التمثيل المرئي للمعلومات : دراسة نظرية[1]

أ. شيماء إسماعيل عباس إسماعيل
إخصائي مكتبات ومعلومات
الهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية
وزارة البترول والثروة المعدنية
Shimaa.esmail.771@gmail.com

تاريخ الاستلام: 25 يناير 2024 **تاريخ القبول: 26 يناير 2024**

المستخلص :

تهدف الدراسة إلى تقديم إطار عام من المعرفة النظرية الأساس حول موضوع:"التمثيل المرئي للمعلومات" بما يُسهم في تحديد الخصائص والسمات العامة لهذا الموضوع ومعالمه الرئيسية، والتعرف على أساسياته؛ وذلك بوصفه مجالًا بحثيًا متعدد التخصصات حافظا على علاقات قوية مع عدد كبير من المجالات بما قدَّم من تكنولوجيات وأساليب وأدوات وتطبيقات مُهمة، حققت فوائد جمة ومنافع متعددة لهذه المجالات التي من بينها: مجال المكتبات والمعلومات، وتبدأ الدراسة برصد المفاهيم والتعريفات الرئيسية التي تُعرِّف به لغةً واصطلاحًا، وتتبع تطور المصطلح ومفهومه بمرور الوقت منذ أواخر الثمانينيات من القرن العشرين، ثم تقدم لمحة تاريخية موجزة تركز على نضوجه ومظاهر الاهتمام به التي أدت إلى تحوله إلى مجال بحثي متعدد التخصصات، وتعرض أيضًا الأهداف التي يسعى هذا المجال إلى تحقيقها، وأنواع البيانات التي يتم تمثيلها مرئيًا، والمراحل والخطوات العملية اللازمة للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات، وأهم النماذج المرجعية التي جرَّدت هذه العملية، وتنتهي بالتعريف ببرامج التمثيل المرئي للمعلومات، والوظائف الأساسية التي تؤديها، واستعراض نماذج لأبرز أدواته البرمجية.

الكلمات المفتاحية: التمثيل المرئي للمعلومات ؛ التمثيل المرئي للبيانات ؛ البيانات ؛ البرمجيات.

[1] بحث مُقدم ضمن متطلبات الحصول على درجة دكتوراه الفلسفة في الآداب من قسم المكتبات والوثائق المعلومات بكلية الآداب- جامعة القاهرة لرسالة بعنوان: التمثيل المرئي للمعلومات في نظم استرجاع المعلومات الببليوجرافية: دراسة استكشافية تخطيطية لتطبيقه في البيئة العربية. إعداد شيماء إسماعيل عباس إسماعيل؛ إشراف يسرية عبد الحليم زايد، أستاذ علم المكتبات والمعلومات المتفرغ بقسم المكتبات والوثائق والمعلومات، بكلية الآداب، جامعة القاهرة.

1/ **المقدمة**:

1/1 التمهيد:

تفسر العين الإنسانية البيانات المُمثلة مرئيًا بطريقة أسرع وأكثر فعالية من النص؛ إذ إن الصورة أو الرسم البياني يمكن استيعابه بنظرة سريعة، وتعزز الصور كثيرًا الفهم للموضوع، والمعلومات المرئية من المحتمل أن يتذكرها الأفراد بنسبة أكبر من النص وحده؛ فكلما أصبحت المدخلات مرئية، كلما زادت احتمالية التعرف عليها وإدراكها واسترجاعها بسهولة، وقد سُميت هذه الظاهرة بتأثير التفوق الصوري (Pictorial superiority effect (PSE))[i]؛ فيساعد جمع البيانات وعرضها في شكل تمثيلات مرئية على تزويد العقل بالمعلومات والحقائق بشكل أسرع وأكثر فعالية من قراءة سطور نصية من المعلومات (Hawkins, 1999; Medina, 2008; Krum, 2016; Finch & Flenner, 2016).

ومن ثم، كان التوجه نحو الاستفادة من القدرات الإنسانية الحسية الإدراكية، ولا سيما البصرية منها في معالجة البيانات والمعلومات وإدراكها عن طريق تمثيلها مرئيًا، والتمثيل المرئي للمعلومات مجال له جذور تاريخية عميقة تصل إلى ما قبل القرن السابع عشر الميلادي، وقد ظهرت في الرسوم البيانية الهندسية المُبكرة، وفي جداول مواقع النجوم والأجرام السماوية الأخرى، وفي الخرائط التي تساعد في الإبحار والملاحة والاستكشاف، وقد كان ويليام بلايفير (William Playfair) من بين الأوائل في استخدام الخصائص البصرية المُجرَّدة مثل: الخط، والمساحة لتمثيل البيانات مرئيًا، ويُنسب إليه أول استخدام منهجي للمخططات المرئية؛ مثل: المخططات الشريطية، والرسوم البيانية الخطية المطبوعة التي نشرها لأول مرة في أطلسه (The Commercial and Political Atlas) في عام 1786م لتمثيل البيانات الاقتصادية، وشرح وتوضيح فرضياته، كما نُسب إليه اختراع معظم الأشكال الرسومية المستخدمة على نطاق واسع اليوم، وقد واصل الرواد أمثال: تشارلز مينارد (Charles Minard) وتشارلز ماري (Charles Marey) تطوير تقنيات رسومية جديدة خلال القرن التاسع عشر، وأدى التقدم في التحليل الإحصائي مع التطبيقات في العلوم الاجتماعية والطبيعية إلى تحسينات في التعبير المرئي واستكشاف البيانات، وهو ما تجسد في الأعمال الأحدث التي قام بها وليام كليفلاند (William Cleveland)؛ الذي نشر كتابًا مُهمًا في عام 1985م بعنوان: "عناصر بيانات الرسوم البيانية" (The Elements of Graphing Data) عرض فيه نظريته والمُعتقدات حول التمثيل المرئي الصحيح بطريقة مُفصَّلة، وقدم الكثير من الإسهامات التي ساعدت في وضع الأساس العلمي للتمثيل المرئي للمعلومات، وتعتبر دراساته حول الإدراك البياني، والعمليات المعرفية التي يستخدمها الأفراد لفهم المخططات البيانية من بين أولى المحاولات المُهمة لدراسة التمثيل المرئي، وتطوير نظرية حول كيفية القيام به على الوجه الأفضل، وكذلك في أعمال جون توكي (John Tukey) الذي قدم لأول مرة التمثيل المرئي للمعلومات بوصفه أداة لتحليل واستكشاف البيانات في كتابه: "تحليل البيانات الاستكشافية" (Tukey's EDA) الذي نُشر في عام 1977م (Tufte, 1983; Card et al., 1999; Friendly, 2006; Meirelles, 2013; Womack, 2014; Priceonomics, 2016).

ومع ظهور القوة الحاسوبية اتخذ التمثيل المرئي للمعلومات مسارًا جديدًا من التطور؛ فقد أدت التكنولوجيات والأدوات الحاسوبية إلى تطوير أساليب وتقنيات جديدة بدأت معها التمثيلات المرئية متعددة الأبعاد والتمثيلات المرئية التفاعلية الديناميكية في الظهور مما أتاح للمستفيدين القدرة على التفاعل المباشر معها، والإفادة منها باستخدام الحاسوب، واستخدام التمثيل المرئي للمعلومات في المعالجة المباشرة لتحليل البيانات وعرضها مرئيًا، ومنذ ذلك الحين توالت التطورات المختلفة التي ألقت بظلالها على هذا المجال؛ فقد مرَّ منذ البذور الأولى لنشأته تاريخيًا بمجموعة متتالية من التطورات العلمية والفكرية والتكنولوجية المُهمة ذات الصلة بمجموعة واسعة من المجالات والتخصصات العلمية.

ومن الخرائط القديمة والرسوم البيانية المُبكرة وصولًا إلى التمثيلات المرئية التفاعلية للمعلومات معالجة حاسوبيًا في العصر الحالي برزت أهمية **"التمثيل المرئي للمعلومات"** بوصفه مجالًا قدَّم تكنولوجيات وأساليب وأدوات وتطبيقات مُهمة حققت منافع متعددة عبر المجالات المختلفة، وقد تزايدت هذه الأهمية في عصر البيانات

اليوم وبخاصة مع النمو غير المسبوق والمطرد في حجم البيانات، وتنوع مصادرها وتعدد أشكالها في جميع مجالات النشاط الإنساني الذي أدى إلى بروز صعوبات بالغة في السيطرة عليها وإشكاليات حول إدارتها أو استخراج القيمة منها باستخدام التكنولوجيات والأساليب التقليدية.

2/1 مشكلة الدراسة وأهميتها:

يُعد **"التمثيل المرئي للمعلومات"** واحدًا من المجالات المعرفية المُهمة في عصر البيانات اليوم؛ فمع النُّمُوِّ الْمُطَّرِد والسريع في حجم البيانات وزيادة تعقيداتها وسط خضم هائل من المصادر التي توفر كما ضخما من البيانات المتنوعة في كافة مجالات النشاط الإنساني أصبح استخراج القيمة من هذا الكم الهائل من البيانات تحديًا رئيسيًا يواجه كل من الأفراد والمؤسسات على حَدٍّ سواء، ومن هنا تبرز أهمية **"التمثيل المرئي للمعلومات"** بوصفه مجالًا قدَّم تكنولوجيات وأساليب وأدوات وتطبيقات مُهمة، ساعدت في فهم مجموعات البيانات المُجرَّدة الضخمة وإدراكها بسهولة؛ إذ يقوم التمثيل المرئي للمعلومات "بتقديم البيانات والمعلومات والمعرفة، وإيصالها من خلال عرض رسومي" (Žumer & Merčun, 2014) يسمح للأنماط، والخصائص والسمات، والاتجاهات، والانحرافات، والعلاقات المخفية غير المرئية في البيانات بأن تدرك بسهولة باستخدام قدرات التمييز الإنساني، بالإضافة إلى القدرة على استخلاص الرؤى القيمة التي يصعب تمييزها في البيانات الأولية بما يحقق أغراضًا متعددة وأوجه للإفادة من بينها: القدرة على تحليل هذه المجموعات الضخمة من البيانات وإدارتها، ومراقبتها، والبحث والتنقيب فيها، والفحص الدقيق لاتجاهات استخدامها، ودعم عملية اتخاذ القرار تجاهها بفاعلية.

وهناك اتفاق راسخ بين الباحثين والدارسين وعلماء البيانات على أهمية التمثيل المرئي للمعلومات كمجال متعدد التخصصات، بما حقق من فوائد جمة ومنافع متعددة عبر المجالات المختلفة التي تقاطع وتعاون معها ومن بينها: مجال المكتبات والمعلومات؛ ويحفل الإنتاج الفكري الأجنبي بالكثير من الكتابات في موضوع التمثيل المرئي للمعلومات التي تراوحت ما بين أعمال مؤتمرات، ومقالات، ومراجعات علمية، وفصول في كتب، وكتب، ومعايير وإرشادات ومبادئ توجيهية، وممارسات وتطبيقات...، وغيرها من مصادر وضعت الأسس النظرية التي يرتكز إليها هذا الموضوع؛ فقدمت المفاهيم والتعريفات التي تعبر عنه، وأبرزت أهميته، ووصفت أهدافه، ورصدت نشأته وتطوره، وحددت استخداماته عبر المجالات المختلفة، بينما يفتقر الإنتاج الفكري العربي بصفة عامة للاهتمام بهذا الموضوع، والكتابات العربية التي تهتم بالأساسيات النظرية فيه تكاد تكون نادرة، ومن هنا تأتي أهمية إعداد دراسة حول أساسيات التمثيل المرئي للمعلومات بما يساعد الباحثين والدارسين في القدرة على تكوين صورة ذهنية واضحة المعالم حول هذا الموضوع، والموضوعات والقضايا ذات الصلة به، وهي خطوة أولى أساسية تمهد الطريق أمام الباحثين والدارسين، وتوجه انتباههم إلى هذا الوافد الواعد الجديد الذي أصبح واحدًا من المجالات الأساسية التي يجب أن تُشكَّل معرفة الطالب والباحث والمتعلم في عصر البيانات اليوم، وأن يكتسب مهاراته، ويستخدم أدواته وأساليبه وتكنولوجياته بما يخدم أغراض العلم والمعرفة، ويحقق مطالب الفرد والمجتمع المتجددة من المعلومات، وفي الوقت نفسه يرشدهم إلى اتخاذ خطوات أعمق بالإقدام على إعداد البحوث والدراسات في هذا المجال.

<u>ويمكن أن تتضح أهمية الدراسة من خلال:</u>

1- مساعدة الباحثين والدارسين في التعرف على التمثيل المرئي للمعلومات بوصفه مجالًا بحثيًا واعدًا يمكن أن يستفيد منه "مجال المكتبات والمعلومات"، من خلال تقديم إطار عام من المعرفة النظرية حول أساسيات الموضوع.

2- سد ثغرة في الإنتاج الفكري العربي في مجال التأصيل النظري للتمثيل المرئي للمعلومات، نظرًا لافتقاره للاهتمام بهذا النوع من الدراسات.

3- التأسيس لمنطقة بحثية جديدة؛ بتناول واحد من الموضوعات التي لم تكترث البحوث والدراسات في المجال بالاهتمام بها، بما يفتح آفاق واسعة أمام الباحثين والدارسين، ويرشدهم إلى إعداد الكثير من البحوث والدراسات في هذا المجال.

3/1 أهداف الدراسة وتساؤلاتها:

تسعى الدراسة إلى تحقيق هدف رئيسي هو: **تقديم إطار عام من المعرفة النظرية الأساسية حول موضوع: "التمثيل المرئي للمعلومات" بما يساعد في تحديد الخصائص والسمات العامة لهذا الموضوع ومعالمه الرئيسية،** وقد انبثق عن هذا الهدف الرئيسي مجموعة من الأهداف الفرعية التي يمكن إيجازها على النحو الآتي:

1- توضيح المعنى اللغوي والاصطلاحي المقصود من (التمثيل المرئي للمعلومات)، وتحليل المفاهيم والتعريفات الرئيسية التي صاغها الباحثون والدارسون المتخصصون من منظورهم أو اتفق عليها أهل المجال، ومدلولاتها، ورصد أوجه التشابه والاختلاف بينها، واستخلاص الخصائص المشتركة التي يدل عليها هذا المجال منها.

