اللغة العربية حضوراً متنامياً في هذا المجال، لاسيما مع تطوّر النماذج اللغوية العميقة، غير أنّ معالجة الدلالية ما تزال تمثل التحدي الأكبر أمام المبرمجين واللغويين على السواء، لما تتميز به العربية من غنى صرفي ودلالي ومرونة تركيبية يصعب تمثيلها بدقة في النماذج الحاسوبية.

تستند الدراسة كذلك إلى تصورات اللسانيات الصورية (Formal Linguistics)، التي تنظر إلى اللغة كنظام من القواعد والعلاقات القابلة للتمثيل الرمزي، وإلى اللسانيات الإدراكية (Cognitive Linguistics)، التي تربط المعنى بالسياق المعرفي والثقافي. ومن خلال الجمع بين هذين المنظورين، تسعى اللسانيات الحاسوبية إلى بناء نماذج لغوية أكثر قرباً من الآليات الذهنية البشرية، وأكثر قدرة على تفسير التراكيب والمعاني في النصوص العربية.

مشكلة البحث

تتمثل مشكلة هذا البحث في ضعف المعالجة الدلالية للغة العربية في النظم الحاسوبية مقارنة ببقية المستويات اللسانية، كالصوتي والصرفي والتركيب. ويعود هذا الضعف إلى عوامل متعددة، من أبرزها: -تعقّد البنية الدلالية للعربية وغناها بالتعدّد المعنوي والمجازي.

- قصور النماذج الحاسوبية عن تمثيل العلاقات السياقية والمعرفية الدقيقة؛

- محدودية الموارد اللغوية العربية المؤنّسة مثل: المدونات الدلالية والمعاجم المترابطة.

أهداف البحث: يهدف هذا المقال إلى ما يلي:

توضيح الأسس النظرية والمعرفية التي تقوم عليها اللسانيات الحاسوبية في معالجة اللغة العربية.

تحليل طرائق المعالجة الآلية للمستويات اللسانية المختلفة، مع التركيز على المستوى الدلالي.

الكشف عن مواطن القصور في النماذج الحاسوبية الخاصة باللغة العربية.

اقترح مسارات علمية وتكنولوجية لتطوير الأداء الدلالي في تطبيقات المعالجة الآلية.

أهمية البحث

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يسهم في سدّ فجوة بحثية بين الدراسات النظرية في اللسانيات العربية والدراسات التطبيقية في المعالجة الآلية، كما يقدّم تصوّراً متكاملًا لإمكانات توظيف الذكاء الاصطناعي في تمثيل البنية الدلالية للعربية. ويُنتظر أن تسهم نتائجه في تطوير أدوات لغوية رقمية أكثر دقة وفاعلية، تدعم جهود الرقمنة اللغوية والتمكين المعرفي للعربية في الفضاء الرقمي العالمي.

تساؤلات البحث: ينطلق هذا البحث من التساؤلات الرئيسة الآتية:

ما الأسس النظرية التي تستند إليها اللسانيات الحاسوبية في معالجة اللغة العربية؟

كيف تمكّنت المعالجة الآلية من تمثيل المستويات الصوتية والصرفية والنحوية للعربية؟

ما أبرز التحديات التي تواجه المعالجة الدلالية في اللغة العربية؟

إلى أي مدى يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تسهم في تجاوز هذه التحديات؟

ما السبل الكفيلة بتعزيز حضور اللغة العربية في ميدان المعالجة الآلية والبرمجة اللغوية؟

مفهوم اللسانيات الحاسوبية

تعدّ اللسانيات الحاسوبية Computational

Linguistics مجالاً معرفياً حديثاً يجمع بين مبادئ اللسانيات والنماذج الصورية المنبثقة عن العلوم الرياضية والمنطقية، ويعمل على توظيف هذه النماذج ضمن حدود وإمكانات الآلة الحاسوبية التي تعالج المعطيات بصورة آلية. ويسعى البحث في هذا الحقل إلى بناء صيغ خوارزمية تكون أساساً للمعالجة الحاسوبية للغة.

ويمثل هذا التخصص ثمرة التقاء اللسانيات العامة بالتقنيات المعلوماتية الحديثة، إذ يهتم بدراسة أحدث التطبيقات الحاسوبية الموجهة إلى اللغات الطبيعية على اختلافها، مع التركيز على ما تتيحه التكنولوجيا من إمكانات للتعامل مع النصوص والمعطيات اللغوية.

كما يُنظر إلى هذا العلم بوصفه دراسة للغة البشرية من زاوية قابليتها للمعالجة داخل الحاسوب، وذلك عبر الاستفادة من مختلف مستويات التحليل اللساني: الصوتي، والصرفي، والنحوي، والدلالي، إضافة إلى ما تقدّمه علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي والمنطق والرياضيات من أدوات منهجية تسمح بتمثيل المعرفة اللغوية وتوظيفها في أنظمة آلية.

وانطلاقاً من هذه الرؤية، يمكن تعريف اللسانيات الحاسوبية بأنها فرع لساني يهدف إلى وضع المناهج والقواعد التي تمكّن الآلة من فهم اللغة الطبيعية ومعالجتها عبر جميع مستوياتها، وصولاً إلى بناء نظام قادر — قدر الإمكان — على محاكاة الكفاءة اللغوية البشرية.

و يحيل مصطلح اللسانيات الحاسوبية إلى المجال الذي ترتبط فيه اللسانيات العامة بعلم مخصوص ولید التطورات التكنولوجية المتقدمة ألا وهو اللسانيات الحاسوبية مجالها البحثي دقيق وجديد يعرض لآخر النظريات والتطبيقات الحاسوبية المجربة على جميع اللغات" (أحمد، 2014، صفحة 02).

ويؤكد مازن الوعر أنه: "إذا أردنا تعريف هذا العمل بشكل مختصر قلنا إنه العمل الذي يبحث في اللغة البشرية كأداة طيعة لمعالجتها في الآلة الحسابات الإلكترونية الكمبيوتر وتتألف من مبادئ هذا العمل من اللسانيات العامة بجميع مستوياتها التحليلية الصوتية النحوية والدلالية ومن علم الحاسبات الإلكترونية ومن علم الذكاء الاصطناعي وعلم المنطق ثم علم الرياضيات" (الوعر، 1988، صفحة 406).

والذي نختاره هو التعريف الآتي: هو فرع من علم اللسانيات يبحث في الطرق والوسائل ويضع القواعد التي تساعد في جعل الآلة قادرة على معالجة اللغات البشرية بجميع مستوياتها حتى الوصول إلى نظام حاسوبي يضاهي القدرة البشرية في معالجة اللغة.

وذلك تبعاً لارتباطه بعلم اللسانيات وماهية المجالات التي تشكل محاور الدرس والبحث فيه.

وتقوم اللسانيات الحاسوبية على جانبين متكاملين؛ أحدهما نظري يبحث في تأسيس المبادئ والأنساق التي تُبنى عليها النماذج الحاسوبية، والآخر تطبيقي يتولى اختبار تلك النماذج على المادة اللغوية الحقيقية، وتحليل مدى فاعليتها وكشف مواطن القصور فيها من أجل تطويرها.

