أنطولوجيا الويب الدلالي ودورها في التغلب على فوضى وعشوائية المعلومات

إعـــداد

الباحثة / آيه رمضان سيد رفاعي

معيدة بقسم المكتبات والوثائق والمعلومات

كلية الآداب- جامعة أسيوط

تاريخ الاستلام: ٢٠٢٠/١٢/٢٨م

تاريخ القبول: ٢٠٢١/١/٢٦م

ملخص:

يهدف هذا البحث إلى التعرف على مفهوم الأنطولوجيا وتطور نشأته، وتتناول الدراسة المفاهيم المتنوعة للأنطولوجيا بشكل عام ومفاهيم الأنطولوجيا من منظور فلسفي وكذلك من وجهة نظر علم المعلومات، يستعرض البحث أيضاً تاريخ نشأة الأنطولوجيا وتطورها، وعلاقتها بالويب الدلالي، بالإضافة إلى أدوات بناء الأنطولوجيا وأهميتها واهدافها وأنواعها المختلفة، ومكونات الأنطولوجيا، ولغات الأنطولوجيا ومستوياتها المتنوعة، وختاماً دورالأنطولوجيا في التغلب علي فوضي وعشوائية المعلومات.

الكلمات المفتاحية:

الأنطولوجيا – الويب الدلالي – أنطولوجيا الويب الدلالي – الأنطولوجيا في المكتبات.

Abstract:

This study aims at identifying the concepts of ontology and the evolution of its origins. It deals with the various concepts of ontology in general and the concepts of ontology from a philosophical perspective as well as from the point of view of Information Science. The study also explores ontology origin history and its development. The study deals with the semantic web, In addition to the tools of ontology construction, its importance, objectives, various types, the components of ontology, the languages of ontology and its various levels, and finally the role of ontology in overcoming the chaos and randomness of information.

١/٠ـ تمهيد:

نظراً للتطور التقني والكم المتزايد من مصادر المعلومات الإلكترونية، وانطلاقاً من دور مؤسسات المعلومات في تقديم خدمات معلوماتية متطورة تلبي حاجات المستفيدين من باحثين وغيرهم؛ فقد صار من الضروري أن يتم العمل على تقديم حلول تقنية تسهل عملية البحث بعلم المكتبات والمعلومات، والوصول إليها بشكل دقيق عن طريق توصيف المفاهيم والمصطلحات والعلاقات في موضوع البحث الذي تتناوله الباحثة؛ لكي تستطيع أدوات البحث من خلال ذلك القيام بتصنيف وتجميع المعلومات ذات الصلة بالإنتاج الفكري في مجال البحث ضمن بيئة الويب الدلالي على الإنترنت والوصول إليها من خلال الأنطولوجيا Ontology والتي تساعد في استرجاع نتائج أكثر دقة عن طريق الربط بين المصطلحات بعلاقات ذات معنى تسهل ربط الأشياء ذات الصلة بعضها ببعض، كما تساعد الأنطولوجيات في إيجاد حلول للتغلب على فوضي المعلومات المتاحة في بيئة الإنترنت وذلك عن طريق معالج النصوص وتجزئتها بحسب دلالاتها بحيث يصبح النص مجموعة من العلاقات الدلالية الواضحة بين المفاهيم والمصطلحات الواردة بالنص، ومن هنا سوف تتناول الباحثة في هذا الفصل المفاهيم المتنوعة للأنطولوجيا سواء من منظورها العام والفلسفي وكذلك من وجهة نظرعلم المعلومات، ويستعرض البحث أيضاً تاريخ نشأة الأنطولوجيا وتطورها، وعلاقتها بالويب الدلالي، بالأضافه إلى أدوات بناء الأنطولوجيا وأهميتها وأهدافها وأنواعها المختلفة، ومكونات الأنطولوجيا، وللغات الأنطولوجيا ومستوياتها المتنوعة، وختاماً دورالأنطولوجيا في التغلب على فوضى وعشوائية المعلومات.

١/١ـ مفهوم الأنطولوجيا وتطورها:

١/١/١- نشأة الأنطولوجيا وتطورها:

إن مصطلح الأنطولوجيا له تاريخ طويل في مجال الفلسفة، ويتضمن دراسة

الموجودات من أجل الوصول إلى الحقيقة، كما أن الأنطولوجيا يمكن أن تكون ببساطة أشبه بمكنز مع تعريفات لمصطلحاته أو أنها بمثابة تصنيف هرمي معقد جداً للمفاهيم والفئات أو بمثابة حل تقني للمشكلات ذات الطابع الدلالي Semantic-based problems لتقاسم المعلومات كما أن الأنطولوجيا تعمل على تعريف طبيعة الحقيقة من خلال تعريف أو تحديد المفاهيم، والكيانات، والمصطلحات والفئات في مجال معين من أجل نمذجة العلاقات بينها، وقد أنشأت الأنطولوجيا بهدف الحد من الغموض المفاهيمي والدلالي وجعله في أدنى حدوده في سياق بيئة المعلومات والبيئة التقنية.(١)

كما أن الأنطولوجيا مصطلح مستعار في البداية من الفلسفة، حيث جاء التأصيل اللغوي لكلمه الأنطولوجيا Ontology على يد فلاسفة العصور القديمة وبالتحديد فلاسفة المدرسة الآرسطية الفلسفية التي اعتمدت على تحكيم المنطق في الوصف والتحليل، وفي العصر الحديث صك مصطلح الأنطولوجيا في الدراسات اللاتينية على يد كل من الفليسوف Rudolf Gockel و Jacob Lorhard في المعجم الفلسفي عام ١٦١٣م(٢)، ويستخدم المصطلح الآن للإشارة إلى مجموعة من المفاهيم والعلاقات المتبادلة بينهم في مجال معين وبالتالي تصور الأنطولوجيات ليست مهمة سهلة، فالأنطولوجيا هي أكثر من مجرد تسلسل هرمي للمفاهيم يتم إثراء علاقات الأدوار بين المفاهيم ولكل مفهوم سمات مختلفة تتعلق به، علاوة على ذلك فإن من المحتمل أن يكون لكل مفهوم حالات مرتبطة به، والتي يمكن أن تتراوح من واحد أو اثنين إلى آلاف، لذلك ليس من السهل إنشاء تصور يعرض كل هذه المعلومات بشكل فعال ويسمح في الوقت نفسه للمستخدم بإجراء عمليات متنوعة بسهولة على الأنطولوجيا، وهناك عدد من التقنيات الأخرى المستخدمة في هذا السياقات مثل الرسم البياني أو تصور نظام الملفات التي يمكن أيضاً تكييفها لعرض الأنطولوجيات.(٣)

وعلى الرغم من ان هذا العلم ذو جزور إغريقية أيضاً، إلا أن أقدم تدوين لكلمة أنطولوجيا ذاتها هو كلمة لاتينية (Ontologia) والتي ظهرت عام ١٦٠٦م في عمل أوغروس سكولاستيشيا من قبل يعقوب لورهاد، كذلك في عام ١٦١٣م في المعجم الفلسفي لـــرودولف جوكل، أما الظهور الأول لهذا المصطلح باللغة الانكليزية (Ontology) فقد كان معجم أكسفورد الإنكليزي عام ١٧٧٢م".(٤)

