اَلاِسْتِدْلالُ التَّمْثِيلِيُّ:
جَوْهَرُ الْمَعْرِفَةِ

Analogical Reasoning:
A Core of Cognition

د. أحمد فريحي

جامعة ابن طفيل

المغرب

Fraihiahmed34@gmail.com

اَلاِسْتِدْلالُ التَّمْثِيليُّ: جَوْهَرُ الْمَعْرِفَةِ[1]

د. أحمد فريحي

ملخّص:

إذا كانَ اليونان قد استعملوا التَّمثيل باعتباره تناسباً بالمعنى الهندسي أو العددي، واستعملوه كاستعارة وتشبيه في الأدب، هذا بالإضافة إلى أنَّ العربَ استعملوه كقياس في النَّحو والأصول، وكاستدلال بالشَّاهد على الغائب في علم الكلام، وكتشبيه مُركبٍ من عدة صور في البلاغة، واستعمله الفلاسفة والعلماء بطرقٍ مختلفة، فإنَّ التَّمثيل في العلم المعرفي أصبحَ آليةً معرفيةً وتعلُّمية، تخضعُ لعمليات الاسترجاع بواسطة التَّذكر، والتَّخطيط النَّظري عن طريق رصد العلاقات المشتركة بين مجال المصدر ومجال الهدف، والنَّقل من الأول إلى الثَّاني من أجل التنبؤ وإيجاد حلول للمشكلات المطروحة. فمن خلال هذه العمليات، تتحقَّقُ مجموعةٌ من القدرات المعرفية، الَّتي تتجلى في تغدية الذَّاكرة، والتَّكيف مع القضايا المطروحة، والقُدرة على صياغة استدلال تمثيلي، والتَّعلم بواسطة التَّجريد، والتَّعلم بواسطة النَّقل، ممَّا يحقِّقُ مجالاتٍ واسعةٍ للإبداع. في هذا الباب نقدِّمُ ترجمةً لتقرير علميٍّ أنجزه فريقٌ من الباحثين الألمان متخصِّصون في العلم المعرفي. يتناولُ هذا التَّقريرُ الدَّورَ الَّذي يلعبُه التَّمثيلُ والاستعارةُ في تطوير القُدرات على المستويين المعرفي والتَّعلُّمي.

كلمات مفاتيح: التَّمثيل، والتَّذكر، والتَّكيف، والاستدلال التَّمثيلي، والتَّعلُّم، والنَّقل، والتَّجريد، والإبداع.

1- مصدر المقال :

Gust, Helmar & Krumnack, Ulf & Kühnberger, Kai-Uwe & Schwering, Angela. (2008). Analogical Reasoning: A Core of Cognition.. KI. 22. 8-12.

Abstract:

If the Greeks used analogy as a proportion in the geometric or arithmetical sense, and used it as a metaphor and simile in rhetoric, in addition to the fact that the Arabs used it as a Qiyâs in grammar and in ‘Ilm al-oussoul, as an inference from the present to the absent in theology, as a simile composed of several images in rhetoric, philosophers and scientists used it in different ways, but analogy in cognitive science has become a cognitive and learning mechanism subject to retrieval processes through memory, theoretical planning by monitoring the common relationships between the source domain and the target domain, and transferring from the first to the second in order to predict and find solutions to the problems. Through these processes, a set of cognitive abilities are achieved, which are manifested in feeding memory and adapting to the issues at hand, the ability to formulate a analogical reasoning, learning by abstraction, and learning by transfer, which achieves wide areas for creativity. In this subject, we present a translation of a scientific survey prepared by a group of German researchers specializing in cognitive science. This survey examines the role that analogy and metaphor play in developing abilities at the cognitive and learning levels.

Keywords: Analogy - Memory - Adaptation - Analogical Reasoning - Learning - Transfer - Abstraction -Creativity.

.

1- نص المقالة المترجمة:

اعتبرتِ التَّمثيلاتُ على الدَّوام جزءً مركزياً من الذَّكاءِ الإنسانيِّ ومن المعرفةِ البشريةِ. يعرضُ هذا التَّقريرُ مُلَّخصاً للاستدلالِ التَّمثيليّ وتطبيقاتِه، ويُبيِّن أنَّ التَّمثيلاتِ عُنصرٌ مُهمٌ في العَديد من القَدراتِ المعرفيَّةِ من قبيل التَّذكر، والتَّكيف، والتَّعلم، والاستدلال، والإبداع. وعليه، فالتَّمثيلاتُ يمكن أنْ توفرَ أساساً لأنظمةٍ معرفيَّةٍ مُتكاملةٍ وواسعةِ النِّطاقِ[1].

2- تقديم:

إنَّ البحثَ في التَّمثيلِ[2] له تاريخٌ طويلٌ، وقد كانَ موضوعاً للتَّحقيق في مستوياتٍ عديدة: لقد تناولته الفلسفةُ اليونانيةُ القديمةُ كعلاقةٍ تناسبية بين شيئين. وتوسلتِ الاستعاراتُ بالتَّمثي لِ في النُّصوصِ الأدبيَّةِ على نحو ضمنيٍّ من أجلِ وصفِ الموضوعاتِ على سبيلِ المجاز. ويعتبرُ التَّمثيلُ في العلومِ الطَّبيعيةِ آليةً لا محيدَ عنها من أجلِ التَّقدُّمِ العلميِّ [18].

إذا كانَ البحثُ الكلاسيكي حولَ التَّمثيل يتعاملُ بشكل أساسي مع السُّلوك الذَّكي عالي المستوى، فإنَّ التَّركيز تحوَّل في العلمِ المعرفيِّ [3] نحو فحصِ القُدرات المعرفيَّةِ الأساسية بالنِّسبة إلى الأشخاص[4] الَّذين يتفاعلون مع بيئَتهم. ويبدو أنَّ العديد من هذه القُدرات تعتمدُ على التَّمثيل أيضًا، وتُقدِّم بالتالي تفسيرًا

1- مصدر المقالة: موقع DBLP الإليكتروني، والمختص في نشر البحوث العلمية المتعلقة بالعلم المعرفي، وبعلم الحاسوب. وقد أعيد نشر هذه المقالة في موقع ResearchGate، بتاريخ يناير 2008. انظر الموقع الإليكتروني:

https://www.researchgate.net

2- التمثيل Analogy: يفيد في اللسان العربي التصوير والتقدير، وله تعريفات عدة في مجالات عدة: يسمى قياسا شرعيا في علم الأصول، وقياسا عقليا في علم الكلام، ويستعمل في النحو كقياس لغوي، ويعتبر تشبيها مركبا منتزعا من صور عدة في البلاغة، وسماه المناطقة العرب بالتمثيل، وهو استدلال بجزئي على جزئي. أما لفظ analogy، فيرجع إلى اللفظ اليوناني المركب ἀυαλογία، الذي يفيد التناسب، استعمل من طرف فلاسفة اليونان كنوع من الاستدلال، وله علاقة بالاستعارة في كتاب "الشعر" لأرسطو، وحلله أوقليدس في كتاب "الأصول"، واستعمله الفلاسفة والعلماء بطرق ومعان شتى. أصبح التمثيل موضوع نقاش علمي في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وكتب فيه الكثير، باعتباره آلية استدلالية لها دور كبير في الاكتشاف العلمي، ما جعل جورج بوليا يقول: "للتمثيل نصيب في كل الاكتشافات، وله في بعضها حصة الأسد" (ذكر ذلك في كتاب "الرياضيات والاستدلال المعقول: الاستقراء والتمثيل في الرياضيات" 1954، ص. 17). لكن المختصين في العلم المعرفي جعلوه من أهم الأسس التي تقوم عليها المعرفة والتعلم. (المترجم)

3- العلم المعرفي Cognitive Science:« هو دراسة العقل والدماغ البشريين، وتتمحور هذه الدراسة على كيفية تمثل العقل للمعرفة، وكيفية معالجتها، وكيفية تحقيق التمثلات والعمليات العقلية في الدماغ. وتشكل العمليات العقلية من قبيل: الإدراك، والتذكر، والانتباه، والوعي، والتعلم، والمقارنة، والمماثلة...جزءً لا يتجزأ من الموضوعات التي يدرسها. وتتداخل في العلم المعرفي مجموعة من العلوم الإنسانية والتجريبية كالفلسفة، وعلم النفس، واللسانيات، والأنتروبولوجيا، وعلم الأعصاب، والذكاء الاصطناعي». لا تخرج تعريفات العلم المعرفي عما ذكر أعلاه، وقد اعتمدنا، من جملة ما اعتمدنا ،على ما جاء في هذا التعريف ما ورد في الموقع الإليكتروني لجامعة جون هوبكينز:

www.https:cogsci.jhu.ed (المترجم)

4- لقد استعملنا لفظ الأشخاص للدلالة على الفاعلين Agents، وهي اللفظة الواردة في النص. (المترجم)

للقدرة التَّمثيلية على أعلى مستوى. وعليه، فليسَ من المُستغرب أنْ يلعبَ التَّمثيلُ دورًا مركزيًا في بحث العلم المعرفِيّ.