"فالجانب النظري يهتم بتوصيف هذا الفرع من اللسانيات ووضع نظريات وقواعد تساهم في تحقيق غاياته التي وجد من أجلها، أما الجانب العملي فيطبق هذه النظريات والقواعد على اللغة ويربطها بالحاسب ويُظهر مدى اطرادها وانضباطها ويساهم أيضاً في اكتشاف ثغراتها من أجل تطويرها وتعديلها من أجل الوصول لأفضل النتائج" (الموسى، 2000، صفحة 53).

" اللسانيات الحاسوبية وتسمى أيضاً علوم اللغة الحاسوبية، وهي علوم حديثة تستخدم الحواسيب في تحويل النصوص و المعلومات اللغوية إلى لغات الحاسب

الرقمية لتحليلها وترجمتها للغات أخرى" (عربية، 2017، صفحة 21).

- "إن اللسانيات الحاسوبية تكون أحدث أفرع اللسانيات الحديثة، وبعدها تكون أهم هذه الفروع جميعاً في عصر المعلومات، وظاهراً ظهور جلياً أن هذا العلم فرع بيئي ينتسب نصفه إلى اللسانيات وموضوعها اللغة ونصفه الآخر حاسوبي وموضوعه ترجمة اللغة إلى رموز رياضية يفهمها الحاسوب ويعالجها (الجبر، 2007، صفحة 13).

إذن المعالجة الآلية للغة ما هي إلا جهود تجتهد في التوفيق بين اللغة التي يستخدمها الإنسان العادي في ظروفه الطبيعية، والحاسب بعده آلة لها قدرات عالية في فهرسة وتخزين ومعالجة واسترجاع البيانات و المعلومات، بما يجعل الإنسان قادراً على استثمار أقصى طاقات وإمكانات الحاسب بسهولة ويسر وعبر لغة التعامل الطبيعية، وبما يجعل الحاسب قادراً على فهم لغة الإنسان الطبيعية على مستوى الكلمة والجملة والدلالة ويطبق ما يريده الإنسان عبر هذا الفهم.

ويمكن القول أن هذا التخصص يُعدّ من أحدث الفروع المنتمية إلى اللسانيات الحديثة، ومن أكثرها أهمية في عصر المعلومات؛ إذ يجمع بين المعرفة اللغوية من جهة، والتمثيل الإلكتروني القائم على صيغ رياضية تُفهم الحاسوب اللغة وتتيح له معالجتها من جهة أخرى.

وتتجلى المعالجة الآلية للغة في محاولة تقريب المسافة بين اللغة الطبيعية التي يستخدمها الإنسان في تواصله اليومي، وبين القدرات الحاسوبية العالية في تخزين المعطيات، وترتيبها، واسترجاعها، وفهمها. والغاية من ذلك أن يستطيع الإنسان مخاطبة الآلة بلغته دون تعقيد، وأن تتمكن الآلة بالمقابل من تحليل الخطاب اللغوي وفهمه على مستوى البنية والدلالة لأداء المهام المطلوبة.

2- وصف أم توصيف

حقيق بنا قبل الخوض في إشكالات هذا المفهوم، تجدر الإشارة إلى ضرورة التمييز بين مصطلحي الوصف والتوصيف، لأن استعمالهما في الدرس اللساني ليس واحداً. فالوصف مفهوم مألوف عند الدارسين، وقد اعتمدته اللسانيات في تحليل البنى اللغوية كما تُستعمل في الواقع، بينما يبدو مصطلح التوصيف أقل وضوحاً في الاستخدام العلمي.

ويُفهم من هذا التمييز أن "الوصف" يرتبط بما يقدّمه اللساني للغة كما ينطقها المتكلمون، مستفيداً من السياق والمقام والحدس اللغوي وما يمتلكه الفرد من خبرة ومعرفة. أما "التوصيف" فيُراد به تحويل ذلك الوصف الإنساني إلى صيغة صورية يمكن للآلة تفسيرها والتعامل معها.

ويرجع هذا الاختلاف إلى أن الإنسان يعتمد في فهم اللغة على خبراته وبداهته، وهي عناصر لا يمتلكها الحاسوب تلقائياً، مما يفرض على الموصِّف صياغة مجموعات دقيقة من البيانات والقواعد التي تُغني الآلة عن تلك القدرة الحدسية.

ويمكن توضيح هذا الفرق بالاستعانة بأمثلة بسيطة: فالمتعلم العربي يدرك تلقائياً أن تركيب: دخل موسى المستشفى. أو: دخل المستشفى موسى، يحمل المعنى نفسه وأن موسى فاعل، كما يدرك أن كلمة المستشفى لا يمكن أن يكون فاعلاً داخلاً في الجملة. لكن الآلة لا تستطيع التوصل إلى هذا الفهم من غير تزويدها ببيانات نحوية ومعجمية دقيقة تحدد سلوك الكلمات.

وينسحب الأمر نفسه على التمييز بين الكلمات المتقاربة صوتياً مثل: السوط و الصوت، إذ يتعرف المتكلم على الفرق بينهما من خلال التجربة اللغوية، بينما تحتاج الآلة إلى قواعد واضحة تحدد الخصائص الحسية والدلالية لكل منهما، وتبيّن — على سبيل المثال — أن الصوت يُسمع ولا يُرى، وأن السوط مرئي لا مسموع.

ومن هذه الأمثلة يتبين أن الوصف مهمة إنسانية غايتها تصوير البنية اللغوية كما هي، أما التوصيف فهو تحويل تلك المعرفة إلى شكل رمزي صوري ملائم لمعالجة آلية منضبطة. (الموسى، 2000، الصفحات 69-70)

ومحصلة القول ؛ الوصف منهج يتخذه اللساني لإعطاء صورة شكلية دقيقة عن البنية اللغوية، أما التوصيف فهو طريقة الحاسوب لتحليل البيانات اللغوية والتي تكون صورية . فالوصف للإنسان والتوصيف للحاسوب.

3- مستويات التحليل اللساني في اللسانيات الحاسوبية العربية

3-1: المستوى الصوتي

شكل المستوى الصوتي أساساً مهمًا في اللسانيات الحاسوبية، فالأصوات اللغوية هي تلك الآثار السمعية التي تصدر طواعية اختياراً عن أعضاء النطق، وهذه الآثار تظهر في صور ذبذبات معدلة، وموائمة لما يصاحبها من حركات الفم بأعضائه المختلفة (الفاخري، د.ت، صفحة 135).

- فعلم الأصوات العام يُعنى بدراسة الأصوات اللغوية؛ من حيث مخارجها وصفاتها، وكيفية النطق بها (القيسي، 2010، صفحة 15).