كما تعد دراسة Gruber التي أول دراسات التي أرسلت هذا المصطلح والتي نشرت عام ١٩٩٢م وقدم عرفته على أنه نمذجة تسعى إلى التمثيل المفاهيمي للمجلات والقطاعات المعرفية، وما تشمله من معرفة فرعية وما بداخلها من كيانات وعلاقات تربط بين هذه الكيانات.(٥)

حيث أصبحنا نعيش مرحلة انتقل فيها الحاسوب من دور المتلقي للمعلومة وتخزينها واسترجاعها إلى دور فهم المعلومة ونقل محتواها للإنسان، بل وتعليمه إياها وفق مقتضيات الذكاء الصناعي في أحدث تطوراته، مع الدقة والصرامة وربح الوقت(٦)، حيث تعتير الأنطولوجيات بمثابة حلقه الوصل بين فهم اللآليات و فهم البشر فبناتج توصيف العلاقات والمفاهيم والمصطلحات تستطيع الآلة أن تفسر وتعالج في إطار من المنطقة والاستدلال.

٢/١/١- مفهوم الأنطولوجيا بشكل عام:

يعود مصطلح الأنطولوجيا إلى أصل يوناني من كلمتان Onto وتعني الوجود، و Logei وتعني العلم أي علم الوجود أو دارسة الوجود، وعلم الوجود هو تمثيل رسمي للمعرفة من قبل مجموعة من المفاهيم ضمن المجال والعلاقات بين هذه المفاهيم.(٧)

ومن ضمن التعاريف الأولى لمفهوم الأنطولوجيا التي قدمها نيشيزNeches، الذي عرف الأنطولوجيا على النحو التالي: "أنه يحدد المصطلحات الأساسية والعلاقات التي تشمل المفردات من مجال الموضوع وكذلك قواعد الجمع بين

المصطلحات والعلاقات لتحديد ملحقات للمفردات". وهذا التعريف الوصفي يروي ما يجب القيام به من أجل بناء الأنطولوجيا، ويعطينا بعض المبادئ التوجيهية، ويحدد المصطلحات الأساسية والعلاقات بين المصطلحات، ويحدد القواعد إلى الجمع بين المصطلحات، ويوفر تعريفات لهذه المصطلحات والعلاقات(٨)

٣/١/١- الأنطولوجيا من منظور فلسفي:

قبل فهم معنى الأنطولوجيا فلسفيا يجب أن نوضح أنه يرجع الفضل في ظهور مصطلح أنطولوجيا Ontology إلى فلاسفة اليونان، أمثال أرسطو وطاليس وأفلاطون، ولأني لا أمتلك مهارة الفلاسفة في الجدال والتحليل فسوف أستعير منهم رؤيتهم في التعريف بعلم الوجود العلم الذي يبحث في طبيعة الأولية الوجود، أو هو العلم الذي يدرس الوجود بحد ذاته، وكان يستخدم لوصف وجود الكائن The Being، وطبقاً لما ذهب إليه جورانيو Guarnio، فإن الأنطولوجيا تشير إلى تخصص الفلسفة، وأن الأنطولوجية ontology فهي وسيلة تحدد الرؤية المفاهمية لمجال معرفي متخصص، وعلى ذلك فالأنطولوجيا مصطلح فلسفي النشأة، إلا أنه أصبح أكثر ارتباطاً بالمعرفة المتخصصة في مجال العلوم الهندسية في العقد الأخير.(٩)

٤/١/١- الأنطولوجيا من منظورعلم المعلومات:

هناك العديد من التعريفات لمفهوم الأنطولوجيا سواء في علوم الفلسفة أو في علوم الحاسب، ومن خلال دراسة هذه التعريفات تم الوصول لتعريف إجرائي للأنطولوجيا يتناسب مع استخدامها في علوم المكتبات والمعلومات وهو أن الأنطولوجيا وسيلة تحديد ورسم العلاقات الدلالية بين المفاهيم والمصطلحات حتى تكون قابلة للقراءة والمعالجة ألياً وقابلة للفهم ليس فقط من قبل البشر ولكن من قبل الآلات أيضاً مما يسهل على البرمجيات الحاسوبية والآلات فهمها وسهولة معالجة وتنظيم واسترجاع مصادر المعلومات التي وضعت أنطولوجيا مناسبة وواضحة لها

في الوصف والدلالة [١٠]، حيث أن في مجتمع المعلومات استخدمت الأنطولوجيا للدلالة على كتل البناء Blocks building والتي تستخدم لكي تمكن وتساعد الحاسبات والبشر في المشاركة في المعرفة.[١١]

٢/١ـ علاقة الأنطولوجيا بالويب الدلالي:

الويب الدلالي هو البيئة التي تعمل فيها الأنطولوجيا وتؤثر في قدراتها الدلالية بما تتيحه من إمكانات فائقة في التعرف على المعاني والدلالات للألفاظ بطريقة تحاكي الفهم البشري، ويذكر "عبد الغني الإدريس" بأن الأنطولوجيا تعرف على أنها طريقة لتمثيل المفاهيم وذلك عن طريق الربط بينها بعلاقات ذات معنى، حتى تسهل ربط الأشياء الموجودة مع بعضها البعض ولفهم أوسع للمفاهيم المختلفة.

وقد ظهرت فكرة "الويب ذات الدلالات والمعاني اللفظية"، أو ما يطلق عليها بالإنجليزية مصطلح"Semantic Web" ، على اعتبارها امتداداً للويب الحالية ولكن تختلف عنها بأنها تتفهم مدلولات الألفاظ والمعاني البشرية.[١٢]

وتكمن أهمية الويب الدلالي وعلاقته بالأنطولوجيا في أنه عن طريق تخليق هذه العلاقات أو ما يسمى بالوجوديات Ontology يمكن تحقيق الويب الدلالي، وبالتالي تحدث الخرائط، وهذه الخرائط ما هي إلا عبارة عن تمثيل للمفاهيم الموجودة في مجال معين أو وثيقة معينة وعلاقتها ببعضها البعض، ويتم تمثيل هذه الخرائط أو العلاقات بلغة RDF، كما يمكن تمثيلها أيضاً عن طريق اللغة الأحدث OWL والتي تنبثق عن الأنطولوجي.