3- ما التَّمثيلُ؟

إنَّ صناعة التَّمثيل، عمليةٌ معرفيةٌ في غاية التَّطور، يتمُ من خلالها تحليلُ تصورين- مصدرٌ وهدف-[1] من أجل تحديد الأنماط البنيوية المشتركة بينهما [6]. إذ يكونُ المصدرُ والهدفُ في التَّمثيلات من مجالين مختلفين (ويعد هذا ضروريا في الاستعارات). إنَّ الغرضَ من التَّمثيلات هو تكيِيف المعرفة المُتاحة المتعلقة بتصور المصدرِ إذ يمكنُ تطبيقها على الهدف بطريقةٍ يمكنُ من خلالها استخلاص استنتاجات تمثيلية جديدة. وتتطلبُ صناعةُ التَّمثيل ذكاءً لأنَّ أنماط التَّمثيلات والنُّقول[2] غالبا ما تكونُ غير واضحةٍ، وتعتمد على تصور محدَّد للمجالين.

تَرِدُ الاستعارات[3] والتَّمثيلات في مجالات عديدة ومتنوعة، وبصورٍ مختلفة كذلك. ولكي يتم تصنيفُ جوانب وخصائص التَّمثيلاتِ، لا بُدَّ من التَّميز بين ثلاثة أنماط منها[4]: النمط الأول، هو التَّمثيلات التَّناسبية[5] الَّتي تتخذ الصُّورة العامة الآتية: (أ:ب) :: (ج:س). يمكن أنْ تكون التَّمثيلات التَّناسبية **في مجال**،

1- ثنائية المصدر Source والهدف Target: مصطلحان من نحت العالمة الأمريكية المتخصصة في علم النفس المعرفي ديدري غنتنر Dedre Gentner، وضعتهما ضمن نظرية عامة في التمثيل المعرفي، وذلك في مطلع ثمانينيات القرن الماضي: المصدر Source إشارة إلى المشبه، أو المستعار له، أو المعلوم، أو الشاهد. ثم الهدف Target إشارة إلى المشبه به، أو المستعار، أو المجهول، الغائب. وقد استثمرت هذه العلاقة في المجال التعليمي كأداة ديداكتيكية من فهم وحل المشكلات، وإدراك شبكة العلاقات القائمة بينهما من خلال عملية التخطيط التمثيلي. (المترجم)

2- بمعنى transfers بصيغة الجمع، ومفرد نقل transfer. انظر تعريف النقل في الهامش. (المترجم).

3- الاستعارة Metaphor هي تشبيه بدون أداة تشبيه في البيان اليوناني واللاتيني. وفي البيان العربي، هي تشبيه حذف أحد طرفيه، المشبه أو المشبه به، وتكون تصريحية بذكر المشبه به، ومكنية بحذف المشبه به، وتكون تخيلية، وترشيحية، وتمثيلية، وهذه الأخيرة هي التي تتضمن صورا عدة. منذ أرسطو والاستعارة لها علاقة بالتمثيل، وبالخصوص الاستعارة التناسبية. تطور مفهوم الاستعارة في الفكر الغربي بشكل كبير وهائل منذ صدور كتاب "فلسفة الخطابة" للناقد الأدبي ريتشاردز، وأصبح لها حضور قوي في النقاش العلمي بعد صدور مقالة ماكس بلاك التي عنوانها "الاستعارة". لكن المرحلة النقدية التي أعلت من شأن الاستعارة ووضعت حدا فاصلا بين النظريات البيانية القديمة الراجعة إلى أرسطو والنظرية الحديثة كانت مع صدور كتاب "الاستعارة التي نحيا بها" لكل من جورج لاكوف ومارك جونسون. ويندرج هذا الكتاب ضمن اللسانيات المعرفية. وما كتب حول الاستعارة حاليا لا يمكن حصره. (المترجم).

4- لا ندعي أن هذا التصنيف للتمثيلات تام، ولا ندعي أنه التصنيف الوحيد الممكن. ولكن مثل هذا التصنيف قد يكون مفيدا لتحديد خصائص التمثيلات الأخرى. (المؤلفون).

5- التمثيل التناسبي Proportional Analogy: هو علاقة تناسبية قائمة بين شيئين (على المستوى الهندسي) أو قائمة بين عددين وعددين آخرين (على المستوى العددي). استعمل بكثرة عند الفلاسفة اليونان، واستعمله أرسطو بمعنى الاستعارة في كتاب "الشعر": "العشية بالنسبة إلى النهار كالشيخوخة بالنسبة إلى العمر" مما يجعلنا نقول على سبيل الاستعارة: "عشية العمر" و "شيخوخة النهار". وقد خصص له أوقليدس فصلين في كتاب "الأصول"، ووضع له رمزين ":: أو =" للدلالة على التناسب "أ : ب :: ج : د" أو "أ : ب = ج : د". غير أن أول من استعمل معادلة الرابع المتناسب هو أبو موسى الخوارزمي في كتابه "الجبر والمقابلة" وذلك لحل مشكلات البيع والشراء والإجارة. استثمر المختصون في العلم المعرفي العلاقات التناسبية لحل المشكلات المعرفية. (المترجم).

مما يعني أن "أ"، و "ب"، و "ج" تعبيرات من نفس المجال. إن هذا النَّمط مميَّز لاختبار الذكاء إذ يتوجب على المشاركين مواصلة تعاقب الأشكال الهندسية [4] أو الأعداد والسَّلاسل [12]. يمكنُ أنْ تكون التَّمثيلات مجالا عابرا.[1] وفي هذه الحال، تؤسس "أ" و "ب" علاقة في مجال المصدر، والتي يجب تطبيقها على مفهوم "ج" باعتباره مجال الهدف، وذلك من أجل الحصول على النتيجة في مجال الهدف.

إنَّ التَّمثيلات التَّناسبية لها مثيل ممتع في التَّعبيرات الاستعارية. فعلى سبيل المثال، عبارة من قبيل "الخياشيمُ رئةٌ للأسماك" يمكنُ تحليلها باعتبارها حلاً للتمثيل الآتي: الثدييات: الرئة: الأسماك : س[2]. يشير لفظ الخياشيم هنا إلى ما تبنيه العلاقة التمثيلية للمجهول "س". إنَّ ما يتم ذكره في البنية السَّطحية للتَّعبير الاستعاري هو عادة علاقة دور بين المجالين، بمعنى أنَّ "س" تلعبُ دور الرئتين بالنسبة للأسماك، في حين يُفترض أنَّ الإشارة إلى نظير الأسماك (الَّتي هي الثدييات) يمكنُ اشتقاقها من المعرفة المدخرة.

والنَّوع الثاني من التَّمثيلات هو التَّمثيلات التَّنبؤية. فهي تصفُ مجالًا جديدًا (الذي هو الهدف)، ليس فقط عن طريق تحديد القواسم المشتركة البنيوية مع مجال معطى (الذي هو المصدر)، وإنَّما عن طريق نقل المعلومات والتَّفسيرات من المصدر إلى الهدف كذلك [5، 13]. بالإضافة إلى المجال الكلاسيكي للتَّعبيرات الاستعارية، فإنَّ المفاهيم معقدة الارتباط بين مجالين فيزيائيين الَّتي تبدو مختلفة تكون أمثلة جيدة لمثل هذه التَّمثيلات. إنَّها تربط مجالات فيزيائية يصعب الوصول إليها من خلال تجربتنا المباشرة بمجالات لها خصائص يمكنُ إدراكها. إذ تصبحُ أهمية التَّمثيلات جلية في الحالات الَّتي لا تتوفر فيها مثل هذه التَّمثيلات العملية. لمَ يَصْعبُ على النَّاس تصور النَّظرية النسبية أو ميكانيكا الكم؟ إنَّ السَّبب الرَّئيس يتجلى في أنَّ النَّقل التَّمثيلي من إلى المجال الَّذي يمكن الوصول إليه من خلال تجربتنا المباشرة يفشلُ من أساسه. هناك العديد من الأمثلة الأخرى في الفيزياء الحديثة لا تتوفر فيها تمثيلات جيدة أو يتم استعمال استعارات غريبة لا تشرح الكثير: خذ على سبيل المثال ثنائية الموجة والجسيم، أو قوى التبادل (القائمة على الفوتونات، أو الجرافيتونات، وما إلى ذلك)، أو نظرية الأوتار[3].

