

## المعجم الذهني والترجمة الآلية: استثمار للمعارف وتطوير للبرامج - الترجمة الآلية العصبية أنموذجا -

### The mental lexicon and machine translation: an investment of knowledge and the development of programs - Neural machine translation as a model -

د. لطيفة هياشي  
جامعة باجي مختار-عنابة (الجزائر)  
habbachilat@yahoo.fr

سعيد بورياحي\*  
جامعة باجي مختار-عنابة (الجزائر)  
said.bouriahi@univ-annaba.org

تاريخ القبول: 2021/10/24

تاريخ الإرسال: 2021/10/12

#### الملخص:

يمثل المعجم الذهني البنية الذهنية الافتراضية التي تنتظم فيها مختلف المداخل المكونة له بطريقة معقدة، هذه البنية تشتغل بطريقة آلية وتلقائية، وبسرعة فائقة، حيث لا يدرك مستعمل لغة ما الكيفية التي ولج بها إلى هذه البنية، هذه التلقائية والسرعة دفعت الباحثين إلى الإفادة من هذه الظاهرة المعرفية الطبيعية لدى البشر، واستثمارها في تطوير وتنمية المجالات والأنشطة المتعلقة باللغة، وباعتبار الترجمة الآلية من أهم التخصصات التي استفادت من المعارف المتعلقة بالمعجم الذهني وخاصة تلك المتعلقة بانتظامه، سنحاول في هذا المقال تشرح طبيعة العلاقة التي تربط المعجم الذهني بالترجمة الآلية، واستخراج أبرز النتائج العلمية المرتبطة بالمعجم الذهني التي أسهمت في تطوير الترجمة الآلية، ممثلين لذلك بالترجمة الآلية العصبية باعتبارها أنموذجا لأحدث أنواعها، ولأن هذا النوع أيضا يحاكي الترجمة البشرية باعتمادها على شبكات عصبية اصطناعية مماثلة لتلك الموجودة في الدماغ البشري.

**الكلمات المفتاحية:** معجم ذهني؛ شبكة عصبية؛ شبكة دلالية؛ شبكة عصبية اصطناعية؛ ترجمة آلية؛ ترجمة آلية عصبية.

#### Abstract :

The mental lexicon represents the hypothetical mental structure in which the various components of it are organized in a complex manner, this structure operates in a fast, automatic and spontaneity manner, as the user of a language does not realize how he accessed this structure; this spontaneity and speed prompted researchers to take advantage of this natural cognitive human phenomenon, and investing it in developing fields and activities related to language. And as machine translation is one of the most important disciplines that have benefited from the knowledge related to the mental lexicon, especially those related to its regularity; in this article, we will try to analyze the nature of the relationship between the mental lexicon and machine translation, and extract the most prominent scientific results related to the mental lexicon that contributed to the development of machine translation, represented by neural machine translation as a model

\*المؤلف المرسل: سعيد بورياحي.

for its latest kinds, Since this kind also resembles human translation based on artificial neural networks similar to those found in human's brain.

### Keywords:

Mental lexicon; Neural network; Semantic network; Artificial neural network; Machine translation; Neural machine translation.

### مقدمة:

يعدّ المعجم الذهني من أعقد القضايا البحثية التي تشغل عليها العلوم المعرفية، فهو بنية ذهنية معقدة تحتاج إلى دراسات دقيقة، لأجل الحصول على إجابات شافية لعدّة أسئلة، مثل: كيف يُكتسب المعجم الذهني؟ وكيف ينتظم؟ وما محتوياته؟ وما آليات النفاذ إلى هذه المحتويات؟...، هذه الأسئلة وغيرها، توصل الباحثون من مختلف مشاربهم إلى تقديم آراء وأفكار وتفسيرات في محاولة منهم للإجابة عن بعضها، واستثمار هذه النتائج في تطوير وتنمية اللغة، وحل العديد من المشكلات المرتبطة بها، من خلال محاكاة هذه البنية الطبيعية ببنى اصطناعية، عن طريق تصميم نمذجة رياضية لها، تُستثمر في عديد المجالات، كاللسانيات الحاسوبية، والتعليمات، والتخطيط اللغوي، والصناعة المعجمية...

وتعتبر الترجمة الآلية من أبرز فروع اللسانيات الحاسوبية التي استفادت من النتائج العلمية المتعلقة بالمعجم الذهني، وبخاصة ما جاء به التيار الارتباطي

-النظرية الترابطية<sup>(1)</sup> (Associatiionisme): الذي وضع فرضيات تُفسّر ماهية المعجم الذهني وكيفية انتظامه، من خلال اقتراح نماذج شبكية ارتباطية تمثل هذه البنية المعرفية الذهنية؛ كالشبكات العصبية والشبكات الدلالية...، هذه الشبكات وظّفها المختصون في الذكاء الاصطناعي لبناء شبكات عصبية اصطناعية، استُخدمت في تطوير نظام جديد للترجمة الآلية وُسم بـ "الترجمة الآلية العصبية" أو ما يطلق عليه أيضا "الترجمة الآلية العصبونية".

وفي هذا الشأن جاءت هذه الورقة البحثية، للتطرق إلى مكامن الإفادة في المعجم الذهني، وأبرز ما توصلت إليه الأبحاث العلمية عن هذه البنية الذهنية المعقدة، التي أسهمت في تطوير نظم الترجمة الآلية.

## 1. المعجم الذهني (The Mental Lexicon)

إن المعجم الذهني بوصفه إحدى الركائز الأساسية للنظام اللغوي، يكون قد امتلك أهمية بالغة في الدراسات اللسانية الحديثة، وبخاصة الدراسات اللسانية المعرفية لارتباطه بالاشتغال اللغوي وآلياته؛ من ذاكرة، وإدراك، وفهم لكل ما هو محيط بنا من محسوسات وغير محسوسات...، لهذا عمل المختصون على تحديد ماهيته، ومكوناته، ونمذجته، وهندسته، وشرح كيفية انتظامه، وآليات الولوج إليه...، وفيما يلي سنستعرض بعض المفاهيم التأسيسية للمعجم الذهني، وبعض فرضيات انتظامه.

### 1.1 مفهوم المعجم الذهني

"المعجم الذّهني" مصطلحٌ مركّبٌ من مصطلحين "المعجم" و"الذّهن": لهذا ينبغي التعريف بداية بالمصطلحين المكونين له، ليتجلى ويتضح مفهومه بعد ذلك.

### 1.1.1. المعجم والذهن: لغة واصطلاحاً

أولاً: المعجم:

جاء في لسان العرب: "هذا الرجل أعجمي إذا كان لا يُفصح... واستعجم عليه الكلام: استهم<sup>(2)</sup>؛ من الإبهام والغموض وعدم الفصاحة، ولفظة "المعجم" هي مصدر ميمي للفعل "أعجمَ"، والهمزة هنا تُفيد السلب والنفي، وإذا كان الفعل "عجمَ" يفيد معنى الغموض والإبهام وعدم الفصاحة، فإن الفعل "أعجم" يفيد معنى معاكساً؛ أي الوضوح والإفهام والإفصاح.

وعليه فالمعجم في اللغة من الوضوح والإفصاح، وهذا ما يتوافق مع معناه الاصطلاحي فالمعجم "يجمع كلمات لغة ما، ويشرحها ويوضح معناها ويرتبها بشكل معيّن"<sup>(3)</sup>؛ فكل كلمة من هذه الكلمات تُرفق بشروحات تُوضّح للمسترشد معناها، وتُفصح له عما هو مهمّ بالنسبة إليه، وتُرتّب المداخل المعجمية وفق منهجية معيّنة، وهذا ما يُطلق عليه "الوضع"، فهذه المنهجية تجعل من البحث في المعجم أمراً يسيراً وسهلاً.

ويُعرّف المعجم كذلك بأنه "كتابٌ يضمّ لائحة من الألفاظ المتعلقة باللغة عامةً، أو بعلم من العلوم، أو بكتاب معيّن... وفي معناه اللساني يفيد المعجم مجموع العلامات التي يمتلكها الأفراد والجماعة التي ينتمون إليها"<sup>(4)</sup>؛ وهذا التعريف يحيلنا إلى نقطتين بارزتين فيه، أولاهما هي: أن المعجم أنواع؛ عام، ومختص، ونوعي...، وثانيهما هي: أن المعنى اللساني يشير إلى أنّ المعجم يتألف من مجموع العلامات اللسانية للمجتمع الواحد؛ بمعنى آخر أن لكل مجتمع معجمه الخاص به، وهو مشترك بين أفراد هذه الجماعة، وهو محور أساسي في بناء لسان هذا المجتمع.

ثانياً: الذهن:

أما الذهن فقد ورد في لسان العرب: "الذّهن: الفهم و العقل. والذّهن أيضا حفظ القلب... ذهنت كذا وكذا أي فهمته... وهو الفطنة و الحفظ. وفلان يُذاهن الناس: أي يفاطنهم. وذاهني وذاهنته فكنت أجود منه ذهناً"<sup>(5)</sup>؛ وعليه فالمعنى اللغوي للذهن يرتبط بالفطنة وفهم الأمور وعقلها.

أما في الاصطلاح ف: "الذهن قوةٌ للنفس تشمل الحواس الظاهرة والباطنة، مُعدّة لاكتساب العلوم. وهو الاستعداد التام لإدراك العلوم والمعارف بالفكر"<sup>(6)</sup>؛ بمعنى أن الذهن استعداد نفسيّ وقدرةٌ على فهم المعرفة وإدراكها، وهو بهذا المعنى قريب جداً من المعنى اللغوي المرتبط بالفطنة وفهم الأمور وإدراكها.

فالذهن البشري يقوم على "مجموعة من الآليات النفسية المتطورة لتحليل المعلومات، المتمثلة في النسق العصبي، وهي آليات تشكّل جوهر الهندسة الذهنية لدى الإنسان وتتصف بمحتويات بنيوية غنية ومتخصصة وظيفياً لإنتاج سلوكيات تتعامل مع مشاكل تكيفية مثل اكتساب اللغة، واكتساب المعرفة الفضائية، وانتقاء الزوج، والعلاقات الأسرية والثقافية، والتعاون، ومعطيات الثقافة

البشرية"<sup>(7)</sup>؛ هذا يعني أن الذهن هو المسؤول عن تكوين وبناء التصورات، والتمثيلات الذهنية، والكيانات المعرفية...، وإدراكها، وفهمها، وكذا استخدامها وتوظيفها عند الحاجة بكلّ سلاسة وسرعة.

### 2.1.1. المعجم الذهني: اصطلاحا

استعمل مصطلح "المعجم الذهني" للتعبير عن مجموع المداخل المعجمية التي تُشكّل المخزون المعجمي للغة في ذهن الإنسان، فهو "منظومة ذاكرية يمكن من تخزين واستعادة تصورات الكلمات. تحتوي هذه التصورات على معلومات تتعلق بالشكل الإملائي اللفظي للكلمات، وبمعناها وسماتها النحوية"<sup>(8)</sup>؛ بمعنى أن المعجم الذهني هو تلك المنظومة في ذاكرة الإنسان، التي تخزّن التصورات الصوتية، والصرفية، والتركيبية، والدلالية...، وكذا السمات الإملائية للكلمات المفردة وتستحضرها، فكل "متكلم للغة ما يمتلك معجما ذهنيا وهو مجموعة من التمثيلات المتعلقة بالوحدات الدالة في لغته... وهي تضمّ كل المعلومات الضرورية لتعيين وفهم واستعمال وحدة معينة"<sup>(9)</sup>؛ إذن فالمعجم الذهني يضمّ كل التمثيلات الذهنية المتعلقة بالكلمات، هذه التمثيلات تشحن الوحدات اللغوية بالمعلومات اللازمة لغرض فهمها واستعمالها وتعيينها.