٣/١ـ أدوات بناء الأنطولوجيا:

يمكن القول أن الأنطولوجيا Ontology من منظور المعرفة وعلم المعلومات هي نظام لتصنيف المعرفة البشرية وفقاً لخصائصها الموضوعية وعلاقاتها الهرمية من خلال بناء تجمعات أو تكتلات تحمل الصفات المشتركة، وفي البيئة الرقمية هي

آلية لتنظيم الكم الهائل من المعلومات من خلال تحقيق الترابط التام بين المفاهيم الموضوعية الفرعية وأصولها الرئيسية. بالتالي فإن دراسة هذا المفهوم يقع في صلب اهتمام تخصص علم المعلومات والمكتبات، باعتباره القسم المعني في دراسة وسائل وسبل تنظيم وإدارة المعرفة في البيئتين التقليدية والرقمية وعليه من الأهمية أن تدخل أدوات ومحررات الأنطولوجيا ضمن المهارات المطلوب إتقانها من قبل المتخصص في مجال المعلومات، وأيضاً جنبا الى جنب مع تلك الأدوات والوسائل المستخدمة في مجال إدارة وتنظيم مصادر المعلومات في مجال العمل التقليدي. اذاً ليس من المنطق أن نبتعد عن إدراك أهمية هذه الأدوات بما بينهم من الفروق التقنية، وبالفعل إن كم المعرفة في مجالها الرقمي أصبح أضعاف مضاعفة مما موجود منها في الشكل الورقي، بالتالي فإن مسؤولية تنظيم وإدارة المعرفة الرقمية هو مسؤولية كبيرة تقع على عاتق المختصين في مجال علم المعلومات، وحتى ينجحوا في أدائها على أكمل وجه لابد من استيعاب مفاهيم أدوات تنظيمها وإمتلاك مهارات التعامل مع محرراتها، بالتالي لتحقيق هذه الغايات تم إبتكار مجموعة من الأدوات ولغات البرمجة التي صممت خصيصا لبرمجة المواقع وتطويرها وفقاً لمفهوم الأنطولوجيا. [١٣] وفيما يلي عرض لأهم هذه الأدوات:

١/٣/١- أداة هوزو (Hozo):

وهي أداة برمجية مفتوحة المصدر متخصصة في تطوير الأنطولوجيا وتعد أحد أهم محررات الرسوم البيانية القائم على لغة الجافا تم تطويرها في جامعة اوسكا اليابانية لغرض الإفادة منه في بناء محركات بحث تعمل في بيئة الويب الدلالي. ومن وظائفها أنها تقدم منهجية عمل قائمة على مبادئ الأنطولوجي إدارة المعلومات في بيئة الويب بطريقة منظمة وواضحة بهدف تفعيل دور الأنطولوجيا كواحدة من تقنيات الويب الدلالي. يمكن الوصول إليها من الموقع الرسمي

http://www.hozo.jp

٢/٣/١- أداة بروتجيه (Protégé):

محرر أنطولوجيا مفتوح المصدر، متاح مجان ويستخدم لعمل إطارات النظم الذكية. تم تطوير المحرر في مركز جامعة ستانفورد لأبحاث المعلومات الطبية الحياتية، في كلية الطب، وكان الهدف منه هو لغرض تطوير طرق متطورة للحصول على المعلومات المتعلقة بصحة الإنسان وتمثيلها ومعالجته من خلال ترجمة البيانات الطبية الحيوية إلى رؤية قابلة للتنفيذ لاتخاذ القرارات، وتعمل هذه الأداة بعد تنصيبها على جهاز الحاسوب بلغة الجافا، وتتيح للجميع التواصل كمستخدمين للأنطولوجيا ويقومون بتطوير تطبيقاتها وتبادل الخبرات من خلالها، كما أنها بيئة عمل واسعة ومرنة قابلة للتطوير بسهولة، وهذا المحرر متاح للتحميل من خلال الموقع الرسمي على هذا الرابط https://protege.stanford.edu

٣/٣/١- أداة أوبو (OBO):

صممت هذه الأداة في معهد بيركلي للمشاريع مفتوحة المصدر في الولايات المتحدة الأمريكية عام ٢٠٠٧م. وتتميز بأنها توفر واجهة تعامل سهلة لعرض وبناء الأنطولوجيا، وتوفر واجهة التعامل على درجة مهنية عالية للمهتمين بعلم الأحياء خصوص، حيث تعمل على تحرير وإنشاء الأنطولوجيا بشكل سريع ودقيق بالتركيز على الصفوف والسمات والصفات التي تربط به.

٤/٣/١- لغة الويب الدلالي (OWL):

تعد لغة أنطولوجيا الويب Web Ontology Language والتي تعرف اختصاراً ب (OWL) من عائلة لغات تمثيل المعرفة، وهي وسيلة لوصف التصنيفات والشبكات المصنفة وفقاً لهيكل العلاقات بين العناصر، حيث أصبحت لغة قياسية عام ٢٠٠٤، ثم طورت لاحقا إلى (OWL2) عام ٢٠٠٩، وتصنف اليوم على أنها جزء من أنطولوجي الويب الدلالي (Semantic Web Vision) والتي يتم استخدامها في التحكم ببيانات الويب، ومن أهم مميزاتها أنها تسهل عملية توصيف المفاهيم والعلاقات في مجال معين.

١/٣/٥- أداة سووب (SWOOP):

هي عبارة عن أداة لإنشاء وبناء الأنطولوجيا، وأنتجت من قبل جامعة ماريلاند كلج بارك University of Maryland, College Park، وبعد ذلك تم إتاحتها مجاناً كأداة مفتوحة المصدر على الإنترنت للجميع، ويمكن الوصول لهذه الأداة عبر موقعها على الإنترنت. http://code.google.com/p/swoop. (١٤)

١/٤ـ أهمية الأنطولوجيا:

مما يعزز أهمية الأنطولوجيا أنها تدعم العمل المشترك والتفاهم المشترك بين مختلف الاطراف، وتعد عنصراً أساسياً في حل مشكلة عدم التجانس الدلالي والخدمات المختلفة.(١٥)، ويشير"Youn" إلى أهمية الأنطولوجيا من منظور أدارة المعرفه إلى أن الأنطولوجيا تستخدم لدعم إدارة المعرفة بما في ذلك تخزين المعلومات واسترجاعها وتبادلها(١٦)، حيث أنها تهدف إلى بناء مستوى عالي من المعرفة ذي معنى ودلالة واختيار مصطلحات في الأنطولوجيا بقدر كبير من العناية وتعريف المفاهيم الأساسية وتحديدها، وإيضاح العلاقات الدلالية بين المصطلحات.(١٧)

وهذا وفي هذا الإطار توصلت الدراسة سورجل نقلن عن أحمد بدر حول بزوغ الأنطولوجيا وظائفها حيث خرجت الدراسة إلى أن الأنطولوجيا خريطة الطريق الدلالية للحقول المختلف، أي أنها تربط المفاهيم والمصطلحات عبر التخصصات واللغات والثقافات، وتقديم الخدمة للمستفيد النهائي من قوائم (Menu Trees) الوجوه التحليلية والتصفح من خلال الترتيب الهرمي وكذلك يستخدم بوصفها قاموساً أحادياً وثنائياً متعدد اللغات وايضاً في ترجمة الآلية وفهم اللغة طبيعية من أجل اقتباس البيانات واستخلاص الآلي(١٨)، حيث مما سبق يمكن أن نستنتج بعض من أسباب بناء الأنطولوجيا وأهميتها:

١) وضع فهم مشترك لبينه المعلومات بين المستخدمين.

٢) إمكانية الاستفادة من المعرفة في بناء نظم ذكية قابل للتعلم.
٣) جعل خيارات المجال محدوده واضح أمام المستخدم.