والنَّوع الثَّالث من التَّمثيل، هو حلُ المشكلات التَّمثيلية، ويمكنُ استعماله لحل مشكل عن طريق نقل الحل من مجال معلوم إلى مجال مجهول. إنَّ الاستدلالَ المبني على الحالة يصوغ مقاربات من هذا النَّوع. ومن الأمثلة الأخرى مشكلة قلعة الورم الشهيرة[4] أو استعمال برنامج الشفرة لتطوير برامج جديدة عن طريق التَّجريد [23].

1- التعبير الوارد هو cross domain. (المترجم).

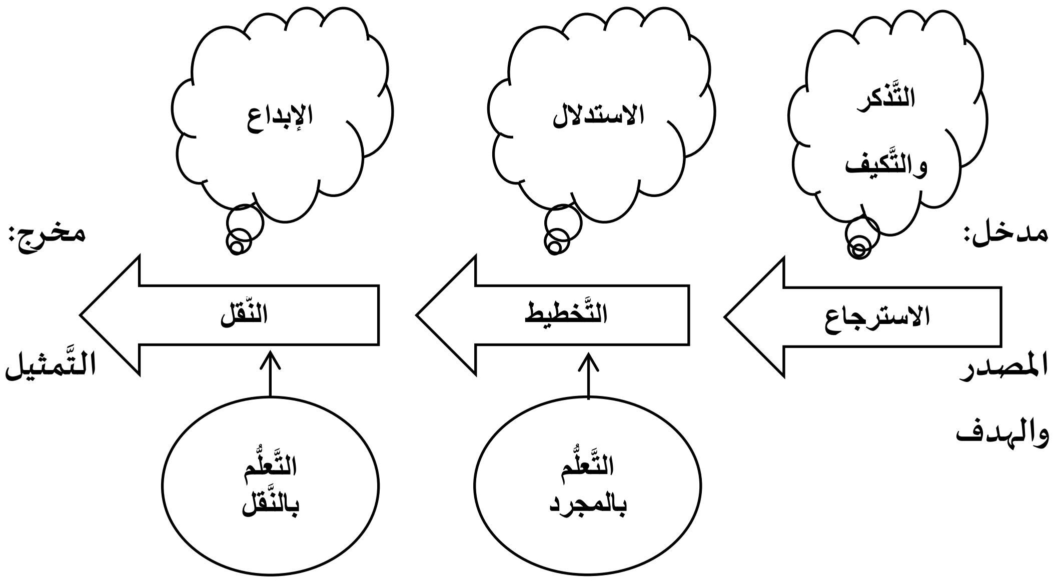
2- معنى هذا أن: الرئة بالنسبة إلى الثديات كحال س (المجهول) بالنسبة إلى الأسماك، والمجهول س هنا هو الخياشيم. ويمكن توضيح هذا المثال بآخر أكثر بساطة: الإبرة بالنسبة إلى الخيط كحال س بالنسبة إلى الجراح، وس المجهول هنا هو المشرط. (المترجم).

3- نظرية الأوتار، في فيزياء الجزيئية، هي نظرية فيزيائية تسعى إلى دمج ميكانيكا الكم مع نظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين. (المترجم).

4- يمكن عرض هذا المشكل كالآتي: "باعتبارك طبيباً، يتعين عليك أن تعالج مريضاً يعاني من ورم خبيث لا يمكن علاجه جراحياً، وهذا الورم مدفون في أعماق الجسم. وهناك نوع خاص من الأشعة، غير ضار تماماً عند شدة منخفضة، ولكنه عند شدة عالية يكون

هناك جانب آخر مرتبط بالتَّمثيلات وهو إعادة تصور المجالات المعلومة (يُطلق عليه إعادة التصور). وقد يحدث هذا إذا فشلالتَّمثيل الواضح. ومن الأمثلة الكلاسيكية تصور فرشاة الرَّسم كأداة لنقل الطِّلاء إلى قماش عن طريق ضخ الطلاء بدلا من تلطيخه [14]. وعلى العموم، فإنَّ التَّحقق من الفرضيات حول وضعية معلومة (في العالم الواقعي) (أي المصدر) من خلال التَّجارب في بيئة مخبرية خاضعة للمراقبة (أي الهدف) يستعمل علاقة تمثيلية بين المجالين. قد تجبرنا نتيجة مثل هذه التَّجربة على إعادة تصور مجال المصدر.

يُذكر في كثير من الأحيان أنَّ الاستعارات مرتبطةٌ ارتباطًا وثيقًا بالتَّمثيلات [7، 14]. وفي نفس السِّياق، يمكن أنْ تكونَ الاستعارةُ نفسُها تناسبية أو تنبؤية[1].



الشكل الأول: تمثيلات في عمليات معرفية[2]

قادرا على تدمير الورم وعلى الأنسجة السليمة. فما الذي يمكن عمله لتجنب تدمير الأنسجة السليمة؟" (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://socialsci.libretexts.org).

1- الاستعارة التناسبية ذكرها أرسطو في كتاب الشعر، وذلك في تعريفه للاستعارة باعتبارها: "استعمال اسم مغاير بواسطة النقل، إما من الجنس إلى النوع، أو من النوع إلى الجنس، أو من النوع إلى النوع، أو بواسطة التمثيل، أي التناسب...". أمَّا كونها تنبؤية، فإن ذكر ما يتناسب مع طرف، يصبح الحصول على المجهول الذي يتناسب مع طرف آخر تنبؤاً. (المترجم).

2- من خلال هذا الرسم التوضيحي يتبين أن العملية التمثيلية تتم من خلال مجال معلوم الذي هو المصدر، وذلك من أجل حل مشكل في مجال الهدف، في المرحلة الأولى تستثمر فيها قدرة الذاكرة والتكيف. فالذاكرة تلعب دورا كبيرا في التكيف مع المعطيات الجديدة، والعملية التي تتم هنا هي الاسترجاع، ثم تأتي بعد ذلك المرحلة الثانية، وهي عملية التخطيط التمثيلي، أي ربط مجال المصدر بمجال الهدف بكل العلاقات المشتركة بينهما، وتستثمر فيها قدرتي التعلم بواسطة التجريد والاستدلال، أي استعمال الرسوم والأشكال المبينة لهذه العلاقات، وبناء استدلال تمثيلي. ثم تأتي المرحلة التي تستعمل النقل، أي نقل الحل من المصدر إلى الهدف، وهذه هي مرحلة التعلم بواسطة النقل، التي يمكن أن تأتي بإضافة جديدة. وهي التي تحقق الإبداع. ونلاحظ هنا أن التجريد والنقل عمليتان تعليميتان. (المترجم).

على سبيل المثال، افترض وضعية حيث يلقي أستاذٌ محاضرةً أمام الطلبة حول فيزياء الذَّرات الأولية من خلال تقديم الاستعارة التالية الَّتي تصف تمثيل رذرفورد:

(1) الإليكترونات كواكب للذرات[1]

(2) يمكن تأويلها على أنَّها تمثيل تنبؤي: إذ يتعلمُ الطلبة تصوراً جديدًا للذرة. ومن جهة أخرى، بالنسبة للعالم الَّذي تحدث بالاستعارة (1) يمكنُ تأويلها ببساطة على أنَّها تمثيل تناسبي (وهو تمثيل مهم من الناحية التاريخية).

يمكنُ تقسيم عملية صناعة التمثيل إلى عدة وظائف مترابطة فيما بينها. وعادةً ما يمكنُ تحديد الوظائف الفرعية الثلاث الآتية، وهي: **الاسترجاع**، و**التَّخطيط**، و**النَّقل**.

في البداية، لمَّا تُعرض وضعية جديدة (تتعلق بالهدف)، يجب تحديد مجال المصدر الَّذي يمكنُ أن ترتبط به هذه الوضعية. ويتعيَّن تطبيق بعض تقنيات الاسترجاع[2] للبحث في الذَّاكرة عن العناصر الَّتي تبدو كأنها مرشحة للتَّمثيل. في بعض الوضعيات، مثل اختبارات الذكاء أو وضعيات التَّدريس، قد يتم ذكرُ مجال المصدر على نحو صريح. حتَّى أنَّ بعض نماذج التَّمثيل تعتبر هذا هو الحالة التَّمثيلية ولا توفر وسائل خاصة للاسترجاع.

