Maalim
e-ISSN: 2600-6944 | p-ISSN: 2170-0052
Volume 18 Issue 1/ Juin 2025 PP. 91-106

The effectiveness of linguistic phenomena in developing artificial intelligence programs - machine translation as a model

Assia Sayad *
Department of Arabic Language, Faculty of Arts and Languages, Badji Mokhtar University - Annaba, (Algeria)
assia.sayad@univ-annaba.dz

DOI:10.33705/1111-018-001-008

Received: 31/03/2025
Accepted: 17/05/2025
Published: 25/06/2025

***Corresponding Author**

Citation :
Sayad,A. (2025).
The effectiveness of linguistic phenomena in developing artificial intelligence programs - machine translation as a model
Maalim
I(1), 91-106

Abstract:

The research addresses the effectiveness of linguistic phenomena in the development of artificial intelligence programs, and we have taken "machine translation" as a model for the automated processing of language. The importance of this topic lies in its connection to the openness of linguists to other sciences; linguistics today is a fundamental science in the field of artificial intelligence. Our goal is to identify the linguistic phenomena that assist in performing automated language tasks, and through the research, we have arrived at the idea of enabling artificial intelligence to establish a theoretical computational linguistics framework that extends to cover the global language phenomena needed for programs to enhance their performance in tasks related to natural language. This required restructuring the framework of contemporary linguistic studies and renewing it in line with information technology.

Keywords: Linguistic processing; linguistic phenomena; artificial intelligence; machine translation; linguistic programming.

Maalim
© 2025 The Author(s).
Published by the High council of the Arabic language.
This is an open access article under the CC BY license

فاعِليَّة المظاهر اللّسَانيَّة في تطْوير برْمجيّات الذَّكاء الاصْطناعيّ
-التّرجمة الآليَّة أنْموذجا-

د. آسيا صياد
قسم اللغة العربيّة، كليّة الآداب واللّغات، جامعة باجي مختار-عنّابة، (الجزائر).

الملخّص:

يُعالج البحث إشكاليَّة فاعليّة المظاهر اللّسانيَّة في تطوير برمجيّات الذَّكاء الاصطناعيّ، وقد أخذْنا برمجيّة "التَّرجمة الآليَّة" أُنموذجًا للمعالجة الآليَّة للّغة، وتكمن أهميّة هذا الموضوع في ارتباطه بواقع انفتاح اللّسانيّين على العُلوم الأخرى؛ فاللّسانيَّات في الوقت الرَّاهن علمٌ مفتاحيٌّ في حقل الذّكاء الاصطناعيّ عامَّة. هدفُنا هو تحديد المظاهر اللّسانيّة المساعدة في أداء المهمّات اللُّغويَّة الآليَّة، وقد وصلنا بعد البحث إلى التَّفكير في تمكين آلات الذَّكاء الاصطناعيّ من وضع أسسٍ نظريَّةٍ لسانيَّةٍ حاسوبيَّةٍ، تمتدّ إلى تغطية مظاهر اللُّغة العالميّة الَّتي تحتاجها البرمجيَّات اللُّغويَّة لتطوير أدائها في المهمَّات ذات الصِّلة باللُّغة الطَّبيعيَّة. ومن هنا استلزم هذا إعادة تشكيل بِنية الدَّرس اللّسانيّ المعاصر، وتجديده بما يتوافق مع تكنولوجيا المعلومات.

الكلمات المفتاحيّة: مُعالجة لغويّة؛ مظاهر لسانيّة؛ ذكاء اصطناعيّ؛ ترجمة آليّة؛ برمجة لغويَّة.

1. تمهيد: تمتدّ مسارات اللسانيات الحديثة عبر مسار الحضارة الحديثة، ذات الصبغة التكنولوجية، وهو ما يجعل الدرس اللساني مرتبطا ارتباطا وثيقا ببقية العلوم الأخرى، كالرياضيات، والهندسة، وعلم الأحياء، وغيرها. أما الدراسات اللغوية عند القدامى؛ فتمتدّ عبر حضارة مغايرة، غلبت عليها الصبغة الإنسانية، مما جعلها تميل نحو طبيعة العلوم الإنسانية، كالأدب والنقد والفلسفة والتاريخ... وغيرها. "وهكذا فإن الفرق بين الدراسات اللغوية القديمة، والدراسات اللسانية الحديثة هو الفرق بين الهدف الإنساني والهدف العلمي" [(1)].

ومن هنا ظهرت في الوقت الراهن توجّهات لسانية جديدة تتماشى مع واقع تكنولوجيا المعلومات عامة، ونحو مجالات المعالجة الآليّة للّغة الطّبيعيّة على الأخصّ؛ فقد صار بإمكان الحاسوب القيام بمعالجة مدونات لغوية متنوعة (نصوص) معبّر عنها لفظيا بلغة طبيعيّة منطوقة أو مكتوبة، ويتمّ ذلك بواسطة تصميمات لغوية آليّة منجزة وِفقَ مظاهر اللسان البشري، كالمظهر النحويّ، والصّرفيّ، والدلاليّ، وغيرها، ويتمّ مُعالجة اللّغة بواسطة أنظمة الحاسوب، بإعادة تمثيل النُظُم اللسانية بفروعها المختلفة: كالنّظام الصّوتيّ، والمعجميّ، والصّرفيّ، والنّحويّ، والدّلاليّ. فتُصبحُ هذه العناصر اللغوية بعد مُعالجتها أنظمة لغوية آليّة متوافقة مع بنية اللغة الطبيعية، الشكلية والعمليّة [(2)]. وإنّ تمكين الحاسوب من هذه الأنظمة اللّغويّة الآليّة يُساعد في عدّة تطبيقات لغوية متنوعة، وحل مشكلات عمليَّة (**Practical**) مُعيَّنة تكون اللّغة عُنصرا أساسيّا فيها، ويكون الحاسوب عنصرا فاعلا فيها[(3)]؛ كالقيام بإنجاز مهمّة: الإحصاء اللّغويّ (إحصاء الأسماء، والأفعال، وإحصاء النّكرات والمعارف، وإحصاء المُذكّر والمؤنّث، وإحصاء الإفراد والتثنيّة والجمع وغيرها). أو القيام بإنجاز مهمّة التّشكيل الآليّ

للنّصوص؛ بضبط حركات الكلمات حسب النّظام النّحويّ الآليّ المعمول به، أو القيام بالتّرجمة الآليّة الّتي تعدّ من الغايات النهائيّة التي تصبو إليها نظم التّحليل والتّركيب اللّغويّين[4]. وتكمن إشكالية البحث في التساؤل: **ما هو دور المظاهر اللّسانيّة في تطوير برمجيّات الذّكاء الاصطناعيّ؟ وما هي الجهود اللسانية اللّازمة من أجل تطوير تطبيقات التّرجمة الآليّة؟**

وتبرز أهميّة الموضوع في ارتباط أبعاده بمقدار الانفتاح المعرفيّ للخبراء اللسانيين على العلوم الأخرى؛ فاللسانيات علم مفتاحيّ في حقل الذّكاء الاصطناعيّ؛ لذلك صار لزاما تحديد المظاهر اللسانيّة المساعدة في أداء المهمّات اللغوية الآلية على أكمل وجه[5]. ومن التساؤلات الجزئية التي تمّ بسطها في هذا البحث:

- ما هي سبل تمكين الحاسوب من تحسين برمجيّاته اللُّغوية؟ وبرمجيَّات التَّرجمة الآليَّة على الأخصّ؟
- ما هي أهمّ الإجراءات اللِّسانيَّة الّتي تمَّ تطبيقها فعليّا في عمليّات المعالجة الآليّة للّغة الطبيعيَّة؟
- ما هي أساليب التَّرجمة الآليَّة -من المنظور اللّسانيّ- الَّتي تُساعد الحاسوب على أداء مهمَّتِه اللُّغوية بدقّة؟

وقد انطلقنا في بحث هذه التَّساؤلات من فرضيَّة أنَّ المظاهر اللّسانيَّة التَّقليديَّة الَّتي درَجْنا عليها في الدَّرس اللّسانيّ الحديث صارت غير مُجدية، ومن هنا استلزم هذا إعادة تشكيل بنية الدَّرس اللّسانيّ المعاصر، وتجديدِه بما يتوافق مع مُعطيات لغة الحاسوب، الَّتي فاقت في أدائها حدود الطَّاقة البشريَّة المحدودة.