ومن هنا تكمن أهمية بناء منهجية الأنطولوجيا كون الأنطولوجيا تمثل أو كما يطلق عليها "المفاهيم أو المعاني" أحد أبرز مكونات الويب الدلالي، لكونها وسيلة فعالة من وسائل التحليل المتقدم للمحتوى، وارتباطها الوثيق بأدوات البحث والملاحة الدلالية، وعملها على الحد من درجة الغموض المفهومي لهذه الأدوات عبر تنظيم المصادر واسترجاعها بصورة دلالية، وأن الأنطولوجيا تعد جسراً مهماً بين تمثيل المعرفة ودلالات المفردات، وقد نظر الباحثون إلى مفهوم الأنطولوجيا من زوايا كثيرة فبعضهم يرى الأنطولوجيا هي مفردات غنية لغوياً لوصف مجال يمكن أن يكون مفهوماً من قبل أجهزة الكمبيوتر، وأن تطبيق الأنطولوجيا قد برزت لها الحاجة في مجالات متنوعة ومنها على سبيل المثال: التعليم الإلكتروني، وذلك بالتوازي مع التحسين المستمر لمعايير وتطبيقات هيكلة المحتوى وتطوير وحدات وكائنات التعلم في التطبيقات التي تعاني من التباين في عرض وتفسير المحتوى المتبادل بين كافة أطراف الاتصال.[١٩]

حيث تقوم الأنطولوجيا بتسهيل التواصل بين الناس والمنظمات، وساعد في التواصل البشري والفهم المشترك بتحديد المعنى، وأيضاً تسهيل الاتصالات بين الأنظمة أي لتحقيق قابلية التشغيل البيني، وتمكين المشاركة وإعادة استخدام معرفة المجال، بالإضافة إلى جعل افتراضات المجال صريحة، كما تساعد على تحليل معرفة المجال[٢٠]، وتعمل على تقاسم الفهم المشترك لهيكل المعلومات بين الناس أو وكلاء البرمجيات[٢١]، لذلك ثبت أن الأنطولوجيا وسيلة فعالة لدمج المصطلحات، ويمكن أن تكون أداة مفيدة للغاية، لأنها قد تقدم نظرة عامة على مجال معين من الاهتمامات ويمكن استخدامها للتصفح والاسترجاع، بحيث تقوم المصطلحات بعمل العلاقات في مستوى عالي من التجريد، مما يوفر دلالات غنية للبشر للعمل معها وأيضاً الشكل المطلوب لأجهزة الكمبيوتر لأداء المعالجة بشكل يتناسب معها.[٢٢]

كما يمكن ذكر أن أهمية عملية الأنطولوجيا أنها تدخل في العديد من المجالات مثل اكتشاف الأحداث والصناعة والهندسة ومن بين أمور أخرى في الطب الحيوي فهناك العديد من الأنطولوجيات التي كانت طورت مؤخراً أو توسعت لتغطية مجموعة واسعة من أنواع العمليات، كما تعمل الأنطولوجيات على سبيل المثال لا الحصر في علم الجينات أيضاً.(٢٣)

٥/١ـ أهداف الأنطولوجيا:

إن أهم هدف للأنطولوجيا هو تنظيم وتصنيف المعرفة لكي تتكامل مع بقية التطبيقات وقواعد البيانات والبرمجيات الأخرى، وبالتالي تتم عملية الاسترجاع بشكل دقيق وسريع ودقيق(٢٤)، ولكن هناك بعض من أهداف الأنطولوجيا على سبيل المثال لا الحصر وهي كالأتي:

١) إنها تعزيز كفاءة التطبيقات الحاسوبية في معالجة اللغات الطبيعية.
٢) قدرة تطبيقات الأنطولوجيا على الاستدلال المنطقي ونجاحها في ذلك يسهم في تحليل النصوص، الترجمة الآلية، والتعبير الآلي، والبحث الدلالي والتوليد عدد من المعاجم اللغوية المتنوعة، وفك اللبس الدلالي.
٣) تسهم الأنطولوجيا في مد الجسور بين المعرفة والمادة النصية تقليل الفجوة بينهما.
٤) القدرة على التمثيل المعرفي للغة العربية وربط الألفاظ بالمفاهيم، والمفاهيم بالكليمات من خلال العلاقات بينهما؛ مما يسهم في تشكيل وبناء قواعد المعرفة ويسهل تداولها.
٥) القدرة على تحليل المفردة إلى ذراتها الدلالية، وذلك يساعد على التميز الدقيق بين دلالات المفردات، كما يمكن من عمل معادلة دلالية تكوينية شبه رياضية يقبلها الحاسوب.
٦) تسهم تطبيقات الأنطولوجيا في كشف عن الكليات اللغوية.

٧) هي لبنه أساسية في بناء الويب الدلالي، وتوسيع قدرتها على الإنجاز.
٨) إن بناء برمجيات ومحلات دلالية تسهم في استخراج العلاقات الدلالية آلياً، مما يوسع من قدرة الويب الدلالية لتحويلها إلى النصوص.(٢٥)
٩) تحدد طبيعة الواقع أو تعرّفها بتحديد المفاهيم والكيانات والمصطلحات والفئات في ميدان معين من أجل نمذجة العلاقات بينها أو صياغتها.
١٠) تعمل من أجل تنظيم الوثائق واسترجاعها ينبغي أن تصيغ واقع استخدام اللغة من أجل الاتصال أو تشكله، وهذه يطلق عليها أحيانا الأنطولوجيا اللغوية، وتشمل مسائل النحو، والدلالة وبناء الجملة وما شابه. (٢٦)

ومن وجهة نظر الباحثة أنه نشأت الأنطولوجيا لجعل الغموض المفاهيمي والدلالي في حده الأدنى في بيئة معلوماتية وتكنولوجية، حيث تفيد الأنطولوجيا في تعزيز قابلية التشغيل التبادلي بين الأنظمة في الميادين المعرفية المختلفة، أو لإنشاء الوكلاء الأذكياء الذين يمكنهم إنجاز أعمال معينة وكلاهما من أهداف الويب الدلالي.

٦/١ـ أنواع الأنطولوجيا:

يمكن تصنيف فئات الأنطولوجيا المتنوعة وفقاً لمعايير مختلفة، فقد تَصنف حسب موضوع الرؤية المفاهمية The Subject of the Conceptualization، أو حسب مستوى استقلال مهمة معينة، فيما يلي ذكر لبعض أنواع الأنطولوجيا المختلفة:

١/٦/١- أنطولوجيات المجال المحدد (Domain dependent ontology):

تهدف إلى تصنيف الوسائط المتعددة تلقائيًا، حيث تدير الأنطولوجيات مصادر البيانات المختلفة(٢٧)، فهي التي تكون قابلة للأستخدام مرات عديدة داخل مجال معرفي محدد، وتقدم مفردات لغوية أي ألفاظ للمفاهيم المستخدمة داخل المجال المعرفي، والعلاقات التي تعكس الأنشطة التي تتم داخل المجال المعرفي، والنظريات والمبادئ الأساسية التي تحكم هذا المجال، مثال ذلك معايير المنتجات، أكواد

الخدمات الخاصة بالحاسب والصادرة من الأمم المتحدة (UNSPSC) ونظام التصنيف الصناعي الخاص بأمريكا الشمالية (NAICS)، ومثل أيضاً مشروع الأنطولوجيا في مجال الزراعة Agricultural ontology services (AOS)، الذي يقوم به المركز العالمي للمعلومات الزراعية، التابع لمنظمة الأغذية والزراعة الفاو.