بحيث تتم عملية شحن الوحدات المعجمية بواسطة علاقات وروابط تجمع بين كل "ما تم تمثله في الذهن من مجموع الوقائع، والكيانات، والظواهر اللغوية المختلفة التي تنتظم شروط مضامينها وسياقاتها تآلفا وتراكبا، أو تعارضا وتنافرا أيضا"<sup>(10)</sup>، بمعنى آخر فهذه العلاقات (التآلف، والتراكب، والتعارض، والتنافر...) هي التي تجمع بين التمثيلات الذهنية والوحدات المعجمية المرتبطة بها، لتتشعب هذه الأخيرة بمعانيها ودلالاتها، أي أن المعجم الذهني "لا يُحيل فقط على المخزون المفرداتي الموجود في ذهن الفرد، بل يحيل أيضا على مجموع التعالقات التي تقيمها الكلمات مع تمثيلات"<sup>(11)</sup>؛ وهذا ما يجعل المعجم الذهني عاملا رئيسا من عوامل الاشتغال اللغوي، وجزءا أساسيا من المعرفة اللسانية. هذا، وقد استعمل مصطلح "المعجم الذهني" أيضا للدلالة على المعرفة اللسانية المخزّنة في الذهن، لأنه -حسب هذا الرأي- أوسع بكثير من أن يكون مجرد مجموعة من المداخل المعجمية، فهو "مجموع قوانين التنظيم اللساني، ومبادئ الصياغة، وأحكام البنية لكل أجزاء اللغة بسيطة كانت أو مركّبة، ومجموع الخوارزميات المعتمدة في إجراءات الحوسبة، والتنظيم، والتوليد المعرفي لكل المتواليات اللسانية أنى كانت طبيعتها، وكمياتها على حد العناصر الصوتية، أو الصرفية، أو التركيبية..."<sup>(12)</sup>؛ وبهذا الوصف يمكن القول بأن المعجم الذهني يشكّل كيانا معرفيا موسوعيا، يضمّ كل المعلومات اللسانية الممكنة، وكل القوانين المنظمة لها، على جميع المستويات اللسانية المخزّنة في الذهن.

وعليه، فمصطلح المعجم الذهني يعبر عن استعمالين؛ الأول: يدل على جزء أساسي من المعرفة اللسانية، بحيث يمثل المخزون المعجمي في الذاكرة، الذي يضمّ مجموع الوحدات والمداخل المعجمية للغة ما، والثاني: يدل على كل المعرفة اللسانية، لكن وباعتبار الاستعمال الأول هو الأنسب للتمثيل

والنمذجة، ستكون الانطلاقة منه للحديث عن تمثيل المعجم الذهني ونمذجته على شكل شبكات، لأن هذه النماذج الشبكية الارتباطية هي التي ستشكل المنطلق لتطوير الترجمة الآلية.

## 2.1. الشبكات ونمذجة المعجم الذهني

تُستعمل الشبكات عادة في نمذجة وبناء الكيانات الذهنية (كالتمثلات الذهنية مثلاً)، لأن الأبحاث والدراسات الحديثة تمكّنت من "إبصار العصبونات وامتداداتها لا بل إبصار مشابكها... فالعصبونات التي تستقبل المعلومات ذاتها، والتي لها نشاط وظيفي مشابه تتجمع قرب بعضها البعض وتشكّل ما يسمى بـ تجمعات عصبونات"<sup>(13)</sup>؛ هذه التجمعات عمل المختصون على نمذجتها على شكل شبكات تشرح بدقة البنى والوظائف الخاصة بها، وفي ما يلي سنتحدث عن أبرز هذه الشبكات، بداية بالشبكات العصبية؛ لأنها تشرح كيفية انتقال المعلومات بين العصبونات، ثم الشبكات الدلالية؛ لأنها تُستعمل عادة لنمذجة المعجم الذهني.

### 1.2.1. الشبكة العصبية (The Neural Network)

تمثّل الشبكة العصبية أو العصبونية النّمدجة "التي تُقدّم تماثلاً دقيقاً في أداء العصبونات المكوّنة للجهاز العصبي"<sup>(14)</sup>؛ أي أن العدد الهائل من العصبونات المكوّنة للجهاز العصبي<sup>(15)</sup> ترتبط فيما بينها عبر مشابك وروابط متعدّدة (تدعى الناقلات العصبية) لتشكّل شبكة من العصبونات المترابطة، إذ تعمل هذه الروابط على نقل المعلومات من عصبون إلى آخر.

فالعصبون يمثّل خلية عصبية تعمل "كوحدة أولية تتلقى المعلومات القادمة من العصبونات الأخرى أو من العالم الخارجي. وبالضبط يستقبل العصبون المعلومة القادمة من عصبونات أخرى، عن طريق التوصيلات المشابكية، ويستقبل المعلومة القادمة من العالم الخارجي عن طريق اللواقط الخاصة (مثلاً من أرجوان الخلايا البصرية)"<sup>(16)</sup>؛ بمعنى آخر فالعصبون يتلقى المعلومات (سواءً أكانت من عصبون آخر أو من العالم الخارجي)، ليعمل على تفعيل نفسه وفق درجة التنبيه؛ لأنه توجد عتبة محددة لتفعيل أي عصبون، فإذا كانت درجة التنبيه ملائمة لتفعيل العصبون تفعّل استجابة لهذا التنبيه، ثمّ يقوم بتمرير هذا التنبيه إلى خلايا أخرى -إذا كان التنبيه يستدعي ذلك طبعاً- بواسطة ناقلات عصبية<sup>(17)</sup> عبر الشبكة العصبية، أو تكبح المعلومة وتُمنع من المرور إلى الخلايا الأخرى، إذا لم يبلغ التنبيه عتبه.

وفيما يلي تلخيص لأهم مراحل نقل المعلومات بين العصبونات<sup>(18)</sup>:

- تتفعل الخلية العصبية (أ)؛ أو يحدث لها انتقال عصبي ذاتي وبهذا تتلقى معلومات معينة.
- تصل هاته المعلومات إلى منطقة التشابك العصبي لنفس الخلية العصبية (أ)، لتصدر هذه الأخيرة مادة عصبية ناقلة لتستثير الخلية العصبية (ب).
- تستقبل الخلية العصبية (ب) المعلومات إذا بلغت مستوى الفارق للعتبة، فتطلق قوة دافعة للمعلومات نحو جسم الخلية.

- وبهذا تتفعل الخلية العصبية (ب) أو يحدث لها انتقال عصبي ذاتي؛ بمعنى آخر يكتمل انتقال المعلومات المرسلّة من الخلية العصبية (أ).
  - وبنفس الطريقة تنقل الخلية العصبية (ب) المعلومات إلى الخلية العصبية (ج)، وهكذا تستمر عملية انتقال المعلومات بين الخلايا العصبية.
- وهكذا يستطيع الإنسان نقل كميات كبيرة من المعلومات في زمن وجيز، وبسرعة فائقة، ويستطيع أيضا عبر هذه المراحل القيام بجميع "العمليات العقلية في زمن قياسي وسريع من خلال ناقلات عصبية عديدة تتجاوز أكثر من خمسين نوعا لتسمح للدماغ بالقيام بوظائفه العقلية المختلفة"<sup>(19)</sup>؛ هذه الناقلات العصبية العديدة تربط بين عدد هائل من العصبونات، لتشكل بهذه الارتباطات ما يسمى "الشبكات العصبية" أو "الشبكات العصبونية".

### 2.2.1. الشبكة الدلالية (The Semantic Network)

تعتبر الشبكة الدلالية النمذجة التي تُصوّر معاني الكلمات وعلاقاتها الشبكية<sup>(20)</sup>؛ أي أنها تمثّل تصورا لارتباط معاني الكلمات بعضها ببعض، بحيث تُبنى هذه النمذجة وتمثّل بواسطة "مجموعة من العُقد المتصلة فيما بينها بـ أقواس وروابط"<sup>(21)</sup>؛ فالعُقد تمثّل معاني الكلمات ومفاهيمها، والأقواس تمثّل العلاقات التي تربط المفاهيم ببعضها البعض، وإذا شَبَّهنا الشبكة الدلالية بالشبكة العصبية - وهي كذلك لأنه "غالبا ما تحمل عُقد الشبكات الموسومة بالعصبونية مضمونا دلاليا"<sup>(22)</sup> - فإننا نقول إن العُقد تمثّل الخلايا العصبية، والأقواس والروابط تمثّل الناقلات العصبية، وعليه فالشبكة الدلالية معقدة تعقيد الشبكة العصبية نفسه، لأن معاني الكلمات وعلاقاتها ببعضها البعض باللغة التعقيد والتشابك، وشاسعة الامتداد.

وتستعمل الشبكات الدلالية "لنمذجة المعجم الذهني وفهم اللغة"<sup>(23)</sup>، حيث تم اعتمادها "لتفسير الطريقة التي تُنظّم بها المعرفة والمعلومات المعجمية في الذاكرة البعيدة المدى"<sup>(24)</sup>، فالمعجم الذهني كما سبق تعريفه يضمُّ كمّا هائلا من التمثيلات الذهنية، والوقائع، والكيانات، والظواهر اللغوية...، وكل هذا المحتوى يحتاج بالضرورة إلى نمذجة دقيقة وواضحة، ليتسنى فهم المعجم الذهني، وكيفية انتظامه، وهندسته، وآليات النفاذ إليه...، بُغية فهم أدق للغة.

والنقاط التالية تمثل أبرز المحاور البحثية التي تعنى بهذه المسألة<sup>(25)</sup>:

- الأبحاث النفسية اللغوية: التي تمكّن من الإعراب عن تنظيم معجمي شبكي، باستعمال نموذج التشغيل وبدراسة المؤشرات السلوكية (كمدة الإجابة مثلا) عند الأفراد الأصحاء تماما.
- الدراسات النفسية العصبية: تكشف عن العلل الدماغية عند بعض المصابين بالعمى، للوصول إلى تموضع التصورات المعجمية.
- أبحاث النمذجة الرياضية: التي تسعى إلى ترميز التنظيم المعجمي؛ التي ترى أن التصورات المعجمية موزعة وليست متوضّعة.

والمحور الأول (الأبحاث النفسية اللغوية) هو الذي سنتبعه لإيجاد نمذجة للمعجم الذهني، وهندسة دقيقة له، لأننا سنحاول التركيز على التنظيم الشبكي للمعجم الذهني، لأن هذا التنظيم له علاقة مباشرة بالترجمة الآلية العصبية.