2- تقديم لمحة تاريخية موجزة حول نشأة هذا المجال تاريخيًا، ونضوجه وتطوره إلى مجال بحثي متعدد التخصصات ومظاهر الاهتمام البارزة به التي أدت إلى التوسع في استخدام أساليبه وتكنولوجياته والسعي للإفادة منه.

3- رصد أهداف التمثيل المرئي للمعلومات، وحصر أنواع البيانات التي يمكن تمثيلها مرئيًا.

4- حصر وتحليل النماذج المرجعية التي جرَّدت عملية التمثيل المرئي للمعلومات، والمراحل والخطوات العملية التي صاغها الباحثون والدارسون للقيام بهذه العملية.

5- التعريف ببرامج التمثيل المرئي للمعلومات وأدواته، والوظائف الأساسية التي تؤديها، وتحديد أبرز الأدوات البرمجية التي تساعد في القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات.

وفي ضوء مشكلة الدراسة الرئيسية الموضحة سابقًا، والأهداف التي تسعى إلى تحقيقها، وضعت الدراسة خمس تساؤلات تؤدي الإجابة عنها إلى تحقيق الدراسة لأهدافها، يمكن توضيحها على النحو الآتي:

1- ما المعنى اللغوي والاصطلاحي المقصود من مصطلح (التمثيل المرئي للمعلومات)، وما المفاهيم والتعريفات الرئيسية التي صاغها الباحثون والدارسون المتخصصون، واتفق عليها أهل هذا المجال حوله؟

2- كيف نشأ التمثيل المرئي للمعلومات تاريخيًا بوصفه مجالًا معرفيًا فرعيًا ومنظمًا؟، وكيف نضج وتطور إلى مجال بحثي متعدد التخصصات؟، وما مظاهر الاهتمام البارزة به التي أدت إلى زيادة شعبيته، وانتشاره، وتوجيه الباحثين للبحث والدراسة فيه، والتوسع في استخدام أساليبه وتكنولوجياته والسعي للإفادة منه؟

3- ما أهداف التمثيل المرئي للمعلومات؟، وما أنواع البيانات التي يمكن تمثيلها مرئيًا؟

4- ما النماذج المرجعية الأساسية التي تجرَّد عملية التمثيل المرئي للمعلومات؟، وما المراحل والخطوات العملية التي صاغها الباحثون والدارسون ويمكن اتباعها للقيام بهذه العملية؟

5- ما برامج التمثيل المرئي للمعلومات؟، وما الوظائف الأساسية التي تؤديها؟، وما برامج التمثيل المرئي للمعلومات الأكثر استخدامًا وانتشارًا التي تساعد في تحليل مجموعات البيانات وتمثيلها مرئيًا؟

4/1 حدود الدراسة ومجالها:

- **<u>الحدود الموضوعية</u>:** تستعرض الدراسة الأساسيات النظرية لـ"التمثيل المرئي للمعلومات" التي تساعد في تحديد الخصائص والسمات العامة لهذا الموضوع ومعالمه الرئيسية.
- **<u>الحدود الزمنية</u>:** تتبع الدراسة مجال "التمثيل المرئي للمعلومات" منذ أواخر الثمانينيات من القرن العشرين.

5/1 منهج الدراسة:

استخدمت الدراسة **المنهج الوصفي**، واعتمدت على مهارات التحليل، والربط، والتفسير... وغيرها من مهارات تساعد في تحليل، وتفسير البيانات النظرية المُجمعة حول موضوع الدراسة، واستخلاص النتائج منها، وتمثلت أدوات الدراسة لجمع البيانات في: الوثائق والمصادر المكتوبة التي تناولت هذا الموضوع.

6/1 الدراسات السابقة:

حظي مجال "التمثيل المرئي للمعلومات" على اهتمام الكثير من الباحثين والدراسين؛ فقد كشفت نتائج مراجعة الإنتاج الفكري الذي نُشر حول الموضوع عن وجود الكثير من البحوث والدراسات التي تعرضت للموضوع، وتناولته من وجهات موضوعية مختلفة، لذلك سوف نكتفي باستعراض نماذج من هذه الدراسات:

تُعد دراسة **Friendly (2006)** محاولة رائدة لتقديم فهرس شامل عام على نطاق واسع للتطورات المُهمة في جميع الميادين المتصلة بتاريخ التمثيل المرئي للمعلومات؛ فقد قدَّم في دراسته لمحة موجزة عن تاريخ التمثيل المرئي للبيانات، ونشأته من العصور الوسطى إلى العصر الحديث، واصفًا وموضحًا بعض التقدم الكبير الذي جرى على طول الطريق، في مشروع سُمي (Milestones Project) لجمع وتصنيف وتوثيق التطورات المُهمة ضمن مجموعة واسعة من المجالات المعرفية ذات الصلة التي أدت إلى التمثيل المرئي للبيانات الحديث، وقد أكدت هذه الدراسة أن التمثيل المرئي للمعلومات مجالًا له جذور عميقة تصل إلى ما قبل القرن السابع عشر الميلادي من التاريخ، وأن هذه الجذور تصل إلى تاريخ صناعة الخرائط والرسم المرئي، ولاحقًا ترجع إلى فن رسم الخرائط الموضوعية، وعلم الإحصاء، والرسومات الإحصائية مع التطبيقات والابتكارات في الكثير من مجالات الطب وغيرها من المجالات والعلوم التي غالبًا ما تتشابك مع بعضها البعض، كما ترتبط مع التفكير الإحصائي، وجمع البيانات على نطاق واسع للتخطيط والتجارة خلال القرن التاسع عشر، وقد ساهمت مجموعة متنوعة من التطورات في الاستخدام واسع النطاق للتمثيل المرئي للبيانات اليوم، والتقديم الجديد في الشكل والمحتوى على حد سواء؛ وتشمل هذه التقنيات: التطورات في تقنيات الطباعة والاستنساخ، والتقدم في علم الرياضيات، وعلم الإحصاء، والنظرية والممارسة الرياضية، والتطورات الجديدة التي جرت في جمع البيانات والملاحظة والتسجيل التجريبي.

وتناول **Card (2008)** في دراسته التمثيل المرئي للمعلومات بوصفه وسيلة لتعزيز المعرفة والإدراك تستخدم الحاسة ذات القدرة الأكبر على إدراك المعلومات، والتي أتاحت التطورات الحديثة في أجهزة الحاسوب فرصًا عظيمة لاستغلالها، مما أدى إلى تطوير الكثير من أساليب وتكنولوجيات التمثيل المرئي للمعلومات، وتبدأ الدراسة بسرد بعض الأمثلة التي توضح كيفية استخدام التمثيل المرئي للمعلومات في العثور على البيانات، ومراقبتها وملاحظة الاتجاهات والانحرافات المثيرة للاهتمام في البيانات، والبحث عن أنماط ذات معنى في البيانات مدخلًا للتعريف بالتمثيل المرئي للمعلومات، وتوضيح الأهداف التي يسعى إلى تحقيقها، ومناقشة أهميته، ثم انتقلت الدراسة لعرض النموذج المرجعي للتمثيل المرئي الذي يجرد عملية التمثيل المرئي، ويصفها في أربع خطوات رئيسية، واستعرضت الهياكل المرئية البسيطة والمعقدة والتفاعلية، وتفاعلات المستفيد مع العروض المرئية، ومستويات استخدام التمثيل المرئي للمعلومات وتطبيقه، وقد أكدت هذه الدراسة على مجموعة من النتائج لعل أهمها: التمثيل المرئي يساعد على زيادة الإدراك ليس بسبب تفوق الصور على أشكال التفكير والاتصال الأخرى؛ بل لأنه يساعد المستفيد من خلال جعل العالم خارج العقل مصدرًا للتفكير بطرق محددة، وأنه عبارة عن مجموعة من التقنيات التي تستخدم الحوسبة المرئية لزيادة الإدراك البشري بمعلومات مجرَّدة، وأنه يساعد على تسريع الفهم والعمل في عالم ينمو فيه حجم المعلومات باطراد.

واهتم **Shneiderman (1996)** بتصنيف أنواع البيانات وتحديد التفاعلات النموذجية للبحث عن معلومات المستخدم؛ فقدمت دراسته تصنيفًا للمهام حسب نوع البيانات التي صنفها إلى سبعة أنواع من البيانات، تعكس تجريدًا للواقع وهي: (البيانات الأحادية، والثنائية، وثلاثية الأبعاد، والبيانات الزمنية، والبيانات متعددة الأبعاد، والبيانات الشجرية، والشبكة)، وسبعة مهام عبارة عن سبع تفاعلات نموذجية للبحث عن معلومات المستخدم، توضح كيفية تقديم البيانات على الشاشة بحيث تكون أكثر فاعلية للمستخدمين وهي: (نظرة عامة (Overview first)، والتكبير/التصغير(Zoom)، والتصفية (Filter)، والتفاصيل عند الطلب (Details on demand)، والارتباط (Relate)، والتاريخ (History)، والاستخراج (Extract)؛ موضحًا أنها أفكار مُهمة وجذابة لتصميم واجهات المستخدم، ولاستكشاف المعلومات، والعثور على العناصر ذات الصلة؛ لأنها تقدم المعلومات بسرعة وتسمح باستكشاف سريع يتحكم فيه المستفيد، ولكي تكون هذه الأساليب فعَّالة بشكل كامل، فإن بعضا منها يتطلب:

هياكل بيانات جديدة، وشاشات ملونة عالية الدقة، واسترجاع سريع للبيانات، وهياكل بيانات متخصصة، وحساب متوازي، وبعض من التدريب للمستفيدين.

وعلى جانب آخر، أوضح **Keim (2002)** أن استكشاف وتحليل الكميات الهائلة من البيانات أمر بالغ الصعوبة بسبب النمو غير المسبوق في حجم البيانات، وأنه يمكن أن يساعد –التمثيل المرئي للمعلومات والتنقيب عن البيانات مرئيًا– في التعامل مع هذا الطوفان من المعلومات، وهناك عدد كبير من تقنيات التمثيل المرئي للمعلومات التي تم تطويرها على مدى العقد الماضي لدعم استكشاف مجموعات البيانات الكبيرة، ولذلك، سعت هذه الدراسة إلى تصنيف تقنيات التمثيل المرئي للمعلومات والتنقيب المرئي عن البيانات بناءً على نوع البيانات المراد تمثيلها، وتقنية التمثيل المرئي، وتقنية التفاعل والتشويه مع توضيح هذا التصنيف باستخدام بعض الأمثلة، وخلصت الدراسة بأن تقنيات التمثيل المرئي للمعلومات سوف تساعد في حل مشكلة استكشاف مجموعات البيانات الكبيرة؛ لأن الاستكشاف المرئي للبيانات يتمتع بإمكانيات عالية، وسوف تستخدم الكثير من التطبيقات مثل: التنقيب عن البيانات– تقنيات التمثيل المرئي للمعلومات لتحسين تحليل البيانات، والعمل المستقبلي سوف يتضمن تكامل تاما بين تقنيات التمثيل المرئي والتقنيات التقليدية من تخصصات مثل: الإحصاء، وتعلم الآلة، وبحوث العمليات، والمحاكاة، وأن دمج تقنيات التمثيل المرئي وهذه الأساليب التقليدية الأكثر رسوخًا من شأنها أن تجمع بين خوارزميات التنقيب عن البيانات التلقائية السريعة والقوة البديهية للعقل البشري؛ مما يُحسِّن جودة وسرعة عملية التنقيب المرئي عن البيانات، ومن جهةٍ أخرى، تحتاج تقنيات التنقيب المرئي عن البيانات أيضًا إلى التكامل التام مع الأنظمة المستخدمة لإدارة الكميات الهائلة من المعلومات العلائقية وشبه المنظمة، بما في ذلك إدارة قواعد البيانات وأنظمة مستودعات البيانات؛ لأن الهدف النهائي هو جلب قوة تقنية التمثيل المرئي للمعلومات إلى كل سطح مكتب للسماح باستكشاف أفضل وأسرع وأكثر سهولة لموارد البيانات الكبيرة جدًا.

وبحثت دراسة **Tate (2008)** مجالين هما: زيادة المعلومات (Information overload) والتمثيل المرئي للمعلومات بهدف تحديد الطرق التي يمكن أن تُحسِّن بها أدوات التمثيل المرئي، وتساعد في التعامل مع مشكلة زيادة المعلومات؛ وبدأت الدراسة بمراجعة علمية للإنتاج الفكري الذي نُشر حول زيادة المعلومات التي يرجع تاريخها إلي عام 1970م عندما صاغ ألفين توفلر (Alvin Toffler) مصطلح "زيادة المعلومات"، ثم انتقلت لتتناول المؤلفات والبحوث والدراسات العلمية التي كُتبت حول تكنولوجيا "التمثيل المرئي"، بينما تناول الجزء الأول منها خمسين أداة مختلفة لتمثيل المعلومات مرئيًا وجدت على الإنترنت، سعت الدراسة إلى تقييمها بما يوفر بيانات عن الأدوات الأكثر فائدةً، ونجاحًا، وتنوعًا، ويفيد في اقتراح السبل التي يمكن من خلالها تحسين هذه الأدوات مستقبلًا، واهتم الجزء الثاني من الدراسة بفحص دقيق لثلاث أدوات من بين أدوات التمثيل المرئي للمعلومات الخمسين وهي: أداة (Live Plasma) التي تُمثل مرئيًا الموسيقى المفضلة من موقع (Amazon.com)، وأداة (Grokker) التي تُمثل مرئيًا نتائج البحث في دليل البحث ياهوو (Yahoo)، وأداة (Visual Thesaurus) التي تُمثل مرئيًا نتائج البحث في مداخل المكانز، كما أجرت الدراسة استطلاعا للرأي وجه إلى كل من الخريجين والطلاب الجامعيين الذين على دراية باستخدام الإنترنت، بما يساعد في جمع ردود الأفعال حول تجربتهم لاستخدام هذه الأدوات، ومن ثم التعرف على سبل تحسينها، والعمل على زيادة الإقبال على استخدامها من جانب الجمهور العام، وخلصت الدراسة أن التمثيل المرئي للمحتوى لن يحل محل كل المواقع النصية والبرامج الحاسوبية، وبدلا من ذلك فإنه إما أن يستخدم جنبًا إلى جنبٍ عندما تتطابق خدماته مع احتياجات المستفيد أكثر من الأدوات المعتمدة على النص، أو سيتم دمجه في الأدوات التي تعتمد على النص، وتوصلت الدراسة أيضًا بأن البعض من هذه الأدوات جيدة بما يكفي للدخول والانتشار في سوق العمل، ولكن الكثير منها يحتاج لإجراء عدد من التحسينات، وانتهت الدراسة بالإشارة لأن زيادة المعلومات مشكلة كبيرة، وسوف تتفاقم مع مرور الوقت، ويُعد التمثيل المرئي للمحتوى رد فعل مشروع على هذه المشكلة؛ إذ إن لديه القدرة على تلخيص كميات ضخمة من المعلومات، وجعلها أسهل في البحث، وأن الخطوة القادمة في تطور التمثيل المرئي للمحتوى تتصل بتحسين مستوى واجهات التعامل مع أدواته المختلفة، فضلًا عن العمل لإعلام الجمهور الذي لا يعرف سوى القليل منه بوجودها.