٢/٦/١- أنطولوجيات العامة (Generic ontology):

تستخدم لعرض المعرفة القابلة للاستخدام مرات عديدة عبر المجالات المعرفية المختلفة مثل أنطولوجيا علم التجريد Mariology وأنطولوجيا الوحدات القياسية، ومن أمثلتها أيضاً شبكة الكلمات (word net) الأنطولوجيات اللغوية، والهدف منها وضع إطار عام لكل أو لمعظم الفئات التي تواجهنا، وهذه الأنطولوجيات تكون شاملة ولكنها غير منفصلة. (٢٨)

٣/٦/١- أنطولوجيات عرض المعرفة:

تنطوي على عرض مبتكر يُستخدم لتشكيل ملامح المعرفة تحت نموذج فكري Paradigm معين، مثل أنطولوجيات الإطار وأنطولوجيات Owl-KR.

٤/٦/١- أنطولوجيات المستوى العالي:

تصف المفاهيم المغرقة في العمومية، وتقدم أفكاراً عامة يندرج تحتها جميع المصطلحات الجذرية التي تشتمل عليها الأنطولوجيات الحالية تمهيداً للربط بين المصطلحات، ومثال على ذلك مثل أنطولوجيا المستوى الأعلى القياسي الخاصة بمعهد مهندسي الكهرباء والأكترونيات (IEEE) وأنطولوجيا المستوى الأعلى CYC.

٥/٦/١- أنطولوجيا المهام:

تصف المفردات اللغوية (الألفاظ) المرتبطة بالمهمة، أو النشاط العام من خلال تخصيص المصطلحات في أنطولوجيات المستوى العالي، مثل جدولة أنطولوجية المهمة.

٦/٦/١- أنطولوجيات الأسلوب:

تعطي التعريفات الخاصة بالمفاهيم، والعلاقات المناسبة المطبقة على عملية تبرير منطقي محددة؛ وذلك لإنجاز مهمة معينة، مثل الجدولة بواسطة وسائل تحليل المهمة.

٧/٦/١- أنطولوجيات التطبيق:

تحتوي على جميع التعريفات التي تتطليها نمذجة المعرفة بهدف تحويلها إلى تطبيق معين، مثال ذلك أنطولوجيا التطبيق التي تخدم الوكلاء السياحيين.

٨/٦/١- أنطولوجيات تنفيذية محددة(المهام/ المجال):

هي أنطولوجيات تنفيذية قابلة للاستخدام مرات عديدة داخل مجال معرفي معين، وليس عبر مجالات معرفية متنوعة، ويمثل تطبيقاً مستقلاً مثل أنطولوجية التخطيط الجراحي.[٢٩]

٧/١ـ مكونات الأنطولوجيا:

تتكون الأنطولوجيا من أربعة عناصر وهم كالأتي:

١- **كيانات Entity:** والتي تعرف في المجال بالمفردات Individuals وتعد المكون الأساسي في بيئة الأنطولوجيا وتمثل المستوى الأول داخل الأنطولوجيا وتشير كلمة المفردات إلى مختلف الكيانات المادية والمجردة.

٢- **الأفكارIdeas :** أو ما يسمى الفئات Classes وتعد المكون الثاني في بيئة الأنطولوجيا وتشير إلى التصنيف الأساسي في مجال ما حيث تشمل على مجموعة من المفردات Individuals أو الكيانات Object والتي تجمع صفات مشتركة جعلتهم ينتمون إلى هذه الفئة التي تم تسكينهم فيها، ولا يقتصر اشتمال الفئات على المفردات فحسب بل تمتد لتشمل فئات فرعية Subclasses لتكون بذلك فئة رئيسية تشمل على فئات فرعية في تسلسل هرمي وبالتالي فإن أعضاء الفئة الفرعية ينتمون بحكم المنطق إلى الفئة الرئيسية.

٣- **الخصائصProperties :** والتي تعرف أيضاً بالسمات Attribute ، وتوصف كل من الفئات Classes والمفردات Individuals في الأنطولوجيا وفق الخصائص المميزة لها عن غيرها والمحددة لذاتها، ولا يقتصر أمر السمات على توصيف المفردات والفئات بل يمتد ليقوم بتوصيف العلاقات التي تربط هذه الكيانات كلها مع بعضها البعض، حيث يقوم بتحديد طبيعة ونوع العلاقة التي تربط مفردة بمفردة وفئة بفئة ومفردة بفئة.(٣٠)

٤- **العلاقات Relationship:** تعد العلاقات أحد أهم السمات التي تميز الأنطولوجيا حيث تتسم العلاقات في بيئة الأنطولوجيا بأنها تتمتع بالتوصيف والمسميات والدلالات الأمر الذي يكفل لأنظمة الحاسب الآلي تحقيق التكامل المعرفي بين الكيانات المختلفة، والعلاقات هي الطرق التي يمكن أن ترتبط بها الطبقات والأفراد مع بعضهم البعض.(٣١)

٨/١ـ لغات الأنطولوجيا ومستوياتها:

١/٨/١- لغات الأنطولوجيا:

يعطي الويب الدلالي رؤية أفضل لقدرة محركات البحث على إدارة هذا الكم الهائل من المعلومات بناء على وثائق الأنطولوجيا التي تساعد في تمييز المفاهيم ودلالات الألفاظ بشكل دقيق، ويتم بناء هذه الأنطولوجيات بواسطة كثير من اللغات التي تستخدم في بناء الأنطولوجيا ومن أهمها:

١/١/٨/١- لغة التكويد القابلة للامتداد والتوسع

XML (Extensible Markup Language)

ظهرت هذه اللغة بهدف تصميم لغة معيارية جديدة وسهلة وذات قدرات عالية، وهذه اللغة تم إنتاجها للحصول على لغة سهلة وقادرة على التعامل ووصف

البيانات والنصوص الرقمية الضخمة أو ذات البناء الهيكلي المعقد إضـــافة إلى الوسائط الصوتية والمرئية، حيث يمكن وصف لغة XML الصادرة عن رابطة اتحاد الويب العالمي W3C عام ١٩٩٨م أنها تتسم بالمرونة الشديدة وتساعد في تمثيل بنية المحتوى وتيجان الوثائق وتقوم المتصفحات من خلال مخططات هذه اللغة بعرض البنى والتيجان وقراءتها، وأهم ما يميز لغة XML ما يأتي:

١) تعمل هذه اللغة على توصيف المصادر باستخدام واصفات البيانات في منهجية مهيكلة تؤدي إلى نسق منظم للبيانات.

٢) البيانات الوصفية للمحتوى الذي تقوم لغة XML بإنشائها تعد بيانات نصية وهذا يجعل قراءتها من قبل الآلة أمراً ميسوراً.

٣) توفر مخططات لغة XML وسائل تعرف ببنية المحتوى والبنية التركيبية للوثائق.

٤) هذه اللغة المؤسس لمعمارية الويب الدلالي التي تعتمد عليها مختلف التقنيات والتطبيقات.