فهو العلم الذي تُدرّس فيه الإشارات الصوتية الناتجة عن اهتزازات أعضاء النطق وتحركاتها الدقيقة. فالصوت اللغوي ليس إلا إشارة صوتية (Acoustic Signal) تتولّد عن تفاعل العناصر الفسيولوجية للنطق؛ من تدفق الهواء، ومواضع اللسان، وانفتاح الحنجرة، وتناغم أعضاء الفم. وتُحلّل هذه الإشارة وفق خصائصها الفيزيائية مثل التردد (Frequency) والشدة (Intensity) والطيف الصوتي (Spectral Features).

ويُعنى علم الأصوات العام بتحديد المخارج (Places of Articulation) والصفات (Manner of Articulation) والعمليات الناتجة عن السياق الصوتي، بما في ذلك

التنغيم (Intonation) والنبر (Stress) وبناء المقطع الصوتي (Syllable Structure). وفي السياق العربي، تخضع الفونيمات لقواعد صوتية صارمة تحكم تتابعها وتأثرها، إذ تتعرض لتغيرات ناتجة عن التجاور الصوتي (Coarticulation)، مثل قلب الدال تاءً في "أردت" نتيجة التجانس مع التاء اللاحقة.

ومن منظور حاسوبي، لا يكتفى بالتوصيف الساكن للنظام الصوتي العربي، بل يجب تمثيل الظواهر السياقية مثل الإدغام، التجانس، التضعيف، اللام الشمسية، الإعلال، الإبدال... في صورة نماذج صورية (Formal Models) قابلة للتحويل إلى خوارزميات تُبرمج داخل أنظمة التعرف على الكلام (ASR Systems). وتستلزم هذه العملية بناء نماذج صوتية (Acoustic Models) تعتمد على تحليل الإشارة عبر تقنيات معالجة الإشارة الرقمية (DSP) لاستخراج المميزات الصوتية مثل: MFCC — Mel Frequency Cepstral

Coefficients

LPC — Linear Predictive Coding

PLP — Perceptual Linear Prediction

وتتمثل هذه المميزات مدخلات لعمليات التصنيف والتعرف داخل نماذج تعلم الآلة.

- التطبيقات الآلية لمعالجة الصوت

أ/ التعرف الآلي على الكلام

تهدف أنظمة التعرف الآلي على الكلام إلى تحويل الإشارة المنطوقة إلى سلسلة من الكلمات عبر دمج:

- النموذج الصوتي Acoustic Model

- النموذج اللغوي Language Model

- نموذج النطق Lexical/Phonetic Model

وتُعدّ المساعدات الصوتية مثل Google

Assistant وVoice Smarter مثالاً على أنظمة ASR ذات

الاعتماد الواسع، حيث تعتمد على الذكاء الاصطناعي

للتعرف على أوامر المستخدم الصوتية وتفسيرها وتنفيذها في الزمن الحقيقي.

ب/ تحويل الكلام إلى نص (Speech-to-Text – STT)

تشمل هذه الفئة برامج الإملاء الآلي التي تحوّل الفونيمات إلى تمثيل كتابي عبر عمليات Grapheme Mapping. ويُعدّ برنامج Dragon NaturallySpeaking أحد أبرز الأنظمة من حيث الدقة والكفاءة، إذ يعتمد على نماذج لغوية متقدمة ومعالجة دقيقة للإشارة.

وفي البيئة الهاتفية، برزت أدوات مثل:

Live Transcribe

Speech-to-Text APK

التي توفر تحويلًا مباشرًا للنطق إلى كتابة، مع دعم للترجمة الفورية إلى لغات أخرى باستخدام شبكات NMT — Neural Machine Translation.

ج/ تحويل النص إلى كلام

(Text-to-Speech – TTS / Speech Synthesis)

تتمثل في القدرة على تحويل النصوص المكتوبة إلى أصوات وكلام مسموع، وثمة عدة تطبيقات تقوم بهذه العمليات منها (Read speaker)، (Text to speech)، (Texte to wave)، لكن أهمها برنامج (إبصار) الذي تقدمه شركة صخر كمحرك للكلام (ITS)، يدعم اللغتين العربية والإنجليزية، وتحول النصوص المكتوبة بلغة المكفوفين إلى نصوص مقروءة... (زكري، 2020، صفحة 71).

يقوم نظام تحويل النص إلى كلام بإنتاج خطاب منطوق من نص مكتوب باستخدام تقنيتين رئيسيتين:

- التركيب التجميعي (Concatenative)

Synthesis : عبر ضمّ الوحدات الصوتية

المخزنة ضمن المكانز المنطوقة (Speech

Corpora).

- التركيب المؤلّد (Parametric Synthesis /

Neural TTS) : باستخدام نماذج محاكاة جهاز

النطق أو الشبكات العصبية العميقة مثل

WaveNet و Tacotron.

ومن الأنظمة العربية البارزة برنامج إبصار المدعوم من شركة "صخر"، الذي يعمل كمحرك صوتي قادر على قراءة النصوص العربية والإنجليزية، بما في ذلك نصوص برايل الإلكترونية.

وتواجه أنظمة TTS العربية تحديًا رئيسًا يتمثل في غياب التشكيل، مما يتطلب إدماج وحدات التشكيل الآلي (Automatic Diacritization) قبل مرحلة التلفظ لضمان صحة الفونيمات الناتجة.

و تحويل المكتوب إلى منطوق من التطبيقات

المهمة للمعالجة الآلية للغة، فهو يقوم بقراءة النصوص أو تحويل الكلام المكتوب إلى صوت مسموع وكلام منطوق مفهوم، ويسمى نظام الحاسب (برمجيات أو أجهزة) المستخدم لهذا الغرض بمؤلف الكلام، ويقوم نظام تحويل النص إلى كلام بتحويل نص اللغة العادية إلى كلام، أما الأنظمة الأخرى فتعمل على تحويل الرموز اللغوية الصوتية إلى كلام. يمكن إنشاء الكلام المؤلف من خلال ضمّ أجزاء متسلسلة من الحديث المسجل والمخزن في قاعدة بيانات هي المكانز المنطوقة، وتختلف الأنظمة في حجم وحدات الحديث المخزنة، وفي مجالات استخدام معينة، يتيح تخزين كلمات كاملة أو جمل كاملة ومن ثمّ إنتاج كلام عالي الجودة. وهناك طريقة أخرى هي تضمين نموذج من جهاز النطق وغيرها من خصائص الصوت الإنساني لإنتاج صوت مؤلف بالكامل.

ويتم الحكم على جودة مؤلف الكلام بدرجة تماثله

مع الصوت البشري أو بمدى فهمه، ويتيح برنامج

-تحويل النصوص إلى كلام مفهوم - للمكفوفين والمعاقين بصريا، الاستماع إلى الأعمال المكتوبة من خلال الحاسب المنزلي، وقد تضمنت العديد من أنظمة تشغيل الحاسب مؤلفات كلام منذ بداية الثمانينيات.

والمشكلة التي تواجه إنتاج مؤلفات كلام باللغة العربية هي غياب علامات التشكيل، ولهذا لابد من إنتاج المُشكّل الآلي حتى يصبح ممكناً تحويل النصوص العربية إلى كلام منطوق.