### 3.1. أهم نماذج انتظام المعجم الذهني

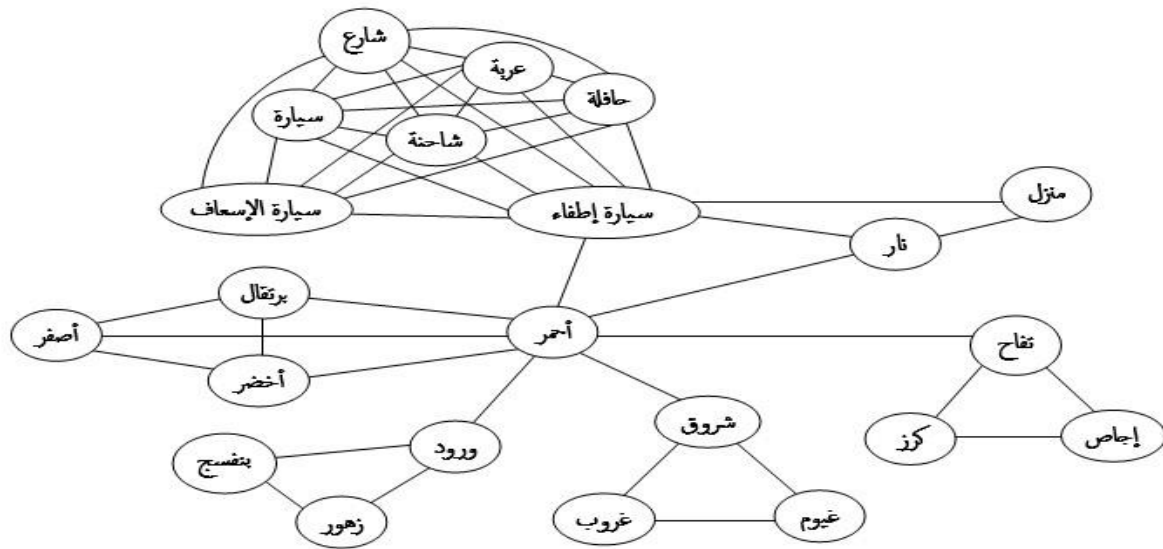
توجد العديد من المحاولات التي عمل أصحابها على نمذجة المعجم الذهني، من أجل فهم البنية الهندسية له، وكيفيات النفاذ إليه واستعمال محتوياته؛ سواءً لفهم اللغة أو إنتاجها...، وفي مايلي سنستعرض أنموذجا من بين أبرز نماذج انتظام المعجم الذهني<sup>(26)</sup> لدى الفرد أحادي اللغة، لأخذ نظرة على هندسة هذه البنية الذهنية المعقدة، ثم نتلوه بشرح موجز عن هندسة وانتظام المعجم الذهني لدى الفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات، لأن المترجم يكون لا محالة فردا ثنائي اللغة أو متعدد اللغات، ونمذجة معجمه الذهني بسطت العمليات العقلية التي تحدث أثناء القيام بالفعل الترجمي، وهذا ما أفاد كثيرا مطوري البرامج الآلية للترجمة، لأنه وبمحاكاة هذه العمليات العقلية لدى المترجم البشري، سيقتربون أكثر من غايتهم؛ المتمثلة في بلوغ جودة تضاهي جودة الترجمة البشرية.

#### 1.3.1. انتظام المعجم الذهني لدى الفرد أحادي اللغة

من بين نماذج انتظام المعجم الذهني لدى الفرد أحادي اللغة، سنتحدث في هذا العنصر عن نموذج "التفعيل المنتشر/الموسع" (Spreading Activation Model) لـ لوفتوس وكوليز (Loftus & Collins, 1975)، حيث يعتبر هذا النموذج من بين أهم النماذج التي اهتمت بكيفية انتظام المفاهيم داخل المعجم الذهني، وهو يعتمد على "نظرية الارتباطات التي تفيد أن مفهوما معينا يستدعي مفاهيم أخرى غير تلك التي تدخل مباشرة في تعريفه"<sup>(27)</sup>؛ أي أن المفهوم الواحد يحيل إلى عدد من المفاهيم الأخرى، لأن كل مفهوم يرتبط بعدد معين من المفاهيم بواسطة علاقات منطقية كالترادف، والتضاد، والانزياح...، هذه الارتباطات هي المسؤولة عن استدعاء مفاهيم جديدة بشكل عفوي وفوري، انطلاقا من مفهوم واحد، فمثلا: إذا انطلقنا من مفهوم "المدرسة"، سيستدعي هذا المفهوم عددا كبيرا من المفاهيم الأخرى المرتبطة به؛ كالعلم، والأساتذة، والتلاميذ، والدراسة، والأقسام، والمدير، ومحو الأمية...

وأنموذج التفعيل المنتشر/الموسع "يرى أن تمثيل الكلمات في المعجم الداخلي يتحدّد بواسطة شبكة من العلاقات شبيهة بنسيج العنكبوت... حيث تتحدّد المسافات بين العقد المترابطة بخصائص بنيوية مثل العلاقات التفيئية، وابعبارات وظيفية مثل النمطية وتكرار استعمال المفاهيم"<sup>(28)</sup>؛ أي أن المفاهيم تنتظم في الذاكرة وفق التشابه الدلالي على شكل مجموعات؛ بحيث يُمثّل كل مفهوم على شكل عقدة، وكلّ عقدة مرتبطة هي الأخرى بعدد من العقد بواسطة علاقات معيّنة، حيث تُمثّل هذه العلاقات على شكل أقواس أو أسهم؛ أي أن هذا الأنموذج يقوم على "وجود شبكة من العلاقات بين الكلمات في المعجم الذهني، فالكلمات المتشابهة دلاليا تنتظم في مجموعات، وهي تخزّن في الذاكرة في

شكل شبكات"<sup>(29)</sup>؛ وبهذا الانتظام سيكون من السهل الوصول بسرعة إلى مفاهيم عديدة انطلاقاً من مفهوم واحد، بسبب التشابه الدلالي بين المفهوم المحقّر والمفاهيم التي تم استدعاؤها انطلاقاً منه، والنموذج التمثيلي الذي اقترحه كل من لوفتوس و كولينز، يوضّح ذلك:



الشكل رقم (01): أنموذج التفعيل المنتشر/الموسع لـ لوفتوس وكولينز<sup>(30)</sup>.

فالمفاهيم حسب هذا الأنموذج تنتظم وفق مجموعات من التشابهات الدلالية؛ التي تمثّل عدد الخصائص التي تشترك فيها المفاهيم<sup>(31)</sup>، فالمجموعة الدلالية التي تمثّل "المركبات" قريبة من بعضها ومرتبطة ببعضها البعض، لهذا إذا استحضرننا مفهوم "سيارة" فإنه بالضرورة سنستحضر عدداً من المفاهيم على غرار "شاحنة"، و"سيارة إسعاف"، و"سيارة إطفاء"...، والشيء نفسه يحدث في مجموعة "الفواكه" التي هي الأخرى تجتمع وفق التشابه الدلالي، وهكذا تتشكّل المجموعات المتشابهة دلاليًا، من خلال كثرة الخصائص المشتركة بين المفاهيم، والعكس صحيح، فإذا قلّت هذه الخصائص بين المفاهيم (أي تباعدت دلاليًا)، فإنه من غير الممكن أن تتشكّل في مجموعات؛ فلا يمكن مثلاً استحضار مفهوم كلمة "إجاص" انطلاقاً من مفهوم كلمة "سيارة إسعاف"، لأن المفهومين لا يملكان خصائصاً مشتركة، تجعلهما ينتميان إلى نفس المجموعة.

فإذا تشابهت الدلالات، ستزداد الخصائص المشتركة بين المفاهيم، وبالتالي ستتقارب لتجتمع وتشكّل مجموعات متشابهة دلاليًا، وإذا تباعدت الدلالات ستتباعدها المفاهيم وبالتالي ستتباعدها الكلمات، لكن رغم هذا نجد أن المجموعات الموصوفة بالمتباعدة دلاليًا، مرتبطة ببعضها البعض للاشتراك في خاصية معينة؛ فاللون الأحمر مثلاً في المخطط السابق -الشكل رقم (01)- يربط بين عدد



من المجموعات الدلالية (مجموعة الأزهار، ومجموعة الظواهر الجوية، ومجموعة الفواكه، ومجموعة الحريق، ومجموعة المركبات، ومجموعة الألوان) رغم أنها متباعدة دلالياً، إلا إن اشتراكها في اللون الأحمر جعل من هذه المجموعات تترابط، لتشكل بارتباطها هذا شبكة دلالية كبيرة، وهكذا تترابط الشبكات الدلالية فيما بينها بخصائص محددة لتشكل شبكة دلالية ضخمة، تضم كل المفاهيم التي يمتلكها الفرد المتحدث بلغة ما، لتمثل بذلك معجمه الذهني.

وبواسطة هذه الشبكات الدلالية، يتمكن الفرد من استرجاع الكلمات ومعانيها، فعملية استرجاع الكلمات وما يرتبط بها من معلومات تقوم -حسب كل من لوفتوس وكولينز- على عملية تدعى "انتشار التفعيل المعجمي"، بحيث تقوم هذه العملية على أربع فرضيات مفادها<sup>(32)</sup>:

أولاً: إذا تم تفعيل مفهوم ما أو تحفيزه، سينتشر التفعيل على طول مسارات الشبكة في تدرج منخفض.

ثانياً: بقدر ما يطول تحفيز المفهوم (إما بالقراءة أو السمع أو التمرن عليه)، بقدر ما يزداد طول مدة التفعيل من عقدة المفهوم المحفز بمعدل ثابت.

ثالثاً: يتناقص التفعيل مع مرور الوقت، أو مع مصادفة شيء آخر.

رابعاً: بافتراض أن التفعيل كمية متغيرة، سينتطلب كل مفهوم حدًا معينًا ليتفعل، لذلك يتم تجميع التفعيل من مصادر مختلفة حتى بلوغ الحد اللازم للتفعيل.

بناءً على ما سبق نستطيع القول: إن نموذج "التفعيل المنتشر/الموسع" يرتكز على مبدأ التشابه الدلالي، لبناء مجموعة من الشبكات الدلالية، التي تمثل المعجم الذهني، بحيث تتم عملية استرجاع الكلمات ومفاهيمها عن طريق عملية "انتشار التفعيل المعجمي"؛ هذه العملية تتطلب تحفيزاً كافياً ليتم تفعيل المفهوم الأول، لينتقل هذا التفعيل بدوره وينتشر بحسب قوته، وكميته، ومدته... ليصل إلى مفاهيم أخرى من أجل استدعائها.

### 2.3.1. انتظام المعجم الذهني لدى الفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات

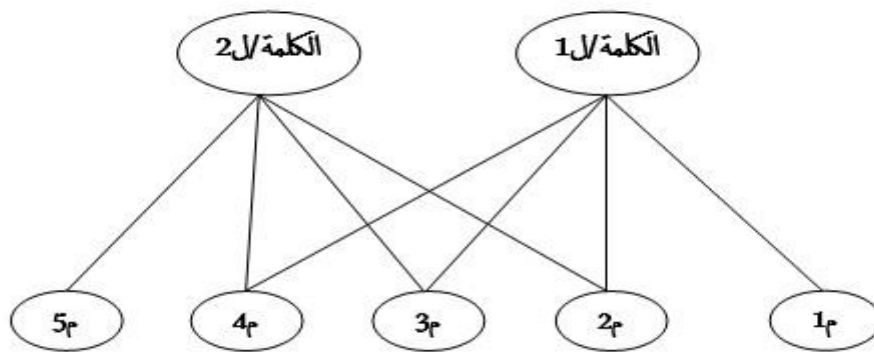
تنقسم الدراسات والأبحاث التي تُعنى بهندسة وانتظام المعجم الذهني لدى الفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات، إلى قسمين رئيسيين<sup>(33)</sup>:

أولاً: قسم يرى بأن الفرد الذي يمتلك أكثر من لغة يُخزّن المعارف المعجمية الخاصة بكل لغة بشكل مستقل.

ثانياً: قسم يرى بأن الذاكرة الخاصة بالمعجم الذهني لدى الفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات مشتركة بين جميع اللغات التي يمتلكها.

وهذا يعني أن الرأي الأول يفترض وجود أكثر من معجم ذهني للفرد الذي يمتلك أكثر من لغة؛ أي أن عدد المعاجم الذهنية يكون بعدد اللغات التي يمتلكها الفرد، في حين يفترض الرأي الثاني أن المعجم الذهني واحد لكل اللغات التي يمتلكها الفرد.