تهدفُ مرحلةُ التَّخطيط[3] إلى إقامة علاقة تمثيلية بين ذينك المجالين، أي انتظام البنيات بين كلا المجالين. وعلى العموم، هناك العديد من التَّخطيطات المحتملة، وأيٌّ منها مناسب يعتمد على السِّياق والغرض من التَّمثيل. عادة ما تتم مناقشة مشكلتين مرتبطتين بخطوة التَّخطيط. تتمثل مشكلة الارتباط في تحديد أجزاء

1- معنى هذه الاستعارة هو أن الإليكترونات بالنسبة إلى النواة كالكواكب بالنسبة إلى الشمس، لأن العالم الفيزيائي رذفورد، ومن بعده بوهر أثبتا أن الكيفية التي تدور بها الإليكترونات هو النواة تشبه إلى حد ما الكيفية التي تدور بها الكواكب حول الشمس. لكن هذه النظرية لم يعد لها سند علمي، وقيمتها تبقى قيمة تاريخية لا غير. (المترجم).

2- إن ممارسة الاسترجاع هي استراتيجية يتم من خلالها تعزيز وتشجيع التعلم من خلال جلب المعلومات إلى الذهن. إن استرجاع المعلومات عمدًا يجبرنا على سحب معرفتنا "خارجًا" وفحص ما نعرفه. إن استرجاع المعلومات أكثر فعالية من إعادة القراءة أو تدوين الملاحظات أو الاستماع إلى المحاضرات. (المترجم عن: https://www.med.uvm.edu) تتضمن ممارسة الاسترجاع استرجاع المعلومات التي يجب تذكرها من الذاكرة. تعد ممارسة الاسترجاع - في حد ذاتها وخاصة عندما تكون مصحوبة بفحص لاحق لمواد الدورة (كما في المثال الذي ناقشناه للتو) - واحدة من أكثر طرق التعلم فعالية التي تم اكتشافها حتى الآن. في الواقع أظهرت أكثر من 200 دراسة، من أكثر من قرن من البحث، فوائد ممارسة الاسترجاع على الذاكرة.2،1 تُعرف هذه الفائدة عمومًا باسم تأثير ممارسة الاسترجاع أو تأثير الاختبار. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://psychology.ucsd.edu).

3- المقصود بالتخطيط هنا إبراز كل العلاقات القائمة والمنتظمة بين المصدر والهدف، والتخطيط نظرية معرفية تدخل في باب علم النفس المعرفي، وتسمى نظرية التخطيط البنيوي Structure Mapping Theory: ترجع هذه النظرية إلى العالمة الأمريكية المتخصصة في العلم المعرفي ديدري غينتنر Dedre Gentner، وهي نظرية تحليل بنية الاستدلال التمثيلي، ترصد العلاقات القائمة بين المصدر والهدف، وتبرز الاختلاف بين التمثيل كعلاقة قائمة بين عنصرين في العلم، والتشبيه بين شيئين في الأدب وفي اللغة الطبيعية، وإذا كانت غينتنر قد وضعت هذه النظرية في مطلع الثمانينيات، فإنها قد نالت جائزة ديفيد راملهيرت David E. Rumelhart عنها حتى سنة 2016، باعتبارها مساهمة جيدة في وضع أسس المعرفة البشرية. (المترجم).

المجالين المرتبطين ضمن سياق التَّمثيل، وبالتالي تدخل في العلاقة التَّمثيلية. وتتعلق مشكلة التَّمثل[1] بالصُّعوبات التي تنشأ عن عملية التَّخطيط بسبب التَّمثلات ذات البنية المختلفة للمجالين. ورغم أنَّه قد يبدو من المعقول أنْ يتم تمثل مجالين بطريقة متماثلة عندما يتم إعدادهما خصيصًا للتَّمثيل، إلا أنَّ هذا يبدو على العموم غير محتمل. وعليه، فإنَّ عملية التَّخطيط قد تساعد في إعادة بناء أحد المجالين أو كليهما، ويمكن أنْ يُعزى قدرٌ كبير من القوة التَّفسيرية والإبداعية للتمثيلات إلى عملية إعادة التَّمثل تلك.

وأثناء مرحلة النَّقل[2]، تُستعمل العلاقة التَّمثيلية لترجمة المعلومات بين المجالين. وعادةً ما يتم نقلُ المعرفة من المصدر إلى المجال المستهدف واستعمالها هناك لتقديم مفاهيم أو بنياتٍ جديدةٍ، أو تقديم تفسيراتٍ جديدةٍ للظواهر، أو حلٍ لمشكلات معطاة. إنَّ هذه المعرفة الجديدة ليست مبرَّرة منطقيا بأي حال من الأحوال، ويجبُ أنْ ننظر إليها على أنَّها مجرد فرضية، ولكن عندما تستعمل بعناية، يمكن أن تكون مصدر إلهامٍ قيم.

وفي بعض الحالات، يتم استكمال هذه المراحل الثلاث بخطوات إضافية، مثل تقييم المعرفة المنقولة، أو استقراء قواعد عامة، وذلك اعتمادًا على النموذج المطبق وعلى السَّياق الَّذي يتم فيه وضعُ التَّمثيل.

4- قدراتٌ معرفيةٌ في التَّمثيلات:

تعتبر التَّمثيلات أمرًا بالغ الأهمية لفهم العديد من الظَّواهر المعرفية. يوضِّح الشكل 1 عملية إجراء التَّمثيلات ويربط القدرات المعرفية بالمراحل المختلفة. وفيما يلي، نوضح بالتَّفصيل كلَّ واحدة من هذه القدرات.

1- قد يفيد التمثل Representation في السياق هنا المشكلة المترتبة عن تحويل العلاقات بين الشيئين المتماثلين بواسطة رسم توضيحي أو خطاطة شبكية، لكن التمثل: يفيد لغة إعادة الحضور والمثول في الذهن، وبهذا يكون التمثل مخالفا لحقيقة الأشياء المدركة، فكلنا ندرك نفس الأشياء، لكن يختلف تمثلنا لتلك الأشياء. وجاء في معجم أوكسفورد أن: "التمثل هو عملية التقاط خصائص الأشياء التي يُعتقد أنها حاصلة أو واقعة خارج هذه الوسائط، سواء بالكلمات أو بالصور أو غيرها من وسائل التواصل. إن لفظ "التمثل" فعل واسم في نفس الوقت: فهو يشير إلى العملية ويشير إلى نتاجاتها المختلفة.". (المترجم).

2 - نقل التعلم Transfer Learning يعني استعمال المعرفة والمهارات المكتسبة سابقًا في وضعيات تعلم جديدة أو حل مشكلات جديدة. وبالتالي فإن أوجه التشابه والتمثيلات بين محتوى وعمليات التعلم السابقة والفعلية قد تلعب دورًا حاسمًا في هذه العملية. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.sciencedirect.com) "النقل" ممارسة معرفية فإتقان المتعلم للمعرفة أو المهارات في سياق واحد يمكنه من تطبيق تلك المعرفة أو المهارة في سياق مختلف. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: .(https://poorvucenter.yale.edu

4-1- التَّذكر والتَّكيف[1]:

إنَّ القدرةَ على تخزين المعلومات واسترجاعها في مناسبات محدَّدة أمرٌ بالغ الأهمية للاستعمالِ المُناسب للذاكرة[2]. وبما أنَّ كلَّ وضعيةٍ جديدةٍ تتضمنُ الكثير من التَّفاصيل الَّتي تجعلها فريدةً ومختلفةً عن التَّجارب السَّابقة، فإنَّ عمليةَ الاسترجاعِ، الَّتي تجعل الذَّاكرة قابلةً للاستعمال في هذه الوضعية، تعتمدُ بشكلٍ كبير على التَّمثيل. يجبُ إخفاء التَّفاصيل غير المرتبطة، ويجبُ ربطُ الأنماط القديمة بمجالاتٍ جديدةٍ. وعليه، فإنَّ استرجاعَ المعلوماتِ من الذَّاكرة عمليةٌ معقَّدةٌ تشبهُ إلى حد كبير مراحلَ الاسترجاعِ والتَّخطيط والنَّقل الموصوفةِ أعلاه.

يقترحُ **كوكينوف** [15] بنيةً معرفيةً يلعبُ فيها التَّذكر الدَّورَ المركزي لمعالجة العمليات المعرفية مثل الاستدلال التَّمثيلي وتقدير التَّشابه الدلالي. يتألفُ النَّسقُ من شبكة، وهي ذاكرة أو الذاكرة**DUAL**[3]، والتي تمثلُ معرفةَ نسقِ العالم. إنَّ عُقد الشَّبكة، والَّتي تسمى بالعوامل الدَّقيقة، لها بنيةٌ داخليةٌ وهي في وضع تؤثر على سلوكها في العمليات المعرفية. يتمُ تحفيز مثل هذه العمليات من خلال إمكاناتِ التَّنشيط ونقلِ العلامة على طول الترابطات بين العواملِ الدَّقيقة. يتمُ تحديد نمط التَّنشيط الأولي حسب السِّياق، ثم ينتشر وفقًا لخصائص العوامل الفردية والترابطات فيما بينها. يمثلُ نمطُ التَّنشيط مضامين الذَّاكرة قصيرة المدى، في حين تتوافقُ شبكةُ العوامل الدَّقيقة بأكملها مع الذَّاكرة على المدى الطَّويل.