2. المُعالجة الآليّة للّغة الطبيعيّة: تتمثّل المُعالجة الآليّة للّغة -الَّتي تعدّ جزءا من العلوم المعرفيّة- في تمكين الحاسوب من فهم اللّغة الطبيعيّة سواءَ أكانت منطوقة أم مكتوبة، وهي عمليّة تحويل لغة الإنسان إلى لغة يفهمُها الحاسوب [6]؛ ك "تحويل طاقة الموجة الصوتية إلى أنواع أخرى من الطاقة" ليَحدث التّواصل بين الإنسان والحاسوب[7]. وتتكفل اللسانيات الحاسوبية حسب (م. زرتشناك) بمهمّة معرفة "الإطار النظري العميق الذي يعمل في الدماغ البشري لحل المشكلات الخاصة، والمثال على ذلك هو الترجمة من لغة إلى لغة أخرى، أما الجانب التطبيقي فإنه يتضمّن المعاملة مع الرياضيات الخوارزمية، والتي هي مجموعة من القواعد التي إذا ما رتّبت بشكل معيّن فإنّها ستعطي نتائج مماثلة للنتائج التي يعطيها الإنسان"[8].

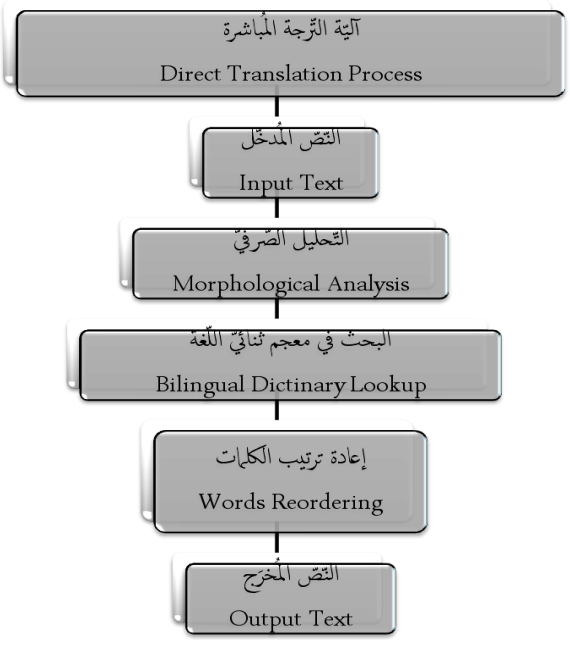
ومن تطبيقاتها الفعليّة في مجالات الحياة المختلفة: تحليل النَّصوص بكمّيّات هائلة، ودقّة عاليّة، وتطوير تطبيقات إلكترونيّة تحسّن كفاءة إنجاز المهمّة المطلوبة؛ مثل: ترجمة النّصوص من لغة إلى لغات أخرى، أو تحليل النّصوص تحليلا دقيقا، أو تلخيص المواد المطوّلة، بإنشاء تشجير النّصوص، أو التّدقيق الإملائيّ وغيرها. ولا يمكن تنفيذ خوارزميّات المعالجة الآليّة للّغة إلّا بعد تصميم برمجيّات بأدوات محدّدة مُطوَّرة خصّيصًا من أجل إنجاح عمليّة المعالجة اللغوية الآليّة. ويتمُّ استغلال مجال الذّكاء الاصطناعيّ من أجل إنشاء برمجيّات لغويّة مُتطوّرة تمكّن الحاسوب من تأديّة المهمّات المُستهدفة بِكفاءة[9].

إذن، فالبرمجة اللّغويّة والمُعالجة الآليّة عمليّتان متكاملتان، فكلاهما يهدفان إلى تحسين تقنيّات التّفاعل بين الإنسان والحاسوب، لكنّ البرمجة اللّغويّة هي الأساس الأوليّ الّذي يَحدث به الفهم، فيُمكن بواسطتها إصدار الأوامر والتّعليمات، ويُمكن للحاسوب فهم المطلوب. أمّا المعالجة الآليّة فهي خطوة لاحقة تُجسّد التّطبيقات الفعليّة حسب خصوصيّة المهمّات المطلوبة، ولا يُمكن على أيّ حال إنشاء التّطبيقات الآليّة، بدون بنية لغويّة تفيد في تفعيل وتصميم المميّزات اللغويّة **(Feature Design)**، وتحليل الأخطاء **(Error Analysis)** [10].

ونقدّم هنا نموذجا لعمليّة معالجة آليّة تتمثّل في "نموذج التّرجمة الآليّة المباشرة" وفق تنظيم خاصّ؛ نوضّحه في الشّكل المرفق **(شكل1: يبيّن آليّة التّرجمة الآليّة المباشرة- المصدر: وفاء بن التركي، 2013)** [11]:

ويعدّ هذا التّنظيم الآليّ المعتمد في الترجمة الآليّة **(Machine Translation)** تنظيما غير فعّال، نظرا إلى اعتبارات لسانيّة عديدة؛ نذكر منها النّظرة إلى وحدة الجملة، فهي ليست مجموعة من الكلمات المعزولة عن بعضها البعض، بل هي وحدة لغويّة مترابطة لسانيّا، حيث يُغفِل هذا التّنظيم الآليّ الرّوابط النّحويّة والصّرفيّة والدّلاليّة بين الكلمات، ممّا يُخرج نصّ ترجمةٍ غير صائبة أو مضطربة، لا تحقّق الغرض. كما أنَّ هذا التّنظيم مصمّم وفق معجم ثنائيّ الُّلغة، ممّا يجعل عمليّة المعالجة الآليّة على مستوى تلك الوحدة معقّدة[12]. لذلك، بعد إثبات فشل هذا التّنظيم الخاصّ بالتّرجمة المباشرة، فقد تمّ البحث عن تنظيمات بديلة وِفق مراحل آليّة تمّ تحديثُها من خلال مقاربات اللّغة الطبيعيّة الجديدة، بالاستناد على معطيات اللّسانيّات المُعاصرة؛ كاستثمار مفاهيم التّوجه التّحويليّ والتّوليديّ على الأخصّ[13].

وعليه يهدف تفعيل هذه العمليّة التّواصليّة الآليّة إلى حلّ عدّة مشكلات لغويّة مثل: مشكلة نقل نصّ من لغة إلى لغة أخرى، أو محاولة العثور على المفردات المناسبة، أو فهم مقاصد النّصوص وأبعادها، أو البحث عن المعلومات الجديدة والمواكبة للنهضة الفكريّة والتّقنية الراهنة، أو مشكلة ضخامة المادة العلميّة وتنوّعها، وتشابك المادة اللّغويّة على اختلافها[14].