وانطلاقاً من هذا التقسيم، صيغت ووضعت نماذج عديدة لتمثيل المعجم الذهني لدى الفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات<sup>(34)</sup>، على غرار: الأنموذج الموزع لـ: دي غروت (De Groot, 1995)، حيث يعتبر هذا النموذج الكلمات المتماثلة في اللغات التي يمتلكها الفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات؛ تترابط فيما بينها وتلتقي عند عدد من المفاهيم المشتركة.

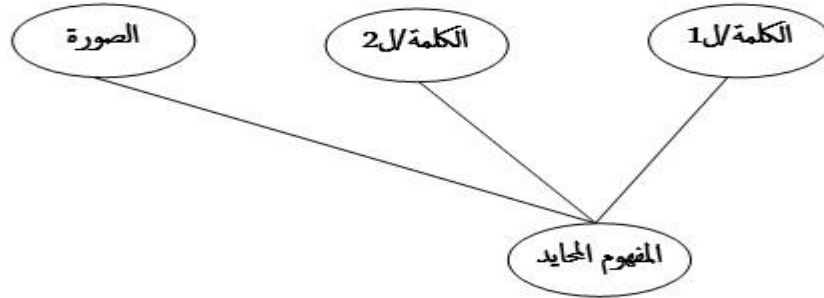


الشكل رقم (02): الأنموذج الموزع لـ: دي غروت (De Groot, 1995)<sup>(35)</sup>.

فكما هو موضح في المخطط السابق -الشكل رقم (02)-، فكل كلمة من الكلمتين المتناظرتين أو المتقابلتين (من اللغتين: ل1 ول2)، مرتبطين بعدد من المفاهيم العشوائية (م1، م2، م3، م4، م5)، منها ما هو مشترك بينهما (م2، م3، م4)، ومنها غير ذلك (م1)؛ مرتبط فقط بالكلمة من اللغة ل1، وم5 مرتبط فقط بالكلمة من اللغة ل2؛ وهذا الأمر نلاحظه عند المقابلة بين كلمتين من لغتين مختلفتين كالعربية والإنجليزية، فمثلاً: كلمة "القمر" مرتبطة بعدد من المفاهيم عند المتكلم العربي، على غرار: "كوكب يدور حول الأرض"، و"كوكب كروي"، و"كوكب منير"، و"رمزٌ للجمال"....، وفي المقابل عندما ننظر إلى المفاهيم المرتبطة بكلمة "The moon" عند المتكلم الإنجليزي، لا نجد ضمنها مفهوم "الرمزية للجمال"، فنظرة المتكلم العربي للجمال الذي يُشبهه عادةً بالقمر (وجهٌ أقرئ)، ليست نفس النظرة لدى المتكلم الإنجليزي؛ فهذا الأخير لا يستطيع وصف جمال شخص ما بالقمر (Your face look like the moon) لأن هذا لا يتوافق وثقافته، ويُردُّ هذا إلى الاختلافات الثقافية بين اللغات، فكل لغةٍ تعكس ثقافة متكلميها.

لكن رغم الاختلافات الثقافية بين اللغات، يبقى المعجم الذهني لدى الفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات -حسب الأنموذج الموزع- مبنياً بشكلٍ شبكي، يجعل الكلمات المتقابلة بين اللغات ترتبط فيما بينها، عن طريق المفاهيم المشتركة بين الكلمات، ولا يهم إن كثرت هذه المفاهيم أو قلت.

هذا، ويوجد أنموذج آخر يفسر ترابط الكلمات المتقابلة بين اللغات لدى ثنائيي اللغة ومتعدّدي اللغات، يُدعى "أنموذج وساطة المفهوم" لـ كروول وستوارت (Kroll & Stewart, 1994)، إذ يفترض هذا النموذج وجود "تمثيل محايد لكل مفهوم"، حيث إنّه بالإضافة إلى ارتباط هذا التمثيل بصورته الشكلية، يوصل أيضا بالكلمات المرتبطة به من شتى لغات الفرد بشكل مباشر.



الشكل رقم (03): أنموذج وساطة المفهوم لـ كروول وستوارت (Kroll & Stewart, 1994) (36)

ويمثّل "المفهوم المحايد" -في هذا الأنموذج- الصورة الذهنية المستقلّة عن أيّة لغة، التي تضمّ العديد من المفاهيم التي تُسهم في بناء المعنى الكلي للكلمات، لكن هذا المعنى الكلي أو المفهوم الشامل يكون محايداً لأنّه غير متعلّق بلغة بعينها، فهو مستقلّ بذاته، لهذا نلاحظ في المخطط السابق -الشكل رقم (03)- أن الكلمتين المتقابلتين (من اللغتين: ل1 ول2)، مرتبطتين مباشرة بالمفهوم المحايد الخاص بهما؛ أي أن مفهوم هاتين الكلمتين يُؤخذ مباشرة من المفهوم المحايد، وهذا ما يقوم به المترجم حينما يستعمل المفهوم المحايد كوسيط يصل النص باللغة المصدر بالنص باللغة الهدف (37).

إن النماذج التي حاولت شرح انتظام المعجم الذهني لدى الفرد ثنائي اللغة/متعدّد اللغات، اعتمد أصحابها على مبدأ الترابط بين الكلمات واستدعاء الكلمات بعضها عبر هاته الروابط، التي تُكوّن في شكلها النهائي شبكات ذهنية معقّدة، تضمّ كلّ المداخل المعجمية ومدلولاتها، وقد وُظّفت في تنمية وتطوير عديد المجالات على غرار التعليمات، والتخطيط اللغوي، والمعجمية، والترجمة الآلية... والعنصر الموالي يُبيّن مدى استفادة الترجمة الآلية من مثل هذه المعارف المتعلقة بالمعجم الذهني.

## 2. الترجمة الآلية: مجالٌ خصب لاستثمار نتائج البحث في المعجم الذهني

رغم أن الدافع الأول للتفكير في تطوير نظامٍ حديثٍ للترجمة الآلية كان عسكرياً، إلا أن اختراع الحاسوب والتقنيات الحديثة ساعد الإنسان على زيادة تسارع وتيرة التطور والاكتشافات العلمية بشكل لم يكن يتوقعه أحد، فأضحت الترجمة بهذا ضرورةً ملحةً لمواكبة هذه السرعة من أجل تعميم الفائدة، وتشارك الخبرات، وتبادل المعارف، والانفتاح على الثقافات...، فكانت الترجمة الآلية من أهم الحلول التي ساعدت على مساندة هذا التطور الرهيب، دون تكاليف باهظة، وبسرعة كبيرة، ودون أيّ كلال أو ملل، فما الترجمة الآلية؟ وما أبرز أنظمتها الحديثة؟

## 1.2. الترجمة الآلية (The Machine Translation)

للوقوف على مفهوم الترجمة الآلية ينبغي تحديد مفهوم الترجمة أولاً، والنظر إلى تطور هذا المفهوم بالاستناد إلى النظريات اللسانية الحديثة.

### 1.1.2. تعريف الترجمة:

الترجمة في اللغة هي تفسيرٌ ونقلٌ للكلام من لغة إلى أخرى، إذ جاء في لسان العرب: "الترجمان والترجمان: المفسر للسان. الترجمان بالضم والفتح: وهو الذي يترجم الكلام، أي ينقله من لغة إلى لغة أخرى"<sup>(38)</sup>؛ أي أن الترجمان هو القائم بالفعل الترجمي، والترجمة وظيفته.

وقد أخذ المعنى الاصطلاحي للترجمة من المعنى اللغوي، حيث وردت عدة تعريفات للترجمة، منها تعريف جون ديبوا (J.Dubois) في معجمه، حيث يقول إن "الترجمة هي التعبير في اللغة الهدف عما تم التعبير عنه في اللغة الأصل مع الاحتفاظ بالتكافؤات الدلالية والأسلوبية"<sup>(39)</sup>؛ وهذا التعريف ركز على ركنين أساسيين في عملية الترجمة، أولهما: الانتقال من اللغة الأصل إلى اللغة الهدف، وثانيهما: الحفاظ على التكافؤ في الدلالة والأسلوب أثناء هذا الانتقال.

وأضاف يوجين نيدا (E.Nida)<sup>(40)</sup> مفهوماً أعمق للترجمة انطلاقاً من نظرية تشومسكي المتعلقة بالنحو التوليدي التحويلي، حيث يرى نيدا أن عملية الترجمة قائمة على أساس التكافؤ، وقد ميز بين نوعين من التكافؤ: تكافؤ رسمي وآخر حيوي، بحيث يحاول التكافؤ الرسمي إعادة إنتاج البنية السطحية للنص المصدر بأقرب ما يمكن، أما التكافؤ الحيوي فيحاول إعادة إنتاج نفس استجابة القارئ بين جمهور قراء النص الهدف كما وجدت بين قراء النص المصدر<sup>(41)</sup>؛ وهنا نجد أن مفهوم الترجمة قد تطور إذ لم يعد انتقالاً من لغة مصدر إلى لغة هدف مع الحفاظ على التكافؤ في المعنى فقط، بل تجاوزه إلى البحث عن تحقيق أثر نفسي عند المتلقي باللغة الهدف يكون مشابهاً للأثر الحاصل لدى المتلقي باللغة المصدر.

وبهذا تجاوز نيدا المفهوم الكلاسيكي للترجمة، حيث افترض أن المترجم يتحرك بين "البنية العميقة" و"البنية السطحية" في عملية نقل المعنى عبر اللغات، لأن فهم التركيب العميق هو أساس فهم كل المعنى الدلالي لنص ما، لأنه يخضع لقواعد تحويلية تحدث في ذهن المترجم لكي يتم النقل من لغة أصل إلى لغة هدف، وعند اكتمال عملية النقل يتم تطبيق مجموعة من القواعد الصوتية وقواعد بناء الكلمات حتى يتم توليد التركيب السطحي<sup>(42)</sup>؛ وهذه الطريقة يستطيع المترجم إنتاج نص مترجم يصنع الاستجابة نفسها بين جمهور اللغة الهدف كما وجدت بين جمهور اللغة المصدر.

وبناء على ما سبق يمكن القول: إن الترجمة هي عملية انتقال لنص (منطوق أو مكتوب) من لغة مصدر إلى لغة هدف، مع المحافظة على نفس المعنى والأثر؛ أي الحفاظ على نفس الدلالة والأسلوب، بالإضافة إلى الحفاظ على نفس التأثير الحاصل على المتلقي للنص باللغة الأصل، مقارنة بالتأثير الحاصل على المتلقي للنص المترجم باللغة الهدف.

## 2.1.2. الترجمة الآلية: مفهومها وتطور أنظمتها

يُقصد بالترجمة الآلية تلك الترجمة التي يقوم بها المترجم الآلي بمساعدة الإنسان أو دونها؛ أي هي تعبيرٌ عن "النظم الحاسوبية المسؤولة عن إنتاج ترجمات النصوص من إحدى اللغات الطبيعية إلى لغات أخرى، سواءً كان ذلك بمساعدة الإنسان أو بدونها"<sup>(43)</sup>؛ وبعبارة أخرى هي انتقال لنص (منطوق أو مكتوب) من لغة مصدر إلى لغة هدف، بصورة آلية (بواسطة الآلة: كالحاسوب، الهاتف الذكي...)، وتدخل أو بدون تدخل الإنسان، مع المحافظة على المعنى والأثر نفسيهما.