٥) وأيضاً تحتاج لغة XML إلى وجود أداة مساعدة في التعريف بالمفاهيم الأساسية التي ترد في الوثيقة وتكود بها، لتتمكن من التمثيل والتعبير الدلالي من خلال الاستعانة بإطار وصف المصادر العام المعروف اختصارا بـــ

Resource Description Framework (RDF)

وقد أصبح هذا النموذج من قبل رابطة اتحاد الويب W3C عام ٢٠٠٤م، ليكون معياراً لوصف المصادر يساعد لغات تمثيل البيانات مثل: لغة XML في تمثيل المعلومات أو المحتوى المتاح على الإنترنت بطريقة دلالية للبيانات التي توصف المصادر في نمط العلاقة الثنائية بين المصدر وبياناته الوصفية ويصبح تكويدها مفهوماً للإنسان والآلة، كما أن هناك بعض الأشياء التي تميز إطار وصف الموارد حيث أن أهم ما يميز RDF ما يأتي:

- توصف العلاقات بين المصادر بصورة أكثر غزارة من لغة XML .
- تجعل من العلاقة بين المصادر علاقة ذات دلالة يفهمها كل من الإنسان والآلة.

ويأتي دور RDF من خلال تمثيل توصيف العلاقة بين الكيان والفئة التي ينتمي إليها، حيث تصنف المصادر والكيانات داخل فئات موضوعية باستخدام الفئات والفئات الفرعية، إضافة إلى قيامها بتوصيف النطاق والمجال الذي ترتبط به العلاقة.

٢/١/٨/١-لغة الاستدلال الأنطولوجي

OIL (Ontology Inference Language)

تم تطوير هذه اللغة من قبل أحد مشروعات الاتحاد الأوربي المسمى بمشروع أنطولوجيا المعرفة onto knowledge، وذلك بهدف توفير لغة مفهومة للتشغيل البيني الدلالي بين المصادر المتاحة على الويب.

٣/١/٨/١- لغة تكويد واسعة

DAML : (Darpa Agent Markup Language)

أعد هذه اللغة فريق متخصص بهدف تطوير لغة تكوديه تعمل على إكساب محركات البحث القدرة على فهم معاني ودلالات العبارات في المصادر المتاحة على الويب.

٤/١/٨/١- الأطار العام لوصف المصادر

:RDF (Resource Description Framework)

هو إطار وصف الموارد وهو نهج عام للإشارة دلالات في الوثائق المحددة في الأنطولوجيا، ويتكون الـــ RDF دائماً من ثلاثة أشياء وهم الموضوع والوصف والكائن[٣٢]، حيث يعتبر نموذج لوصف البيانات يتسم بالسهولة والبساطة يقوم على

تحديد العلاقات، وبدأ ظهوره في التطبيقات في منتصف التسعينات واستكمل بناؤه عام ٢٠٠٤ ليصبح أحد أنشطة الويب الدلالي، أما عن أهدافه فتتمثل في:[٣٣]

١) توفير نموذج بسيط للبيانات.

٢) توفير دلالات شكلية واستدلال منطقي.

٣) العمل على الإفادة من محدد المصادر URI الذي يعتمد على المفردات.

٤) الاعتماد على بنية لغة XML في انشاء الوثائق.

٥) السماح لأي شخص بانشاء أية واصفة لأي مصدر.

٥/١/٨/١- لغة أنطولوجيا الويب (Ontology Web Language) OWL:

تعد هذه اللغة تطوراً كبيراً وعلامة فارقة في مسيرة تنفيذ ونقل الويب الدلالي إلى الوجود وهي اللغة التي حظيت على توصيه من W3C كلغة دلالية وصفية وترميزية للويب الدلالي وقد صممت خصيصاً لإنشاء ونشر الأنطولوجيات على الويب الحالي تمهيداً للانتقال إلى الويب الدلالي، وقد إدراجها رسمياً في معمارية الويب الدلالي عام ٢٠٠٤، يعد الهدف من إنشاء هذه اللغة هي:

١- توفير وسيلة موحدة لترميز المحتوى بصورة دلالية على صعيد الويب.

٢- توفير إمكانية تفسير المحتوى للآلات والتطبيقات التي لا تعمل في بيئة الويب الدلالي.

٣- العمل على أن تكون واجه تعامل الآلة مع المحتوى.[٣٤]

وصممت بحيث يمكن تفسير المعلومات من قبل التطبيقات والمستخدمين علي السواء، وهي مكتوبة وفق مواصفات معيار التكويد القابل للإمتداد "XML" ، وتعتبر لغة أنطولوجيا الويب جزء أصيل من استشراف الرؤية المستقبلية للويب الدلالي، وفيها تتسم المعلومات بالمعنى الدقيق وقابلية معالجتها من خلال الحاسب الآلي،

وبناء عليه صممت للمساهمة في أداء هذا الدور "معالجة المعلومات" وذلك من خلال توفير آليات مشتركة لمعالجة المحتوى.[٣٥]

وللغة أنطولوجيا الويب ثلاثة لغات فرعية وهم على النحو التالي:

٢/٨/١- مستويات لغة أنطولوجيا الويب:

يرجع وجود تنوع ومستويات للغة OWL بهدف توفير القدرة لدى المستفيد على تمثيل المعرفة بالرؤية التي يراها مناسبة ووفقاً للقيود والضوابط التي تفرضها كل مستوى على حدى.

١/٢/٨/١- المستوى الأول (OWL Lite):

تعد من أبسط مستويات لغة OWL، حيث تعمل على تدعيم هؤلاء المستخدمين اللذين يحتاجون في المقام الأول إلى عمل تسلسل الهرمي للمجال الموضوعي في صورة فئات.

٢/٢/٨/١- المستوى الثاني (OWL DL):

يعد هذا المستوى من أفضل المستويات في لغة OWL وقد اعتمدت عليه الباحث في بناء أنطولوجيا الخاصة بالدراسة حيث تعتمد على توصيف المنطق Description Logics الذي يمكن أن يدركه البشر كطبيعة الكيانات وطبيعة العلاقات بينهما للآلة في صورة أقر لإكساب الآلة الفهم البشري ولذلك تفرض هذه اللغة الكثير من القيود في عملية تحرير الأنطولوجيا على المنشئ.[٣٦]

٣/٢/٨/١- المستوى الثالث (OWL FULL):

يعد أكثر المستويات ضبطاً وفرطًا للمنطق بصورة أقرب للتعقيد فهي تعمل على رفع مستوى لقيود الخاصة بالمنطق لأقصى درجة[٣٧]

٩/١ـ دور الأنطولوجيا في التغلب على فوضى وعشوائية المعلومات:

قديماً كان الاسترجاع والبحث قائم فقط على فهارس البطاقات ثم تطور ليصبح أكثر كفاءة في الاسترجاع بالاعتماد على الفهارس الآلية ثم تطورت عمليات البحث والاسترجاع أكثر في بيئة المكتبات الرقمية لتكون قائمة على معايير الميتاداتا وهم (مارك ودبلن كور، وأيضاً النص الكامل) وصولاً إلى أدوات البحث والاسترجاع التي تعمل في بيئة الإنترنت ومدى قدرتها الفائقة في البحث والاسترجاع ثم تقنين وصف المصادر وإتاحتها RDA الذي أصبح بديلا لقواعد الفهرسة الأنجلو أمريكية إلى أن أصبحنا مع كل هذا التطور تواجهنا مشكلة كبيرة نحن كمكتبين وهو عشوائية الاسترجاع في بيئة الإنترنت وصعوبة إدراك كافة نتائج البحث، وهذا كان نتيجة طبيعية لسوء التنظيم حيث كان تركيز معظم الأبحاث على الاسترجاع والبحث دون أن نفكر أنه لولا قواعد الفهرسة ونظم التصنيف لما كنا نملك فهرس بطاقي ولا حتى فهرس إلكتروني ولكن قواعد الفهرسة ونظم التصنيف لم تعد كافية لتنظيم هذه العشوائية المعلوماتية فأين نحن من إبتكار قواعد جديدة ونظم جديدة لتنظيم المعلومات في بيئة الإنترنت وها نحن الآن نفكر كيف يصبح الاسترجاع أكثر تطوراً بعد أن وصلنا لامكانية التحكم في النص الكامل بشكل إلكتروني فهذه القواعد لن تأتي ولن تخرج إلا من رحم علم الأنطولوجيا[٣٨]، حيث أنه يمكن إستخدام الأنطولوجيا في البحث عن المعلومات واسترجاعها، لإثراء الاستفسارات وتحسين جودة النتائج، أي البحث الهادف بدلاً من مطابقة وتكرار النتائج.[٣٩]

وهذا بالإضافة إلى أن الأنطولوجيا تستخدم لهيكلة المحتوى على سبيل المثال، في حالة تخزين كتاب في مكتبة يمكننا فصل هيكلها إلى فصول، وتقديم أوصاف فردية لكل فصل وتخزين المعلومات حول العلاقات بين الفصول المختلفة[٤٠]، لذلك تعتبر الأنطولوجيات كجزء من حل لمشاكل أخرى، حيث ثبت أن

الأنطولوجيا مفيد في عدد لا يحصى من التطبيقات الأخرى فمن بينها التفاوض بين خدمات البرمجيات والوساطة بين وكلاء البرمجيات، وجلب المزيد من معايير الجودة في نمذجة البيانات المفاهيمية لتطوير نموذج أفضل ليصبح نظام برمجيات أفضل جودة، وتنسيق المكونات في العمل الدلالي القائم على أنطولوجيا الوصول إلى البيانات واسترجاع المعلومات.(٤١)

الخلاصة:

يعد مجال تنظيم المعلومات والمعارف من أهم المجالات في ظل الثورة المعلوماتية والمعرفية الحالية وذلك أن هذه الثورة زادت من صعوبة الوصول المباشر للمعلومات والمعارف التي يحتاجها المستفيد كما أن تعدد اللغات وتشتت المعلومات من المعضلات التي رافقت هذه الثورة المعلوماتية والمعرفية ومما زاد العبء على المختصين في مجال المعلومات لابتكار أدوات وطرق أكثر ملاءمة لتوفير المعلومات اللازمة للمستفيد بشكل مبسط ومتكامل يسد حاجته دون تشتيته وإضاعة وقته وأيضاً تنظيم هذه المعلومات وتجميعها بغض النظر عن اللغات التي أنشئت بها، وقد تمثل في تطبيقات وخدمات الويب الدلالي ومن بينها الأنطولوجيا، واستهدف هذا البحث عدد من المحاور المتعلقة بمنهجية الأنطولوجيا من حيث: المفاهيم المختلفة للأنطولوجيا بشكل عام، ومفاهيم الأنطولوجيا من منظور فلسفي وأيضاً من منظور علم المعلومات، وتاريخ نشأتها وتطورها، ويتناول أيضاً الويب الدلالي وعلاقته بالأنطولوجيا، بالإضافه إلى أدوات بناء الأنطولوجيا وأهميتها وأهدافها وأنواعها المختلفة، ومكونات الأنطولوجيا، ولغات الأنطولوجيا ومستوياتها المتنوعة، وختاماً بدور الأنطولوجيا في التغلب على فوضى وعشوائية المعلومات.

الهوامش

(١) تيلور، أرلين، دانيل جوردي. "تنظيم المعلومات". ترجمة هاشم فرحات، جامعة الملك سعود، الرياض: النشر العلمي، مج٢، ٢٠١٢م. ص٥٠.

(2) Smith, Barry, Christopher Welty. "Ontology-towards a new synthesis". FOIS Introduction. Proceedings of the International Conference on Formal Ontology in Information Systems. 2001.p3.

(3) Katifori, Akrivi, Constantin Halatsis, et al." Ontology Visualization Methods – A Survey". Department of Informatics and Telecommunications. University of Athens. Panepistimioupolis. Ilissia, 2006. p2.

(٤) محمد، فرحة. "الأنطولوجيا: النشأة والتطور والنضج"، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية، مج٣٢، ع٤، ٢٠١٠م. ص٥٣.

(5) Gruber, T. R. "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing". International Journal Human-Computer Studies, 1991. P36.

(٦) الحناش، محمد."المغرب ومشروع أنطولوجيا اللغة العربية"، ١٠ أغسطس ٢٠١١م . تاريخ الاطلاع: ٢٠٢٠/٣/٤م. متاح على:

https://www.hespress.com/sciences-nature/36077.html.

(٧) عالم، وصال إبراهيم أحمد. الانطولوجيا ونظم إدارة المعرفة. المؤتمر الحادي والعشرين. بيروت: المكتبة الرقمية العربية، مج ٢، أكتوبر ٢٠١٠م. ص١٣٩.

(٨) إبتهال. "منهجية بناء الأنطولوجيا". رواد المعرفة Pioneers of Knowledg، ١١ مارس ٢٠١٨م. تاريخ الاطلاع: ٢٠١٩/١٢/١٣م. متاح علي:

https://ebtehal182034917.wordpress.com/2018/03/11 .

(٩) محمد، إبراهيم حسن محمد. "بناء أنطولوجيات التنقيب عن البيانات: تحليل لآليات التنفيذ في بيئة مفتوحة المصدر(١)". مجلة المكتبات والمعلومات العربية، س ٣١، ع٣، ٢٠١١م. ص٥١-٥٢.

(١٠) أحمد، هندي عبدالله هندي. "بناء أنطولوجيات علم المكتبات والمعلومات في بيئة الويب الدلالي: دراسة وصفية تحليلية". جامعة حلوان: كلية الآداب. قسم المكتبات والمعلومات، ٢٠١٣م. ص٩.

(١١) إبتهال. "منهجية بناء الأنطولوجيا". مرجع سابق. متاح علي:

https://ebtehal182034917.wordpress.com/2018/03/11.

(١٢) الأكلبي، علي بن ذيب. "دور الأنطولوجيا في دعم محركات البحث الدلالية في البيئة العربية". القاهرة: مكتبة الملك فهد الوطنية، مج٢١،ع١، ٢٠١٥م. ، ص ١٩٣- ٢٢٦.