وتناولت دراسة **Van Eck and Waltman (2014)** موضوع التمثيل المرئي للشبكات الببليومترية بأنواعها المختلفة بدء من شبكة علاقات الاستشهادات المرجعية بين الوثائق، أو المجلات، إلى شبكة علاقات التأليف المشارك بين الباحثين، أو شبكات العلاقات بين الكلمات الدالة المتكررة، كما ناقشت الدراسة المناهج الثلاثة الأكثر شيوعًا للتمثيل المرئي وهي: النهج القائم على المسافة، والنهج القائم على الرسم البياني، والنهج القائم على التسلسل الزمني، وقدمت الدراسة لمحة عامة عن عدد من الأدوات البرمجية التي يمكن استخدامها في التمثيل المرئي للشبكات الببليومترية، بينما ركزت على اثنين من هذه الأدوات وهما: (VOSviewer)، و(CitNetExplorer)، واهتمت الدراسة أيضًا بتوضيح أهم التقنيات التي تستخدمها هذه الأدوات لبناء وتحليل الشبكات الببليومترية وتمثيلها مرئيًا، بالإضافة إلى ذلك قدمت دروسًا توضح خطوة بخطوة تعليمات حول كيفية استخدام هذه الأدوات البرمجية، واختتمت بمناقشة أوجه القصور والاستخدام السليم للتمثيل المرئي للشبكات الببليومترية مع ملخص لبعض التطورات الجارية والمستقبلية.

2/ **الدراسة النظرية**:

1/2 المصطلحات والمفاهيم:

يتكوَّن مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" من كلمتين: كلمة (Information)، وكلمة (Visualization) بمعنى "التمثيل المرئي للمعلومات" (Information Visualization)، وقد اشتقت كلمة التمثيل المرئي (Visualization) التي يرجع أول استخدام معروف لها إلى عام 1883م- من الفعل (Visualize)، ومعناه كما جاء في **معجم أوكسفورد (Oxford)** "تشكيل الصورة الذهنية للتخيُّل أو جعل (الشيء) مرئي للعين" (Oxford University Press, n.d.a; n.d.b).

ويُعرِّف قاموس **كامبردج على الإنترنت (Cambridge Dictionaries online)** الفعل (Visualize) بأنه: "تشكيل صورة شخص ما أو شيء في عقلك، من أجل تخيله أو تذكره/ تذكرها" (Cambridge University Press & Assessment, n.d.a).

أما **قاموس ميريام ويبستر أون لاين (Merriam-Webster Online Dictionary)** فيُعرِّف الفعل (Visualize) إذا كان متعديًا بأنه: "لجعله مرئيا: لرؤية أو تشكيل الصورة الذهنية لـ: التخيُّل <تحاول تخيل/ تصور المشكلة> أو لجعل (عضو داخلي أو جزء) مرئي عن طريق التمثيل المرئي بالأشعة"، ويُعرفه بأنه: "تشكيل الصورة البصرية الذهنية" إذا كان لازمًا (Merriam-Webster, n.d.a).

بينما جاء في **قاموس المورد الحديث** أن معنى الفعل (Visualize): يَتَصوَّر أو يتَخيَّل [شيئًا أو أمرًا ما] أو يُبدي [للعيان] أو يتصوَّر؛ يتخيَّل (البعلبكي & البعلبكي، 2015).

ومن جهةٍ أخرى، عرض **معجم أوكسفورد (Oxford)** دلالتين لكلمة (Visualization) بوصفها اسمًا مشتقا من الفعل (Visualize) أولها: "تمثيل جسم/ كائن، حالة أو مجموعة من المعلومات كمخطط بياني، أو صورة أخرى على سبيل المثال تسمح أنظمة الفيديو بالتمثيل المرئي للجهاز الهضمي بأكمله"، أو هو "مخطط أو صورة أخرى تم إنشاؤها بوصفها التمثيل المرئي للكائن، والحالة أو مجموعة من المعلومات على سبيل المثال التمثيلات المرئية ثلاثية الأبعاد للتصميم المعماري" (Oxford University Press, n.d.a).

وقدَّم **قاموس ميريام ويبستر أون لاين (Merriam-Webster Online Dictionary)** ثلاث دلالات مُعجمية لكلمة (Visualization) التي بيَّن أيضًا أنها اسم مشتق من الفعل (Visualize)- منها أنها: "تشكيل الصور المرئية الذهنية" أو "الفعل أو عملية ترجمة/ تفسير من الناحية البصرية أو وضعها في شكل بصري" (Merriam-Webster, n.d.b).

في حين أوضح كل من قاموس **كامبردج على الإنترنت (Cambridge Dictionaries online)**، و**قاموس المورد الحديث** أن كلمة (Visualization) اسم مشتق من الفعل (Visualize) فقط (Cambridge University Press & Assessment, n.d.b)، ولم يقدما تعريفًا أو دلالة لغوية لها.

أما **كلمة المعلومات (Information)**؛ فقد أورد **معجم أوكسفورد (Oxford)** دلالتين لها، أولهما: المعلومات "حقائق قُدمت عن شيء أو شخص ما" (Oxford University Press, n.d.c).

ويُعرِّفها قاموس **كامبردج على الإنترنت (Cambridge Dictionaries online)** بأنها: "حقائق عن موقف أو حالة، شخص، حدث، ...إلخ" (Cambridge University Press & Assessment, n.d.c).

بينما عرض **قاموس ميريام ويبستر أون لاين (Merriam-Webster Online Dictionary)**- أربع دلالات لها، أولها: المعلومات "نقل أو استقبال المعرفة أو تبادلها" (Merriam-Webster, n.d.c).

وعلى جانب آخر، ظهرت كلمة المعلومات في **قاموس المورد الحديث** بمعانٍ مختلفة: 1- (أ) إعلام؛ إخبار (ب) عِلْم أو اطّلاع (ج) معرفة، 2- (أ) أخبار، أنباء (ب) حقائق؛ معلومات، 3- اتهام رسميّ [صادر عن نيابة] (البعلبكي & البعلبكي، 2015).

ويوضح ما تقدم؛ أنه لم تكترث القواميس والمعاجم اللغوية بمفهوم "التمثيل المرئي للمعلومات"؛ فلم يدخل بوصفه مصطلحًا مُركبًا في أي منها حتى الآن، ولم يُقدم أي قاموس منها- سواء أكانت عربية أم أجنبية- تعريفًا مُخصصًا له، وذلك على الرغم من احتواء هذه القواميس والمعاجم اللغوية على مصطلحات أخرى مثل: نظرية المعلومات (Information theory)، وتكنولوجيا المعلومات (Information technology)، وفجوة المعلومات (Information gap)[ii]، وهندسة المعلومات (Information architecture)... من مصطلحات ترجع الجذور التاريخية للبعض منها إلى تاريخ أحدث من تاريخ ظهور مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات".

ومن جهةٍ أخرى، أوضح تتبع المصطلح في الإنتاج الفكري العربي أنّ هناك القليل من التسميات العربية التي استخدمها الكُتَّاب والمؤلفون والباحثون والدارسون العرب في بحوثهم ودراساتهم ومؤلفاتهم مقابلا لمصطلح (Information Visualization) وهي: تمثيل المعلومات، وتصوير المعلومات (Slamaa, 2013)، وتصور المعلومات أو قوة المعلومات (هارتلي، بورجيس، & برونز، 2018، ص 178، 190)، والمعلومات المرئية (عبد الهادي، غندور & عطية، 2011، ص 24، 304، 309)، وإظهار المعلومات (الناصر & دبش، 2015)، وذلك في ضوء ندرة الدراسات والكتابات العربية المهتمة بهذا الموضوع.

ذلك عن الدلالة اللغوية لأصل الكلمة، فإذا ما انتقلنا إلى الدلالة الاصطلاحية كما وردت في معاجم المصطلحات المتخصصة، وكما يُعرِّفها المتخصصون بمؤلفاتهم نجد أنَّ المعاجم الاصطلاحية المتخصصة في علوم الحاسب والإنترنت وتكنولوجيا المعلومات[iii] وكذا المتخصصة في المكتبات والمعلومات[iv] على حدِّ سواء لم تكترث بتقديم تعريف مخصص لمصطلح (Information Visualization) ولم يدخل في أي معجم منها حتى الآن، **بينما تكشف القراءة المتأنية لما نُشر حول الموضوع في الإنتاج الفكري الأجنبي أنَّ هناك الكثير من التعريفات التي قدَّمها الكُتَّاب والباحثين والدارسين في دراساتهم وبحوثهم للمصطلح**؛ فقد قُدم مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" (Information visualization) في عام 1989م أنه: "استخدام الرسوم المتحركة ثنائية وثلاثية الأبعاد بغرض استكشاف المعلومات وهيكلية بنائها"، أو "استخدام الكائنات المتحركة ثنائية وثلاثية الأبعاد (أو التمثيلات المرئية) لتمثيل كل من المعلومات والعلاقات الهيكلية للمعلومات، ويؤدي التفاعل المباشر مع هذه الكائنات أو التلاعب بها إلى تغيرات في البنية الفعلية للمعلومات أو تغييرات في المعلومات الفعلية، ويتم وضع هذه الكائنات في بيئات ثلاثية الأبعاد محاكية، وتتمثل مُهمة المستفيد في التنقل بين هذه البيئات والتفاعل والتلاعب بالأدوات التي يجدها، وتحتاج بعض من هذه التفاعلات إلى عمليات تستغرق وقتًا طويلًا مثل البحث في قاعدة بيانات، وتعمل تفاعلات أخرى فقط على تغيير اتجاه المستخدم أو اتجاه بعض الكائنات في البيئة) (Robertson et al., 1989).

ومع التوسع في استخدام المصطلح، وظهور بحوث ودراسات حول الموضوع بدأ الكُتَّاب والمؤلفون الذين ينتمون إلى مجالات علمية مختلفة، يستخدمونه في بحوثهم ودراساتهم ومؤلفاتهم بدلالات مختلفة، وقد انعكس ذلك بوضوح على ما قدموه من تعريفات ومفاهيم؛ فقد عرَّف كل من **Kamada and Kawai (1991)** التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "ترجمة من النصوص أو التمثيلات الداخلية إلى التمثيلات التصويرية" أي: إنهما

اعتبرا أن عملية التمثيل المرئي للمعلومات بمثابة ترجمة من اللغات النصية، وأطلقوا عليها عملية الترجمة إلى صورة كما أوضح (Huotari, 2005).

وقدَّم **Keim et al. (1995)** تعريفًا للتمثيل المرئي للمعلومات مستخدمين التسمية الإنجليزية (Data visualization) للدلالة عليه- بأنه: "العرض أو التقديم الرسومي للبيانات، سواء أكانت هذه البيانات هي بيانات أساسية (Base data)، أم بيانات موجزة (Summary data)، أم بيانات مهيئة (Configuration data) أم المعرفة المُستخرجة من البيانات".

ويُعرِّف كل من **Averbuch et al. (1996)** التمثيل المرئي للمعلومات بوصفه "مجالًا فرعيًا تتزايد أهميته في التفاعل بين الإنسان والحاسوب ((Human–Computer Interaction (HCI)، ويركز على الآليات الرسومية المُصممة لإظهار بنية المعلومات، وتحسين تكلفة الوصول إلى مستودعات البيانات الكبيرة، وفي الشكل المطبوع، يتضمن التمثيل المرئي للمعلومات عرض البيانات العددية (على سبيل المثال: مخطط الأشرطة الأفقية (Bar charts)، والمخطط البياني (Plot charts)، والمخطط البياني الدائري (Pie charts))، والعلاقات الاندماجية/ التوافقية كرسوم الرسومات البيانية، والبيانات الجغرافية كالخرائط المشفرة (Encoded maps))، والأنظمة الحاسوبية كالمعلومات المتخيّلة (Information visualizer))، والاستفسارات الديناميكية (Dynamic queries)، بالإضافة إلى تقنيات التمثيل المرئي التفاعلية الجديدة كالرسوم ثلاثية الأبعاد (3D))، والرسوم المتحركة".

وبشكل أكثر إيجازًا، عرَّف كل من **Card and Mackinlay (1997)** التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "استخدام المعالجة المرئية بمساعدة الحاسوب لاكتساب الفهم".

في حين ذكر **Rohrer and Swing (1997)** أنَّ التمثيل المرئي للمعلومات هو "فرع ناشئ من فروع المعرفة، يستخدم وسائل مرئية لتمثيل البيانات غير المكانية والمُجرَّدة".