وترجع بوادر تبلور فكرة الترجمة الآلية إلى سنة 1629م، حين اقترح ديكارت لغة عالمية تُعطى الكلمات فيها رموزاً يُعبّر عنها في كل لغة بما يقابلها من مفردات<sup>(44)</sup>، لكنّ الميلاد الحقيقي لها كان بعد اختراع الحاسوب سنة 1946م، إذ أن حاجة دول الحلفاء لفك شفرات ورسائل دول المحور وترجمتها أثناء الحرب العالمية الثانية جعل من الخبراء يصبون اهتمامهم على موضوع الترجمة الآلية، ويعتبر وارن ويفر (W.Weaver) أول من صمّم تقنية لفك الشيفرة سنة 1949م، بعد تعاونه مع كل من بوث (A.Booth) وبرينل (J.Bernal)، وتعد هذه التقنية أولى إرهاصات ميلاد ترجمة آلية حقيقية<sup>(45)</sup>.

ومن هنا توالى التحسينات، وتعددت وجهات النظر في هذا الموضوع، وتنافست الدول والشركات لأجل تطوير برامج آلية للترجمة، أين توالى العديد من النظم على غرار نظم الترجمة المباشرة، ونظم الترجمة غير المباشرة (الترجمة الوسيطة، والترجمة التحويلية، والترجمة الإحصائية...)، إلى أن وصلنا في القرن الحالي إلى أحدث نظم الترجمة الآلية، المسمى: "الترجمة الآلية العصبية".

## 2.2. الترجمة الآلية العصبية (The Neural Machine Translation)

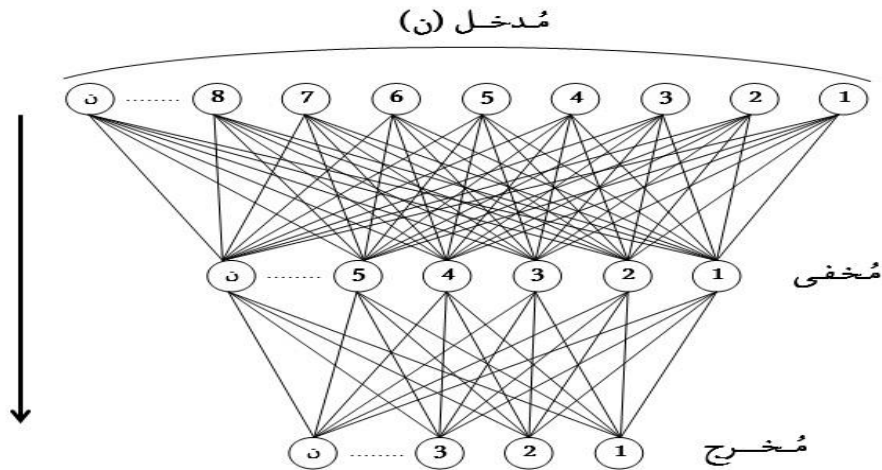
حاول المختصون في السنوات الأخيرة تطوير هذا النظام، بالاعتماد على ما توصلت إليه العلوم المعرفية من نتائج، بفهم كيفية اشتغال العقل البشري وضعوا أسس الذكاء الاصطناعي الذي يشتغل على بناء نمذجة اصطناعية للذكاء الطبيعي، وانطلاقاً من هذه البنى والنماذج الاصطناعية تُصمّم برامج تحاكي العمليات العقلية الإنسانية.

وقد جاءت فكرة نظام الترجمة الآلية العصبية، من محاولة محاكاة الشبكات العصبية لدى الإنسان، التي تشتغل بالتفعيل المتلازم لشتى المناطق الدماغية، بطابع تشبيكي للعمليات العقلية الجارية؛ وهذا ما يؤكده المختصون في اللسانيات العصبية، فالمعلومة حسّهم تعالج بشكل توزيعي<sup>(46)</sup>، لذا قام المختصون في الذكاء الاصطناعي بتصميم شبكات عصبية اصطناعية، تحاكي تلك الموجودة في الدماغ؛ أي أن المعلومات تنتقل في هذه الشبكات من خلية عصبية اصطناعية -بعد أن تتفعل طبعاً- إلى خلية عصبية اصطناعية أخرى بواسطة روابط تعمل على نقل المعلومات إلى خلايا عصبية اصطناعية أخرى لاستثارها وتفعيلها.

وبالنظر إلى أهمية الشبكات العصبية الاصطناعية، التي تُعتبر الركيزة الأساسية في بناء نظم الترجمة الآلية العصبية، ينبغي أولاً التعريف بهذه الشبكات، من أجل فهم كيفية اشتغال نظام الترجمة الآلية العصبية.

## 1.2.2. الشبكات العصبية الاصطناعية (The Artificial Neural Networks)

الشبكات العصبية الاصطناعية هي شبكات غير عضوية، فهي برنامجٌ حاسوبي مصمّم ليحاكي طريقة عمل الخلايا العصبية والوصلات بينها، حيث تعمل بواسطة ربط معطيات معيّنة بمخرجات معيّنة، وهذا ما يجعلها تتعلّم آلياً عن طريق التغذية الراجعة (Feedback)<sup>(47)</sup>، وتتشكّل هذه الشبكات من مجموعة من العقد، وتسمى أيضا "عناصر المعالجة"، حيث ترتبط هذه العقد بواسطة وصلات<sup>(48)</sup> تعمل على نقل التحفيز من عقدة إلى أخرى، والتخطيط الموالي يوضّح ذلك:



الشكل رقم (04): تخطيط هندسي لشبكة عصبية اصطناعية<sup>(49)</sup>.

تُبنى الشبكات العصبية الاصطناعية - كما هو موضّح في المخطط أعلاه- من عدد كبير من العقد، بحيث تحمل كل عقدة معطى معيّناً، وترتبط هذه العقد بوصلات تعمل كقناة نقل للتحفيز من عقدة إلى أخرى، ومن مستوى عقدي إلى آخر، انطلاقاً من مستوى المدخلات، مروراً بمستوى مُخفي، ووصولاً إلى مستوى المخرجات.

والشبكات العصبية الاصطناعية تتميز أيضاً بالقدرة على التعلّم، حيث توجد نماذج لشبكات عصبية تدعى "التحصيلات" (Perceptrons)، تستطيع أن تتعلم مجمل الوظائف المنطقية التي يمكن فصلها خطياً، فعصبونات شبكة التحصيل هي بمثابة لواقط ذات عنصرين (ولها قيمة الصفر أو الواحد)، وترتبط بطبقة وحيدة من الخلايا المؤلّفة من عصبونات تعيدية ذات عنصرين، ويتم ذلك بواسطة ترابطات مشبكية موزونة يمكن أن تتغيّر قيمتها بالتعلّم<sup>(50)</sup>، مثل هذه النماذج الشبكية القادرة على التعلّم طوّرت ووظّفت في نظام الترجمة الآلية العصبية لتكسيها خاصية وميزة نادرة تتمثل في التعلّم الآلي.

وعليه فالركيزة الأولى التي يقوم عليها نظام الترجمة الآلية العصبية هي الشبكات العصبية الاصطناعية، هذه الأخيرة تتكون من عدد كبير من العقد التي ترتبط فيما بينها عبر وصلات تعمل على تمرير التحفيز انطلاقاً من تفعيل العقدة الأولى أو المستوى العقدي الأول الذي يمثّل المدخلات مروراً بمستوى عقدي موالي، وهكذا إلى أن يصل التحفيز أو التفعيل إلى المستوى العقدي المطلوب الذي يمثّل المخرجات، وهذا التفعيل المنتشر الذي يحدث في الشبكة العصبية الاصطناعية يعمل على نقل

المعلومات من عقدة إلى أخرى، ومن مستوى عقدي إلى آخر، وهذا مطابق لما يحدث في الشبكات العصبية في العقل البشري.

## 2.2.2. آلية اشتغال الترجمة الآلية العصبية

يشتغل نظام الترجمة الآلية العصبية بواسطة تزويد البرنامج بكميات هائلة من النصوص المترجمة سلفاً، لتمكين النظام من وصل المدخلات (النصوص باللغة المصدر) بالمخرجات (النصوص باللغة الهدف)، وهذا يمثل الخطوة الأولى لتعلم الترجمة بين اللغتين دون تزويد النظام بأية قاعدة لغوية، وانطلاقاً من هذه الخطوة يستمر البرنامج في التعلم (آلياً) والتطور بواسطة استخدام مبدأ التغذية الراجعة (Feedback)، وتتمثل الفائدة الرئيسية لهذا النهج في أنه يمكن تدريب نظام واحد مباشرة على النص المصدر والهدف<sup>(51)</sup>.

وعليه يمكن القول إن قاعدة البيانات هي الركيزة الأساسية الثانية لنظام الترجمة الآلية العصبية، فبعد أن يُزود النظام بشبكة عصبية اصطناعية قادرة على التعلم الذاتي يُزود كذلك بقاعدة بيانات تتمثل في عدد كبير من النصوص المترجمة سلفاً، تُساعد النظام على وصل المدخلات من اللغة المصدر بالمخرجات المناسبة لها باللغة الهدف (التعلم الآلي) دون الرجوع إلى أية قاعدة لغوية كانت، وهكذا يُطور النظام نفسه بنفسه كلما زُودَ ببيانات جديدة من طرف المطورين أو غيرهم من المستخدمين بصفة عامة، وفيما يلي المراحل التي يشتغل بها هذا النظام<sup>(52)</sup>:

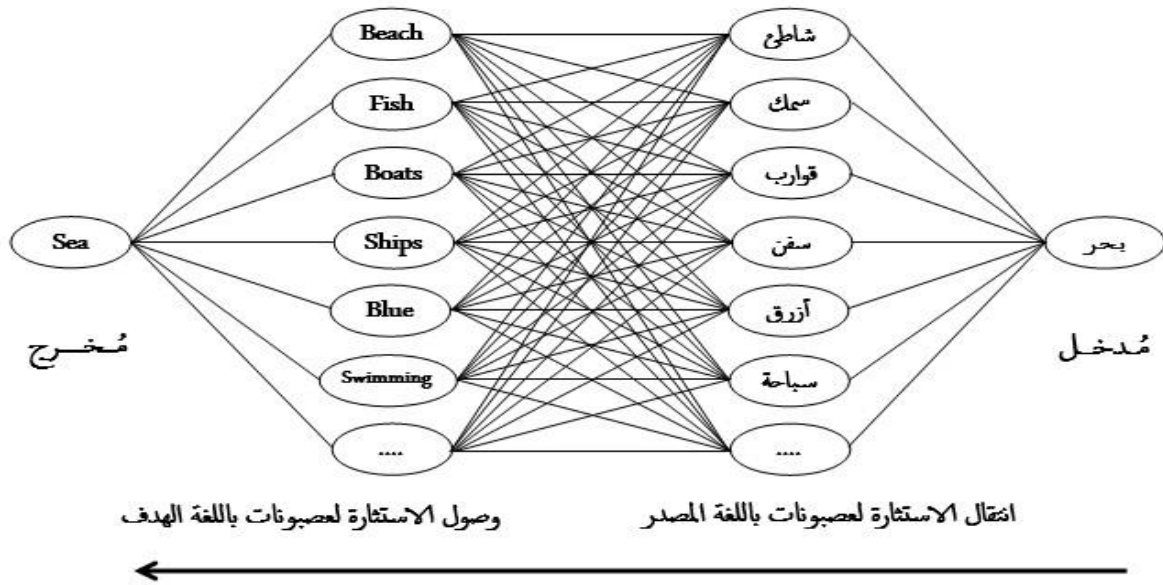
- 1- إدخال المثير؛ كإدخال نص أو جملة أو كلمة... باللغة المصدر.
  - 2- تُستثار مجموعة من العصبونات في المستوى الأول؛ أي تُستثار العصبونات التي لها علاقة بالمثير المدخل باللغة المصدر.
  - 3- تمرّر الإثارة بدورها إلى عصبونات أخرى في مستوى آخر أعمق.
  - 4- إلى أن تصل الإثارة لمستوى الفهم الخاص باللغة الهدف.
  - 5- وصولاً إلى المستوى الأخير وهو "المخرجات" (المدخل باللغة المصدر يصير مخرجا باللغة الهدف).
- ولفهم هذه العملية العقلية المعقدة، سنقترح مثالا بسيطا لفهم عملية الترجمة عند الإنسان -الذي يستخدم شبكاته العصبية طبعاً-، من اللغة العربية إلى اللغة الإنجليزية، وبإسقاطها على النموذج الآلي سيتوضح الأمر:

- 1- يستقبل المترجم البشري مثيراً معيناً باللغة المصدر؛ سمعياً أو بصرياً (منطوقاً أو مكتوباً)، وليكن كلمة "بحر" مثلاً.
- 2- فتُستثار وتُفعّل مجموعة من العصبونات في المستوى الأول؛ لها علاقة بمفهوم كلمة "بحر"؛ ك: شاطئ، سمك، قوارب، سفن، أزرق، سباحة...
- 3- يُمرّر التفعيل من هذا المستوى إلى عصبونات أخرى في مستوى آخر، مرتبط بالهدف؛ ك: ... Swimming, Blue, Ships, Boats, Fish, Beach

4- وهكذا يصل التفعيل لمستوى الفهم الخاص باللغة الهدف؛ فيدرك المترجم (الإنسان)، بأن كلمة "بحر" تكافؤ كلمة "Sea" في المعنى.

5- وبهذا يصل المترجم إلى مستوى المخرجات؛ ليترجم المترجم الكلمة المدخلة: "بحر"، بكلمة مخرجة وهي: "Sea".

وهذا ما تعتمده نظم الترجمة الآلية العصبية، إذ بإدخال مُدخل ما (نص، أو جملة، أو كلمة...) باللغة المصدر ستستثار في المستوى الأول خلايا عصبية من الشبكة العصبية الاصطناعية؛ بحيث تكون الخلايا المستثارة مرتبطة بصورة هذا المُدخل (شكلا، ومعنى...)، وستكون هذه الخلايا مرتبطة هي الأخرى بخلايا عصبية اصطناعية من مستوى آخر لكن باللغة الهدف، حيث تحمل هذه الخلايا صورة بمختلف المعلومات المرتبطة بمُخرجٍ محدّد باللغة الهدف يكون مكافئا للمُدخل باللغة المصدر من حيث المعنى، وبهذه الطريقة يقوم النظام بتحديد المكافئات للمدخلات باللغة المصدر ليصل إلى مخرجات مكافئة لها من حيث المعنى باللغة الهدف، والمخطط الموالي يوضّح ذلك.



الشكل رقم (05): مثال بسيط لآلية اشتغال الترجمة الآلية العصبية.

فبواسطة الروابط الموجودة بين المستويات تنتقل الاستثارة من مستوى المدخلات إلى المستوى الخاص بالعصبونات التي لها علاقة بالمُدخل باللغة المصدر، ثم تنتقل الاستثارة مرة أخرى إلى المستوى الخاص بالعصبونات التي تحمل المعلومات الخاصة بالمُدخل باللغة الهدف، لتصل الاستثارة أخيرا إلى العصبون (العصبونات) المرتبط بالكلمة (المرتبطة بالكلمات) التي لها معنى مكافئا للمُدخل،



وهكذا يصل النظام إلى مُخرج باللغة الهدف، وكلما كثرت المستويات كبرت الشبكات العصبية الاصطناعية، وهذا يعني اتساع معارف النظام.

إذن يُمكن القول إن نظام الترجمة الآلية العصبية يقوم على ركيزتين أساسيتين هما:

- الشبكات العصبية الاصطناعية؛ القدرة على التعلم الآلي، والقدرة كذلك على نشر التفعيل، انطلاقاً من مستوى المدخلات؛ من عصبون إلى آخر، ومن مستوى إلى آخر، إلى أن يصل التفعيل إلى مستوى المخرجات.
- وقاعدة البيانات؛ المتمثلة في العدد الهائل من النصوص المترجمة سلفاً، والتي تُوفّر المعلومات اللازمة للنظام ليتعلم آلياً، دون الحاجة لأية قاعدة لغوية.

### 3. "الترجمة الآلية العصبية لـ Google" نموذجٌ من نظم الترجمة الآلية العصبية

عملت العديد من المؤسسات والشركات على الاستفادة من النظم العصبية لتطوير برامجها الآلية، وفيما يلي أشهر هذه المؤسسات والشركات<sup>(53)</sup>:

- شركة Google: "الترجمة الآلية العصبية لـ Google" (Google Neural Machine ) GNMT (translation).
- وشركة Facebook: "الشبكة العصبية الالتفافية" (Convolutional Neural Network).
- و Amazon، Microsoft، IBM Watson، NVIDIA، SYSTRAN، Baidu، Alibaba،... وغيرها من الشركات.

من بين هذه المؤسسات والشركات اخترنا شركة Google ونظامها الآلي العصبي للترجمة، كأنموذج للتّمثيل لنظم الترجمة الآلية العصبية، فشركة Google عملت ومازالت تعمل على تطوير نظامها المسمى: "الترجمة الآلية العصبية لـ Google" (GNMT) Google Neural Machine translation"، حيث جاء هذا النظام نتيجةً لاهتمام الشركة باستثمار تقنيات الذكاء الاصطناعي، أين أُسس قطاعٌ كامل في الشركة (عام 2011م) سُمي بـ "عقل Google" (GoogleBrain)، يعمل على بحث وتطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي، ومن بين أهم إنجازات هذا القطاع هو تصميم وتطوير نظام الترجمة "GNMT"<sup>(54)</sup>؛ وهذا خير دليل على أن هذه الشركة لها اهتمام خاص بتوظيف نتائج البحث العلمي المرتبطة بمحاكاة العقل البشري، وبخاصة ما توصلت إليه اختصاصات الذكاء الاصطناعي، والمعالجة الآلية للغات...

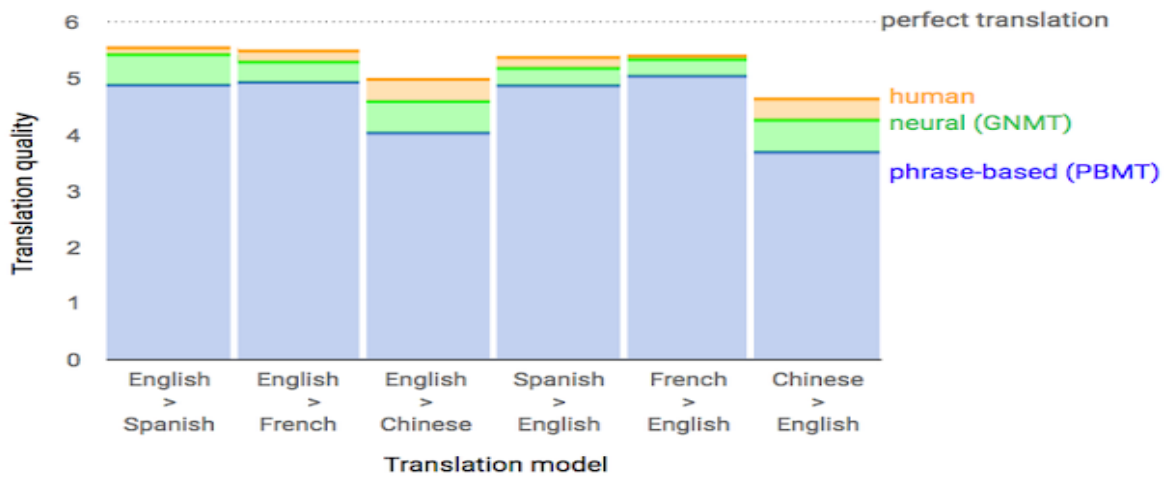
وقد كان لهذا الاهتمام نتائج محفزة جداً، خاصة من ناحية الجودة التي تنافس بقوة جودة نظم الترجمة الآلية الأخرى، وفي الجدول الموالي مقارنة بين ترجمة كل من نظام "PBMT" (Phrase Based Machine Translation)؛ وهو النظام القديم لـ Google، والنظام الجديد "GNMT" (الذي يعمل بالشبكات العصبية الاصطناعية)، وبين الترجمة البشرية:

Input sentence:	Translation (PBMT):	Translation (GNMT):	Translation (human):
李克強此行將啟動中加總理年度對話機制，與加拿大總理杜魯多舉行兩國總理首次年度對話。	Li Keqiang premier added this line to start the annual dialogue mechanism with the Canadian Prime Minister Trudeau two prime ministers held its first annual session.	Li Keqiang will start the annual dialogue mechanism with Prime Minister Trudeau of Canada and hold the first annual dialogue between the two premiers.	Li Keqiang will initiate the annual dialogue mechanism between premiers of China and Canada during this visit, and hold the first annual dialogue with Premier Trudeau of Canada.

الجدول رقم (01): مثال للترجمة بنظامي Google (PBMT&GNMT) والترجمة البشرية<sup>(55)</sup>.

من خلال الجدول أعلاه -الجدول رقم (01)-، وبعد معاينة الترجمات الثلاث، والمقارنة بين الترجمتين الآليتين لـ Google (PBMT & GNMT) والترجمة البشرية، سجّلنا الملاحظات التالية:

- نظام "PBMT" وقع في عدد من الأخطاء، وهي:
    - تُرجمت عبارة "LiKeqiang" بـ "LiKeqiangpremier"؛ أي أن لي كه تشيانغ (وهو الوزير الأول للصين)، وُصف على أنه لي كه تشيانغ الأول.
    - أُضيفت عبارة "addedthisline"؛ وهي عبارة لا تناسب مطلقاً مع المقام ولا المعنى، لأن الحديث في الجملة: "will initiate the annual dialogue..." هو عن مباشرة الحوار السنوي (سيباشر الحوار السنوي)، وليس "added this line to start the annual dialogue..."؛ (يضيف هذا السطر لبدء الحوار السنوي).
    - استعمل النظام زمن الماضي في كلمة "held"؛ (عَقَدَ) بدل زمن المستقبل، والأصح استعمال "hold"؛ (يعقد).
    - استعمل النظام مفردة "session" للتعبير عن الحوار "dialogue"، وهنا نلاحظ البعد بين معنى "held its first annual session"؛ (عقد دورته السنوية الأولى)، ومعنى "hold the first annual dialogue"؛ (يعقد الحوار السنوي الأول).
  - أما نظام "GNMT" فقد وقع في عدد أقل من الأخطاء التي لا تبعد المتلقي عن المفهوم العام وعن السياق، وتمثلت هذه الأخطاء في:
    - استعمل النظام "will start"؛ (سيبدأ)، بدلاً من "will initiate"؛ (سيباشر، أو سيشرع).
    - اختصر النص، حيث حذف لقاء الوزارتين الأوليين، واكتفى بذكر لقاء الوزيرين الأولين فقط.
- من خلال هذه الملاحظات نستنتج أنّ نظام "GNMT" أكثر جودة من نظام "PBMT"، والتمثيل البياني الموالي يوضّح ذلك:



الرسم البياني رقم (01): تفاوت الجودة بين الترجمات: "PBMT"، "GNMT"، والترجمة البشرية<sup>(56)</sup>.