وتهدف المعالجة الآلية للّغة عامة إلى تمكين الحاسوب من فهم اللّغة البشريّة، والاستجابة بطريقة تُماثِل استجابة البشر مع بعضِهم البعض[15]. وهذا الهدف العام يتضمّن عدّة أهداف صغرى؛ أولّها التمكّن من فهم النّصوص وفق نموذج لغويّ محدّد، وثانيها: التّمكّن من توليد النّصوص الإبداعيّة. وثالثها التّمكّن من التّفاعل مع الحاسوب بكلام طبيعي قصد تعلّم اللغة الأجنبيةّ، ورابعها: التّمكّن من التّعلّم الآليّ لنماذج اللّغات الطّبيعيّة وتحسين أداء برمجيّات الحاسوب[16].

أخذنا على سبيل المعاينة برمجيّة **(Reverso)**؛ وفق خاصية "**السّياق" (context)**، واخترنا النَّص المّدخل الآية الكريمة ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾ **(القرآن الكريم برواية ورش، الإخلاص:1)** ، فجاء النَّص المخرج مُتعدّدا في مقابلاته الإنكليزية[17] على النَّحو الآتي:

-قوله عزَّ وجلَّ: ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾

-he is god

-إن ذكرك ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾ بذلك الموضع هو البدعة

-say god is the one

-قال ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾ ثلث القرآن بدعة!

-say god is the one and only

-قوله تعالى: ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾ (الإخلاص:1)

- say : he is allah, the one

- "من قرأ ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾ حتى يختمها عشر مرات بنى الله له قصرًا في الجنة"

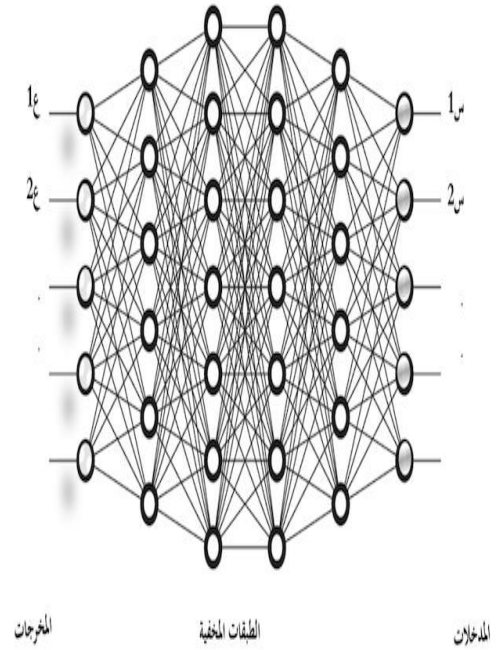
-Qul huwa Allahu ahad

كان يقرأ في الركعتين: ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾

-He Was A Man Of God

-﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾

-qul huwa alllahu aḥadun

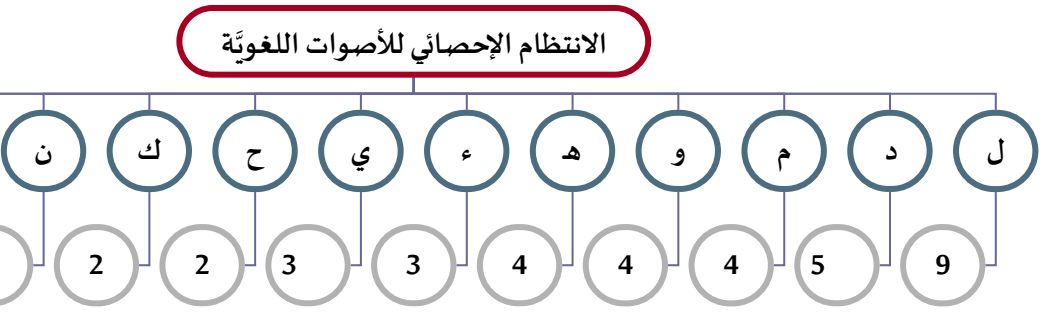


وتُبرز التّرجمة الآليَّة تباين النَّصّ المُخرج من سياق إلى سياق لغويّ آخر رغم أنَّ الآية الكريمة ﴿**قُلْ هُوَ ٱللَّهُ أَحَدٌ**﴾ لم تتغيّر، والحقيقة أنّ هذه الآية القرآنية لا تقبل إلا ترجمة واحدة مهما تعدّدت سياقات توظيفها. ومن هنا يجب أن يستخدم في المعالجة الآلية للّغة كيفيات أخرى تتجاوز وضع الجملة في السياق إلى استفادة البرمجية من تجربتها المعرفية السابقة؛ كاستخدام "**تقنية التّعلّم الآلي**" التي تمكّن الحاسوب من تعلّم الاستقلاليّة في اتّخاذ قرار النقل الصحيح من لغة إلى أخرى من خلال التّعلّمات الآليّة السّابقة، ومجموع التّجارب الخطابية الّتي مرّت بها. ويتمّ ذلك بتدريب الخوارزميّات على ذخيرة ضخمة من البيانات (**Big Data**)، ليتمكّن الحاسوب بعدها من انتقاء الخوارزميّة المناسبة للمهمّة اللغوية الهدف[18]. وتشتغل تقنيّة التّعلّم الآليّ بناءً على عدّة عمليّات متتابعة: (عمليّة جمع المعلومات، وتنسيق المعلومات، واختيار الخوارزميّة المناسبة، وعمليّة التّدرب على تصنيف المعلومات، والاستخدام الفعليّ للخوارزميّة) [19].

كما يمكن استخدام تقنية "الشّبكات العصبيّة الاصطناعيّة" -كما هو مبيّن في الشّكل المُرفق **(شكل 2: يبيّن طبقات الشبكة العصبيّة الاصطناعيّة العميقة-المصدر: موقع : https://aleph.edinum.org)** [20]؛ وهي نماذج آلية مستوحاة من بنية الدماغ البشريّ، تتكوّن من مجموعة من العصبونات الاصطناعيّة، والّتي تتشابك ببعضِها البعض لتشكيل شبكة عصبيّة اصطناعيّة، وهذه الشّبكة تعدّ أداة مهمّة في مجال الذّكاء الاصطناعيّ[21]. تتكوّن هذه الشّبكة من طبقات متعدّدة، وهي: طبقة المدخلات (**Input Layer**) ، والطبقة الخفيّة (**Hidden Layer**)، وطبقة المُخرجات (**Output Layer**). كما تتكوّن من "العُصبونات"، وكلّ عُصبون في الشّبكة يقوم بمعالجة البيانات الواردة إليه في حِينها[22].

3. المظاهر اللسانيّة وآليات المعالجة الآليّة للّغة الطّبيعيّة: هناك عدّة قواعد لسانيّة تمّ استخدامها تدريجيّا عبر مراحل متلاحقة أسهمت في تكوين عمليّة المعالجة الآليّة للّغة الطّبيعيّة **(Natural language processing)**، فالقواعد اللسانية جزءٌ أساسيٌّ من هذه العمليّة، لكنَّ تطويرها ضرورة قُصوى تقتضيها المهمّات اللغوية الآليّة المُنتظرة. فذلك القصور والنّقص في الأداء اللغوي الآلي هو سبب البحث عن القواعد البديلة الّتي بإمكانها تحقيق الرّصانة في الإنتاج اللّغويّ الآليّ.