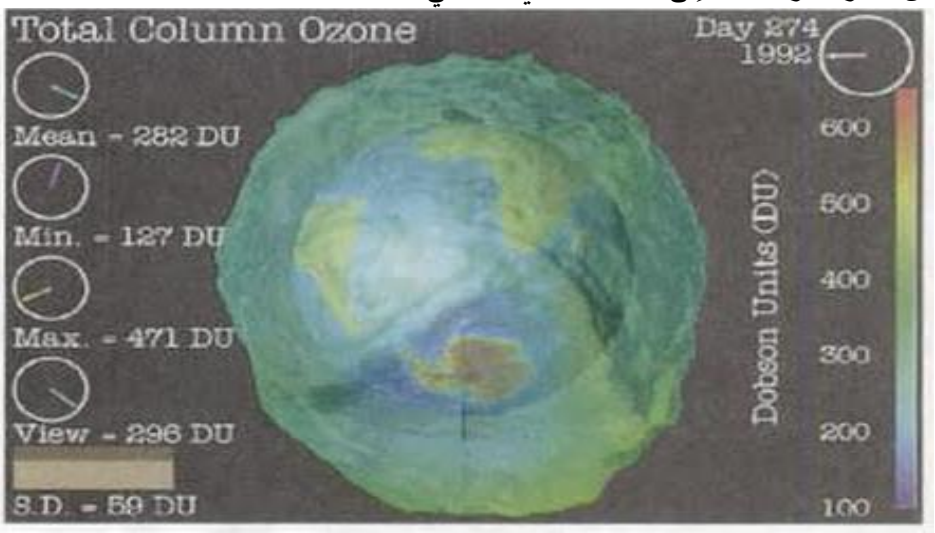
وأوضح كل من **Gershon et al. (1998)** أنَّ التمثيل المرئي للمعلومات هو "عملية تحويل البيانات، والمعلومات، والمعرفة إلى شكل مرئي يستفيد من قدرات الإنسان البصرية الطبيعية"؛ فهو يجمع بين مزايا التمثيل المرئي العلمي (Scientific visualization)، ويُبنى على نظريات تصميم واجهات استخدام بين الإنسان والحاسوب، والتنقيب عن البيانات (Data mining)، والتصوير (Imaging)، والرسومات (Graphics) (Gershon et al., 1998).

بينما بيَّن **Hawkins (1999)** أن التمثيل المرئي للمعلومات هو: "اندماج لاثنين من الأنشطة المعروفة سابقًا ولكنها مجالات بحث منفصلة وهي: التفاعل بين الإنسان والحاسب، وخزن واسترجاع المعلومات في قواعد البيانات الكبيرة"، وخصصت **دورية (ACM Sigmod Record)** عددًا خاصًا للتمثيل المرئي للمعلومات عُرِّف فيه أنه "مجال فرعي تزايدت أهميته في مجال التفاعل بين الإنسان والحاسب، يركز على تصميم آليات مرئية تُبرز بوضوح للمستخدم بنية المعلومات، وتحسين تكلفة الوصول إلى مستودعات البيانات الكبيرة".

ومن جهةٍ أخرى، أشار كل من **Card et al. (1999)** حول تعريف التمثيل المرئي للمعلومات أنَّ هناك الكثير من الأنشطة التي ترتبط بإنشاء أدوات مرئية، وهناك حاجة إلى فصل علاقاتها من أجل وضع (التمثيل المرئي للمعلومات) في السياق الملائم، والبداية تأتي من مفهوم **(التمثيل المرئي)** (Visualization) الذي يمكن تحديده بأنه: "استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية والمعالجة حاسوبيًا للبيانات لزيادة الإدراك"، وأنَّ (الإدراك) هو اكتساب أو استخدام المعرفة، ولهذا التعريف مَزِيَّة التركيز بقدر ما للهدف من التمثيل المرئي بوصفه وسيلة؛ فقد ذكر هامنج (Hamming) (1973)، "أن الغرض من الحساب هو البصيرة، وليس الأرقام"، وبالمثل للتمثيل المرئي فـ"إن الغرض من التمثيل المرئي هو البصيرة وليس الصور"، والأهداف الرئيسية لهذه البصيرة هي: الاكتشاف، وصنع القرار، والتفسير والشرح، وفي ضوء ذلك فإن التمثيل المرئي للمعلومات مفيد إلى الحد الذي يزيد من قدراتنا على أداء هذه الأنشطة المعرفية الإدراكية وغيرها من أنشطة معرفية.

ويُؤرَّخ للتمثيل المرئي بوصفه مجالا ثانويا منظما في تقرير مؤسسة العلوم الوطنية (National Science Foundation (NSF)) "التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية" (McCormick et al., 1987)، وهناك تصور

كما أوضح كل من .Card et al (1999) أنه أداة للسماح بمعالجة كميات كبيرة من البيانات العلمية، وتعزيز وتحسين قدرة العلماء على رؤية الظواهر في البيانات، ورغم أنه ليس ضرورة للمفهوم الأصلي فإن التمثيل المرئي العلمي يميل إلى الاستناد إلى البيانات الطبيعية مثل: جسم الإنسان، والأرض، والجزيئات، أو غيرها، ويستخدم الحاسوب لعرض بعض الخصائص، وفي حين التمثيل المرئي قد يُشتق من التجريد على هذا الفضاء الطبيعي أو المادي، فإن المعلومات هي هندسية بطبيعتها، على سبيل المثال، في الشكل (1)، التمثيل المرئي لتركيز الأوزون في الغلاف الجوي، الذي يعتمد التمثيل المرئي المعروض فيه على تمثيل طبيعي مادي ثلاثي الأبعاد للأرض، الذي يعرض أفكارا مُجرَّدة تستند إلى الفضاء المادي الطبيعي.



شكل (1) تمثيل مرئي يوضح تركيز طبقات الأوزون المحيطة بالأرض في الغلاف الجوي

المصدر :(Card et al., 1999, p.6)

وعلى جانب آخر، أوضح كل من .Card et al (1999) أنه قد تستفيد المعلومات غير المادية مثل: البيانات المالية، والمعلومات التجارية، ومجموعات الوثائق والمفاهيم المُجرَّدة أيضًا عندما تظهر في شكل مرئي، ولكن التمثيل المرئي لهذه المعلومات يواجه مجموعة من المشكلات؛ لأن هذه المعلومات ليس لديها تخطيط أو رسم مكاني واضح، كما تبرز مشكلة أخرى حول كيفية عرض وتقديم الخصائص المرئية من الأشياء ذات الأهمية المثيرة للاهتمام، بالإضافة إلى مشكلة أساسية في تخطيط ورسم الأفكار المُجرَّدة غير المكانية وتحويلها إلى الشكل المرئي الفعَّال، وهناك قدر كبير من هذه المعلومات المُجرَّدة في العالم المعاصر، وتحفز مشكلة الزيادة الكبيرة في حجمها وتعقيداتها على المحاولات لنشر التمثيل المرئي في العالم المُجّرد (Card et al., 1991)، وكما اتضح من قبل فإن، الوسائل المرئية للإدراك تستفيد من التمثيلات المرئية الجيدة للمشكلة، وكذا من التلاعب التفاعلي بتلك التمثيلات، وفي ضوء ذلك عرَّف كل من .Card et al (1999) التمثيل المرئي للمعلومات أنه: "استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات المُجرَّدة لزيادة الإدراك".

وقد سجَّل كل من .**Card et al (1999)** عددًا من التعريفات العملية لتوضيح العلاقات بين المفاهيم المتعلقة بالتمثيل المرئي للمعلومات على النحو المبيّن بالجدول (1)؛ لأن الإدراك الخارجي (External cognition) يُعنى بتفاعل التمثيلات والعمليات المعرفية عبر الحدود الخارجية/ الداخلية من أجل دعم التفكير، وتصميم المعلومات (Information design) هو محاولة واضحة لتصميم التمثيلات الخارجية لزيادة الإدراك، ورسومات البيانات (Data graphics) هي تصميم تمثيلات مرئية لكنها مُجرَّدة للبيانات، ولهذا الهدف يستخدم التمثيل المرئي الحاسوب لإنشاء رسومات البيانات، والتمثيل المرئي العلمي هو التمثيل المرئي المُطَبّق على البيانات العلمية، والتمثيل المرئي للمعلومات هو التمثيل المرئي المُطَبّق على البيانات المُجَرّدة، والأسباب الكامنة وراء الاختلاف بين هذين النوعين من التمثيل المرئي هي: البيانات العلمية غالبًا ما تكون قائمة على أساس مادي فيزيائي، في حين المعلومات التجارية والبيانات المُجرَّدة الأخرى لا تكون كذلك في كثير من الأحيان.

جدول (1) تعريفات ذات صلة بالتمثيل المرئي للمعلومات

	تعريفات
الإدراك الخارجي	استخدام العالم الخارجي لتحقيق الإدراك.
تصميم المعلومات	تصميم تمثيلات خارجية لزيادة الإدراك.
رسومات البيانات	استخدام التمثيلات المرئية المُجرَّدة وغير التمثيلية للبيانات لزيادة الإدراك.
التمثيل المرئي	استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية والمعالجة حاسوبيا للبيانات لزيادة المعرفة والإدراك.
التمثيل المرئي العلمي	استخدام التمثيلات التفاعلية للبيانات العلمية وعادة ما تستند إلى أساس مادي فيزيائي لزيادة الإدراك.
التمثيل المرئي للمعلومات	استخدام التمثيلات التفاعلية للبيانات المجردة والبيانات ذات الأساس غير مادي لزيادة الإدراك.

المصدر: (Card et al., 1999)

وفي هذا الصدد، أضاف كل من .Ostergren et al (2011) أنَّ تعريف التمثيل المرئي للمعلومات السابق الذي قدَّمه كل من .Card et al (1999) أنه: "استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية القائمة على المعالجة الحاسوبية للبيانات المُجرَّدة وغير المُجسدة فيزيقيًا لزيادة المعرفة والإدراك"، نشأ بشكل جيد في مجتمع التمثيل المرئي لعلوم الحاسب.

وأشار **Gershon and Page (2001)** أنَّ التمثيل المرئي للمعلومات هو: "العملية التي تُحوِّل البيانات والمعلومات والمعرفة إلى شكل يعتمد على النظام البصري الإنساني لإدراك معلوماته –النموذج– المضمنة".

ويُعد هذا التعريف الأكثر شمولًا كما يرى كل من .Ostergren et al (2011) (على سبيل المثال، فإنه يشمل الخرائط المرسومة يدويًا والرسوم التوضيحية)، كما يشجع هذا التعريف الأوسع على الجمع بين الأفكار/ الرُؤى من مختلف المجالات التي تنتج وتدرس هذه التمثيلات المرئية: (علوم الحاسب، والتصميم الجرافيكي، والعلوم المعرفية، وعلم النفس التربوي، وعلم رسم الخرائط، وغيرها) التي سوف تقدم المعلومات للاتصال أو الاستكشاف، والمزيد من الأفكار في إطار تفاعلات الإنسان مع المعلومات، ويمكن القول بأن خدمة الطلاب والمجتمع الأوسع يتطلب القبول بالحد الأدنى مما يُشكِّل التمثيل المرئي للمعلومات.

وبينما أوضح كل من **Fekete and Plaisant (2002)** أنَّ التمثيل المرئي للمعلومات "مجال بحثي يهدف إلى دعم اكتشاف وتحليل البيانات من خلال الاستكشاف المرئي، وقد نال شعبية من خلال كتب إدوارد رالف توفتي (Edward R. Tufte)".

وفي كلمته الافتتاحية التي استهل بها تقديمه العدد الأول من المجلة الدولية (Information Visualization) المُهتمة بالبحوث والدراسات الأساسية والتطبيقات العملية في مجال التمثيل المرئي للمعلومات– عرَّف **Chen (2002)** التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "عملية بمساعدة الحاسوب تهدف إلى الكشف عن رُؤى حول ظاهرة مُجرَّدة عن طريق تحويل البيانات المُجرَّدة إلى أشكال مرئية مكانية" موضحًا أن "الهدف من التمثيل المرئي للمعلومات هو تحسين استخدام قدراتنا الإدراكية والتفكير المرئي في التعامل مع الظواهر التي قد لا تصلح بسهولة للتمثيل المرئي المكاني".

وترى **Munzner (2002)** أن التمثيل المرئي للمعلومات القائم على الحاسوب يدور حول "إنشاء أدوات تستغل النظام البصري البشري لمساعدة الأفراد على استكشاف البيانات أو شرحها، ويمكن أن يساعد التفاعل مع تمثيل المرئي دقيق للبيانات في تشكيل نماذج ذهنية تسمح بتنفيذ مهام مُحددة بشكل أكثر فعالية".

وأضاف كل من **Yang et al. (2003)** أنَّ التمثيل المرئي للمعلومات هو: "عملية تفاعل الإنسان مع الحاسوب التي يمكن أن تنقسم عمومًا إلى مرحلتين: أولها: تفسير المعلومات وخرطنتها (Mapping)، وثانيها: عرض المعلومات والتحكم فيها، وفي تفسير وخرطنة المعلومات تتحوّل البيانات من السمات الكمية والنوعية متعددة الأبعاد إلى تمثيلات بيانية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد لعمليات التمثيل المرئي اللاحقة، ثم يتم تقديم التمثيلات المُحَوَّلة وعرضها، وتحقق خريطة الفئة (Category map) مثل هذا الغرض عن طريق ضغط فضاء المعلومات

المُعقد في خريطة ثنائية الأبعاد ومع ذلك، فإنه مع زيادة عدد العقد الممثلة على خريطة الفئة ثنائية الأبعاد، قد لا يكون من الممكن عرض التسميات الكاملة في بعض المساحات الأصغر...، ولذلك فإن تقنيات التحكم في المعلومات مطلوبة لدعم التمثيل المرئي في عرض تفاصيل خرائط الفئة الكبيرة– التي تحتوي على الكثير من المناطق/ المساحات ولا يمكن أن تظهر جميعًا بالخريطة–، وتتكامل تقنيات التحكم في المعلومات مع تقنيات العرض عن طريق التحكم في عمليات عرض وتعديل الصور مثل: التكبير، والاستدارة، والإخفاء وغيرها من تقنيات للتفاعل البشري، ويكون للمستفيدين القدرة على التفاعل مع نظام التمثيل المرئي من خلال ضبط وتعديل المعايير أو تغيير النقاط المثيرة للاهتمام أثناء الإبحار والتجول في فضاء المعلومات".