كما هو موضَّح في التمثيل البياني -الرسم البياني رقم (01)- فإن الترجمات الثلاث (ترجمة "PBMT" وترجمة "GNMT" والترجمة البشرية) لم تصل أيُّ منها إلى مستوى الترجمة المثالي (6/6)؛ وهو المستوى الذي يتحقق فيه التكافؤ في المعنى والأسلوب والأثر (المفهوم الحديث للترجمة)، لكن تبقى الترجمة البشرية الأفضل من ناحية الجودة لاقترابها من المستوى المثالي (أكثر من 6/5) في أغلب اتجاهات الترجمة الستة، وهذا أمر طبيعي، فلم تتفوق الترجمة الآلية يوماً على الترجمة البشرية من ناحية الجودة، وهذا يعود إلى القدرات الفائقة التي يتميز بها العقل البشري عن الآلة.

ونلاحظ كذلك أن جودة نظام الترجمة الآلية العصبية لـ Google "GNMT"، أفضل من جودة نظام "PBMT" في جميع اتجاهات الترجمة الستة، بالإضافة إلى أن جودتها تقترب كثيراً من جودة الترجمة البشرية، بل تكاد تتطابق معها في اتجاهين من الاتجاهات الستة الواردة في التمثيل البياني (من اللغة الفرنسية إلى اللغة الإنجليزية، ومن اللغة الإنجليزية إلى اللغة الإسبانية).

من خلال هذه الملاحظات نستنتج أنّ الترجمة الآلية العصبية هي الأكثر جودة من بين نظامي الترجمة الآلية لـ Google، وهذا يدلُّ على فاعلية هذا النظام المبني على أساس الشبكات العصبية الاصطناعية، التي تحاكي الشبكات العصبية لدى الإنسان، وبطبيعة الحال تبقى الترجمة الآلية العصبية أقل جودة مقارنة بالترجمة البشرية، لسبب بسيط وهو القدرة الخلاقة للعقل البشري، فالشبكات العصبية الاصطناعية أصغر بكثير من الشبكات العصبية لدى الإنسان، من حيث العدد والمرونة والسرعة في نقل المعلومات ومعالجتها...

وبناء على ما سبق يمكن القول: إن الترجمة الآلية العصبية افتتحت مكانة جيّدة بين نظم الترجمة الآلية، إلا أنها تبقى أدنى مرتبة من الترجمة البشرية. وتعدّ شركة Google من أبرز الشركات التي طوّرت نظاماً آلياً للترجمة، وُصف بأنه من بين أفضل النظم الآلية للترجمة لحد الآن، يدعى: الترجمة الآلية العصبية لـ Google "GNMT"، وهو يعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية، ويعود فضل هذه القفزة النوعية لاهتمام الشركة بمجال الذكاء الاصطناعي، هذا المجال الذي يُعنى بفهم آليات اشتغال الدماغ، ومحاولة محاكاة هذه الآليات بواسطة وضع برامج حاسوبية، وبناء نظم آلية متطورة.

### 3. مكان إفاة المعجم الذهني في تطوير نظم الترجمة الآلية:

من خلال العناصر السابقة يمكن أن نتبين بأن نتائج البحث المتعلقة بالمعجم الذهني - وخاصة تلك المتعلقة بنمذجته المبنية على الترابطات الشبكية-، قد أسهمت في تطوير نظم الترجمة الآلية، وبخاصة نظام الترجمة الآلية العصبية، وفيما يلي سنحاول توضيح بعض مكان إفاة المستنتجة خلال هذه الدراسة:

➤ تملك الشبكات العصبية خاصة نقل المعلومات من عصبون إلى آخر بواسطة مبدأ التفعيل المنتشر، وهذه الخاصية عمل المطورون على محاكاتها لإنتاج شبكات عصبية إصطناعية تتميز بنقل المعلومات والبيانات من عقدة إلى أخرى ومن مستوى عقدي إلى آخر عن طريق التفعيل وتمير التفعيل عبر الروابط الموجودة بين العقد، وقد استفادت نظم الترجمة الآلية العصبية من هذه الميزة للانتقال من المدخلات (النص باللغة المصدر) حتى الوصول إلى المخرجات (النص باللغة الهدف).

➤ أتاحت الشبكات الدلالية نماذج شبكية ارتباطية للمعجم الذهني ساعدت المختصين ومطوري نظم الترجمة الآلية العصبية على تحميل العقد المكوّنة للشبكات العصبية الاصطناعية وشحنها بالبيانات والمعلومات اللازمة بشكل مترابط وفق مبدأ التشابه الدلالي، وبهذا شُحنت الشبكات العصبية الاصطناعية بشبكات دلالية مترابطة مثلما هو حاصل بالمعجم الذهني لدى البشر.

➤ وقد أفادت نمذجة الشبكات العصبية والشبكات الدلالية المختصين في الترجمة الآلية عندما آمنوا باستثمار هذه النتائج في برامجهم ونظمهم، وخير دليل استثمار الشركات الكبرى للشبكات العصبية الاصطناعية لتطوير برامجها، فهذه الشبكات-الاصطناعية- أتاحت لمطوري البرامج الآلية للترجمة خاصة فريدة وهي التعلّم الذاتي (الآلي)، حيث أصبحت هذه البرامج في غنى عن كل القواعد اللغوية، لأنه في الماضي القريب كان توصيف اللغات يمثل الحل الوحيد لتخطّي عدد من مشكلات دقة نتائج الترجمة الآلية، لكن اليوم وبفضل الشبكات العصبية الاصطناعية تجاوزت نظم الترجمة الآلية العصبية هذه العقبة؛ فهي ليست بحاجة لأية قاعدة لغوية ولا لتوصيف أية لغة.

➤ يعدّ المعجم الذهني عند الإنسان بنية حيوية دائمة التطور والنمو والتحين، ومثل هذه الصفات تم نقلها إلى نظم الترجمة الآلية العصبية، حيث أن هذه النظم دائمة التطور مثلها مثل المترجم البشري الذي يزيد من معلوماته كل يوم، فنظم الترجمة الآلية العصبية تعتمد على شبكات عصبية تملك القدرة على التعلّم الذاتي، من خلال ربط المدخلات بالمخرجات، وهذه القدرة تسمح لهذه النظم بالتطور المستمر كلما زوّدت بنصوص مترجمة من المطورين أو المستخدمين...

### خاتمة:

لقد أسهمت نتائج البحث المتعلقة بالمعجم الذهني وخاصة تلك التي حاولت تمثيل انتظام المعجم الذهني على شكل شبكات، بتطوير وتنمية الكثير من المجالات، حيث آمن المختصون في الذكاء الاصطناعي (ذوي النزعة الارتباطية)، بضرورة استثمار نماذج الشبكات العصبية لدى الإنسان، من خلال بناء نماذج عصبية اصطناعية تحاكي عمل الذكاء الطبيعي وطرق اشتغاله المرتكزة على

الأعصاب والشبكات العصبية، فآلية عمل هاته الشبكات؛ التي تعتمد على نقل المعلومات بين الخلايا العصبية فيما بينها، ألهمت مطوري البرامج الآلية لتوظيفها في شتى المجالات والتخصصات، وعلى رأسها الترجمة الآلية، إذ بفضل استثمار الشبكات العصبية الاصطناعية في نظم الترجمة الآلية، قفزت هذه الأخيرة قفزة نوعية من حيث الجودة، ويُعتبر نظام الترجمة الآلية العصبية لـ Google، خير دليل على التطوّر الحاصل في برامج الترجمة الآلية.

وفي الأخير ننبّه على أن الإفادة من المعجم الذهني ليست منحصرة فقط في مجال الترجمة الآلية، بل يمكن توسيعها لتشمل مجالات أخرى، لما توقّره الدراسات المتعلقة بالمعجم الذهني -وغيرها من الدراسات المعرفية التي تبحث عن مكنونات العقل البشري بصفة عامة- من نتائج دقيقة يمكن استثمارها في شتى الميادين والفروع التي تُعنى بمعالجة عديد القضايا والمسائل التي لها علاقة باللغة.

### الإحالات:

- 1- الترابطية: "نظرية كبرى تستند إلى المسلمة القائلة بأن الترابط هو مفهوم تفسيري مركزي يكشف النقاب عن التصرفات والمفاهيم المعرفية التي تتضمنه... وتوسع هذا المفهوم لاحقا بحيث صار يشمل الترابطات القائمة بين التصرفات والتصورات الذهنية، ثم أخيرا بين التصورات نفسها (الترابطية الجديدة). يستند بناء هذه الترابطات على علاقة التشابه والتجاور وعلى تواتر التعزيزات والتفعلات". يُنظر: تيرغيان، غي وآخرون، تر:شعيد، جمال، مر:حجازي، مصطفى، 2013، قاموس العلوم المعرفية، المنظمة العربية للترجمة، لبنان، ص 255.
- 2- ابن منظور، 1995، لسان العرب، دار صادر، لبنان، مادة [ع ج م].
- 3- عمر، أحمد مختار، 2009، صناعة المعجم الحديث، عالم الكتب، مصر، ص 19.
- 4- غريب، عبد الكريم، 2006، المنهل التريوي: معجم موسوعي في المصطلحات والمفاهيم البيداغوجية والديداكتيكية والسيكولوجية، منشورات عالم التربية، المغرب، ج 2، ص 565.
- 5- ابن منظور، 1995، لسان العرب، مادة [ذ هن].
- 6- ويكيبيديا الموسوعة الحرة، ذهن، 2017/10/29، <https://ar.wikipedia.org/wiki/ذهن>، 2021/01/07، 16 سا00د.
- 7- العامري، عبد العالي، 2018، اللغة وهندسة الذهن: آفاق جديدة لدراسة المعنى، فضاءات للنشر والتوزيع، الأردن، ص 80.
- 8- تيرغيان، غي وآخرون، قاموس العلوم المعرفية، ص 255.
- 9- بوكيلي، حسان، 2015، المعجم الذهني: بحث في آليات النفاذ النفسية والمعرفية، منشورات الزمن، المغرب، ص 52.
- 10- بوعناني، مصطفى وآخرون، 2015، المعجم الذهني واللغة العربية، منشورات مختبر العلوم المعرفية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، المغرب، ص 22.
- 11- العربي، ربيعة، وفؤاد، أشرف، تن: عبد العالي، السراج وآخرون، 03 و04 أبريل 2019، المعجم الذهني: مقارنة متعددة الاختصاصات، المؤتمر الدولي السنوي الثاني: أسئلة حديثة في البحث اللساني؛ مقاربات وتحليلات، مركز المولى إسماعيل للدراسات والأبحاث في اللغة والأدب والفنون، مقاربات للنشر والصناعات الثقافية، المغرب، الصفحات: 175-201، ص 177.
- 12- بوعناني، مصطفى وآخرون، المعجم الذهني واللغة العربية، ص 22.
- 13- تيرغيان، غي وآخرون، قاموس العلوم المعرفية، ص 116.
- 14- المرجع نفسه، ص 399.
- 15- "يتكون الجهاز العصبي (Nervous System) من أكثر من 100 بليون خلية تنتشر بين دماغ الإنسان والحبل الشوكي والأعصاب المنتشرة في جسم الإنسان". يُنظر: العتوم، عدنان يوسف، 2004، علم النفس المعرفي: النظرية والتطبيق، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، الأردن، ص 44.
- 16- تيرغيان، غي وآخرون، قاموس العلوم المعرفية، ص 399.
- 17- لمزيد من التفاصيل حول الجهاز العصبي والعصبونات والناقلات العصبية (Neurotransmitters)، يُنظر: العتوم، عدنان يوسف، علم النفس المعرفي: النظرية والتطبيق، ص 61-62.