ومن بين أهمّ العمليات اللغوية الّتي تمَّ تطبيقها فعليّا في عمليّات المعالجة الآليّة للّغة الطبيعية عملية **القواعد اللّسانيّة الإحصائيّة (Statistical Grammars)**؛ وهي قواعد منتظمة تستخدم في إحصاء ترددات الظواهر اللغوية على جميع مستوياتها[23]؛ وتعتمد على قانون الاحتمال في وصف الكيان اللغوي وعناصر بنائه، وتحديد التمثيل اللغوي الصوتي أو الصرفي أو المعجمي أو النحوي أو الدلالي الأقرب إليها[24]، فيمكن على سبيل المثال استخدام الحاسوب في إحصاء جذور اللغة العربية في أمّهات المعاجم العربيَّة لمعرفة نظام تتابع الحروف في تركيب الجذور فوق الثلاثية[25]. ونقدّم هنا على سبيل المثال نموذجا للانتظام الإحصائي للأصوات اللغوية في سورة الإخلاص **(القرآن الكريم، رواية ورش)**:

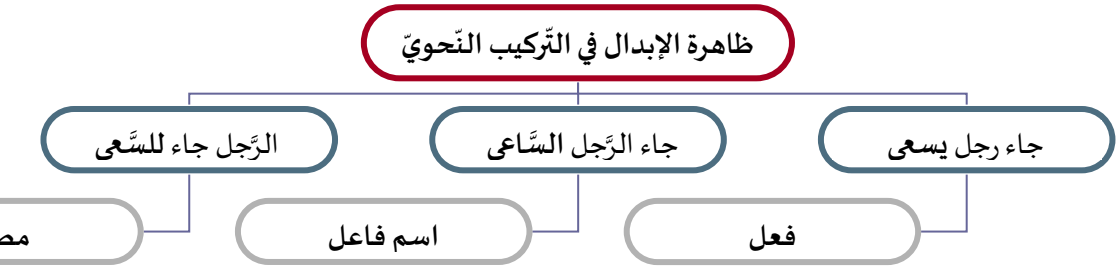


*** شكل رقم (3) يبيّن الانتظام الإحصائي للأصوات في سورة الإخلاص**

ويمكن أن تفيد هذه القواعد الإحصائية في تفسير مظاهر التردّد الصّوتي، وخصوصيّة تلك التّردّدات في نصّ قرآنيّ بعينه، وهذا باعتبار دلالة الصّوت اللّغوي، واختلاف الأصوات اللّغويّة عن بعضها من جهات عديدة؛ كقوّة التردّد، واعتدال التردّد، وضعف التردّد[26]. وقد أثبتت هذه القواعد اللغوية الإحصائية مرونتها مقارنة مع القواعد اللغوية المعياريّة، والتي لا تقبل بعض الظواهر اللغوية، ولا تحسن التعامل معها وتفسيرها. فقد صار بالإمكان التمثيل الإحصائي الأمين للتوزيع الصوتي في نص محدد، واستكشاف أكثر الأصوات اللغوية تواترا فيه، ومقارنة ذلك بنص آخر[27]، وهو ما سيثبت وضعا لغويّا مستقرا في توزيع الأصوات في نص بعينه، إذ يمكن بعد ذلك العمل الإحصائي تفسير ذلك الثبات الصوتي واستخدامه باعتباره مؤشرا في بناء دلالة النص. إضافة إلى ذلك، تمّ استخدام الحاسوب في إحصاء ألفاظ القرآن الكريم لأهداف أخرى مثل؛ تبيان عدد ألفاظ القرآن العظيم جميعها، أو تجميع الألفاظ التي تبدأ بكلّ صوت من الأصوات العربية في مجموعات، أو تحديد عدد ألفاظ كل سورة قرآنية للتوصّل إلى حكم قصرها أو طولها[28].

كما تمَّ تفعيل **القواعد اللّسانيّة الضّمنيّة (Implicit Grammars)** في نماذج التّعلّم اللغويّ؛ وهي قواعد تمثلها نماذج "**المحوّلات**" الموسومة بالمرونة النّحوية، حيث يتم تعلم أنماط اللغة من خلال ذخيرة البيانات الضخمة، ثم يتم تخزين التعلُّمات الآلية ضمن شبكات عصبية عميقة، وتعد هذه البيانات المخزنة في الذاكرة قواعد ضمنية نجح الحاسوب في ابتكارها بدلا من تلك القواعد النحوية البسيطة، ليستخدمها لاحقا في التعامل مع أنماط من اللغة أشدّ تعقيدا ومن أمثلتها؛ ظاهرة التقديم والتأخير، والحذف، والإبدال النحوي (استخدام اسم الفاعل بدل الفعل والمصدر في مكان الظرف) [29].

ويُمكن توضيح المتشابه في التَّركيب النّحوي للجملة[30] من خلال "ظاهرة التَّقديم والتَّأخير " في قوله عزَّ وجلَّ: ﴿**وَجَاءَ رَجُلٌ مِنْ أَقْصَى المدِينَة يَسْعَى**﴾ (القصص:20)، وفي قوله عزَّ وجلَّ: ﴿**وجّاءَ منْ أَقْصَى المَدينة رجُلٌ يَسْعَى**﴾ (يس:20)، وقد خصّت (القصص) بتقديم ذكر هذا الرّجل الذي اسمه (**حزبيل**) وهو من آل فرعون؛ لأنَّ الله عزَّ وجلَّ قال قبلها ﴿**فوجَدَ فِيها رَجُلان يقْتَتلان**﴾ (القصص:15)، فاستتبع ذلك بقوله **{وَجَاءَ رَجُلٌ } (القصص:20)**. أمّا سورة **(يس)** خصّت بـ﴿**وجّاءَ منْ أَقْصَى المَدينة**﴾ **(يس:20)**؛ لأنّ الرّجل كان في جبلٍ يعبد الله، ولمّا بلغَهُ خبر الرُّسل أتى مستعجلا[31]. وعليه، فهذا النّمط اللُّغويّ يتطلّب -عند نقله من لغة إلى لغة أخرى- ترجمة تميّز بعناية بين النَّواة التّبشيريَّة الأولى وهي **(الرجل)** في (سورة القصص) وبين النّواة التبشيريّة الثانيّة في (سورة يس) وهي **(أقصى المدينة)**. ومن هنا يُصبح التّركيب النّحويّ الآليّ المعياريّ غير قادر على معالجة حساسية النَّحو **السّياقيَّة** بدقّة نظرا "لِتآخي العناصر اللُّغويَّة مع ما يُحيطها"[32]، فيقدّمها في ترجمة آليّة غير وجيهة؛ لذلك صار من الضرورة بناءً على هذه الظّواهر اللُّغويَّة تطوير الشَّبكات **العرفانيّة** الاصطناعيّة لتحظى التّعبيرات اللُّغويّة جميعها بمعالجة لغويّة دقيقة. كما يُمكن لبرمجيّة الحاسوب التَّعامل مع هذه الآية الكريمة في تركيب مُغاير من الاستعمال العربيّ الطَّبيعيّ؛ كما هو مبيّن في الشَّكل الآتي:



*** شكل 4: يبيّن التركيب النحويّ المتشابه في النّماذج اللُّغويّة**

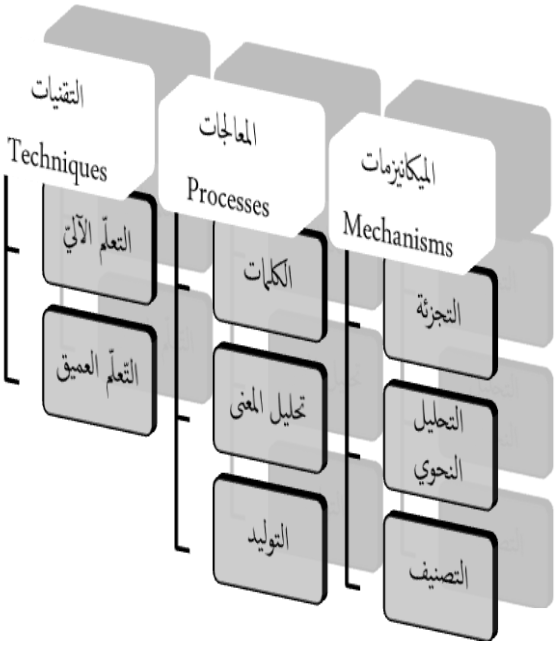
ومع كلّ خبرة آلية متعلَّمة من البنية الدلاليّة المصدر، وبعد التعامل المستمر مع التراكيب النحوية غير المألوفة (البنية الدلالية المشتقة) [33] من منظور الذكاء الاصطناعي؛ يتم تعلُّم القواعد اللغوية الضمنية الجديدة، وهذا ما يطلق عليه تسمية " التّعلم اللّغويّ العميق" **(Deep Learning)** [34].