ويذهب **مركز التحليلات والتصور المرئي التابع لجمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات للتمثيل المرئي (The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)) National Visualization and Analytics Center)** أن الباحثين في مجال التمثيل المرئي للمعلومات ابتكروا دلالات بصرية ديناميكية تفاعلية معالجة حاسوبيًا لتمثيل المعلومات المُجرَّدة، وأنه –التمثيل المرئي للمعلومات– تخصص جديد آخذ في الظهور بسرعة حول تكوين/ إنشاء تمثيلات مرئية معالجة حاسوبيًا لدعم عرض وتحليل المعلومات" (Thomas & Cook, 2005).

وفي هذا الصدد، أوضح **Eden (2005)** أن كل الإنتاج الفكري تقريبًا يتفق على هذا التعريف للتمثيل المرئي للمعلومات: وهو: "استخدام التمثيلات البصرية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات المُجرَّدة لزيادة الإدراك/ المعرفة"، موضحًا أنه على الرغم أنَّ هذا التعريف مفهوم لمعظم المهنيين في مجال الحاسبات والمعلومات، فإن هناك حاجة لطرق أسهل لتعريف التمثيل المرئي للمعلومات لأولئك الذين يعملون في مؤسسات المعلومات، واقترح الطرق الأخرى الآتية لتعريفه:

- عملية تحليل وتحويل البيانات غير المكانية إلى شكل مرئي فعَّال.
- طريقة فعالة جدًا لكي يدرك العقل مباشرة البيانات ويكتشف المعرفة والبصيرة منها.
- الظهور المرئي لأجسام البيانات وعلاقاتها.
- تحويل البيانات المُجرَّدة إلى تمثيل مرئي يُفهم بسرعة من جانب المستفيد.

ويُعرَّف كل من **Han et al. (2006)** التمثيل المرئي للمعلومات مستخدمين التسمية (Data visualization) مقابلًا له بأنه: "عملية تحويل المعلومات إلى شكل مرئي بما يُمكن المستفيدين من مراقبة المعلومات، ويُمكِن – العرض المرئي الناتج – العلماء والمهندسين من الإدراك المرئي للميزات المخفية في البيانات، ومع ذلك، هناك حاجة لاستكشاف البيانات وتحليلها، وهو غالبًا ما يكون أسهل لاكتشاف نمط من صورة من المعطيات الرقمية، ولذلك تلعب الرسوم التوضيحية مثل: الرسوم (Plots) والرسوم البيانية (Graphs) دورًا أساسيًا كأدوات لتحليل واستكشاف البنية المتأصلة في البيانات، وبوصفه واحدًا من الأدوات المهمة في استخراج البيانات، فإن التمثيل المرئي للمعلومات لا يساعد فقط على اكتشاف المعرفة؛ بل إنه يتحكم أيضًا في عملية تحليل البيانات، ولا توجد طريقة مرئية عامة واحدة مناسبة لجميع المشكلات، ومن المُهم اختيار أساليب التمثيل المرئي المناسبة وفقًا للمهمة، وخصائص البيانات من أجل تقديم تقدير نقدي وشامل للبيانات التي ستفيد تحليل لاحق ومعالجة واتخاذ القرارات".

ويشير **Kosara (2007)** أنَّ جزءً كبيرا من الارتباك حول التمثيل المرئي يأتي من حقيقة أنه لا يوجد تعريف واضح أو مقبول بشكل عام له، وقد يختلف هذا التعريف بوضوح بين المجالات، ولكن على الأقل يجب أن يكون ثابتًا داخل المجال الواحد (مثل: علوم الحاسب، والتصميم، والرسوم الإيضاحية،...)، ومن خلال فهم الاختلافات بين التعريفات في المجالات المختلفة، يمكن تحديد العناصر التي تساعد في بناء الجسر [رابط] بينها، إذ إن هذه ليست مجرد أوجه التشابه، ولكن أيضًا الاختلافات التي تتطلب التحقيق، وأوضح أنه من الأمثلة على التمثيل المرئي: التمثيل المرئي المعماري (Architectural visualization)، والتمثيل المرئي التضاريسي (Terrain visualization)، والتمثيل المرئي الطبي ثلاثي الأبعاد (3D medical/volume visualization)، والتمثيل المرئي للتدفق ثنائي أو ثلاثي الأبعاد (2D or 3D flow visualization)، والتمثيل المرئي الطوبوغرافي

للتدفق (Flow topology visualization)، ورسوم العرض التقديمي (Presentation graphics)، والتمثيل المرئي للبيانات المُجرَّدة (Abstract data visualization)، ولوحات المعلومات (Information dashboards)، والتمثيل المرئي للموسيقي (Music visualization)، وتركيب الصورة (Photomontage) أو مجموعة الملصقات (Collage)، وإشارات المرور (Traffic signs)، ولافتات المرور (Traffic signals)، ولغة الإشارة (Sign language)، والرموز (Icons)، وتمثيل النفس في وظيفة/ وضع مختلف، والتمثيل المرئي للمفاهيم، ورسم الكسيريات (Fractals).

كما ذكر أنه من الواضح أنَّ هذه الأنواع السابق الإشارة إليها أنواع مختلفة جدًا من الاتصال المرئي، والكثير منها لا يُنظر إليه بشكل عام بوصفه تمثيلا مرئيا مُبيّنًا طريقة التمييز بينها من خلال تحديد مجموعة من المعايير اعتبرها الحد الأدنى من المتطلبات لأي تمثيل مرئي، وأن هذه المعايير تساعد في تحديد وتعريف التمثيل المرئي للمعلومات وتنطبق بالتساوي على التمثيل المرئي العلمي، ويمكن توضيحها على النحو الآتي:

1- **يعتمد على البيانات (غير المرئية):** يجب أن تكون البيانات التي يتم تمثيلها من خارج البرنامج– أي: البرنامج الذي يُنتج المخرجات المرئية يترجم نوعًا من البيانات الخارجية غير المرئية إلى صورة مرئية–، ويجب أن يكون البرنامج قادرًا (على الأقل من حيث المبدأ) على العمل على مجموعات بيانات مختلفة، والتمثيل المرئي أيضًا ليس هو معالجة الصور أو التصوير الفوتوغرافي، وإذا كانت بيانات المصدر هي صورة، ويتم استخدامها كصورة في النتيجة، فلا يتم تمثيلها مرئيًا.
2- **يُنتج صورة:** يتضح أن كل تمثيل مرئي يهدف إلى إنتاج صورة أو أكثر من البيانات، ويجب أن تكون الرؤية البصرية الوسيلة الأساسية لإيصال البيانات، ويمكن أن تكون الوسائط الأخرى جزءً من التمثيل المرئي، ولكن يجب أن يكون التمثيل المرئي قادرًا على الوقوف بمفرده.
3- **أن تكون النتيجة قابلة للقراءة ويمكن تمييزها والتعرف عليها:** هناك الكثير من الطرق لتحويل البيانات إلى صور، ومعظمها لا يسمح للمشاهد بفهم البيانات الأساسية، ويجب أن تنتج المرئيات صورًا يمكن قراءتها بواسطة المشاهد [يجب أن يكون الرسم البياني قابلًا للقراءة، ويكون المشاهد قادرا على تحويل التمثيل البياني إلى القيم الأساسية]، حتى لو تطلب ذلك التدريب والممارسة، ويجب أيضًا تمييز صور التمثيل المرئي على هذا النحو، ولا يبدو أنها شيء آخر، ومن الممكن بالتأكيد استخدام عناصر إضافية، ولكن يجب ألا يكون لها الأسبقية على أهداف التوصيل الخاصة بالتمثيل المرئي، والتمثيلات المرئية لها خصائص أخرى مثل: التفاعل، والكفاءة المرئية، وما إلى ذلك، ورغم أن هذه الأمور مُهمة بالتأكيد، فإن المعايير المذكورة أعلاه تبدو كافية لتعريف "التمثيل المرئي للمعلومات" بدقة بطريقة يتم استخدامها بشكل عام في معناه التقني.

ويعرض **Friendly (2009)** رؤيته في هذا الاتجاه؛ فيُعرِّف التمثيل المرئي للمعلومات الذي عبَّر عنه تارة باستخدام التسمية الإنجليزية (Information visualization)، وتارة أخرى باستخدام التسمية (Data visualization)– بأنه: "علم التمثيل المرئي للبيانات"، والذي يُعرَّف بأنه المعلومات التي تم استخلاصها أو جُرِّدتْ في شكل تخطيطي ما، يتضمن السمات أو المتغيرات لوحدات المعلومات".

واقترح **Varian (2009)** تعريفًا أكثر شمولًا؛ فقد عرَّف التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "القدرة على أخذ البيانات– كي تكون قادرًا على فهمها، لمعالجتها، لاستخراج القيمة منها، لتمثيلها مرئيًا، لتوصيلها" متوقعا أن ذلك سوف يصبح مهارة مُهمة بشكل كبير في العقود المُقبلة، ليس فقط على المستوى المهني، ولكن أيضًا على المستوى التعليمي للأطفال في المدارس الابتدائية والثانوية والطلاب في الجامعات، وذلك بسبب توفر البيانات المجانية في كل مكان، ومن ثم فإن العامل النادر المجاني هو القدرة على فهم هذه البيانات واستخراج القيمة منها.

بينما أشار **Chen (2010)** أن التمثيل المرئي للمعلومات "يهتم بتصميم وتطوير وتطبيق التمثيلات البيانية التفاعلية المُوَّلدة حاسوبيًا من المعلومات، وهذا يُشير ضمنيًا بأن التمثيل المرئي للمعلومات يتعامل مع البيانات المُجرَّدة، والبيانات غير المكانية، ويُعد تحويل هذه البيانات المُجرَّدة إلى تمثيلات بيانية سهلة الاستخدام وذات معنى من الأهمية الأساسية لهذا المجال، كما يُعد التحويل أيضًا عملية إبداعية يُحدد فيها المصممون معان

جديدة في شكل أنماط من الرسوم البيانية، وبوصفه فنا يهدف التمثيل المرئي للمعلومات إلى توصيل الأفكار المُعقدة إلى جمهورها، وإلهام مستخدميها للارتباطات الجديدة، وبوصفه علمًا، يجب أن يقدم المعلومات والنماذج/ الأنماط المرتبطة بها بصرامة ودقة وأمانة".

ويذكر كل من .**Ward et al (2010)** أن التمثيل المرئي للمعلومات هو مجال متعدد التخصصات معني بـ"التمثيل المرئي للمعلومات المُعقدة بطرق تعزز الفهم"، موضحين أن هذا المجال يُستمد من تخصصات مثل: علوم الحاسوب، وفن الرسم البياني، والتصميم المرئي، وعلم النفس، والرياضيات، والأعمال التجارية.

ويستهل **Ziemkiewicz (2010)** دراسته بتعريف بسيط أشار فيه أنَّ التمثيل المرئي للمعلومات هو: "دراسة الطرق المرئية لتقديم وتحليل البيانات".

ويُعرِّف كل من .**Oleg et al (2013)** التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: مجال "دراسة التمثيلات المرئية (التفاعلية) للبيانات المُجرَّدة، سواء أكانت رقمية أم غير رقمية، وذلك للكشف عن الأنماط في البيانات التي يصعب العثور عليها".

وفي موسوعة التفاعل بين الإنسان والحاسوب (Encyclopedia of Human–Computer Interaction)– عرَّف **Few (2013)** التمثيل المرئي للمعلومات مستخدمًا التسمية (Data Visualization) بأنه: "العرض الرسومي البياني للمعلومات المُجرَّدة لسببين؛ لجعلها ذات معني (وتُسمى أيضًا تحليل البيانات) وتبادلها؛ إذ إن القصص المهمة تعيش في البيانات، ويُعد التمثيل المرئي للمعلومات وسيلة قوية لاكتشاف هذه القصص وفهمها ثم تقديمها للآخرين، والمعلومات تكون مُجرَّدة في وصفها للأشياء غير المادية؛ فالمعلومات الإحصائية مُجرَّدة سواء أكان الأمر يتعلق بالمبيعات أو الحالات المرضية أو الأداء الرياضي أو أي شيء آخر، ورغم أن هذه المعلومات لا تتعلق بالعالم المادي، فلا يزال بإمكاننا عرض هذه المعلومات مرئيًا، ولكن للقيام بذلك يجب أن نجد طريقًا لإعطاء شكل للشيء الذي لا تملكه، هذه الترجمة من التجريد إلى سمات مادية فيزيائية للتصور أو الرؤية: (الطول، والموضع، والحجم، والشكل، واللون، على سبيل المثال لا الحصر) لا يمكن أن تنجح إلا إذا فهمنا قليلا عن الإدراك البصري والمعرفة، وبعبارة أخرى فإنه لتمثيل البيانات بفعالية يجب أن نتبع مبادئ التصميم المستمدة من فهم الإدراك البشري".

وتبنى **Spence (2014)** في تعريفه للتمثيل المرئي للمعلومات في كتابه (Information visualization) التي صدرت أول طباعته في عام 2001م تعريف القاموس[v] للتمثيل المرئي الذي عرَّفه بأنه: "نشاط تشكيل نموذج عقلي/ ذهني لشيء ما" موضحًا بالأمثلة مجموعة من النقاط التي تكشف عن رؤيته للتمثيل المرئي للمعلومات التي يمكن تلخيصها على النحو الآتي:

1- إن بحث الأفراد عن المعلومات وجمعها حول شيء ما لاتخاذ قرار بشأنه هو عبارة عن جمع وتكوين "صورة ذهنية" عن الشيء المبحوث عنه، ويستخدم مصطلح "التمثيل المرئي" للتعبير عن ذلك في ضوء تعريف القاموس الموضح سابقًا.
2- هذا يُعد انغماسًا في التمثيل المرئي للمعلومات لأن ما يتصل بالبحث عبارة عن معلومات في أشكال مختلفة وأوجه متعددة، ويقوم الفرد بتمثيل هذه المعلومات مرئيًا عند اختيار الشيء المبحوث عنه (اتخاذ القرار).
3- إن ما يُساعد الفرد على بناء النموذج الذهني العقلي، هو البصر برؤية المواد المختلفة التي تقدم معلومات للفرد عن الشيء المبحوث عنه [vi].
4- إن التمثيل المرئي في ضوء تعريف القاموس الموضح سابقًا نشاط إنساني لذا لم تُستخدم كلمة "حاسوب"؛ إذ إن التمثيل المرئي –كما يرى– ليس لديه أي شيء على الإطلاق يقوم به مع الحاسبات، وذلك على الرغم من حقيقة التمثيل المرئي الذي يمكن أن يُعزز بشكل جيد من خلال الدعم الحاسوبي.