- أحمد، عطية سليمان، 2019، اللسانيات العصبية: اللغة في الدماغ (رمزية.عصبية.عرفانية)، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي، مصر، ص 175 وما بعدها.
- 18- يُنظر: العتوم، عدنان يوسف، علم النفس المعرفي: النظرية والتطبيق، ص 63-64.
- 19- المرجع نفسه، ص 63.
- 20- يُنظر: تيرغيان، غي وآخرون، قاموس العلوم المعرفية، ص 403.
- 21- المرجع نفسه، ص 403.
- 22- المرجع نفسه، ص 405.
- 23- المرجع نفسه، ص 403.
- 24- بوعناني، مصطفى وآخرون، المعجم الذهني واللغة العربية، ص 105.
- 25- يُنظر: تيرغيان، غي وآخرون، قاموس العلوم المعرفية، ص 255-256.
- 26- من بين أبرز هذه النماذج نذكر: النموذج التدريجي، النموذج التدفقي، النموذج التفاعلي، نماذج التعرف المتوالي، نموذج الكتابة، نماذج الشبكات المترابطة أو الشبكات السليمة، نماذج التفعيل المنتشر/الموسع...، ولمزيد من التفاصيل حول هذه النماذج، يُنظر: بوكيلي، حسان، المعجم الذهني: بحث في آليات النفاذ النفسية والمعرفية، ص 54 وما بعدها.
- العربي، ربيعة، وفؤاد، أشرف، المعجم الذهني: مقارنة متعددة الاختصاصات، ص 185 وما بعدها.
- بوعناني، مصطفى، وزغبوش، بنعيسى، 2015، اللغة والمعرفية: بعض مظاهر التفاعل المعرفي بين اللسانيات وعلم النفس، عالم الكتب الحديث، الأردن، ص 112 وما بعدها.
- 27- بوعناني، مصطفى، وزغبوش، بنعيسى، اللغة والمعرفية: بعض مظاهر التفاعل المعرفي بين اللسانيات وعلم النفس، ص 112.
- 28- المرجع نفسه، ص 116.
- 29- العربي، ربيعة، وفؤاد، أشرف، المعجم الذهني: مقارنة متعددة الاختصاصات، ص 198.
- 30- بوعناني، مصطفى، وزغبوش، بنعيسى، اللغة والمعرفية: بعض مظاهر التفاعل المعرفي بين اللسانيات وعلم النفس، ص 116.
- 31- يُنظر: المرجع نفسه، ص 117.
- 32- يُنظر: العربي، ربيعة، وفؤاد، أشرف، المعجم الذهني: مقارنة متعددة الاختصاصات، ص 193.
- 33- يُنظر: لخزاز، عبد الإله، د س، الهندسة الداخلية للمعجم الذهني وتنظيم المعرفة المعجمية في ضوء اللسانيات العصبية، مجلة الميادين للدراسات في العلوم الإنسانية، المجلد الثاني، العدد الأول، الصفحات: 55-73، ص 67.
- 34- لتفصيل أكثر حول نماذج انتظام المعجم الذهني للفرد ثنائي اللغة/متعدد اللغات، يُنظر: المرجع نفسه، ص 67 وما بعدها.
- 35- See: Dong, YANPING and all, 2005, Shared and separate meanings in the bilingual mental lexicon, Bilingualism: Language and Cognition 8 (3), P.222.
- 36- See: IBID, P.222.
- 37- See: IBID, P.222.
- 38- ابن منظور، لسان العرب، مادة [ت ر ج م].
- 39- منعم، سناء، 2015، اللسانيات الحاسوبية والترجمة الآلية: بعض الثوابت النظرية والإجرائية، عالم الكتب للنشر والتوزيع، الأردن، ص 109.
- 40- "يُعرف عالم اللغة الأمريكي يوجين نيدا (1914-2011) بأنه المنظر الأكثر تأثيراً في القرن العشرين لترجمته الإنجيل ومفهوم التكافؤ الحيوي المشهور، الذي سمياً لاحقاً بالتكافؤ الوظيفي (functional equivalence). بدأ عمله في الترجمة في أربعينيات القرن التاسع عشر، ولكن نظرياته عن التكافؤ اشتهرت في الستينات من نفس القرن فقط عندما نشر على نطاق واسع وأوصاف تقنية في كتابين: نحو علم للترجمة (Toward a Science of Translating, 1964) ونظرية وممارسة الترجمة (The Theory and Practice of Translation, 1969)." يُنظر: صوان، فرح محمد، تاريخ نظرية الترجمة في القرن العشرين، 2017/07/01، [http://academiworld.org/history-of-translation-theory\\_16](http://academiworld.org/history-of-translation-theory_16)، 20/11/14، 2010.
- 41- يُنظر: المرجع نفسه.
- 42- يُنظر: المرجع نفسه.
- 43- الحميدان، عبد الله بن حمد، 2001، مقدمة في الترجمة الآلية، مكتبة العبيكان، المملكة العربية السعودية، ص 9.
- 44- يُنظر: المرجع نفسه، ص 24.

- 45- يُنظر: - مدكور، عمرو محمد فرج، ديسمبر 2011، الترجمة الآلية: مفهومها، مناهجها- نماذج تطبيقية في اللغة العربية-، مجلة كلية دار العلوم، جامعة الفيوم، العدد 26، الصفحات: 893-937، ص 897-898.
- الحميدان، عبد اللهبين حمد، مقدمة في الترجمة الآلية، ص 24 وما بعدها.
- 46- يُنظر: تبيرغيان، غي وآخرون، قاموس العلوم المعرفية، ص 311.
- 47- يُنظر: الشريبي، أحمد، الشبكات العصبية الاصطناعية: تعرّف إلى دماغ «غوغل» والعقول التي تقف خلفه، 2017/02/02، <https://manshoor.com/science/neural-networks-and-google-translate/>، 2020/11/13، 18 سا00د.
- 48- See: Grossi, Enzo and Buscema, Massimo, 2007, Introduction to artificial neural networks, European Journal of Gastroenterology & Hepatology, Vol 19 No 12, Pags: 1046-1054, P.1046.
- 49- See: IBID, P.1047.
- 50- يُنظر: تبيرغيان، غي وآخرون، قاموس العلوم المعرفية، ص 332-333.
- 51- يُنظر: الشريبي، أحمد، الشبكات العصبية الاصطناعية: تعرّف إلى دماغ «غوغل» والعقول التي تقف خلفه.
- 52- يُنظر: المرجع نفسه.
- 53- يُنظر: صوان، فرج محمد، تاريخ نظرية الترجمة في القرن العشرين.
- 54- يُنظر: الشريبي، أحمد، الشبكات العصبية الاصطناعية: تعرّف إلى دماغ «غوغل» والعقول التي تقف خلفه.
- 55-V. Le, Quoc & Mike, Schuster, A Neural Network for Machine Translation, 09/27/2016, <https://ai.googleblog.com/2016/09/a-neural-network-for-machine.html>, 22<sup>sd</sup>/11/2020, 21h20.
- 56- IBID.

## المراجع:

- ابن منظور، 1995، لسان العرب، دار صادر، لبنان.
- أحمد، عطية سليمان، 2019، اللسانيات العصبية: اللغة في الدماغ (رمزية عصبية عرفانية)، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي، مصر.
- بوعناني، مصطفى وآخرون، 2015، المعجم الذهني واللغة العربية، منشورات مختبر العلوم المعرفية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، المغرب.
- بوعناني، مصطفى، وزغبوش، بنعيسى، 2015، اللغة والمعرفية: بعض مظاهر التفاعل المعرفي بين اللسانيات وعلم النفس، عالم الكتب الحديث، الأردن.
- بوكيلي، حسان، 2015، المعجم الذهني: بحث في آليات النفاذ النفسية والمعرفية، منشورات الزمن، المغرب.
- تبيرغيان، غي وآخرون، تر: شعيد، جمال، مر: حجازي، مصطفى، 2013، قاموس العلوم المعرفية، المنظمة العربية للترجمة، لبنان.
- الحميدان، عبد الله بن حمد، 2001، مقدمة في الترجمة الآلية، مكتبة العبيكان، المملكة العربية السعودية.
- الشريبي، أحمد، الشبكات العصبية الاصطناعية: تعرّف إلى دماغ «غوغل» والعقول التي تقف خلفه، 2017/02/02، <https://manshoor.com/science/neural-networks-and-google-translate/>، 2020/11/13، 18 سا00د.
- صوان، فرج محمد، تاريخ نظرية الترجمة في القرن العشرين، 2017/07/01، [http://academiworld.org/history-of-translation-theory\\_16](http://academiworld.org/history-of-translation-theory_16)، 2020/11/14، 20 سا00د.
- العامري، عبد العالي، 2018، اللغة وهندسة الذهن: آفاق جديدة لدراسة المعنى، فضاءات للنشر والتوزيع، الأردن.
- العتوم، عدنان يوسف، 2004، علم النفس المعرفي: النظرية والتطبيق، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، الأردن.
- العربي، ربيعة، وفؤاد، أشرف، تن: السراج، عبد العالي وآخرون، 03 و 04 أبريل 2019، المعجم الذهني: مقارنة متعددة الاختصاصات، المؤتمر الدولي السنوي الثاني: أسئلة حديثة في البحث اللساني؛ مقاربات وتحليلات، مركز المؤلّ إسماعيل للدراسات والأبحاث في اللغة والأدب والفنون، مقاربات للنشر والصناعات الثقافية، المغرب، الصفحات: 175-201.
- عمر، أحمد مختار، 2009، صناعة المعجم الحديث، عالم الكتب، مصر.

- غريب، عبد الكريم، 2006، المنهل التربوي: معجم موسوعي في المصطلحات والمفاهيم البيداغوجية و الديدأكتيكية و السيكلوجية، منشورات عالم التربية، المغرب.
- لخزاز، عبد الإله، د س، الهندسة الداخلية للمعجم الذهني وتنظيم المعرفة المعجمية في ضوء اللسانيات العصبية، مجلة الميادين للدراسات في العلوم الإنسانية، المجلد الثاني، العدد الأول، الصفحات: 55-73.
- مذكور، عمرو محمد فرج، ديسمبر 2011، الترجمة الآلية: مفهومها، مناهجها-نماذج تطبيقية في اللغة العربية-، مجلة كلية دار العلوم، جامعة الفيوم، العدد 26، الصفحات: 893-937.
- منعم، سناء، 2015، اللسانيات الحاسوبية والترجمة الآلية: بعض الثوابت النظرية والإجرائية، عالم الكتب للنشر والتوزيع، الأردن.
- ويكيبيديا الموسوعة الحرة، ذهن، 2017/10/29، <https://ar.wikipedia.org/wiki/>، ذهن، 2021/01/07، 16 سا00د.
- Grossi, Enzo & Buscema, Massimo, 2007, Introduction to artificial neural networks, European Journal of Gastroenterology & Hepatology, Vol 19 No 12, Pags: 1046-1054.
- V. Le, Quoc & Schuster, Mike, A Neural Network for Machine Translation, 09/27/2016, <https://ai.googleblog.com/2016/09/a-neural-network-for-machine.html>, 22<sup>sd</sup>/11/2020, 21h20.
- YANPING, Dong and all, 2005, Shared and separate meanings in the bilingual mental lexicon, Bilingualism: Language and Cognition 8 (3).