وتحتاج عملية تحويل اللغة البشرية إلى لغة آلية معرفةً بالمستويات اللسانية التي تمثل كتلة متدرجة بلغة الحاسوب، ثم تتطلَّب آليَّات القيام بعملية التَّحويل، وهي: آلية **التحليل** (تحليل الجمل/ التجزئة) [35]، وآلية التَّعرّف (الكلمات/السّياق)[36]، وآلية **التّصنيف** (النَّص/نصوص أخرى) [37]، وآلية **التَّحويل** (أوامر/استجابات)، وآلية **التَّوليد** (إنشاء نصوص جديدة). ويمكن جمع آليَّات البرمجة اللُّغويَّة في الشكل المرفق **(شكل 5: يبيّن آليّات البرمجة اللغويّة والمعالجة الآليّة للُّغة- المصدر: مقترح الباحثة)** [38]:

فالميكانيزمات تحدث بشكل تناوبي حسب الحاجة، أمَّا المعالجات تحدث بشكل متسلسل حسب الأمر، وأما التّقنيات فتحدث بشكل تاريخي متتابع حسب التَّطورات والرّهانات العلمية البديلة.

وعليه، فآليات البرمجة اللغوية تتطلب تجزئة اللغة إلى كلمات حسب أبنيتها، والتعرف على نوع اللغة (حروف أو أرقام أو رموز أخرى)، واختيار التسلسل المناسب لتنفيذ الأوامر، وتنظيم البيانات إلى فئات وتصنيفها حسب البنية الكبرى، وتوجيه الكتل المُجمّعَة لأداء مهام محدّدة، كتحليل النص، وفهم المعنى السياقي، وتحديد الأطر اللغوية، ثم التوليد الجديد[39]. وهذه الآليَّات هي أساس تطوير البرمجيَّات التي تستطيع فهم اللغة الطبيعية وتوليدها؛ مما يمكّن الإنسان من التفاعل المستمر مع الحاسوب.

4. فاعليّة المظاهر اللّسانيّة في أداء مهمّة التّرجمة الآليَّة: تستخدمُ التَّرجمة الآليَّة برمجيَّات لغويّة لنقل نص من إحدى اللُّغات الطّبيعيّة إلى اللُّغات الأخرى بمساعدة الحاسوب، وذلك باعتماد نُظُم حاسوبيّة معقّدة لتحليل مكوّنات النّص الأصليّ، ثم تحديد المعنى الصَّحيح، ثم توليد نص جديد باللُّغة الهدف[40]. وتعتبر الترجمة الآلية العصبية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية وتقنية التعلم العميق -من النماذج النّصيّة ومن الأمثلة- أحدث طريقة معتمدة حاليا في بناء البرمجيات الآلية لاعتبارات عدة، أهمها: المقدرة على توليد نصوص عالية الجودة من حيث الفهم، ثم توليد نص جديد يتميز بالدقة. وقد ظهرت وفق التتابع التَّاريخي، عدَّة أنماط من الترجمة الآلية، أهمها؛ التّرجمة الآليّة بناءً على القواعد المعياريّة، والتّرجمة الآليّة بناءً على الإحصائيّات، والتّرجمة الآليّة العصبيّة بناء على الشّبكات العصبيّة الاصطناعيّة. فالترجمة الآلية الَّتي تقوم على القواعد النحوية والصرفية المعياريّة تستخدم معطيات اللغة التي توصّل إليها اللُّغويّون القدامى، فتقوم بتحويلها إلى قواعد آلية، وقوائم معجمية مُحوْسبة، وتتم الترجمة بناء على مقدرة البرمجية اللغويَّة على قراءة الجملة، وتحديد مكوناتها ثم تحويلها إلى اللغة الهدف مباشرة. أما الترجمة الآلية التي تقوم على الأساليب اللّغويّة الإحصائية فتتمُّ بعملية إنتاج النص الهدف من خلال مدونة من النصوص الّتي تمَّت ترجمتُها في فترات سابقة بطريقة تقليدية (الدماغ البشريّ)، إذ تقوم البرمجية بإحصاء التعبيرات المتقاربة ثم تحديد المقابل الأنسب للنص الأصلي بعد القيام بعملية الجرد والتحليل. وأمَّا الترجمة الآلية العصبية، وهي التقنية الأكثر حداثة، فتعتمد على مقدرة الحاسوب على التعلم الذاتي، والتحسين التلقائي لمعطيات المهمّة اللغويَّة المستهدفة، حيث بإمكان نظام الحاسوب التعلُّم المستقل دون أي تدخلات من الإنسان؛ وذلك من خلال شبكة عصبية اصطناعية تضم مجموعة ضخمة (ذخيرة) من النُّصوص الأصليّة المترجمة في فترات سابقة إلى لغات أخرى؛ وتسمّى "المدوّنات المتوازية"**(Parallel Corpus)**[41]، ثم التعلُّم من خلال تلك المصادر اللغوية[42].



وإنّ هذه التقنية مكَّنت برمجيات الترجمة الآلية من المقدرة على فهم النص الأصلي فهما عميقا بإدراك العلاقات المعنوية في التركيب النحوي باعتبار أنّه "لا وجود لدلالة نمطيّة مجرّدة تصلح لهذا الموضع أو ذلك بنفس الكيفية"[43]، ثمّ توليد للنص الهدف بشكل دقيق. وإنّ ما يهمّ البحث هنا هو إبراز دور المظاهر اللّسانيّة في إنجاح مهمّة التّرجمة بمساعدة الحاسوب، فظهور عقبات لغويّة مثل: "مشاكل الإبهام، والازدواج الصّرفيّ، والمُفرداتيّ الدّلاليّين، والتّعقيد النّحويّ، والاختلاف المعجمي بين اللّغات، والصّيغ المجازيّة المُخالفة للقواعد، وما إلى ذلك من المشاكل اللّغويّة، الّتي تعترض تطوير نُظُم فعّالة من التّرجمة الآليّة"[44]،

يستدعي إعادة النّظر في التمثيلات اللسانيّة على الحاسوب، وفق ما يغطّي مختلف جوانب اللّسان البشريّ الطّبيعيّ. وبناء على هذه المشكلات اللّغويَّة ظهرت تلك الأساليب اللّسانيّة الّتي تقوم على الإحصاء والاحتمال، وكلّها توجَّهت نحو عمليّات التّطوير اللُّغويّ الآليّ بعد قياس درجة إخفاقها. نظرا إلى صعوبة تمكين نظام الحاسوب من كل النماذج اللغوية المحتملة، مما أنتج ترجمات آلية غير دقيقة، أو غير معقولة في حالات أخرى. لذلك، يعتبر أسلوب الترجمة الآلية العصبية هو الأسلوب الأكثر فائدة في هذه المهمة اللغوية، بفضل تقنية التعلم العميق (Deep Learning) الذي أتاح استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية لتحليل النص الأصلي وفهم معناه، بأسلوب يماثل أسلوب اشتغال الدّماغ البشري في معالجة اللغة. وهذا الأسلوب مكّن الحاسوب من فهم السياق اللغوي نسبيّا، والتعامل المَرِن مع الجمل المعقدة، مما أثبت نجاحا في نقل النصوص من لغة طبيعيّة إلى لغة طبيعيّة مغايرة بدقة متناهية. لكن، رغم كلّ تلك المنجزات اللّسانيَّة تبقى هناك ظواهر لغويّة لا تزال تشكّل نواة العجز في عمليّة التّرجمة بمساعدة الحاسوب، كظاهرة تحديد الدَّلالات الثّقافيّة والاجتماعيّة والدّينيّة، وظاهرة التَّعبيرات المستحدثة، وظاهرة فوضى المصطلحات العلميّة، وظاهرة المشتركات اللَّفظيَّة، وظاهرة التَّعبيرات المجازيّة، والتّعبيرات الاصطلاحيّة وغيرها. فإدراك أنظمة تطبيقات التّرجمة الآلية محدود من هذه النّواحي اللّغويّة، ممّا يلغي معيار التّساوي في النّقل اللّغويّ[45].