بينما وجهت **Dix (2013)** سهام النقد لبوب سبينس (Bob Spence) في ضوء تبنيه لتعريف القاموس الموضح أعلاه تعريفًا للتمثيل المرئي، وتأكيده أن التمثيل المرئي عن البصيرة وما يحدث في الرأس، وليس الحاسوب، وأنه غالبًا ما تتكون الصور الذهنية الأقوى من الكلمات وحدها، موضحة أن ذلك لا يتوافق مع المفهوم الشائع للتمثيل المرئي؛ الذي غالبًا ما يكون حول تصميم وسائط (حاسوبيًا، وورقيًا) لمساعدة الأفراد، لذلك قدمت

Dix (2013) تعريفًا مُختلفًا فعرَّفت التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "جعل البيانات أسهل للفهم باستخدام التجربة الحسية المباشرة" موضحة أن هذا التعريف لايزال عن البصيرة والفهم ولكنه أيضًا عن الإدراك الحسي ("الخبرة الحسية") (Sensory experience) والتصميم المدروس المتعمد ("صنع (Making)")، وهذا التعريف استخدم كلمة "حسي" (Sensory) وليس "بصري/ مرئي" (Visual)؛ لأن التمثيل المرئي الداخلي الذي يجعل الفرد يقول: "أنا أرى" يمكن أيضًا أن يحدث بالحواس الأخرى، وذلك على الرغم أنه الأقل شيوعًا، ولكنه يمكن أن يملك الفرد التمثيل المرئي السمعي والملموس، وتُعد هذه الأشكال غير المرئية ذات قيمة خاصة لأولئك الذين يعانون من إعاقة بصرية، ولكن أيضًا في الحالات التي تحتاج العيون فيها أن تكون في مكان آخر؛ على سبيل المثال: أثناء تحليق الطائرة فإن الغالبية العظمى من التمثيل المرئي تكون كما يوحي اسمها "بصرية/ مرئية"، إذ إن القشرة البصرية تُمثل (50%) من العقل، ومن ثم فمن المنطقي استخدامها، وأشارت أيضًا أنها استخدمت كلمة "مباشر" في التعريف لاستبعاد الأوصاف النصية الغنية تمامًا.

ويُعرِّف كل من **Nayek and Sen (2015)** الذين استخدما التسمية الإنجليزية (Data visualization) للدلالة على التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "وسيلة لتمثيل البيانات بدقة على الويب وغيرها، وهو يعطي وجهة نظر فريدة من نوعها على مجموعة البيانات، وهو تمثيل للبيانات في سياق مرئي يساعد على فهم أهمية البيانات، وهناك أنواع مختلفة من البيانات التي تتطلب تمثيلا مختلفا لتحقيق أغراض مختلفة مثل: البيانات الموسيقية، والبيانات الجغرافية، والبيانات العلمية... ".

وعرضت مؤسسة التصميم التفاعلي بالدانمارك **Interaction Design Foundation (n.d.a)** دلالتين: أولها: التمثيل المرئي للمعلومات "فن تمثيل البيانات بطريقة يسهل فهمها ومعالجتها، بما يساعدنا على فهم المعلومات، ومن ثم جعلها مفيدة في حياتنا"، ولم تختلف الدلالة الثانية التي قُدمت وإن كانت أكثر تفصيلًا وشرحًا لماهية المصطلح ودلالته؛ فقد عرَّفته بأنه: "عملية تمثيل البيانات بطريقة مرئية وذات معنى بما يُمَكِّن المستخدم من فهمها بشكل أفضل"، وتعد لوحات التحكم، ومخططات التشتت (Scatter plots) أمثلة شائعة للتمثيل المرئي للمعلومات؛ إذ إنه من خلال تمثيل لمحة عامة وإظهار الروابط ذات الصلة يسمح التمثيل المرئي للمعلومات للمستخدمين برسم رُؤى من البيانات المُجرَّدة بطريقة كفء وفعَّالة. ويلعب التمثيل المرئي للمعلومات دورًا مُهمًا في جعل البيانات قابلة لهضم وتحويل المعلومات الأولية (الخام) إلى أفكار ورُؤى صالحة وقابلة للتنفيذ، وهو يستمد من مجالات التفاعل بين الإنسان والحاسوب، والتصميم المرئي، وعلوم الحاسوب، والعلوم المعرفية ومن بين علوم أخرى، ومن الأمثلة على ذلك تمثيلات على غرار خريطة العالم، والرسوم البيانية الخطية، والمباني الافتراضية ثلاثية الأبعاد أو تصاميم خطة المدينة (Interaction Design Foundation, n.d.a, n.d.b).

وللمساعدة في فهم مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" قام **Chen (2017)** بتحليل الكلمتين المكونتين له: المعلومات (Information)، والتمثيل المرئي (Visualization) وتقييم كل كلمة منها بشكل فردي؛ فأوضح أن المعلومات وفقا لما ذكره ستيفن فيو (Stephen Few) تأتي من العناصر، والكيانات، والأشياء التي لا يمكن أن يكون لها توافق أو تطابق مباشر مع الهياكل والأشياء المادية الفيزيائية (Few, 2009)، وأنه من الأمثلة الجيدة على ذلك: إحصاءات كرة القدم، وأسعار سوق الأوراق المالية، والعلاقات بين الحالة الاجتماعية الاقتصادية والمعدلات الجنائية، والعلاقات بين خصائص السيارة وعدد الكيلومترات لكل جالون، ومن ناحية أخرى، تشتمل الأمثلة على كيان له تطابق أو توافق مع هياكل مادية فيزيائية: تشريح جسم الإنسان، وبنية الخلية ثلاثية الأبعاد، والمعلومات في هذا السياق "مُجرَّدة"، لأنها تأتي من تحليل لبعض أنواع من البيانات، أما الجزء الثاني من المصطلح وهو التمثيل المرئي، فإنه يُشير كما ناقش كل من Soukup and Davidson (2002) إلى إنشاء تمثيلات مرئية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد للبيانات بما يمكن من الاكتشافات الجديدة لكل من الرُؤى والمعرفة، ومع وجود علاقة وثيقة بين الرؤية البشرية والقدرة المعرفية يمكن النظر إلى التمثيل المرئي أيضًا أنه استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية والمعالجة حاسوبيًا للبيانات لتحسين الإدراك، وهو التعريف الذي قدمه كل من .Card et al منذ عام 1999م، موضحًا أن هاتين الكلمتين معًا يصفان معنى جديدا غيَّر من طريقتنا لإدراك المعلومات وفهم البيانات بطريقة مؤثرة للغاية، وبأسلوب أكثر بروزًا (Chen, 2017).

وفي ضوء هذا التحليل توصل **Chen (2017)** إلى جانبين مُهمين يجب أن يأخذوا في الاعتبار، هما:

1- يستخدم التمثيل المرئي للمعلومات لاستكشاف الرُؤى الجديدة والمعرفة من البيانات المُجرَّدة من خلال الوسائل الرسومية.

2- التمثيل المرئي للمعلومات يمكن أن يعتبر تمثيل البيانات الذي يوسع الإدراك.

واستنادًا إلى ما عرضه من مناقشات، انتهى **Chen (2017)** إلى: لا يوجد تعريف أو مفهوم واحد للتمثيل المرئي للمعلومات، وأن الطريقة التي نُعَرِّف بها التمثيل المرئي للمعلومات اليوم تقوم على العناصر المرئية، وبخاصة الأشكال الرسومية، وقد تم تحديد استخدامه الرئيسي في ضوء قدرته على مساعدة صُناع القرار على رؤية التحليلات، ومساعدتهم على فهم المفاهيم الصعبة وصولًا إلى التعرف على الأنماط الجديدة وتمييزها، وقد أدى تطور التكنولوجيات الرقمية إلى توسيع نطاق استخدام التمثيل المرئي للمعلومات؛ إذ إنه يُستخدم الآن لاستخراج المعلومات من البيانات لمزيد من التفاصيل، وأن الاتجاهات والمطالب الحالية تُبيِّن أن التمثيل المرئي للمعلومات هو تغيير تفاعلي للطريقة الحالية التي يتصورها العقل البشري ويعالج بها البيانات المُعقَّدة، والتمثيل المرئي للمعلومات أسهل للعقل في المعالجة عن الأشكال الأخرى من البيانات مثل: التقارير (Reports) أو جداول البيانات (Spreadsheets).

ومن ثم، يرى **Chen (2017)** أن مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" يرتبط ببساطة مع الأفكار المتعلقة بصناعة الصور والرسومات؛ بل إنه أكثر من ذلك يعرض المزيد من الرُؤى، وخَلُص إلى تعريفه بأنه: "العملية المعرفية التي تُستخدم للتحليل والعرض مما يسمح لنا بفهم البيانات بشكل أفضل، وإتاحة فرصة للعمل على أساس الفهم الذي يقدمه المعروض، كما يتيح الاتصالات والعروض المرئية الفعالة مما يؤدي إلى زيادة ترسيخ حقيقة أن الهدف من التمثيل المرئي هو الحصول على الرُؤى، وليس مجرد مشاهدة وعرض للصور".

<u>وفي ضوء البحث عن تعريفات ومفاهيم للتمثيل المرئي للمعلومات، وما تم رصده من تعريفات سابقة يتضح أن:</u>

1- هناك الكثير من التعريفات التي سعى الباحثون والدارسون من مجالات عدة مثل: علوم الحاسب، وعلوم المعلومات، وعلم النفس، والرياضيات، والعلوم الاقتصادية والتجارية، ... إلى تقديمها لتعريف مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" وتحديد مفهومه، وأن تعريف التمثيل المرئي للمعلومات ومفهومه يختلف من مجال إلى آخر بوضوح.

2- تعريف مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" وتحديد مفهومه أبعد ما يكون عن البساطة نظرًا لتعدد المجالات البحثية ذات الصلة به، واختلاف تعريفه بوضوح بين المجالات المتعددة، وعدم وجود تعريف متفق عليه بين هذه المجالات، وكذا عدم وجود تعريف ثابت داخل المجال الواحد شأنه في ذلك شأن كافة المصطلحات التي تعبر عن مجالات بحثية متعددة التخصصات فضلا عن تطور المصطلح ومفهومه بمرور الوقت.

3- هناك أوجه تشابه واختلاف بين التعريفات المختلفة للتمثيل المرئي للمعلومات، ويوضح رصد وتحليل هذه الأوجه وفهمها أنَّ هذه التعريفات في مجملها تكمل بعضها البعض؛ إذ إن كل تعريف منها يركز على جانب أو أكثر من الجوانب لوصف (التمثيل المرئي للمعلومات)؛ فقد ركزت الغالبية العظمى من التعريفات على الجانب الوظيفي للتمثيل المرئي للمعلومات الذي يصف الهدف منه بوصفه وسيلة تحقق هدفا أو مجموعة من الأهداف، بينما اهتمت تعريفات أخرى بالجذور العلمية التي يرجع إليها هذا المجال لتأصيله وتحديد موضعه على الخريطة التي تصف مجالات المعرفة البشرية شتى.

وعلى جانبٍ آخر، تناولت بعض التعريفات الجانب التقني المعني بالوسائل التي تُستخدم للقيام بهذه العملية، وألقت تعريفات أخرى الضوء على الجانب الفسيولوجي؛ الذي يركز على استفادة (التمثيل المرئي للمعلومات) من قدرات الإنسان البصرية الطبيعية واعتماده على النظام البصري الطبيعي لإدراك المعلومات واستكشافها، ووصفت تعريفات غيرها المخرجات النهائية التي تنتج عن عملية التمثيل المرئي للمعلومات، بينما وجدت بعض التعريفات في وصف شكل المعلومات قبل عملية التمثيل المرئي للمعلومات وشكلها بعد القيام بها وسيلة لتعريفه بأنه العملية التي تحول المعلومات من هذا الشكل إلى الشكل الآخر، واهتمت بعض

التعريفات بنوع البيانات التي يتعامل معها التمثيل المرئي للمعلومات؛ فأشارت إليها بوضوح أو ضمنيًا إليها، وهي البيانات المُجرَّدة، وغير المكانية.

كما احتاجت تعريفات أخرى إلى تعريف وتمييز كافة الأنشطة ذات الصلة بإنشاء الأدوات المرئية لتحديد وتمييز الفرق بينها وبين التمثيل المرئي للمعلومات، وفصل وتوضيح العلاقات بينها، ومن ثم وضع (التمثيل المرئي للمعلومات) في السياق الذي يميزه ويعرفه ويحدده عن غيره من أنشطة أخرى ذات صلة، وقامت بعض التعريفات بتحديد الخطوات العملية اللازمة للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات، ووصف ما يحدث داخل كل مرحلة منها بما يوضح ماهية التمثيل المرئي للمعلومات، بينما صاغت بعض التعريفات مجموعة من المعايير بوصفها الحد الأدنى من المتطلبات لأي تمثيل مرئي مع إشارة لخصائص التمثيلات المرئية الناتجة بما يساعد في تحديد التمثيل المرئي للمعلومات وتعريفه.

وعلاوة على ذلك، سعت بعض التعريفات إلى تقديم أمثلة للتمثيل المرئي للمعلومات لتوضيح ماهيته، بينما حاولت تعريفات أخرى، أن تجد تعريفًا تكامليًا يُحدد مفهوم التمثيل المرئي للمعلومات من خلال تحليل الكلمتين المُكوِّنتين للمصطلح، وعرض أمثلة على نوع المعلومات التي يُعنى بها، وتوضيح الهدف/ الأهداف التي يحققها، والأدوات التي يعتمد عليها، والمخرج النهائي لعملية التمثيل المرئي للمعلومات فضلا عن تحديد استخدامه الرئيسي، ومزاياه، وما تشير إليه الاتجاهات الحالية حوله.