د/ فهم الصوت

يمثل هذا النوع مرحلة أعلى من مجرد التعرف على النص المنطوق، إذ يهتم بـ:

- التعرف على المتكلم (Speaker Recognition)
- تحديد هوية المتحدث
- Speaker Identification/Verification
- فهم المحتوى الصوتي
- Semantic Speech Understanding

ويُستخدم هذا التطبيق في مجالات حساسة تشمل:

- الاتصالات الذكية
- توجيه المكالمات
- القيادة الآلية للطائرات
- التحكم الصوتي في الأجهزة
- البحث الصوتي في قواعد البيانات
- محاكاة الطيران وتدريب مراقبة الحركة الجوية
- وتعتمد هذه الأنظمة على نماذج متقدمة لمعالجة الإشارة في البيئات الصاخبة (Noise-Robust Speech Processing)، لما لذلك من حاجة ملحة في التطبيقات العسكرية والطيران.

وبسبب متطلبات المعالجة الثقيلة، لم تُعمّم هذه التطبيقات على الأجهزة المحمولة إلا مؤخراً مع انتشار وحدات المعالجة العصبية (NPU) داخل الهواتف الذكية.

2: المستوى الصرفي

يُعدّ المستوى الصرفي من أكثر مستويات اللغة العربية تعقيداً وأشدّها تأثيراً في نجاح أي نظام حاسوبي موجه لمعالجة العربية، نظراً لطبيعة النظام الصرفي العربي القائم على الاشتقاق (Derivational Morphology)

والتصريف (Inflectional Morphology) واعتماده الجذر والوزن (Root-and-Pattern System) ولهذا يؤكّد نبيل علي، أنّ أتمتة العمليات الصرفية (Morphological Automation) تمثل المدخل الأعمق لحوسبة العربية، وهي القاسم المشترك الذي تقوم عليه معظم تطبيقات المعالجة الآلية؛ من التعرف على الكلام، إلى الترجمة الآلية، إلى توليد النصوص.

وفي المعالجة الصرفية الحاسوبية، ينبغي للنظام الآلي أن يمتلك القدرة على تحليل المورفيمات (Morphemes) التي تبني منها الكلمات، وأن يتمكن كذلك من التوليد الصرفي (Morphological Generation)، أي إنتاج الصيغ الصحيحة وفق قواعد اللغة، واستنباط العلاقات التي تحكم الجذر والبنية عبر خوارزميات دقيقة. ويتم ذلك عبر توصيف صوري formal description يأخذ بالحسبان ما يطرأ على بنية الكلمة من تغيّرات في الحركات والبناء في صياغة الأفعال المجردة والمزيدة والمبنية للمعلوم أو المجهول.

فعلى سبيل المثال، حين تُزوّد الآلة بالمادة المعجمية (ك. ت. ب)، ينبغي للنظام أن يولّد جميع صيغها المحتملة وفق الميزان الصرفي: كَتَبَ / كُتِبَ للأفعال المجردة، وأُكْتُبَ، كَاتَبَ، انْكَتَبَتْ وغيرها يصح قياساً على أوزان الفعل المزيد (كتالي، د.ت، صفحة 12).

وتُبنى هذه العملية على نماذج تشغيل من قبيل:

- Finite State Transducers (FSTs)
- Two-Level Morphology
- Rule-based Morphological Engines
- Statistical & Neural Morphological Models

ويقوم المحلل الصرفي (Morphological Analyzer) بتفكيك بنية الكلمة إلى مكوناتها الأساسية وتحديد خصائصها، فيقدّم للمستخدم أو للنظام معلومات مثل:

- الجذر (Root)

- الوزن (Pattern)
- النوع الصرفي (POS Tag)
- السوابق واللواحق والزوائد (Affixes)
- السمات الصرفية: (Features)
- التذكير/التأنيث، الإفراد/التثنية/الجمع
- الزمن، الصيغة، الحالة الإعرابية
- قابلية التنوين، التجريد والزيادة...
- ويعتمد المحلل الصرفي في هذه المهام على قواعد بيانات معجمية واسعة (Lexical Databases) وعلى قوائم مرفولوجية منضبطة تربط بين البنية السطحية للكلمة والوحدات التجريدية. (Underlying Forms)
- وتمثل مخرجات المحلل الصرفي أساسًا لعدد كبير من التطبيقات اللغوية الحاسوبية، من أهمها:
- التدقيق الإملائي والدلالي (Spelling & Semantic Checking)
- التشكيل الآلي للنصوص العربية (Automatic Diacritization)
- البناء والتحليل الصوري للنصوص (Text Parsing & Generation)
- الترجمة الآلية (Machine Translation)
- بناء المعاجم الرقمية والموارد الحاسوبية (Machine-Readable Dictionaries)
- الاختزال واستخراج الجذور (Stemming & Lemmatization)
- تحليل البنية الصرفية في نظم فهم اللغة الطبيعية (NLP Morphology)
- وبذلك يُعد المستوى الصرفي حجر الأساس الذي تُبنى عليه كفاءة الأنظمة الحاسوبية المخصصة للغة العربية، لما له من دور محوري في تمثيل بنية الكلمة وضبط علاقتها بالسياق التركيبي والدلالي.
- وتنبنى مخرجات المحلل الصرفي السليم على الآتي:
- التدقيق الإملائي والدلالي لبنية اللغة
- التشكيل الصحيح والسليم لجمل اللغة في مختلف سياقاتها التوزيعية
- بناء النصوص اللغوية وتحليلها آليًا
- ترجمة النصوص العربية آليًا
- بناء معاجم آلية / إلكترونية للغة

3-3: المستوى التركيبي (النحوي)

يُعدُّ المستوى التركيبي ركيزة جوهرية في التحليل اللساني، لما يمثله من دور محوري في تنظيم البنى الجمالية وضبط العلاقات بين مفردات اللغة. وتساهم معالجته آليًا في دفع اللغة العربية إلى مواكبة التطور الرقمي، من خلال تطوير البرمجيات النحوية القادرة على التعامل مع التراث اللغوي العربي.

وقد اجتهد الباحثون في هذا البحث بناء معجم تركيبى للغة العربية يتم التعرف على البنيات الأساسية للتركيب العربى إذ يحتاج الحاسوب إلى قائمة من البيانات المنهجية حول كل كلمة تحدد سلوكها في الجملة حتى يدرك إعراب ووظيفة كل ركن في العملية " (فاطمة، 2021، الصفحات 329-330).

وتُعد نظرية العامل-بصيغتها التي أعاد صياغتها الحاج صالح-من الأسس النظرية المهمة التي يعتمد عليها العمل الحاسوبي في الجانب التركيبى، إذ تهدف إلى توفير إطار يمكن للحاسوب من خلاله إدراك طبيعة العلاقات النحوية داخل الجملة العربية. ولهذا عمل عدد من الباحثين على إنشاء معاجم تركيبية تُحدّد الخصائص البنيوية والسلوكية لكل كلمة، حتى يتمكن النظام الآلي من تحديد الوظائف النحوية وإعراب مكونات الجملة بدقة.