وبناءً على بنية الذاكرة هذه، يمكن تنفيذُ أنواع مختلفةٍ من الاسترجاع والاستدلالِ. فعلى سبيل المثال، ثبتَ أنَّ الإطار قادر على حل المشكل التمثيلي: فعند إعطاء مهمة تسخين الماء في وعاء خشبي في غابة باستعمال أعواد الثقاب وسكين الجيب فقط،النسق اقترح مثيلا لسخان الغمر، أي تسخين السِّكين، ثم وضعها في الماء.

1- التكيف هو القدرة على الاندماج مع المعلومات والتجارب الجديدة. إن تعلم معلومات جديدة يعني في الأساس التكيف مع بيئتنا المتغيرة باستمرار حتى نتمكن من العمل بشكل أكثر فعالية في العالم. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.verywellmind.com).

2- يشير التذكر إلى العمليات النفسية التي تطال اكتساب المعلومات وتخزينها والاحتفاظ بها واسترجاعها لاحقًا. ويتضمن التذكر ثلاث عمليات رئيسة: الترميز، والتخزين، والاسترجاع. وللذاكرة البشرية القدرة على حفظ المعلومات واسترجاعها. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.verywellmind.com). يختلف عمل الذاكرة عن عمل المخيلة، فالذاكرة تقوم بالعمليات السابقة، وتحتفظ بواقعية المعلومات، بخلاف المخيلة التي تتصرف في واقعية المعلومات: يمكن أن نتخيل فرسا يطير، ولكن لما نتذكر الفرس، نسترجعه كما هو في الواقع. (المترجم).

3- DUAL: نظرية من وضع الأستاذ البلغاري بواكو كوكينوف، المتخصص في العلم المعرفي، وعلم الحاسوب. وهي بنية معرفية عامة تدمج بين النهجين التواصلي والرمزي على المستوى الجزئي. وتستند إلى التمثل اللامركزي والحوسبة. وقد استوحيت من فكرة مجتمع العقل التي اقترحها مارفن مينسكي، ولكنها تبتعد عن الاقتراح الأولي من نواح عدة. تنشأ الحسابات في DUAL من تفاعل العديد من فاعلين الصغار، كل منهم عبارة عن جهاز رمزي/تواصلي هجين. يتبادل الفاعلون الرسائل والتنشيط عبر الرَّوابط التي يمكن تعلمها وتعديلها، ويشكلون تحالفات تمثل بشكل جماعي المفاهيم والحلقات والحقائق. (المترجم عن https://www.en.wikipedia.org).

هناك مقاربة مختلفة تمامًا للتَّذكر وهي البنيات الرَّمزية المتجهة [19]. تستعمل هذه المقاربة متجهات عالية الأبعاد لتخزين المعلومات من خلال عمليات حسابية بسيطة مثلَ الجمع والضرب[1]. يمكن إجراء التَّخزين والاسترجاع من خلال نفس مجموعة الفاعلين، والَّتي يمكنُ استعمالها أيضًا لتحقيق نوع من الوسائل التَّمثيلية. من متجهة تحملُ المعلومة بأنَّ **باريس هي عاصمة فرنسا** و**ستوكهولم هي عاصمة السويد**، يمكن الإجابة عن أسئلة من قبيل: ما هي العلاقة بين باريس وفرنسا؟ و**ما هي عاصمة السويد**؟ ولكنْ من المُمكن أيضًا استرجاع المعطيات غير المخزنة صراحةً في الذَّاكرة، مثل الحل المتعلق بمهمة التَّمثيل: **باريس بالنِّسبة إلى فرنسا مثل س بالنِّسبة إلى السويد**.

4-2- الاستدلال[2]:

تطالُ قدراتُ الاستدلال المعرفي البشري آليات الاستدلال الكلاسيكية: فالاستنباطُ يستنتجُ المعرفةَ المعطاة ضمناً من خلال الوقائع والقواعد المعلومة: إذا كانتِ المقدماتُ صحيحةً، يستنتج الاستنباط وفقاً للقاعدة، أنَّ النتيجةَ صحيحةٌ أيضاً. والاستدلالُ الاستقرائيُّ يخلقُ المعرفة من خلالِ التَّعميم على مجموعة كبيرة من الحالاتِ التي تشتركُ في واقعة أو قاعدة مشتركة، وتؤدي إلى قاعدةٍ عامة. أما الاستدلالُ الافتراضي، فهو الاستدلالٌ بسبب على نتيجة: أي من قاعدةٍ عامةٍ معلومة، واستنتاج صحيح يُفترض فيه أنَّ المقدمةَ صحيحةٌ أيضاً.

بالإضافة إلى آليات الاستدلال الكلاسيكية هذه، نجدُ قدرات الاستدلال البشري تطال كذلك الاستدلالَ التَّمثيلي. وعلاوة على ذلك، يمكنُ للاستدلال التَّمثيلي أنْ يحاكي الصُّور الكلاسيكية للاستدلال: إذا تمتْ علاقةُ سببية على الجانبِ المستهدف من خلال مقدمة مجهولة، فإنه يشبه الاستدلال الافتراضي، وإذا نقلت النتيجة، فإنَّه يشبه الاستدلال الاستنباطي.

في الوقتِ الَّذي يحافظُ فيه الاستدلالُ الاستنباطيُّ على الصِّحة، فإنَّ الاستدلال الاستقرائي، والاستدلال الافتراضي، والاستدلال التَّمثيلي لا يحافظون على الصِّحة. لكنَّ احتمالية الاستدلالات الاستقرائية تزدادُ مع عدد الحالاتِ الصَّحيحة. لذلك يجبُ أن يكونَ مجموعُ الحالات كبيرا بما يكفي لاستخلاص استنتاجات سليمة. ومع ذلك، فإنَّ الاستدلالَ التَّمثيلي يتطلبُ حالتين فقط: تزدادُ احتمالية الاستدلال التَّمثيلي مع ازدياد عدد الرَّوابط التَّمثيلية بين المصدر والهدف [25].

1- تجمع البنيات الرمزية المتجهة (VSA) بين مساحة متجه فائق، ومجموعة من العمليات على هذه المتجهات. توفر المتجهات الفائقة تمثلات قوية ومقاومة للضوضاء، وترتبط البنية الرمزية المتجهة بخصائص نظرية واعدة للتعامل مع المهام المعرفية عالية المستوى. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.tu-chemnitz.de).

2- الاستدلال Reasoning: يفيد في اللسان العربي طلب الدليل، وفي اللغات الهندوأوروبية يفيد التعقيل، أو التفكير بواسطة العقل، وفي الاصطلاحين المنطقي والمعرفي يفيد مجموع العمليات التي يقوم بها العقل لتنظيم الأدلة وتحقق ترتب المقدمات على النتائج في الاستنباط والاستقراء، أو الانتقال من المعلوم (أو الشاهد أو المصدر) إلى المجهول (أو الغائب أو الهدف) في التمثيل. (المترجم).

نميِّز بين نوعين من الاستدلالات التمثيلية: فإمَّا أنَّها تتضمن فقط نقل علاقة بنيوية بين عنصرين. أو أنَّ الاستدلال التَّمثيلي يشير إلى قاعدة عامة. وبتطبيق القاعدة من المجال المصدر، فإنَّه يمكن استخلاص استنتاجات جديدة في المجال المستهدف. ومع ذلك، في كلتا الحالتين، يعتمدُ الاستدلال التَّمثيلي على التَّخطيط التمثيلي غير المؤكد والَّذي لا يجبُ أن يكونَ صحيحًا بالضرورة.

3-4- التَّعلمُ بالنَّقل:

في مجال الذكاء الاصطناعي، تم اقتراح عدد كبير من نظريات التعلم المختلفة[1]. ويمكن التمييز بين نوعين رئيسيين من نظريات التعلم: تخزن **خوارزميات التعلم الكسول**[2] كل مثال صراحةً في قاعدة معطيات دون تحديد ميزات مجردة. إنَّ التعلمَ القائم على المثال [1]، أو التَّعلم القائم على الحالة [16]، أو التعلم القائم على الذَّاكرة [24] هي مثيلات لهذا النوع من التَّعلم. تقلل **خوارزميات التعلم الحريص**[3] من عبء التخزين من خلال عملية التَّجريد. يعدُ تحديد السِّمات المُهمة (المشتركة) للأمثلة شرطًا أساسيًا ضروريًا لهذا النَّوع من خوارزميات التَّعلم. ومن أمثلة تقنيات التَّعلم هناك التَّعلم القائم على شجرة القرار [21]، أو التَّعلم الاستقرائي [17]، أو التَّعلم على طريقة الاتصال [2].