4- ما أوضحه Eden (2005) بأن كُلَّ الإنتاج الفكري تقريبًا يتفق على تعريف للتمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "استخدام التمثيلات البصرية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات المُجرَّدة لزيادة الإدراك/ المعرفة"، يحمل في طياته جزءً كبيرًا من الخطأ؛ فقد أظهر البحث في هذا الصدد، أنَّ بعضا من الإنتاج الفكري وليس كله كما بيَّن Eden (2005) يتفق على التعريف الذي سجَّله كل من .Card et al (1999) للتمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات المُجرَّدة لزيادة الإدراك"، وأنَّ هناك بعضا من البحوث والدراسات لم تقدم تعريفًا إجرائيًا وتتبنى هذا التعريف وتشير إليه بوصفه تعريفًا للتمثيل المرئي للمعلومات، وعلى الرغم من ذلك فإن هناك دراسات أخرى سعت لتقديم تعريفات أخرى مختلفة كتلك التي تقدم الإشارة إليها، كما اقترح Eden (2005) نفسه في دراسته تعريفات أخرى للتمثيل المرئي للمعلومات يرى أنها أكثر سهولة لأولئك الذين يعملون في مؤسسات المعلومات.

ولعله من نافلة القول: إن إطلاق حكم أو رأي علمي جامع مانع بأن كلَّ الإنتاج الفكري تقريبًا يتفق على تعريف ما للتمثيل المرئي للمعلومات كما ذكر Eden (2005) هو حكم يفتقد لمزيد من الدقة العلمية والثقة والمصداقية؛ إذ إن التمثيل المرئي للمعلومات مجال معرفي متعدد التخصصات؛ لديه علاقات قوية مع عدد كبير من المجالات البحثية كما أوضح Chen (2002) وغيره في الكثير من الدراسات، ومن ثم يصعب على أي باحث أو دارس الاطلاع على كل الإنتاج الفكري من المجالات البحثية المختلفة ذات الصلة به، وتحديد أن تعريفًا بعينه محل اتفاق بينها.

5- التوسع في استخدام مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" والتطورات العلمية والتكنولوجية المتلاحقة أدى إلى تطور تعريف المصطلح ومفهومه بمرور الوقت، حتى إن الباحثين والدارسين الذين كانوا أول من صك مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" قدموا تعريفًا أحدث له لاحقًا يختلف عن التعريف الأول الذي قُدم له (قارن بين تعريف كل من .Robertson et al (1989)، وتعريف كل من .Card et al (1999)).

6- مصطلح (Information Visualization) بالإنجليزية يختصره المؤلفون والكُتَّاب فيما نشر حول الموضوع من أبحاث ودراسات بالإنجليزية إلى: (Infovis) أو (IV).

7- هناك أكثر من تسمية استخدمها الباحثون والدارسون والكُتّاب بمؤلفاتهم للدلالة على التمثيل المرئي للمعلومات؛ فتارة يستخدم مصطلح (Information visualization)، وتارة أخرى يستخدم مصطلح (Data visualization)، وقد يستخدم البعض التسميتين في الدراسة الواحدة بطريقة تبادلية، وقد وجهت هذه النتيجة إلى ضرورة البحث عن تعريف التمثيل المرئي للمعلومات باستخدام التسمية الثانية (Data visualization)، وفي هذا الاتجاه أسفر البحث في **القواميس اللغوية العامة** عن:

قاموس أوكسفورد لم يُقدم تعريفًا لمصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" عند البحث فيه باستخدام التسمية (Information visualization) على النحو السابق توضيحه فقد قدم دلالتين لهذا المصطلح عند البحث فيه باستخدام التسمية الأخرى (Data visualization)؛ أولها: "تمثيل المعلومات في شكل مخطط (Chart)، ورسم بياني تخطيطي (Diagram)، وصورة (Picture)، ويمكن أيضًا استخدام التمثيل المرئي للبيانات (Data visualization) بوصفه أداة لإعداد التقارير" وذلك إذا كان اسمًا غير معدود، وثانيها: إذا كان اسمًا معدودًا بأنه "مخطط (Chart)، ورسم بياني (Diagram)، وصورة (Picture)،... يتم إنشاؤه بوصفه تمثيلا مرئيا للمعلومات"، موضحًا أن الكتابة والنطق البريطاني للمصطلح هي: (Data visualisation) (Oxford University Press, n.d.g)، بينما لم يقدما قاموسي ميريام ويبستر أون لاين، وقاموس كامبردج على الإنترنت تعريفًا مُخصصًا للتمثيل المرئي للمعلومات عند البحث فيها باستخدام هذه التسمية الأخرى.

وأظهر البحث في **القواميس المتخصصة في مجال علوم الحاسب والإنترنت وتكنولوجيا المعلومات** أنَّ قاموس (The Dictionary of Computer Graphics and Virtual Reality) عرَّف مصطلح التمثيل المرئي للمعلومات عند البحث فيه باستخدام التسمية الأخرى (Data Visualization) بأنه: "العملية التي يتم بها تمثيل البيانات الهندسية أو العلمية أو المالية أو أية بيانات أخرى كصورة رسومية بيانية، وعادة كصورة منظورية (A perspective image)، وغالبًا ما يتم عرضها وتقديمها بشكل تفاعلي من وجهات نظر متباينة" (Latham, 1995)، بينما لم يدخل المصطلح في كل من؛ قاموس (Dictionary of Information Technology)، وقاموس (Elias Dictionary of Computing and the Internet)، وقاموس (The Al-Kilani Dictionary of Computer & Internet Terminology)، ولم يُقدم أي قاموس من هذه القواميس تعريفًا مخصصًا له.

كما أوضح البحث في **معاجم المصطلحات المتخصصة في المكتبات والمعلومات**؛ أنه لم يدخل في كل من معجم مصطلحات جمعية المكتبات الأمريكية (ALA Glossary of Library and Information Science)، ومعجم مصطلحات (Harrod's Librarian's Glossary) ولم يقدم أي معجم منها تعريفًا لهذا المصطلح، بينما قدَّم قاموس علوم المكتبات والمعلومات على الإنترنت (Online Dictionary for Library and Information Science (ODLIS)) تعريفًا لمصطلح (Data visualization) بأنه: "استخدام الأدوات الإلكترونية (التطبيقات البرمجية) لتمثيل البيانات في شكل مخططات بيانية (Charts)، أو خرائط (Maps)، أو سحب الوسم (Tag clouds)، أو رسوم متحركة (Animations)، أو أية وسيلة رسومية لتسهيل فهم المحتوى، وقد تُظهر التمثيلات الرسومية للبيانات- أنماط مخفية، وتسلط الضوء على العلاقات بين العناصر غير الواضحة من البيانات العددية، وبالنسبة للباحثين الذين تعتمد استنتاجاتهم على تفسير الإحصائيات المُعقدة قد يُسهل التمثيل المرئي للمعلومات التواصل مع جمهور أوسع" (Reitz, n.d).

ومن جهة أخرى، استخدم عبيد (2017) التسمية العربية (التصوير المرئي للبيانات) بوصفها المقابل العربي لمصطلح (Data visualization) الإنجليزي، بينما استخدم شاهين (2018) التسمية العربية (العرض المرئي للبيانات) مقابلًا عربيًا لمصطلح (Data visualization) الإنجليزي، واستخدم أيضًا التسمية العربية (العرض المرئي) مقابلًا عربيًا لمصطلح (Visualization) الإنجليزي، واستخدمت حايك (2018) عدة تسميات عربية مقابلًا لمصطلح (Data visualization) الإنجليزي وهي: التمثيل المرئي للبيانات، والتمثيل البصري للبيانات، وتصوير البيانات أو التصوير البياني، وتصور البيانات، وأطلقت عليه صالح (2020) التسمية العربية (تمثيل البيانات)، بينما استخدم الدكر (2021) (تصور البيانات) تسمية عربية مقابلة للمصطلح نفسه.

وهناك تسميات إنجليزية أخرى استخدمت للدلالة على التمثيل المرئي للمعلومات مثل: (Visualization of information)[vii]، و(Visual representation of information)[viii] و(Visual representation of data)[ix] وإن كانت أقل شيوعًا وانتشارًا من التسميتين (Information visualization)، و(Data visualization).

وبصفة عامة، تفيد القراءة المتأنية في هذا الصدد إلى افتقار الإنتاج الفكري لوجود تمييز واضح بين هذه التسميات المختلفة وأفضلية استخدام إحداها عن الأخرى؛ بل إنه قد يُستخدم أكثر من مصطلح منها داخل الدراسة الواحدة بطريقة تبادلية، وبصفة خاصة مصطلح (Information visualization)، ومصطلح (Data visualization) التي يصعب على مستوى القراءة النظرية تحديد أي منهما الأكثر استخدامًا، بينما أظهر البحث عنهما بكل من قاعدة بيانات (Web of science)، وقاعدة بيانات (Scopus) أن مصطلح (Data visualization) هو الأكثر شيوعًا واستخدامًا في الإنتاج الفكري الأجنبي[x].

8- مجال "التمثيل المرئي" ينقسم إلى نوعين متميزين وهما: التمثيل المرئي العلمي، والتمثيل المرئي للمعلومات؛ فقد ميَّز كل من .Card et al (1999) بوضوح بينهما بتعريف كل منها على النحو الآتي:

- **التمثيل المرئي العلمي:** هو استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات العلمية، التي عادة ما تكون مجسدة فيزيائيًا لزيادة الإدراك.
- **التمثيل المرئي للمعلومات:** هو استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات المُجرَّدة وغير المجسدة فيزيائيًا لزيادة الإدراك.

أي: إنَّ الفارق والاختلاف الأساس بين نوعي التمثيل المرئي هو نوع البيانات التي يتم تمثيلها؛ فإن كانت بيانات علمية عادة ما تكون مجسدة فيزيائيًا –لها بنية مكانية وهندسية– ومرتبطة ببعض الظواهر في العالم المادي الخارجي، كان **تمثيلا مرئيا علميا**، وإن كانت بيانات مُجرَّدة –ليس لها بنية مكانية أصيلة أو هندسية في كثير من الأحيان– تشرح العلاقات والمفاهيم التي ليس لها مثيل في العالم المادي الخارجي كان **تمثيل مرئي للمعلومات**.

وبناءً على ما تقدم فإنه، يمكن تقديم التعريف الآتي:

التمثيل المرئي للمعلومات هو مجال بحثي يُعنى بتمثيل وعرض البيانات المُجرَّدة مرئيًا وتقديمها بطريقة تفاعلية معالجة حاسوبيًا في الغالب[xi]، تكشف عن سماتها وخصائصها وهيكلية بنائها والعلاقات فيما بينها، وتستفيد من قدرات الإنسان الحسية الإدراكية ولا سيما البصرية (نظام المعالجة البصري الإنساني) لإدراك المعلومات والظواهر المختلفة واستكشافها، وذلك بهدف الإمداد بفهم نوعي لمحتويات البيانات المُقدمة، وزيادة القدرة على إدراكها بسرعة وفي سهولة ويسر بما يساعد في القدرة على الاستكشاف، والتفسير والشرح، واستخراج القيمة منها وتبادلها، والكشف عن الأنماط فيها، والتعرف على الارتباطات الجديدة التي يصعب العثور عليها، وصنع القرار، ومن ثم اكتشاف المعرفة وإدراكها في سرعة وبسهولة ويسر وزيادة الإدراك والفهم بشكل أفضل.

والتمثيل المرئي للمعلومات ليس فنًا خالصًا أو علمًا خالصًا، ولكنه يمزج بين خصائص كل منهما؛ فهو فن وعلم في آن واحد، وبوصفه فنًا يتطلب الإحساس والتذوق الفني والمعالجة الجمالية التي تستخدم من أجل تمثيل وعرض المعلومات، وتصميم تمثيلات مرئية بسيطة بإخراج فني بعيد عن التكلف يحقق الغرض المطلوب منه باستخدام قدر معقول من عناصر التصميم الرسومية والبصرية، وأساسيات التناسق، واختيار لوحات الألوان المناسبة للتمثيلات المرئية للمعلومات، **وبوصفه علمًا** يتطلب استخدام القواعد التي تساعد في فهم البيانات، والتعرف على نماذج الرسوم البيانية والأنماط الرسومية المختلفة لإظهار بنية المعلومات، والتعرف على التصنيفات المختلفة لهذه الأنماط إلى فئات مميزة، ومعايير اختيار العناصر الرسومية الملائمة لتمثيل البيانات واستخراج قيمة منها، ومعايير وقواعد عرض الرسوم البيانية، ومبادئ التصميم المستمدة من علم التصوير والرسومات والتفاعل بين الإنسان والحاسوب والبرمجة وعلم الإحصاء وغيرها من علوم ذات صلة، والنظريات المختلفة لاختبار هذه التمثيلات وقابلية استخدامها وتوصيلها للمعلومات والأفكار المقصودة بسهولة ويسر، والنظريات حول كيفية القيام بالتمثيل المرئي على النحو الأمثل، والأسس النظرية والتجريبية للطرق والأساليب الرسومية لتحليل وعرض البيانات.