ونعرض هنا بعض الظواهر اللغويّة الأساسيّة الّتي تقترن بمشكلات عمليّة التّرجمة الآليّة والّتي تستدعي أنظمة لسانيّة آليّة متطوّرة لتجاوزها عند النّقل من لغة إلى أخرى:

- التعبيرات المجازيّة، كالكناية والاستعارة والمجاز عند ترجمة الوثائق الأدبيّة والفنّية؛
- تباين المستوى اللّغويّ، عند ترجمة الأمثال الشّعبيّة العاميّة، أو ترجمة لهجة محليّة؛
- الفروق بين اللّغات، عند التّرجمة من العربيّة إلى الصّينية أو الألمانية، أو الإنكليزية؛
- اللبس والغموض في النصّ الأصليّ، عندما يعجز العقل البشريّ عن فهم المقاصد؛
- نقل مفاهيم المصطلحات المركّبة، عند الفصل بين ما هو موصول من المركّبات؛
- نقل الكلمات الفارغة دلاليّا، في بعض اللّغات، والّتي لها دور الغراء النَّحويّ (**syntactic glue**)[46]؛
- نقل المصطلحات المختصرة من لغة إلى أخرى، فالكثير من المصطلحات تحمل مختصرات مترادفة، مثل مختصر **(AI)** يستخدم للتّعبير عن مفهوم الذّكاء الاصطناعيّ (**Artificial Inteligence**)، ومفهوم منظمة العفو الدولية (**Amnesty International**) [47]. ونجد كذلك مختصر **(NLP)** يستخدم للتعبير عن مفهوم البرمجة اللغوية العصبيّة **(Neuro-Linguistic Programming)**، ومفهوم معالجة اللغات الطبيعية **(Natural language processing)**.

وعليه، ينبغي أن تأخذ تطبيقات الذّكاء الاصطناعيّ عامّة، وتطبيقات التّرجمة الآليّة على الأخصّ بمعطيات البحوث اللّسانيّة في فروعها المختلفة؛ كاللسانيات التّداوليّة، واللّسانيات المعرفيّة، واللسانيات العصبيّة،

واللّسانيات الثّقافية، واللسانيات الاجتماعية، واللّسانيّات النّفسية، ولسانيات المدوّنات، وغيرها؛ لتتمكّن من صياغة الآليَّات التّنظيميّة (الخوارزميات) المناسبة لمسؤوليّة النّقل الأمين لمحتويات المواد اللّغويَّة المستهدفة. لاسيما أن اللغة العربيّة تشهد ندرة في تمثيلها وفق المظاهر اللّسانية المعاصرة نظرا إلى قلّة البرمجيّات الَّتي تهدف إلى تطوير المصادر العربيّة الأساسيّة للتّرجمة الآلية. كما أنّ أكثر المقترحات لم تخرج عن نطاق التّنظير أو التّوصيّة لانعدام الدعم المؤسّس لمثل هذه الطُّموحات العربيّة[48].

5-الخاتمة: توصّل البحث إلى فاعليّة بعض المظاهر اللّسانية المُعاصرة في تطوير برمجيّات الذَّكاء الاصطناعيّ، وتحسين أداء مُنجزات لغويّة تطبيقية متعدّدة؛ كإنجاز مهمة "التَّرجمة الآليَّة"؛ التي تعدّ اللُّغة مكوّنا من مكوّناتها الجوهريّة. ومن أساسيّات مُعالجة اللّغة الطبيعية معالجة لغويَّة آليّة نذكر:

- وجود تصوّر متكامل للنّظام الّذي تقوم عليه اللّغة الإنسانيّة الطبيعيّة، وهنا تبرز أهميّة النظريّات اللّسانيّة المُعاصرة، وضرورة الاشتغال عليها وتطوير مُعطياتها لتنميّة مجالات تطبيقيّة أخرى، كالتشكيل الآلي، والتّدقيق اللغويّ، والتّرجمة الآليّة، بناءً على تلك المعطيّات اللّسانية المُعاصرة؛
- توفّر معطيات معرفيّة قاعديّة يمكن بواسطتِها التّأسيس لعمليّة مُعالجة اللّغة مُعالجة متينة تضمن جودة في تطبيقاتها اللّاحقة، فالاعتماد على معطيات معرفيّة قاعديّة غير ثابتة أو غير موحّدة نسبيّا بإمكانه إفشال الكثير من المهمّات اللّغويّة الآليّة، لذلك فنجاح برمجيات معالجة اللغة الطبيعية يتأسس على وضوح النظرية اللسانية التي يتّبعها مطورو محلّلات اللغة البشريّة[49]؛
- الاعتماد على فريق المعلوماتيّة يتكوّن من: مصمم نظم العتاد، ومصمّم البرمجيّات، ومصمّم التَّطبيقات، ومهندس المعرفة، ومُحدّث البيانات، ومتخصص في المعلومات، ومشغّل نظام الحاسوب، ومستخدم النظام الآلي[50]، فهذا الفريق وحدهُ من يستطيع استثمار المُعطيات النّظريّة في اللسانيات بفروعها المختلفة ، وتحويل مظاهرها اللّسانيّة إلى معالجات آليّة ذات فائدة لغويّة قصوى.

ونلخّص هنا أهمّ نتائج البحث في المظاهر اللّسانيَّة الّتي بإمكان الدّراسات اللّسانيّة التّطبيقيّة الاستفادة منها لتطوير وتحديث البرمجيّات اللُّغويّة المتّصلة بمهمّة التّرجمة الآليّة:

- فاعليّة مظهر "التّحليل اللّسانيّ التّوليدي-التحويلي" في تكوين نماذج لسانيّة آليّة ذات كفاية عالية في مواجهة مشكلة التّعقيد النّحويّ في لغة ما، بتمكين الحاسوب من أداء يقوم على الفهم اللّغويّ لبنية الجمل المترجمة فهما يُماثل مقدرة العقل البشريّ الطبيعي؛
- فاعليّة مظهر "التّحليل اللّسانيّ التّداوليّ" للّغة الإنسانية في حلّ مشكلة فهم النّصوص ذات الأبعاد الاجتماعية والثقافية الخاصة، كالنّصوص الدّينيّة أو الشّعبيّة على سبيل المثال، بتفعيل دور السّياق في تشكيل الدّلالة المقصودة، والإحاطة بالخصوصيات السّياقيَّة؛ كالّتي يواجهها المُترجم في التّعبيرات الاصطلاحيّة، والتّعبيرات المجازيّة، والتّعبيرات العاميّة؛

➢ فاعليّة مظهر "التّحليل اللّسانيّ العرفانيّ" في حلّ مشكلة التّعقيد والغموض، بالتَّخطيط العصبيّ لشبكة اصطناعيَّة تمثّل الأطر اللغوية بدقة، وتحقّق "الاتساق الصريح بين جمل الخطاب"[51]، أو العلاقات المعجميّة، وذلك بالربط المتين بين البنية اللّغويّة والبنية العقليّة، والأطر اللغوية، وهو سعيٌ إلى تقريب مستويات الذّكاء الاصطناعيّ من الذّكاء الطّبيعيّ؛

➢ فاعليّة مظهر "التّحليل اللّسانيّ للخطاب" في حلّ مشكلة التّعامل اللُّغويّ الآليّ مع الخطابات المُتباينة؛ كالخطاب القانوني، والعلمي، والأدبي... وغيرها، بفهم البنيات الكبرى وتفسيرها تفسيرا خطابيّا [52]، ثمّ توفير مدوّنات نصّيّة مُوازية تتعلّم برمجيّات الحاسوب آليّا من خلال بياناتها.