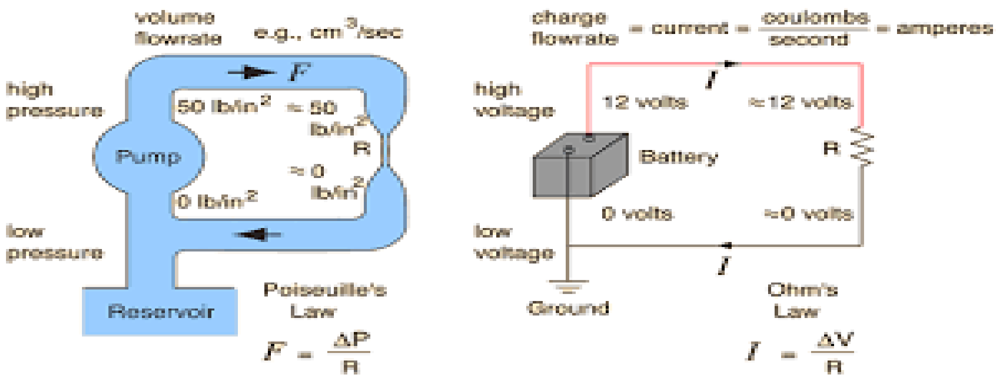
تعتمد كلتا الفئتين من استراتيجيات التَّعلم على فكرة مشتركة: وهي أنَّ المعطيات المدخلة تتطلب عينة كبيرة (أو أقل) من الأمثلة لضمان إجراء تعلمٍ ناجحٍ. وعلى النَّقيض من هذه المقاربات، يبدو أنَّ التَّعلم المعرفي يعتمدُ على كمية أقل بكثير من معطيات التَّدريب، ويحدث غالبًا في شكل تعلم ضمني. لذلك، نقترحُ تفسير هذه التَّناقضات من خلال التَّعلم التمثيلي.

في حالة التَّعلم التَّمثيلي، يكون تصورُ مجال المصدر كافيًا لتوليد المعرفة حول المجالِ المستهدف. وعلاوة على ذلك، فإنَّ إسقاط الخصائص والعلاقات من المصدر على الهدف يمكنُ أنْ يقدِّم بشكل منتج مفاهيم جديدة حول المجال المُستهدف. ونتيجة لذلك، يمكنُ للفاعلين المعرفيين تعلم تصور جديد عن المجال المُستهدف دون إدراك عدد كبير من الأمثلة.

1- التعلم المعرفي Cognitive Learning أسلوب من أساليب التعلم، يركز على الاستعمال الأكثر فعالية للدماغ. ولفهم هذه العملية، من المهم معرفة معنى المعرفة cognition. والتي هي العملية العقلية لاكتساب المعرفة والفهم من خلال الحواس، والتجربة، والفكر. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.ideed.com).

2- "التعلم الكسول هو نوع من التعلم الآلي الذي لا يعالج معطيات التدريب إلا عندما يحتاج إلى إجراء تنبؤ. فبدلاً من بناء النماذج أثناء التدريب، تنتظر خوارزميات التعلم الكسول حتَّى تواجه استفسارا جديدًا." (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.datacamp.com).

3- "تعمل خوارزميات التَّعلم الحريص، مثل شجرة القرار والشبكات العصبية وآلات المتجهات الداعمة، من خلال إنشاء نموذج تنبؤي يعتمد على مجموعة معطيات التدريب بالكامل. يتم بناء النموذج أثناء مرحلة التدريب، مما يعني أن عملية التعلم تكتمل قبل بدء مرحلة التنبؤ." (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.datacamp/com).



الشكل الثاني: التمثيل بين نظام أنبوب الماء والدائرة الكهربائية في رسم بياني. يحتوي الشكل على معلومات أكثر مما هو ضروري لتفسير الوصف الاستعاري.

إنَّ الوضعية النَّموذجية التي يلعبُ فيها التَّعلم التَّمثيلي دوراً هاماً هي وضعيات التَّدريس. لمَّا يفسِّر الأستاذ دارة كهربائية بالتَّمثيل بنظام تدفق المياه (الشكل 2)، يحتاجُ التلميذ إلى إقامة علاقةٍ تمثيلية بين المجالين المُحدَّدين. إذا نجح التلميذ في نقل تدفق المياه إلى المجال المستهدف فقط، فإنه سوف يصل إلى استنتاجٍ مفادُه أنَّ التيار يتدفقُ في الدَّائرة الكهربائية.

إنَّ إحدى المُقاربات الشَّهيرة لمثل هذه الأنواع من عمليات النَّقل هو **نظرية التَّخطيط البنيوية**، حيث يتم استعمالُ رسمين بيانيين لتمثيلِ نموذجي مجال المصدر ومجال الهدف [5]. تبحثُ عملية الانتظام في أقصى تطابق للرسوم البيانية الفرعية. تعيدُ الخوارزمية علاقة تناظرية بين المجالين[1]. يتحقَّقُ التَّعلم في نظرية تخطيط البنيوية من خلال نقلِ الأجزاء المُرتبطة من الرَّسم البياني للمصدر والتي لم يتم انتظامها [6]. تسترشد عملية الانتظام والنقل بمبادئ تضمن اتساقَ البنية العلائقية الهرمية.

4-4- التَّعلم بالتَّجريد[2]:

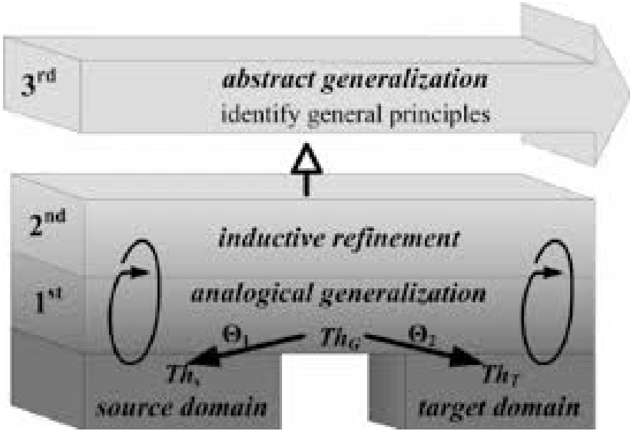
في الوقت الَّذي يتم فيه نقلُ المعلوماتِ من المصدر إلى الهدف، ويؤدي ذلك إلى تصورٍ جديدٍ عن المجال المستهدف، فإنَّ التَّعلم بالمعنى الكلاسيكي يهتم بإيجاد فرضيات تعملُ على تعميم أمثلة التَّدريب على أمثلة اختبار غير مرئية. لقد تم تغطية هذا الجانب من خلال التَّعلم عن طريق التَّجريد: فبدلاً من التَّخطيط البسيط، يتم النظر في الإجراء التالي المكون من طبقتين. أولاً، تحديد البنية المشتركة بين المصدر والهدف من خلال التَّعميم. ثانيًا، حساب تخطيط موضوعات المصدر بالنسبة إلى موضوعات الهدف عبر البنية

1- c.f. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hphys.html (المؤلفون):

2- التجريد هو تكوين أفكار أو مفاهيم عامة من خلال استخراج أوجه التشابه من حالات معينة. وتظل العمليات المعرفية الدقيقة التي يتم بها ذلك موضوعًا للبحث. مثل هذا المفهوم، وخاصة المفهوم غير الملموس تمامًا، مثل الخير أو الحقيقة. (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://dictionary.apa.org).

المشتركة. ويبدو أنَّ عملية التَّجريد هذه بالغة الأهمية فيما يتعلق بمجالات تطبيق محددة للتمثيلات مثل مجال التسلسل. وفي نموذج القياس الَّذي وضعه **هوفستاتر**[12]، يجبُ تمثيل تسلسلات المتتالية مثل **أ ب أ ب أ ب** على مستوى أكثر تجريدًا على أنها 3 * **(أ ب)** للتعرف على العلاقة التَّمثيلية المتعلقة بالمتتاليات من قبيل ج ج ج.

لقد تم اقتراحُ نظرية صورية لحساب التَّمثيلات من خلال عملية التَّجريد في [11]: نظرية الإسقاط الموجهة بالاسترشاد، وهي مقاربة خوارزمية لحساب تعميم مشترك لمصدر وهدف.[1] إنَّ النموذج الرِّياضي الأساس لمثل هذه التَّعميمات هو مضاد للتوحيد [20]. ويتم تحديد القيود من خلال بنية المشكلة أو من خلال الدَّور الوظيفي الَّذي تلعبه الموضوعات في بنية معطاة.



الشكل الثالث: رسم بياني يوضح مراحل التعلم.