أ/ التحليل النحوي: "يقوم المحلل النحوي الآلي بتفكيك الجمل إلى عناصرها الأولية أي بتحليل الجملة إعرابياً، واستخلاص علاقات التحويل النحوي المختلفة وتمثيلها و من أكبر مصاعب التحليل النحوي الآلي اللبس التركيبي المترتب على عمليات التحويل النحوي المختلفة كالتقديم والتأخير، والإضمار والاستثمار والحذف والإشارة والإضافة والإشارة والوصل " (عامر، 2020، صفحة 480)

يعمل المحلل النحوي الآلي على تفكيك الجملة إلى عناصرها الأساسية كما يفعل النحوي عند الإعراب، فيستخرج العلاقات التي تربط هذه العناصر ويمثلها بطريقة منظمة. إلا أن هذا النوع من التحليل يواجه صعوبات عديدة، أبرزها ظاهرة اللبس التركيبي الناتجة عن التحويلات النحوية كالتقديم والتأخير، والحذف، والضمير المستتر، والإضافة، والإشارة، وغيرها من الظواهر التي تُغيّر الترتيب الأصلي للعناصر داخل الجملة. فالجملة البسيطة مثل: *قام محمد*، يمكن للحاسوب تحليلها بسهولة إلى *فعل + فاعل*، لكن التركيب يصبح أكثر تعقيداً حين تخضع الجملة لتحويل يؤثر في ترتيب عناصرها أو ظهورها.

ب/ التوليد النحوي: يمثل التوليد النحوي " العملية العكسية لعملية التحليل النحوي، حيث يغذي إليه المفردات المنهجية ونوع الأسلوب النحوي المطلوب (إنشائي، خبري، إثبات، نفي...) وهيكل تركيبي ليقوم المركب النحوي الآلي بتكوين الجملة في صورتها الأصلية ليجري عليها بعد ذلك العمليات الواجبة للتحويل النحوي المختلفة من تقديم وتأخير " (عامر، 2020، صفحة 480)

فالتوليد النحوي فهو العملية المكملّة للتحليل، حيث يقوم النظام الحاسوبي بتكوين جملة صحيحة انطلاقاً من بنية تركيبية محددة، ومعطيات لغوية تشمل نوع الأسلوب (خبري، إنشائي، مثبت، منفي...) والمفردات

المناسبة. وبذلك يعمل المولّد النحوي على إنتاج نموذج لغوي مكتمل تُطبّق عليه -عند الحاجة- العمليات التحويلية المتعارف عليها في النحو العربي، مثل التقديم والتأخير. ويمكن القول إن التوليد يبدأ من *القالب التركيبي* لينتقي له المفردات المناسبة، في حين يبدأ التحليل من *المفردات* ليصل إلى *القالب البنيوي* الذي تنتمي إليه الجملة.

فالمقصود بالتوليد النحوي طريقة صياغة التراكيب هل ستكون خبرية أو إنشائية، فكأنه يعطي القالب الذي يجب أن تبدو عليه البنية. فالتوليد النحوي: ينتقل من القالب التركيبي إلى مفردات مناسبة للقالب، أما التحليل النحوي: فينتقل من المفردات في التركيب إلى القالب الذي صيغت فيه.

- أهمية التحليل النحوي الحاسوبي:

"تتجلى أهميته في اللغة العربية كونه يفتح باباً واسعاً لنظير اللغة العربية ودليلاً واضحاً لها في قدرتها الأدبية لإثبات جدارتها أن ينظر إليها في قمة اللغات العالمية ذات الأهمية البالغة ذلك أن الحاسوب يعد من أحدث التقنيات العصرية في مجال التربية والتعليم والتأليف " (الانصاري، د.ت، صفحة 558).

تنبع أهمية المعالجة النحوية آلياً من قدرتها على دعم اللغة العربية وإظهار طاقاتها التعبيرية والمنهجية، بما يُمكنها من منافسة اللغات العالمية في ميدان التقنيات اللغوية الحديثة. والحاسوب -بصفته أداة معاصرة- يتيح اختصار الوقت والجهد في معالجة النصوص، ويوفر إمكانيات واسعة للبحث اللغوي والتعليم الإلكتروني، ويساعد في تطوير أدوات تعليمية تفاعلية ترفع من مستوى المتعلم والأستاذ على حدٍ سواء. كما أن نجاح المعالجة النحوية يرتبط بتكاملها مع بقية المستويات اللغوية، إذ تتداخل البنية النحوية مع المستويات الصرفية والدلالية والصوتية لتحقيق معالجة لغوية شاملة ودقيقة.

3-4: المستوى المعجمي

يمثل المستوى المعجمي أحد المكونات المحورية في اللسانيات الحاسوبية، بعده الوعاء الذي تُخزّن فيه المفردات والمعارف المتعلقة بها، وهو الأساس الذي تُبنى عليه بقية مستويات المعالجة الآلية. ويُعرّف المعجم الرقمي بأنه منظومة معجمية يتم تشغيلها عبر الحواسيب بمختلف أنواعها، تتضمن قواعد وبيانات وجدول منظمة تتيح عرض المعلومات بسهولة، وتمكّن من إجراء عمليات بحث متعددة تخدم احتياجات المتعلمين والباحثين. كما يمكن النظر إليه باعتباره شكلاً مطوّراً من المعاجم التقليدية، لكنه يُخزّن في وسائط إلكترونية أو رقمية تُستخدم في مجالات متعددة، كالتعليم والترجمة الآلية، ويعرف أيضاً على أنه "معجم تقليدي، يخزن على شكل شرائح إلكترونية أو وسائط ممغنطة كالأقراص، وذلك لاستخدامها في أغراض عديدة مثل الترجمة والتعليم (سالم، 2021، صفحة 1146)

فالمعجم الرقمي قاعدة بيانات لغوية مشفرة تشمل جميع المستويات اللسانية: الأصوات والصرف والتركيب، بالإضافة إلى بناء معاجم إلكترونية للدلالة على العلاقات المنطقية بين مختلف مكونات المتواليات اللسانية الممكنة و المقبولة حقيقة ومجازاً. فهو أنظمة وبيانات دقيقة تخزن فيها الوحدات اللغوية التي تصنف فيها البنى الصرفية والدلالية للوحدات اللغوية بكيفية منظمة، لتسهيل عملية البحث عن معلومات بنية اللغة وسماتها الصرفية والدلالية.

ويُعد المعجم الرقمي في جوهره قاعدة بيانات لغوية مشفّرة تستوعب مختلف المستويات اللسانية: من الأصوات والصرف إلى التركيب، إضافة إلى العلاقات الدلالية التي تُظهر الروابط المنطقية بين الوحدات اللغوية، سواء في استعمالاتها الحقيقية أو المجازية. وتُنظّم هذه المعلومات في بنية دقيقة تُسهّل استرجاع

خصائص المفردات وما يرتبط بها من وظائف صرفية ودلالية وتركيبية.