ومن التّوصيات التي خلصنا إليها بعد هذه النّتائج، نذكر الرؤى البحثيّة المستقبليّة الآتي ذكرها:

➢ فاعلية الجهود اللسانية في تطوير حقل الذكاء الاصطناعي مرتبطة بانفتاح اللسانيين على العلوم الأخرى، وترك الدّراسات البَيْنيَّة تأخذ حظَّها، بإخراج الدَّرس اللّسانيّ المعاصر من حدود الأداء الإنسانيّ إلى دائرة الأداء العلميّ، فالجُهود اللّسانية إذا لم تجدْ وضعا أفضل في ظلّ تحدّيات العصر، ستفقد تأثيرها في مكوّنات العُلوم الأخرى، وستقلّ فعاليّتها عندما تقدّم العلوم الأخرى إضافات معرفيّة لسانيّة لم ينجحْ اللّسانيُّون وهم أهل الاختصاص في التّخطيط الذّهنيّ لها، فكم من علم ضمّ إلى مباحثه الأساسيّة مبحث "اللُّغة"، وقطع شوطا في تفسير ماهية الظَّاهرة اللّغويَّة وكيفية اشتعالها حقيقةً وافتراضا؛

➢ اللّسانيَّات باعتبارها علما أساسيًّا في حقل الذّكاء الاصطناعيّ، لن تستطيع تقديم حصيلة المفاهيم والمعارف المعينة في إنجاز المهمّات الآلية، إلا إذا تطوّرت، ولا يمكن أن تتطوّر مادام هناك من يقدّس مسار البحث اللّغويّ القديم، ولا يزال متعالقا مع حقول الأدب والنَّقد والفلسفة وغيرها الّتي تسحبنا نحو الانغلاق على الدَّرس اللّساني، ومنع نمائه المعرفيّ؛ وهو الأمر الّذي يُقعِد اللّسانيات التّطبيقيّة كذلك عن أداء دورها الّذي ظهرت من أجله، ألا وهو الإسهام في حلّ المشكلات ذات الصّلة باللّغة البشريّة؛

➢ لقد صار بالإمكان تبادل الفوائد العلميّة بين العلوم، ومثلما تفيد المظاهر اللّسانية في تطوير البرمجيّات اللّغوية الآليّة، بإمكان الذَّكاء الاصطناعيّ تقليص زمن الأشغال الطّويلة التي يقضيها اللّساني في جمع وتصنيف اللُّغة، وإحصائها وتحليلها في ظل تنوّع المدوّنات اللُّغوية الموازية (لغة الصَّحافة، ولغة القانون، ولغة العلم، ولغة الأدب، وغيرها). إنَّ الطموح الرَّاهن هو تمكين الذَّكاء الاصطناعيّ من وضع نظريّة لسانيَّة تمتدّ إلى تغطية العموميَّات اللُّغوية العالميَّة؛

➢ المكانة التي تشغلها البرمجيّات اللغويَّة التي حلّت فيها الآلة محلّ الإنسان، وصار بإمكانها تعويضه في إحداث العمليّة التّواصليّة، تفرض على اللّسانيين التّطبيقيّين الانفتاح على مجالات تطبيقيَّة غير تقليديّة. فقد صار لزاما إجراء البحوث الميدانيّة في تلك الميادين الحيّة التي شغلت حيّزا واسعا في الحياة الاجتماعية، ومثال ذلك ميدان

التّسويق الإلكترونيّ، وصناعة المحتوى، والدَّردشات الآليّة، والمراسلات الإلكترونيّة، والتَّعليم المفتوح وغيرها من مجالات الاستعمال الحيويّ للّغة في سياق المعاملات الافتراضيَّةّ.

6. قائمة المصادروالمراجع:

المراجع العربيّة:

1. حلمي خليل، دراسات في اللسانيات التطبيقية، دار المعرفة الجامعية، مصر، 2003.
2. حميدي بن يوسف، مفاهيم وتطبيقات في اللسانيات الحاسوبية، مركز الكتاب الأكاديمي، الأردن، ط1، 2019.
3. سلطان المجيول وآخرون، لغويات المدونة الحاسوبيّة، تطبيقات تحليليّة على العربيّة الطّبيعيّة، دار وجوه للنّشر والتّوزيع، الرياض، ط1، 2016.
4. عبد السّلام عيساوي، العلاقات المعنوية في البنية النّحويّة، مقاربة لسانيّة، المطبعة الرسمية التّونسيّة، جامعة منوبة، تونس، 2010.
5. عبد الله الحميدان، مقدمة في التّرجمة الآليّة، مكتبة العبيكان، الرياض، ط1، 2001.
6. عطية أحمد، اللّسانيات العصبية، اللغة في الدماغ، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي، مصر، ط1، 2019.
7. علي حلمي موسى، دراسة إحصائيّة لجذور معجم الصّحاح باستخدام الكمبيوتر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 1978.
8. علي حلمي موسى، استخدام الآلات الحاسبة الإلكترونية في دراسة ألفاظ القرآن الكريم، عالم الفكر، الكويت، مج 12، ع4 ،1982.
9. فان ديك، النّص والسّياق، استقصاء في الخطاب الدلالي والتّداولي، تر: عبد القادر قنيني، إفريقيا الشرق، بيروت، لبنان، 2000
10. مازن الوعر، دراسات لسانية تطبيقية، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، دمشق، ط1، 1989.
11. محسن رشوان وآخرون، مقدمة في حوسبة اللغة، دار وجوه للنشر والتوزيع، الرياض، ط1،2019.
12. محسن رشوان وآخرون، الموارد اللغوية الحاسوبية، دار وجوه للنشر والتوزيع، الرياض، ط1،2019.
13. محسن رشوان وآخرون، تطبيقات أساسية في المعالجة الآلية للغة العربية، دار وجوه للنشر والتوزيع، الرياض، ط1،2019.
14. محمود الكرماني، البرهان في توجيه متشابه القرآن، تح: عبد القادر عطا، دار الكتب العلمية، لبنان، ط1، 1986.
15. مصطفى غلفان، في اللسانيات العامة، دار الكتاب الجديد المتحدة، لبنان، ط1، 2010.
16. منصور الغامدي وآخرون، مدخل إلى اللسانيات الحاسوبية، دار وجوه للنشر والتوزيع، الرياض، ط1، 2017.
17. نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، مؤسسة تعريب، الكويت، 1988.

18. نعوم تشومسكي، آفاق جديدة في دراسة اللغة والعقل، تر: عدنان حسن، دار الحوار، سورية، ط1، 2009.