في الإطار المنطقي لنظرية الإسقاط الموجهة بالاسترشاد، يتمُ إعطاء المصدر والهدف والتعميم بواسطة النَّظريات: نظرية المصدر Th_S، ونظرية الهدف Th_T، والنظرية المعمَّمة Th_G تباعا. وبمقارنة عوامل الجذب **(الشَّمس والكوكب)** من نظرية المصدر Th_S بعوامل الجذب **(النواة والإلكترون)** وبنظرية الهدف Th_T في تمثل منطقي لتمثيل رذرفورد (القسم 2)، فإن هذا الإجراء من شأنه أن يؤدي إلى تعميم عوامل الجذب **(الجسم المركزي والمدار)** في النَّظرية المعممة Th_G، حيث يكون الجسم المركزي والمدار متغيران. (في المستوى الأول من الشكل الثالث). من خلال حساب التَّجريد، يمكن الحصول من خلال التَّخطيط الآتي: {**الجسم المركزي ← الشمس/ النَّواة، المدار ← الكوكب/ الإليكترون**} على استبداليْن: المدار الأول Θ_1 من النَّظرية المعمَّمة Th_G إلى نظرية المصدر Th_S والمدار الثاني Θ_2 من النَّظرية المعمَّمة إلى نظرية الهدف Th_T.

1- إن الفكرة الأساسية لنظرية الإسقاط الموجهة بالاسترشاد HDTP هي إنشاء تعميم للنظريات مشابه جدًا لنظرية المضادة للتوحيد من الدرجة الأولى، والتي تنشئ تعميمًا للمصطلحات. عن المقالة:
Gust. H, Kai-Uwe Kühnberger and Ute Schmid., "Metaphors and Heuristic-Driven Theory Projection (HDTP)", Theoretical Computer Sciences, 354, (2006) p.105.

تتضمن النَّظرية المعمَّمة Th_G البنيات المشتركة للمصدر والهدف: في تشبيه **رذرفورد** يمكنُ تصور تعميم النِّظام الشِّمسي والذرة كنظام قوة مركزي.

يحدثُ التَّعلم في نظرية الإسقاط الموجهة بالاسترشاد كنتيجة جانبية للنَّمذجة، ويمكنُ اعتباره ضمنيًا: إذ تنتجُ عملية التَّعميم تصورات جديدة للمجالِ المستهدف على مستوى مجرد دونَ أي تكاليف إضافية. وتقدِّم وصفًا بنيويًا بطريقة موحدة للمجالات الأساسية بلغة النَّظرية المعمَّمة.

لا ينتهي التَّعلم التَّمثيلي في نظرية الإسقاط الموجهة بالاسترشاد بإنشاء علاقة تمثيلية ناجحةٍ، وإنَّما يستمر التَّعلم على مراحل. فبعدَ إنشاء التَّعميم الأكثر تحديدًا (المستوى الأول)، يقومُ التَّحسين الاستقرائي (المستوى الثاني) بتعديلِ المُعاملات من أجلِ إيجاد تصوُّرٍ جديد (وأكثر دقة) للمصدر والهدف. ويهدفُ المستوى الثَّالثُ إلى تحديد المبادئ العامة الَّتي يمكن تطبيقُها على مجموعة متنوعة من المجالات.

في رسم التَّخطيط البنيوي البسيط، وكذلك في التخطيط بواسطة التَّجريد، يجب تحديد البنية الفرعية المشتركة على نحو أكبر بين المصدر والهدف. ولكن في التَّخطيط بواسطة التَّجريد، لا يتم نسيان البنية المشتركة، وإنَّما يتم تمثيلُها على نحو صريح. فبدلاً من تخطيط موضوع ما مباشرة بناء على موضوع آخر، يتم التَّخطيط بواسطة الدَّور الذي يلعبُه في البنية المشتركة.

5-4- الإبداعُ:

الإبداع كما هو محدَّد في المقالة رقم [3، ص. 205] هو "إنتاج فكرة أو عمل أو شيء جديد وذي جدوى"[1]. يمكنُ أنْ توفر التَّمثيلات وسيلة للإبداع، إذ يمكنُها إدخال مفاهيم جديدة إلى مجال ما عبر النَّقل التَّمثيلي. تضمن المبادئ الَّتي توجِّهُ النَّقل أن تكون المفاهيم المرتبطة من أجل فهم المجال المستهدف. علاوة على ذلك، يمكنُ أن تؤدي التَّمثيلات إلى رؤى جديدة حول مجال ما من خلال إعادة التَّصورات.

منذ البداية، نكافحُ الذكاء الاصطناعي جاهدين من أجل تطوير نماذج للإبداع. ومع ذلك، لم تكن هذه المساعي ناجحة إلى حدٍ كبير حتى الآن. وربما يكونُ الاستدلالُ التَّمثيلي قادراً على توفير وسيلة للخروج من هذا المأزق[2]. ومن الممكن أنْ نرى أمثلة للتَّمثل مرتبطة بالإبداع في اللُّغة الطَّبيعية، فمن خلال الاستعارات الآتية:

(2) لقد وصلَ إلى أقصى ارتفاع في حياتِه المهنية.

(3) الخياشيمُ رئةُ الأسماك.

(4) دماغي ضبابيٌّ قليلا.

(5) جولييت شمسٌ.

1- قد يعرف الإبداع بمعنى أوسع كما جاء في معجم أبا، الذي عرفه كالآتي: "الإبداع هو القدرة على إنتاج، أو تطوير أعمال أو نظريات أو تقنيات أو أفكار أصلية. وعادةً ما يُظهِر الفرد المبدع الأصالة والخيال والقدرة على التعبير. يشير التفكير الإبداعي إلى العمليات العقلية التي تؤدي إلى اختراع جديد أو حل لمشكلة قائمة." (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://dictionary.apa.org).

2- يمكن العتور على أمثلة للخصائص الإبداعية للتمثيلات في المقالة رقم [14]. (المؤلفون).

تحكم هذه الاستعارات خلق مفاهيم جديدة بدرجة مختلفة. يبدو أنَّ **ارتفاع المهنة** في الاستعارة (2) اصطلاحية، أي أنَّ المكون معجمي، وبالتَّالي فهي كناية. في الاستعارة (3) يتم تحديد المفهوم الجديد الخياشيم بقوة من خلال مجالِ المصدر. وفي الاستعارة (4) يجبُ تعديل معنى النَّعت ضبابي ليكون قابلاً للحمل على حالات الدِّماغ. واستعارة شكسبير (5) هي على مستوى تجريدي للغاية، وتظل غامضة نسبيًا بشأن الخصائص الَّتي يتم نقلها.

وهناك مجال آخر يشكل الإبداع في التَّمثيلات جانباً مهماً فيه، وهو الأمثلة من المجال الفيزيائي من قبيل التَّمثيل المتعلق بالتيار المائي المذكور سابقاً.[1] ويوضِّحُ الشكل 2 الوضعية بين دائرة تدفق الماء ودارة كهربائية. ورغم أنَّه لا توجد إمكانية لمراقبة التَّيار المتدفق في دارة كهربائية بشكل مباشر، فإنَّ النَّاس قادرون على تطبيق مثل هذا المفهوم المُجرد في التَّمثيل على تدفق المياه في نظام أنبوب الماء.

كيف يمكنُ للاستدلال التمثيلي أنْ يفسِّر هذه القدرات الإبداعية؟ يمكنُ تقديم إجابة عن هذا السؤال من خلال الجمع بين نقلِ الوقائع والقواعد من المصدر إلى الهدف (القسم 3.2) والتَّجريد والتَّعميم[2] (القسم 3.4). في (6)، يرتبط التَّيار بشكل صريح بالماء، ولكن خصائص التَّيار غير محدَّدة. في الواقع، حتَّى لو لم يكن لدى التلميذ أي فكرة عن الخصائص الَّتي ينبغي أنْ تُعزى إلى التَّيار (على سبيل المثال، في سيناريو التعلم)، فإنَّ (6) يمكن أنْ تكون بمثابة الإشارة للحصول على تصور متدفق للتيار من خلال نقلِ خصائص الماء من المصدر إلى الهدف. يتيحُ هذا النَّقل للمتعلم إنشاء خصائص للتيار مثل التَّدفق في الدَّائرة أو ضرورة وجود مصدر ضغط، بشرط أنْ تكون النَّمذجة والمعرفة الأساسية دقيقة بما فيه الكفاية.