ومن هذا المنطلق أصبحت الصناعة المعجمية الآلية ركيزة أساسية في ميدان اللسانيات الحديثة. فهي تعتمد معالجة شكلية ومنهجية لمستويات اللغة، بما يتيح للحاسوب التعامل معها بصورة آلية. ويرى عدد من الباحثين أن رقمنة المعجم العربي تمثل نقطة تحول مهمّة، لما يقدمه الحاسوب من إمكانيات كبيرة في إعداد المعاجم الشاملة والمعاجم المبنية على المدونات اللغوية، وهو ما جعل الصناعة المعجمية الحاسوبية ضرورة ملحّة في البحث اللغوي.

ويرى محمود فهمي حجازي أن "رقمنة المعجم العربي، تعد من أهم مجالات اللسانيات الحاسوبية، إذ يقدم الحاسوب خدمات كبيرة للبحث اللغوي والأدبي، من خلال المعاونة في إعداد معجمات المدونات ذات الطابع الحصري الشامل الذي يخدم البحث العلمي، وبذلك أصبح استخدام الحاسوب في مجال الصناعة المعجمية ضرورة علمية لا محيد عنها لأي مشغل بالتأليف المعجمي (سالم، 2021، صفحة 1147).

فقد أصبح للحاسوب دور مهم في مجال المعالجة الآلية للمعجم لأن استخدامه يسهل عملية ضبط آليات النظام اللساني العربي من جميع مستويات (الصرفية، النحوية، الدلالية...).

وقد أسهمت التقنيات الرقمية بشكل فعّال في تطوير العمل المعجمي، وذلك من خلال الانتقال من الشكل الورقي التقليدي إلى المعالج الآلي القائم على قواعد بيانات واسعة، مما مكّن من ضبط آليات النظام اللغوي العربي واستثمار قدراته في مجالات عديدة.

أ. تطبيقات النظم الآلية في المجال المعجمي

تشمل تطبيقات الحوسبة المعجمية مجموعة واسعة من المهام، من أبرزها:

- تخزين المعاجم الإلكترونية على وسائط رقمية متنوعة مثل الأقراص الضوئية والممغنطة، لاستعمالها في الترجمة الآلية، التعليم، وبرامج الكشف عن الأخطاء الإملائية.
- تحليل العلاقات الداخلية بين المفردات، سواء على مستوى الجذور والصيغ الصرفية، أو على مستويات الدلالة كالترادف، والتضاد، والاشتراك اللفظي، إضافة إلى العلاقات الموضوعية المتعلقة بالمجالات التخصصية.
- دراسة تعريفات المعاجم تحليلًا دلاليًا يهدف إلى تحديد المفاهيم الجوهرية التي تركز عليها المعاني، والكشف عن البنية المفهومية التي تُنظّم بها المفردات، مثل العلاقات العائلية أو العلاقات المكانية.
- تحليل العلاقات التي تربط بين مفردات المعجم كالعلاقات بين جذور الكلمات والصيغ الصرفية " أو قواعد تكوين الكلمات" المنطبقة عليها أو العلاقات المتعلقة بمعاني الألفاظ كعلاقات الترادف والاشتراك اللفظي والتضاد أو العلاقات الموضوعية "مصطلحات طبية مصطلحات زراعية..."
- تحليل تعريفات المعجم المستخدمة في شرح معاني مفرداته وتعد هذه الدراسة التحليلية ذات أهمية خاصة لبحوث الدلالة المعجمية ونظم الفهم الأوتوماتيكي واسترجاع المعلومات التي تسعى لإبراز المفاهيم الأساسية والأبعاد المحورية لمدلولات الألفاظ المترابطة، كتلك التي تربط بين ألفاظ علاقة القرابة " أم أب شقيق شقيقة خال عم ... " والوصول إلى نواة هذه اللغة أو قاعدة المفاهيم الأساسية التي يقام عليها معجمها وتحديد شكل مفرداتها و مدى عمق مستويات تفريعها. مثال: عالم، قارة، بلد، مدينة، حي، شارع، حارة... (علي، 1988، الصفحات 144-145)
- هذه التطبيقات تشكّل قاعدة أساسية لأنظمة الفهم الآلي واسترجاع المعلومات.
- ب. أهم تطبيقات الحاسوب في المجال المعجمي تشمل أهم تطبيقات الحاسوب في المجال المعجمي:
- رقمنة النصوص وتنظيمها في شرائح إلكترونية للاستفادة منها في برامج الترجمة والتعليم.
- ترتيب المفردات وتصنيف جذورها بطريقة تمكّن من معالجتها آليًا بكفاءة.
- تحليل لغة المعاجم واستخراج الدلالات المعتمدة فيها لشرح المفردات. (سالم، 2021، صفحة 1148).
- وتساعد هذه التطبيقات في توفير أدوات سهلة الاستخدام للمتجربين والدارسين، كما تجعل المعاجم الإلكترونية وسيلة أقل كلفة وأكثر فاعلية مقارنة بالمعاجم الورقية.
- ج. مزايا المعجم الإلكتروني:
- تعود أهمية المعجم الإلكتروني إلى التطوّر الكبير في تقنيات التخزين والبرمجة، ويمكن تلخيص أبرز مزاياه في النقاط الآتية:
- تنوع أنماط البحث: يمكن الوصول إلى الكلمة عبر جذورها، أو معناها، أو من خلال الروابط النصية الداخلية.
- سعة التخزين الضخمة التي تسمح بجمع كمّ كبير من المفردات المتنوعة القديمة والمعاصرة، متعددة اللغات، مع أمثلتها وشواهداها.
- التوليد الآلي للمشتقات القياسية استنادًا إلى قواعد الاشتقاق دون الحاجة لتخزين جميع الصيغ.
- توفير خدمات متعددة مثل: تصريف الأفعال، البحث عن المترادفات، تحويل النص المكتوب إلى منطوق، التدقيق الإملائي...