19. وفاء بن التركي، اختبار أداء نظام الترجمة الآلية الإحصائية، المعهد العالي العربي للترجمة، مجلة RIST، الجزائر، مج20، ع 2، 2013.

المراجع الأجنبيّة:

20. Daniel, Jurafsky. James H. Martin. Speech and Language Processing, An Introduction to Natural Language Processing,Computational Linguistics, and Speech Recognition. Publisher :Prentice Hall, Saddle River, New Jersey. 2009

21. Emily M. Bender, Linguistic Fundamentals for Natural Language Processing: 100 Essentials from Morphology and Syntax. Publisher: Morgan & Claypool Publishers, San Rafael, California, Published: 2013.

8. الإحالات والهوامش:

(1) مازن الوعر، دراسات لسانية تطبيقية، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، دمشق، ط1، 1989، ص 34.

(2) محسن رشوان وآخرون، مقدمة في حوسبة اللغة، دار وجوه للنشر والتوزيع، الرياض، ط1، 2019، ص 18-22.

(3) استفدنا من: حلمي خليل، دراسات في اللسانيات التطبيقية، دار المعرفة الجامعية، مصر، 2003، ص 73-74

(4) ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، ص131-140.

(5) ينظر: المرجع نفسه ، ص 110

(6) ينظر:

- Daniel ,Jurafsky. James H. Martin. Speech and Language Processing , An Introduction to Natural Language Processing,Computational Linguistics, and Speech Recognition. Publisher :Prentice Hall, Saddle River, New Jersey. 2009. P14

(7) منصور الغامدي وآخرون، مدخل إلى اللسانيات الحاسوبية ،دار وجوه للنشر والتوزيع،الرياض،ط1، 2017، ص 26

(8) مازن الوعر، دراسات لسانية تطبيقية، ص 317-318

(9) Daniel ,Jurafsky. James H. Martin. Speech and Language Processing, An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition. P12-13 .

(10) ينظر:

-Emily M. Bender, Linguistic Fundamentals for Natural Language Processing: 100 Essentials from Morphology and Syntax. Publisher: Morgan & Claypool Publishers, San Rafael, California, Published: 2013. P1

(11) وفاء بن التركي، اختبار أداء نظام الترجمة الآلية الإحصائية، المعهد العالي العربي للترجمة، مجلة RIST ، الجزائر ، مج20، ع 2، 2013، ص 9.

(12) ينظر: المرجع نفسه، ص 9-10.

(13)ينظر: نعوم تشومسكي، آفاق جديدة في دراسة اللغة والعقل تر: عدنان حسن، دار الحوار ، سورية، ط1، 2009، ص 49-55.

(14) ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، ص148-152.

(15) محسن رشوان وآخرون ، مقدمة في حوسبة اللغة، ص 30-32.

(16) ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، ص 150.

(17) ينظر: موقع: https://context.reverso.net/traduction/arabe-anglais، اطلعت عليه في 07-01-2024.

(18) ينظر: سلطان المجيول وآخرون، لغويات المدونة الحاسوبيّة، تطبيقات تحليليّة على العربيّة الطّبيعيّة، دار وجوه للنّشر والتّوزيع، الرياض، ط1، 2016، ص82.

(19) ينظر: منصور الغامدي وآخرون، مدخل إلى اللسانيات الحاسوبية، ص 131.

(20)مصدر الصورة: سالمي عبد المجيد، اللسانيات الحاسوبية بين التقنيات الحديثة للمعالجة الآلية للغة وممارسات اللسانيات التقليدية، موقع ألف :https://aleph.edinum.org/9260?lang=ar ، تمَّ التّحميل بتاريخ : 10-02-2025 على 17:00سا.

(21) ينظر: محسن رشوان وآخرون، الموارد اللغوية الحاسوبية، ص 135-148.

(22) ينظر: عطية أحمد، اللسانيات العصبية، اللغة في الدماغ، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي، مصر، ط1، 2019، ص219-220.

(23)ينظر: علي حلمي موسى، دراسة إحصائية لجذور معجم الصحاح باستخدام الكمبيوتر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 1978، ص 10.

(24) ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، ص 52-53.

(25) ينظر: علي حلمي موسى، استخدام الآلات الحاسبة الإلكترونية في دراسة ألفاظ القرآن الكريم، عالم الفكر، مج 12، ع 4، ص 1088.

(26) ينظر: المرجع نفسه، ص 1088- 1094.

(27) ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، ص 52-53.

(28) علي حلمي موسى، استخدام الآلات الحاسبة الإلكترونية في دراسة ألفاظ القرآن الكريم، ص 1095.

(29) ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب ، ص 53.

(30) لمزيد من المعلومات: محمود الكرماني، البرهان في توجيه متشابه القرآن، تح: عبد القادر عطا، دار الكتب العلمية، لبنان، ط1، 1986.

(31) المرجع نفسه، ص 144.

(32)ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، ص 64-65.

(33) ينظر: عبد السّلام عيساوي، العلاقات المعنوية في البنية النّحويّة، مقاربة لسانيّة، المطبعة الرسمية التّونسيّة، جامعة منوبة، تونس، 2010، ص5.

(34) ينظر: محسن رشوان وآخرون، تطبيقات أساسية في المعالجة الآلية للغة العربية، دار وجوه للنشر والتوزيع، الرياض، ط1، 2019، ص61-82.

(35) ينظر: منصور الغامدي وآخرون، مدخل إلى اللسانيات الحاسوبيةص89-93.

(36) ينظر: المرجع نفسه ، ص 109-115.

(37) ينظر: المرجع نفسه ، ص 144.

(38) شكل تمَّ تصميمه لأغراض خاصة بهذا البحث، وهو خلاصة عامة لعمليات المعالجة الآلية للغة الطبيعية.

(39) استفدنا من : فان ديك، النّص والسّياق، استقصاء في الخطاب الدلالي والتّداولي، تر: عبد القادر قنيني، إفريقيا الشرق، بيروت، لبنان، 2000، ص 214-221.

(40) ينظر: عبد الله الحميدان، مقدمة في التّرجمة الآليّة، مكتبة العبيكان، الرياض، ط1، 2001، ص 9-10.

(41) ينظر: سلطان المجيول وآخرون، لغويات المدونة الحاسوبيّة، تطبيقات تحليليّة على العربيّة الطّبيعيّة، ص171-172

(42) محسن رشوان وآخرون ، مقدمة في حوسبة اللغة، ص 31-32.

(43) عبد السّلام عيساوي، العلاقات المعنوية في البنية النّحويّة، مقاربة لسانيّة، ص 5.

(44) ينظر: عبد الله الحميدان، مقدمة في التّرجمة الآليّة، ص 19.

(45) ينظر: المرجع نفسه، ص 19-20.

(46) ينظر:

-Emily M. Bender, Linguistic Fundamentals for Natural Language Processing: 100 Essentials from Morphology and Syntax. P107

(47) حميدي بن يوسف، مفاهيم وتطبيقات في اللسانيات الحاسوبية، مركز الكتاب الأكاديمي،الأردن،ط1، 2019،ص 52-53.

(48) ينظر: سلطان المجيول وآخرون، لغويات المدونة الحاسوبيّة، تطبيقات تحليليّة على العربيّة الطّبيعيّة، ص178-179.

(49) ينظر: منصور الغامدي وآخرون، مدخل إلى اللسانيات الحاسوبية، ص 72.

(50) ينظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، ص 95-96.

(51) ينظر: فان ديك، النّص والسّياق، استقصاء في الخطاب الدلالي والتّداولي، ص219.

(52) ينظر: المرجع نفسه، ص 211-213.