تعتبر التمثيلات في الاستدلال النَّوعي المُطبَّقة على مجال الفيزياء على وجه الخصوص أمثلة جيدة لتشكيل المفاهيم الإبداعية: أحد الأمثلة الشهيرة والمُناقشة على نطاق واسع هو إنشاء مفهوم الحرارة في سيناريو تدفق الماء مقابل تدفق الحرارة [22، 9]. في هذا السيناريو، يجبُ أن يتم توليد المفهوم المُجرد لتدفق الحرارة بشكل إبداعي من خلال التَّمثيل، على الرَّغم من أنَّ الحرارة غير قابلة للملاحظة أو القياس. من خلال إسقاطِ الموقف في نظام تدفق الماء على الوضعية الَّتي تنخفض فيها درجة حرارة فنجان القهوة وترتفع درجة حرارة مكعب معدني (يرتبط كلاهما بقضيب معدني)، فإنَّ التَّأسيس النَّاجح للتمثيل يُقدِّم مفهوم تدفق الحرارة، الَّذي يُفسِّر التَّغييرات في الوضع.

1- يمكن العتور على النمذجة الدقيقة لهذا التمثيل في المقالة رقم [10]. (المؤلفون).

2- "التعميم، في علم النفس، هو الميل إلى الاستجابة بنفس الطريقة لمحفزات مختلفة، ولكنها متشابهة. على سبيل المثال، الكلب الذي اعتاد على إفراز اللعاب عند سماع نغمة ذات درجة معينة من النبرة والصوت العالي، سوف يفرز اللعاب أيضًا بشكل منتظم إلى حد كبير استجابة لنغمات ذات درجة أعلى وأدنى." (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://www.britanica.com). التعميم بالمعنى المعرفي هو: "المفهوم الذي مفاده أن البشر والحيوانات الأخرى والشبكات العصبية الاصطناعية يستعملون التعلم الماضي في وضعيات التعلم الحالية إذا تم اعتبار الظروف في الوضعيات متشابهة." (المترجم عن الموقع الإليكتروني: https://en.wikipedia.org).

5- خلاصاتٌ وتوجهاتٌ مستقبليّة:

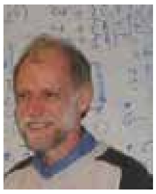
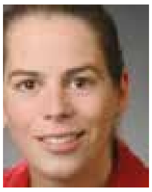
في هذه المقالة، أثبتنا بالحجة أنَّ الاستدلال التَّمثيلي يشكل قضية بالغة الأهمية في المعرفة. ويمكنُ اعتبار القدرات المعرفية الكلاسيكية للفاعلين من النَّاس مثل قدرات الذَّاكرة، والتَّعلم عن طريق النَّقل، والتَّعلم عن طريق التَّجريد، وأشكال التَّفكير، والإبداع، مترابطة بالضرورة مع القدرة على إقامة علاقات تمثيلية، وتخضعُ لها في جانب مهم. وبمعنى ما، يمكنُ تفسير هذه القدرات (التي تعتبر عادةً متميزة) من خلال التَّمثيلات بطريقة موحدة إلى حد ما.

من الواضح أنَّ النَّمذجة المُقترحة لمجموعة متنوعة من الظَّواهر المعرفية يمكنُ تفسيرها على أنَّها موقف اختزالي للمعرفة إذ يمكن ردُّ العديد من الجوانب غير المتماسكة للمعرفة إلى مبدأ عام واحد أساسي للنظام بأكمله. وعلى الرغم من أنَّنا لا ندَّعي بوضوح أنَّ المعرفة ككل ليست سوى صناعة للتَّمثيل، فإن إمكانية الرَّد إلى مبدأ رئيس يسمح بالتَّكهن بفرص بناء أنظمة معرفية مُتكاملة وواسعة النَّطاق: فالكم الهائل من المعلومات، وأنماطُ الحوسبة المختلفة في الذكاء الاصطناعي لنَمذجة جوانب معينة من المعرفة، ومشكلةُ نمذجة التَّغييرات الدِّيناميكية لنظام معرفي تجعلُ من الصَّعب التَّوصل إلى نظام شامل. والاستدلال التَّمثيلي يخطو خطوةً نحو إمكانية تحقيقِ هذا المسعى.

اعتراف:

لقد تم دعمُ هذا العملِ من قِبل مؤسسةِ الأبحاث الألمانية (**DFG**) من خلال مشروع "نمذجة التَّمثيلات التَّنبؤية عن طريق نظرية الإسقاط الموجهة بالاسترشاد" (منحة **KU** 1949/2-1).

فريقُ البحثِ:

هذا هو فريقُ البحث الألماني في التَّمثيل بمعهد العلم المعرفي بجامعة أوسنَبروك **Osnabrück** الألمانية، ويمكنُ عرض أسمائهم حسب ترتيب صورهم من اليمين إلى اليسار: هيلمر غوست **Helmar Gust**، وأنجيلا شفاتزرين **Angela Schwering**، وأولف كرومناك **Ulf Krumnack**، وكاي-يوف كوهنبيرغر **Kai-Uwe Kühnberger**.

مراجع مشار إليها في المقالة:

1- D. Aha, D. Kibler, and M. Albert." Instance-based learning algorithms". *Machine Learning*, 7:37–66, 1991.

2- C. Bishop. *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford University Press, 1995.

3- M. Csikszentmihalyi. *Creativity*. In R. A. Wilson and F. C. Keil, editors, The MIT *Encyclopaedia of the Cognitive Sciences*. MIT Press, 1999.

4- M. Dastani. *Languages of Perception*. PhD thesis, University of Amsterdam, 1998. ILLC Disseration Series 1998-05.

5- D. Gentner. "Structure-mapping: A theoretical framework for analogy". *Cognitive Science*, 7:155–170, 1983.

6- D. Gentner. "The mechanism of analogical learning". In S. Vosniadou and A. Ortony, editors, *Similarity and analogical reasoning*, pages 199–241. Cambridge University Press, New York, 1989.

7- D. Gentner, B. Bowdle, P. Wolff, and C. Boronat. Metaphor is like analogy. In D. Gentner, K. Holyoak, and B. Kokinov, editors, *The Analogical Mind: Perspectives from cognitive science*, pages 199–253. Cambridge University Press, 2001.

8- M. L. Gick and K. J. Holyoak. Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12:306–355, 1980.

9- H. Gust, K.-U. K¨uhnberger, and U. Schmid. "Ontologies as a cue for the metaphorical meaning of technical concepts". In A. Schalley and D. Khlentzos, editors, to appear in: *Mental States: Evolution, Function, and Nature*. John Benjamins Publishing Company, to appear.

10- H. Gust and K.-U. Kühnberger. "Explaining effective learning by analogical reasoning". In R. Sun and N. Miyake, editors, *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pages 1417–1422. Lawrence Erlbaum, 2006.

11- H. Gust, K.-U. Kühnberger, and U. Schmid. "Metaphors and heuristic-driven theory projection (HDTP)". *Theoretical Computer Science*, 354:98–117, 2006.

12- D. Hofstadter and T. F. A. R. Group. *Fluid concepts and creative analogies*. Basic Books, New York, 1995.

13- J. Hummel and K. Holyoak. "Distributed representation of structure: A theory of analogical access and mapping". *Psychological Review*, 104(3):427–466, 1997.

14- B. Indurkhya. *Metaphor and Cognition*. Kluver, Dordrecht, The Netherlands, 1992.

15- B. Kokinov. "The context-sensitive cognitive architecture DUAL". In *Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Erlbaum, 1994.

16- J. Kolodner. *Case-based reasoning*. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1993.

17- S. Muggleton and C. Feng. "Efficient induction of logic programs". In *First Conference on Algorithmic Learning Theory*, pages 368– 381, 1990.

18- Oppenheimer. "Analogy in science". *American Psychologist*, 11:127–135, 1956.

19- T. A. Plate. *Distributed representations and nested compositional structure*. PhD thesis, Department of Computer Science, University of Toronto, Toronto, Canada, 1994.

20- G. Plotkin. "A note on inductive generalization". *Machine Intelligence*, 5:153–163, 1970.

21- J. Quinlan. "Induction of decision trees". *Machine Learning*, 1:81– 106, 1986.

22- U. Schmid, H. Gust, K.-U. K¨uhnberger, and J. Burghardt. "An algebraic framework for solving proportional and predictive analogies". In F. Schmalhofer, R. Young, and G. Katz, editors, *Proceedings of the European Conference on Cognitive Science*, pages 295–300. Lawrence Earlbaum, 2003.

23- U. Schmid, U. Sinha, and F. Wysotzki, "Program reuse and abstraction by anti-unification". In *Professionelles Wissensmanagement - Erfahrungen und Visionen*, pages 183–185. Shaker, 2001.

24- C. Stanfill and D. Waltz. "Toward memory-based learning". *Communications of the ACM*, 29(12):1213–1228, 1986.

25- A. I. Ujomov, « Die Hauptformen und -regeln der Analogieschl usse ». In G. I. Ruzavin, editor, *Studien zur Logik der wissenschaftlichen Erkenntnis*, pages 307–360. Akademie-Verlag, Berlin, 1967.