- سهولة التعديل والتحديث ضمن ضوابط معجمية تحفظ جودة المحتوى.
- دعم الوسائط المتعددة: النص، الصوت، الصورة، والفيديو، مما يعزز الفهم ويجعل عملية التعلم أكثر تفاعلية.
- د. أهمية المعجم الآلي العربي
- تظهر أهمية المعجم الآلي العربي في عدة جوانب، من أبرزها:
- ضبط آليات النظام اللساني بمستوياته المختلفة.
- تهيئة الرصيد اللغوي العربي للاستعمال البرمجي المنظم.
- تسهيل الوصول إلى المفردات واسترجاعها بدقة وسرعة.
- الاستغناء عن المعاجم الورقية والاكتفاء بالمعاجم الإلكترونية التي تُعدّ أقل تكلفة وأكثر مرونة وتجددًا. (سالم، 2021، صفحة 1148).
- وتكمن القيمة الحقيقية للمعجم الرقمي في قدرته على الحفاظ على المعلومات العلمية وتوفيرها في أي وقت، إضافة إلى منحه إمكانية تتبّع السياقات المختلفة للمفردة، وهي ميزة تتفوق بها المعاجم الإلكترونية على نظيراتها التقليدية.
- ومن هذا كله ندرك أنّ أهمية المعاجم الآلية تكمن في تسهيله حفظ البيانات العلمية بحيث يسهل على الباحث إيجادها في أي وقت يريد، كما أن المعاجم الآلية بخسة الثمن (وأحياناً متوفرة مجاناً على شبكة الانترنت) مقارنة بالمعاجم الورقية والأهم من كل هذا أن المعاجم الآلية متجددة وفيها ميزة إعطاء كل السياقات الممكنة للمفردة لا يمكن توافرها في معاجم أخرى.
- هـ. الخطوات المتبعة لبناء المعاجم الإلكترونية:
- يتطلب بناء المعجم الرقمي تعاوناً بين فريق لغوي وفريق حاسوبي؛ إذ يتولى المتخصصون في اللغة جمع المادة اللغوية من المدونات والمعاجم الورقية، وتحديد المداخل المعجمية ومعلوماتها الملحقّة. بينما يهتم المختصون في الحوسبة بتصميم البنية الداخلية والخارجية للمعجم، وضبط هيكل المداخل وتنظيم البيانات، إضافة إلى تطوير البرمجيات اللازمة لإدخال المعلومات وتحديثها واسترجاعها.
- 3-5: المستوى الدلالي
- يُعدّ المستوى الدلالي الركيزة الأكثر حساسية في بنية التحليل اللساني، إذ يهدف إلى الكشف عن المعنى الذي تُنتجه المكونات اللغوية المختلفة من أصوات وحروف وصيغ وتراكيب. ويتناول هذا المستوى جملة من المحاور الجوهرية، أبرزها:
- البنية الدلالية للمفردة اللغوية: فالمفردة لا تُدرّس بصورتها الصوتية أو الصرفية فحسب، بل في ضوء المعاني التي تستقرّ في الوعي اللغوي، وتلك التي تُستحضّر بحسب السياق الاستعمالي.
- العلاقات الدلالية بين المفردات: وتشمل صور الارتباط بين الكلمات، مثل ظاهرة الترادف باختلاف درجاته، والتضاد بنوعيه: الحقيقي والمقابلة السياقية، إضافة إلى المشترك اللفظي الذي تُسند فيه الكلمة الواحدة إلى أكثر من معنى وفق السياق.
- دلالة الجملة وترابط مكوناتها: إذ تنشأ الدلالة من انتظام الكلمات داخل تركيب محدد يربط بين أجزائه علاقات نحوية ودلالية تكوّن المعنى النهائي.
- العلاقة بين اللفظ والمرجع الخارجي: وهو الجانب المتصل بما يسمى علم الدلالة الإشاري، الذي يبحث في كيفية إحالة الألفاظ إلى الأشياء أو الأحداث أو المفاهيم خارج اللغة.
- وقد اتجه الباحثون- في إطار التحليل الحاسوبي- إلى بناء مدونات لغوية موسعة تعتمد على تمثيل المفردات ضمن بنية شبكية تُظهر علاقاتها الدلالية. وتُعدّ شبكة الكلمات (WordNet) أشهر هذه الموارد، وهي قاعدة بيانات معجمية تركّب المفردات في مجموعات مترابطة تُسمّى "الحقول المترادفة" أو *Synsets*، ويمثل النظام الدلالي للغة العربية نواة المعالجة الآلية وعموده الفقري ذلك أن

- جل عمليات المعالجة الآلية للتركيب اللغوية تستند بشكل من الأشكال عليه، ويعد عند المعنيين باللسانيات الحاسوبية أعسر المباحث تناولاً لتعلق دلالة الألفاظ بداهةً بالفهم البعيد المنال عن الحاسوب، ذلك أن الدلالة قد تكون معجمية أو صرفية أو نحوية (كتالي، د.ت، صفحة 16). فعلى سبيل المثال، تُدرج كلمة (حارّ) داخل مجموعة تحيط بها كلمات ذات قرب دلالي مثل : صيف، ساخن، تعرّق، جفاف، حريق....
- ويسمح هذا الربط ببناء خريطة دلالية واسعة تُسهّل على الخوارزميات فهم العلاقات داخل الحقل المفهومي. يتبين من ذلك أن المستوى الدلالي يشكّل أصعب مراحل التحليل اللساني الآلي وأكثرها تعقيداً، على الرغم من كونه الأساس الذي تقوم عليه بقية عمليات المعالجة. فالجوة بين الدلالة الإنسانية والدلالة الحاسوبية لا تزال واسعة، وهو ما يجعل تطوير أنظمة قادرة على فهم المعنى العربي في شموله وتعددده أحد أكبر التحديات في ميدان اللسانيات الحاسوبية.
- صعوبة المعالجة الدلالية آلياً**
- يمثّل النظام الدلالي للغة العربية الأساس الذي تبنى عليه معظم تقنيات المعالجة الآلية؛ فما من تحليل صرفي أو نحوي أو نصّي إلا ويتطلب شكلاً من أشكال الفهم الدلالي. غير أنّ هذا المستوى يُعدّ لدى المختصين في اللسانيات الحاسوبية أعقد المستويات معالجةً، وذلك لأسباب متعددة، أهمها:
- تعقّد المعنى وصعوبة تمثيله بشكل صوري يمكن للحاسوب التعامل معه.
 - تنوّع الدلالة بين ما هو معجمي وصرفي ونحوي وسياقي، بحيث لا يمكن عزل أحدها عن الآخر.
 - قصور الحاسوب عن محاكاة القدرة البشرية في استحضار الخلفيات الثقافية والمعرفية التي تُسهم في تأويل الدلالة.
- إشكالات المشترك اللفظي وتمييز المعنى المقصود دون وجود سياق لغوي وواقعي كافٍ.
- ضيق القواميس التقليدية مقارنة بالسعة الدلالية الحقيقية التي يستخدمها الإنسان في التواصل. ونتيجة لذلك، يواجه الحاسوب صعوبة في إنتاج تفسير دلالي عميق للنصوص، حتى مع توفر خوارزميات حديثة، لأن تلك الخوارزميات تبقى مقيدة بما يُزوّد بها المبرمج من بيانات ومعاجم، والتي لا تمثل إلا شريحة محدودة من الإمكانيات الدلالية البشرية.
- خاتمة**
- سعت اللسانيات الحاسوبية إلى بناء نماذج صورية تمكّن الحاسوب من محاكاة بعض آليات العقل البشري في فهم اللغة وإنتاجها، مستفيدةً من التطور المتسارع لتقنيات الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا المعلومات. وقد كان الميدان اللغوي من أكثر المجالات تأثراً بهذه الثورة التقنية، إذ أتاح توظيف الحوسبة اللغوية إمكانيات واسعة لمعالجة اللغة العربية آلياً على مختلف مستوياتها الصوتية والصرفية والنحوية والدلالية، بل وتجاوز ذلك إلى المستوى التداولي الذي بدأ يستقطب اهتمام الباحثين في السنوات الأخيرة.
- وقد حققت اللغة العربية بفضل هذه الجهود قفزة نوعية في مجال البرمجة اللغوية والتقنيات الرقمية، انعكست بوضوح في المشاريع الكبرى مثل المعاجم الإلكترونية التاريخية في الشارقة والدوحة، التي تُعدّ نماذج رائدة في توظيف أدوات المعالجة الآلية لتتبع تطور المفردة العربية صوتاً وبنيةً ودلالةً عبر العصور. وتدل هذه الإنجازات على أنّ العرب قادرون على الإسهام الفاعل في تطوير موارد لغتهم رقمياً، شريطة أن تُواصل الجهود العلمية والتقنية في تقويم ما أُنجز وتحديثه باستمرار، بما يضمن الارتقاء بقدرات اللغة العربية في الفضاء الرقمي والذكاء الاصطناعي.