(١٣) الزهري، طلال ناظم. "أدوات تصنيف وتنظيم المحتوى الرقمي في بنية الإنترنت: الأنطولوجيا". المجلة العراقية لتكنولوجيا المعلومات. بغداد : الجمعية العراقية لتكنولوجيا المعلومات، مج٨، ع١، ٢٠١٧م. ص ٤. ١١- ١٢.

(١٤) الأكلبي، علي بن ذيب. "بناء أنطولوجيا عربيه في مجال المكتبات والمعلومات: دراسة استشرافية". جامعة الملك عبدالعزيز: كلية الآداب والعلوم الإنسانية. قسم علم المعلومات، فبراير٢٠١٤. ص٣٤.

(15) Taye, M. "Ontology Alignment Mechanisms for Improving Web". basedSearching. United Kingdom,England. De Montfort University, 2009.p271.

(16) Youn , S. et al. "Survey about Ontology Development Tools for Ontology-based Knowledge Management". Californi. University of Southern California. 2002. p7.

(17) Karatzoulis, N. "Ontology Checking". Austris. cultural heritage in Regional Networks. 2000. p3.

(١٨) بدر، أحمد أنور، محمد فتحي عبدالهادي. "التصنيف فلسفته وتاريخه ونظريته ونظمه وتطبيقاته العملية".- الرياض: دار المريخ، يونيه ١٩٩٥م. ص٧٢٢.

(١٩)- "منهجية بناء الأنطولوجيات". منارات المعرفة. تاريخ الاطلاع: ٢٠٢٠/٢/٢م. متاح على: https://manaratkm.wordpress.com/

(20) Keizer, Johannes, Frehiwot Fisseha. "The Agricultural Ontology Service: A Proposal to Create a Knowledge Organisation Framework in the Area of Food and Agriculture". Food and Agriculture Organization of the United Nations Library and Documentation Systems Division. (14-15/11/2001). P7.

(21) Noy, Natalya F., Deborah L. McGuinness. " Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology". Stanford University, Stanford. 2001. P 3.

(22) Golemati, Maria, Akrivi Katifori, et al. "Creating an Ontology for the User Profile: Method and Applications".2007. P1.

(23) Jarrar, Mustafa, Werner Ceusters. "Classifying Processes and Basic Formal Ontology". International Conference on Biomedical Ontology (ICBO 2017). Newcastle upon Tyne, UK. September 14, 2017. P1.

(٢٤) مصلوم، عبدالناصر سالم. "دور محررات الأنطولوجيا مفتوحة المصدر في دعم عمليات إدارة المعرفة". إطروحة دكتوراه. جامعة الملك عبدالعزيز، ٢٠١٤م. ص٣٠.

(٢٥) الحلوة، نوال إبراهيم بن محمد. "أنطولوجيا الأرض: دراسة الدلالي حاسوبية حقل المكان أنموذجاً مصر: علوم اللغة". جامعة الأميرة نورة بنت عبد الرحمن، مج١٤، ع٣، ١٧ مارس ٢٠١٨م. ص ٨.

(٢٦) أحمد، هندي عبدالله هندي. "بناء انطولوجيات علم المكتبات والمعلومات في بيئة الويب الدلالي: دراسة وصفيه تحليليه". مرجع سابق. ص٩: ٧٠.

(27) Briola, Daniela, Vincenzo Deufemia, et al. "Agent-oriented and ontology-driven digital libraries: the IndianaMAS experience". wiley online library, March 13, 2017. Date of Access: 27/1/2019. Available at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/spe.2494

(٢٨) عبد الواحد، ضياء الدين. "الانطولوجيا ونظم استرجاع المعلومات: دراسة لتقنية البحث بالمفهوم". مكتبات نت . القاهره: ايبس كوم، مج١٣،ع٢، يونيو٢٠١٢م. ص٢٩-٣٥.

(٢٩) محمد، إبراهيم حسن محمد. "بناء أنطولوجيات التنقيب عن البيانات: تحليل لآليات التنفيذ في بيئة مفتوحة المصدر(١)". مرجع سابق. ص ٢٦.

(٣٠) أبو شرحه، ماجد. "منهجية بناء الأنطولوجيا". مدونة إدارة المعرفة، ٢٧ فبراير ٢٠١٦م. تاريخ الاطلاع: ٢/٢/٢٠٢٠م. متاح على:

http://mabusharha.blogspot.com/2016/02/ .

(31) "Ontology (information science)". Ontology Components. Wikipedia the Free Encyclopedia. Date of Access: 12/8/2019. Available at:

https://en.wikipedia.org/wiki/Ontology_(information_science).

(32) Nordmann, Kore. "Standardization of Ontologies". May 13, 2009. Date of Access: 9/11/2019. Available at: https://kore-nordmann. de/blog/0089_standardization_of_ontologies.html.

(٣٣) النشرتي، مؤمن سيد. "الشبكة العنكبوتية الدلالية: هوية تبحث عن الوجود: دراسة تأصيلية تحليلية". Cybrarians journal، ع٢٧، ٢٠١١م. تاريخ الاطلاع: ٧/٥/٢٠١٩م. متاح على:

http://www.journal.cybrarians.org/index.php?option=com .

(٣٤) الأكلبي، علي بن ذيب. "دور الأنطولوجيا في دعم محركات البحث الدلالية في البيئة العربية". مرجع سابق. ص١٩٣- ٢٢٦.

(٣٥) أحمد، فرج أحمد. "أنطولوجيا الويب الدلالي ودورها فى تعزيز المحتوى الرقمي: دراسة فى المفاهيم والبنية الهيكلية والخدمات التفاعلية في البوابات الدلالية للتعلم الإكتروني". مجلة المكتبات والمعلومات العربية، ع٤، مج٢٥، أكتوبر٢٠١٥م. تاريخ الاطلاع: ٢٠١٩/١٢/٠م. متاح على

https://www.researchgate.net/publication/313859831

(٣٦) النشرتي، مؤمن سيد. "نحو التكامل المعرفي من واقع توظيف الأنطولوجيات في إطار التنقيب عن البيانات: دراسة تحليليه". الدوحة: الإتحاد العربي للمكتبات والمعلومات ووزارة الثقافة والفنون والتراث القطرية، مج ٣، نوفمبر٢٠١٤م. ص ١٩٨٣-٢٠٢١.

(37) McGuinness, D. L.,Van Harmelen F. "W3C.OWL Web Ontology Language Overview". Date of Access: 7/1/2020. Available at: www.w3.org/TR/owl-features/.

(٣٨) أحمد، هندي عبدالله هندي. "بناء انطولوجيات علم المكتبات والمعلومات في بيئة الويب الدلالي: دراسة وصفية تحليلية". مرجع سابق. ص ١٣.

(39) Jarrar, Mustafa." Lecture Notes on the Arabic Ontology Basics". Birzeit University, Palestine. 2018. P7.

(40) Kruk, Sebastian Ryszard, Bernhard Haslhofer. "The Role of Ontologies in Semantic Digital Libraries". January 2006. P15.

(41) Keet, Maria." An Introduction to Ontology Engineering". University of Cape Town. Maria Keet. February 2020. P 128.