- ومن ثمّ، يمكن القول إنّ مستقبل العربية في ميدان اللسانيات الحاسوبية رهين بمدى قدرتنا على تطوير الموارد اللغوية المؤنّسة، وتعزيز التعاون بين اللغويين والمبرمجين، وتوسيع قاعدة البيانات العربية بما يخدم بناء أنظمة لغوية قادرة على استيعاب غنى اللغة العربية ودقّة تراكيبيها، لتصبح جزءاً فاعلاً من الثورة الرقمية العالمية.

النتائج

- تبين من خلال الدراسة أنّ اللسانيات الحاسوبية تمثّل مجالاً معرفياً بينياً يجمع بين اللسانيات النظرية وعلوم الحاسوب، ويهدف إلى بناء نماذج صورية تمكّن الآلة من تحليل اللغة العربية ومعالجتها آلياً.
- أظهرت النتائج أنّ المستويات الصوتية والصرفية والنحوية في اللغة العربية نالت حظاً أوفر من الاهتمام والبحث التطبيقي، في حين ظلّ المستوى الدلالي الحلقة الأضعف بسبب تعقّد المعنى وتشابك العوامل التداولية والمعرفية المؤثرة فيه.
- أكّدت الدراسة أنّ نجاح المعالجة الآلية للغة العربية مرتبط بمدى دقّة تمثيل النظام اللغوي في النماذج الحاسوبية، وبمدى توافر الموارد اللغوية الرقمية مثل المدونات والمعاجم المؤنّسة.
- تبين أنّ التوجّه المعاصر نحو توظيف الذكاء الاصطناعي والتعلّم العميق في تحليل اللغة يسهم في تحسين الأداء الدلالي، لكنه لا يغني عن الإشراف اللغوي المتخصّص الذي يضمن انسجام النتائج مع خصائص العربية البنيوية والدلالية.
- أثبتت مشاريع المعاجم الإلكترونية التاريخية العربية (كالشارقة والدوحة) قدرة الباحثين العرب على إنتاج موارد لغوية رقمية ذات قيمة علمية عالية، تمثل نواة لتطوير أنظمة حاسوبية متقدمة تخدم اللغة العربية عالمياً.

التوصيات

- ضرورة توسيع نطاق البحث التطبيقي في المعالجة الدلالية للعربية، وربطها بالنماذج الإدراكية والمعرفية للمعنى.
 - العمل على إنشاء مدونات لغوية دلالية ومعجمية معيارية تغطي مختلف اللهجات والمستويات الأسلوبية في اللغة العربية.
 - تشجيع التعاون بين اللغويين والمبرمجين ومهندسي الذكاء الاصطناعي من خلال مشاريع بحثية ومخبرية مشتركة.
 - اعتماد المعالجة الآلية للغة العربية ضمن المناهج الجامعية في أقسام اللسانيات وعلوم الحاسوب لتأهيل جيل قادر على تطوير البرمجيات اللغوية.
 - دعم المبادرات العربية المفتوحة المصدر في مجال الذكاء الاصطناعي اللغوي لتوحيد الجهود وتبادل البيانات والأدوات البحثية.
- الإحالات والمراجع:**
- الموسى ن، (2000)، العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات الحاسوبية، بيروت، لبنان، المؤسسة العربية للدراسات والنشر.
- بابا أحمد رضا. (2014 جوان). اللسانيات الحاسوبية مشكل المصطلح والترجمة، مخبر المعالجة الآلية، ص 01-22.
- مازن الوعر. (1988). قضايا أساسية في علم اللسانيات الحديث، ط1، دمشق، دار طلاس .
- بن عربية ر. (2017). محاضرات في اللسانيات الحاسوبية. قسنطينة، الجزائر: دار ألفا للوثائق.
- العتابي و و الجبر خ. (2007). دليل الباحث إلى اللسانيات الحاسوبية العربية، عمان، الأردن، دار جرير للنشر و التوزيع.
- سليم ص و الفاخري ع. (د.ت)، الدلالة الصوتية في اللغة العربية، د ط ، الأزراطة، مصر، مؤسسة الثقافة الجامعية.
- القيسي خ ، (2010)، الوجيز في مستويات اللغة. (ط1). عمان، الأردن: دار يافا العلمية.
- زكري يمينة، (2020)، التطبيقات الآلية لمعالجة الصوت خطوة واقعية لحل إشكالية التواصل في ظل اللسانيات الحاسوبية، مجلة المقرئ للدراسات اللغوية النظرية و التطبيقية، المجلد 3، العدد 2، ص 57-75.
- كتالي وجدان محمد صالح. (1434هـ). اللسانيات الحاسوبية العربية الاطار والمنهج ، المعهد الاسلامي

للبحوث و التدريب (بحث قدم في المؤتمر الدولي الثاني
للغة العربية في دبي ، ص1-20

الفيومي، (1987م). المصباح المنير مادة "نحا".

زمولي سعاد، بوشعلا فاطمة. (2021). استراتيجيات
تعليم الدرس اللغوي العربي في اللسانيات الحاسوبية،
مجلة البحوث التعليمية التربوية ،م10، العدد 2 ، ص

330-329.

عامر سمية ، حمدان سليم (2020 جوان). أثر
اللسانيات الحاسوبية في خدمة اللغة العربية،مجلة القارئ
للدراسات الادبية و النقدية و اللغوية، الرقم التسلسلي
04، ص 489-463.

علي ن ، (1988)، اللغة العربية والحاسوب، دار
تعريب

عبد الله بن محمد بن مهدي الانصاري ، تعثر التوصيف
النحوي الأسباب و العلاج، حولية كلية الدراسات
الإسلامية والعربية للبنات – بالإسكندرية ،المجلد 3،
العدد 27 ، ص 584-557.

محمد يزيد سالم، بناء المعجم الرقمي العربي في ضوء
اللسانيات الحاسوبية، مجلة إشكالات في اللغة والأدب،
جامعة تامنغست، الجزائر، المجلد10، العدد الأول،
2021، ص 1166-1144.