2/2 لمحة تاريخية موجزة:

أثبت التتبع التاريخي لنشأة وتطور التمثيل المرئي للمعلومات[xii] أنه مجال له جذور تاريخية عميقة تصل إلى ما قبل القرن السابع عشر الميلادي، وقد مرَّ هذا المجال منذ البذور الأولى لنشأته تاريخيًا بمجموعة متتالية من التطورات العلمية والفكرية والتكنولوجية المُهمة ذات الصلة بمجموعة واسعة من المجالات والتخصصات العلمية،

التي أدت في مجملها إلى تطوره ونضوجه وتحوله إلى مجال معرفي متعدد التخصصات من الدراسة على النحو الذي يبدو عليه اليوم، وعلى الرغم من ذلك فإن معظم التطورات في هذا المجال حدثت خلال القرنين ونصف القرن الماضيين، وبصفة خاصة العقود الخمسة الأخيرة؛ فقد شهدت هذه الفترة عددا من الجهود البحثية والتطورات في المجالات ذات الصلة التي كان لها بالغ الأثر على التوسع في استخدام التمثيل المرئي للمعلومات، وتطور أدواته وتكنولوجياته ونضوجه، وتحوله إلى مجال بحثي متعدد التخصصات، ثم إلى مجالٍ ثابت للدراسة الأكاديمية؛ ليتخذ في هذه المرحلة كغيره من المجالات المعرفية، مساره الطبيعي بتوجيه النشاط البحثي نحو أهمية إضفاء الصفة الشرعية العلمية الأكاديمية على هذا المجال؛ وبدأ الباحثون والمهتمون به في البحث في هذا الكم السابق من الممارسات والتطبيقات والأساليب المهنية عن الأسس النظرية التي يمكن أن يرتكز إليها التمثيل المرئي للمعلومات، بوصفه علمًا ومجالًا معرفيًا متجهين نحو تأصيله بوضع المفاهيم والتعريفات التي تعبر عنه، وتصف أهدافه، وتحدد استخداماته عبر المجالات المختلفة، لذلك سوف تركز الدراسة في هذه اللمحة التاريخية على عرض الحقبة التي كانت الخاصية البارزة التي تميزها هو نضوج التمثيل المرئي للمعلومات وتطوره لمجال بحثي متعدد التخصصات، ومظاهر الاهتمام به التي انعكست إيجابًا على التوسع في استخدام أساليبه وتكنولوجياته، ويمكن توضيح هذا التحول المُهم على نحو الآتي:

يُعد التمثيل المرئي للمعلومات حقلًا مميزًا تطور بسرعة في أقل من عشرين عامًا من التاريخ؛ فسرعان ما أصبح مجالًا بحثيًا متعدد التخصصات يتداخل مع عدد من المجالات الموضوعية، ويُعد التقرير الصادر في عام 1987م عن المؤسسة الوطنية للعلوم ((National Science Foundation (NSF) من جانب الفريق الاستشاري للمؤسسة الوطنية للعلوم المعني بمعالجة الصور، والرسوم البيانية، ومحطات العمل بعنوان: "التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية" (Visualization in Scientific Computing)– وثيقة حاسمة في هذا الشأن (Eden, 2005)؛ إذ يرتبط ظهور التمثيل المرئي العلمي بوصفه مجالًا معرفيًا فرعيًا ومنظمًا بهذا التقرير؛ ففي "عام 1985، أطلقت المؤسسة الوطنية للعلوم مبادرة جديدة مُهمة حول التمثيل المرئي العلمي (Scientific visualization)" (Card et al., 1999).

وفي أكتوبر عام 1986، قامت شعبة الحوسبة العلمية المتقدمة (The Division of Advanced Scientific Computing (DASC) التابعة للمؤسسة الوطنية للعلوم برعاية اجتماع لجنة مُنظمة حديثًا بشأن معالجة الرسومات والصور ومحطات العمل لتقديم معلومات لشعبة الحوسبة العلمية المتقدمة عن تحديد وتنظيم الأولويات للحصول على الأجهزة والبرمجيات المعالجة للرسومات والصور في المؤسسات البحثية التي تقوم بالحوسبة العلمية المتقدمة، مع إيلاء اهتمام خاص لمراكز الحواسيب العملاقة المُمولة من جانب المؤسسة الوطنية للعلوم؛ التي كانت تطلب أموالًا لتوفير أجهزة وبرمجيات للرسومات للمستخدمين العلميين، ولم تكن الأدوات المتوفرة في ذلك الوقت كافية لتلبية احتياجاتهم (*McCormick* et al., 1987).

وقد أكدت اللجنة وقتذاك أن التمثيل المرئي في مجال الحوسبة العلمية هو تكنولوجيا حاسوبية ناشئة رئيسية، وجاءت توصيتان في الاجتماع الأول للجنة؛ فقد اقترح أن تعقد المؤسسة الوطنية للعلوم ورشة عمل مع الوكالات الحكومية الأخرى من أجل إنشاء ملخص رسومي عن هذا المجال الجديد، وأن تؤسس المؤسسة الوطنية للعلوم مبادرة جديدة حول التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية الذي يختصر (VISC) (*McCormick* et al., 1987)، بينما لم تتبنى مثل هذه المبادرة الجديدة بسهولة من جانب وكالات التمويل الوطنية بما في ذلك المؤسسة الوطنية للعلوم (Brown, 1991).

وفي ورشة عمل حول "التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية" التي عُقدت في الفترة من (9 – 10) فبراير عام 1987م في واشنطن، حلل خبراء الرسومات الحاسوبية والرؤية الحاسوبية، التكنولوجيات الناشئة، كما عرض ممثلو الوكالات الفيدرالية احتياجاتهم واهتماماتهم، وعرض العلماء أمثلة على صورهم المُولَّدة بالحاسوب باستخدام الأفلام، وأشرطة الفيديو، والشرائح، وعُرض أيضًا عرض تقديمي حول بحث التمثيل المرئي الياباني، وبرنامج تعليمي حول أحدث أبحاث الرسوم المتحركة باستخدام الحاسوب، ونظرة عامة عن الأجهزة والبرامج المتاحة تجاريًا (*McCormick* et al., 1987).

وفي يوليو 1987م، خرج تقرير الفريق الاستشاري للمؤسسة الوطنية للعلوم المعني بمعالجة الصور، والرسوم البيانية، ومحطات العمل بعنوان: "التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية"، الذي يعرض النتائج والتوصيات التي توصل إليها فريق اللجنة البحثي من أجل مبادرة جديدة في التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية؛ وقد عرض التقرير مصطلح "التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية" (Visualization in Scientific Computing) الذي يختصر الآن إلى "التمثيل المرئي العلمي" (Scientific visualization)، كما حدد أسباب الحاجة إلى التمثيل المرئي العلمي، والنتائج التي خرجت عن لجنة مبادرة التمثيل المرئي في مجال الحوسبة العلمية (Initiative on visualization in scientific computing)، والتوصيات التي أوصت بها، وتناولت الملاحق الفرص البحثية العلمية والهندسية، والأهداف قصيرة وطويلة الأجل لبيئات التمثيل المرئي، ودور التمثيل المرئي العلمي في القدرة التنافسية الصناعية، وقد صاحب التقرير ملف فيديو يعرض عينات عالية الدقة توضح الجهود الرائدة التي تجرى في المجال، وكيف تستخدم الرسوم المتحركة على أساس نقطي في فحص ودراسة الظواهر العلمية مما ساعد في ظهور الرسوم المتحركة بوصفها تقنية مُهمة لفهم البيانات المتفاوتة زمنيًا (*McCormick* et al., 1987; Rosenblum, 1994).

وحول مفهوم مصطلح "التمثيل المرئي" كما ظهر بالتقرير الصادر عن مؤسسة العلوم الوطنية السابق الإشارة إليه اتضح أن "التمثيل المرئي" كما عرفه التقرير هو وسيلة للحوسبة؛ إذ إنه يحول الرموز إلى أشكال هندسية مما يتيح للباحثين مراقبة أساليبهم للمحاكاة والحوسبة، ويقدم التمثيل المرئي طريقة لرؤية غير المرئي، وإنه يُثري عملية الاستكشاف العلمي، ويشجع الرُؤى العميقة وغير المتوقعة، ويحقق في الكثير من المجالات ثورة في طريقة قيام العلماء بالعلوم.

وأشار التقرير أيضًا إلى التمثيل المرئي الذي يشمل كلا من: فهم الصورة وتركيب الصورة، وهو أداة لكل من: تفسير/ ترجمة بيانات صورة أدخلت إلى الحاسوب، وتوليد صور من مجموعة البيانات متعددة الأبعاد المُعقدة، ويدرس التمثيل المرئي هذه الآليات في البشر وأجهزة الحاسوب التي تسمح لهم بالتناغم لإدراك واستخدام ونقل وإيصال المعلومات المرئية، وأن التمثيل المرئي للمعلومات يُوحّدُ المجالات المستقلة إلى حد كبير ولكنها متقاربة والخاصة بـ:

- الرسوم البيانية الحاسوبية (Computer graphics).
- معالجة الصور (Image processing).
- الرؤية الحاسوبية (Computer vision).
- التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer-aided design).
- معالجة الإشارات (Signal processing).
- دراسات واجهات المستخدم (User interface studies).

علاوة على ذلك، أوضح التقرير الهدف من التمثيل المرئي في ضوء ما لاحظه عالم الحاسوب الأمريكي ريتشارد هامينغ (Richard Hamming) منذ سنوات عديدة بأن الهدف من الحوسبة (العلمية) هو البصيرة (Insight) وليس الأرقام (Numbers)، وبالمثل فإن هدف التمثيل المرئي هو الاستفادة من الأساليب العلمية الموجودة (الحالية) عن طريق تقديم رؤية علمية جديدة من خلال الوسائل المرئية موضحًا ما أشارت إليه التقديرات بأن ما يُقدر بنحو (50%) من الخلايا العصبية في العقل ترتبط بالرؤية، وبالمثل فإن أهداف التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية تهيئة هذه الآليات العصبية للعمل (*McCormick* et al., 1987).

وبعد عام تقريبًا [مايو 1988م]، وفي ندوة عُقدت بجامعة برينستون حول التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية (Princeton University, Symposium on Visualization in Scientific Computing) ذكر أحد المتحدثين أنه لم تكن هناك أموال متوفرة من جانب المؤسسة الوطنية للعلوم للتمثيل المرئي بوصفه تكنولوجيا أو لمختبرات التمثيل المرئي كمصادر، بينما تحدث جوديث براون (Judith Brown) عن "الحواجز الثقافية للتمثيل المرئي (Cultural Roadblocks to Visualization)" التي تكمن في البنية المؤسسية، والأدوات البصرية،

والدعم المالي للتعليم، وفهم الأفراد للتعليم والتعلم، وقد تم التغلب على معظم هذه الحواجز، وإن كان بعضها لا يزال قائما كما بيَّن Brown (1991).

وعرض التمثيل المرئي العلمي على النحو السابق بوصفه مجالا بحثيا جديدا، بدأت تظهر على استحياء مجموعة من المظاهر التي تبرهن على زيادة الاهتمام بهذا المجال وتطوره؛ فكما أوضح Brown (1991) نمت البذور التي زرعتها المبادرة حول التمثيل المرئي مع الكثير من العمل الشاق من جانب أعضاء لجنة المؤسسة الوطنية للعلوم الأصلية، وأولئك الموجودين في مراكز الحواسيب الوطنية العملاقة، وآخرين في مجال الصناعة والأوساط الأكاديمية، وقد تم تطوير الكثير من الأجهزة المادية والأدوات البرمجية بأسعار مناسبة، واستمر العمل في الشبكات، والمعالجة الموزعة، والأدوات وغيرها من التقنيات التفاعلية، حتى أصبح التمثيل المرئي أحد المكونات الرئيسية لمؤتمرات الحوسبة الفائقة العامة والمؤتمرات المتخصصة في العلوم والهندسة.

ومع بداية عام 1990م، أصبحت سلسلة مؤتمرات جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات للتمثيل المرئي (IEEE Visualization conference series) مؤتمرًا أساسيا للتمثيل المرئي العلمي (Brown, 1991; Rosenblum, 1994)؛ فقد كان أول مؤتمر لجمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) عن التمثيل المرئي في عام 1990 في الفترة من (23– 26) أكتوبر 1990 في مدينة سان فرانسيسكو (San Francisco) بولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية بعنوان: "التمثيل المرئي'90" (Visualization `90) (IEEE, 1990)، وقد كان هذا المجتمع كما أوضح كل من Card et al. (1999)، تحت قيادة علماء مصادر الأرض، وفيزيائيين، وعلماء الحاسوب في الحوسبة الفائقة، وكانت الأقمار الصناعية في الحوسبة الفائقة، والأقمار الصناعية تسترجع كميات كبيرة من البيانات، لذا كان التمثيل المرئي مفيدًا بوصفه وسيلة تساعد في سرعة تحليل هذه البيانات، وتعزيز القدرة على تحديد الظواهر المثيرة للاهتمام، كما كان أيضًا جزءً من محاولة لاستبدال التجارب باهظة الثمن بالمُحاكاة الحاسوبية (على سبيل المثال؛ للأنفاق الهوائية (Wind tunnels))، كما أصبح التمثيل المرئي العلمي موضوعًا مُهمًا في مؤتمر جمعية الحوسبة الآلية سيجراف (ACM's Siggraph conference) أيضًا (Brown, 1991; Rosenblum, 1994).

وفي أوربا، أصبحت ورشة العمل إيروجرافيكس السنوية عن التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية (The Annual Eurographics Workshop on Visualization in Scientific Computing)– مكانًا لتجمع الباحثين والدارسين والممارسين المهتمين بالموضوع، وكانت هناك ورش عمل ومؤتمرات عديدة أخرى في جميع أنحاء العالم تكرس نفسها جزئيًا أو كليًا لتناول هذا الموضوع (Rosenblum, 1994).

وقد قدمت الكثير من العروض التقديمية حول أهمية الرسومات الحاسوبية للأبحاث العلمية والصناعة والاقتصاد للمشرعين في الولايات المتحدة، ووجد تمويل للبحث في تكنولوجيا التمثيل المرئي كما بيَّن Brown (1991)، وبدأت تظهر بحوث ودراسات وكتب ومجلات في هذا الموضوع، وكانت البداية مع المقالات التي بدأت في الظهور منذ عام 1989م؛ إذ أفردت مجلة (Computer) عددًا خاصًا بعنوان: (Special Issue on Visualization in Scientific Computing)[xiii] لتناول الموضوع، علاوة على العشرات من الأوراق البحثية الإضافية، وقد بدأت البحوث في التمثيل المرئي في البداية تلبية للاحتياجات المُلحة من أجل التعامل مع كميات كبيرة من البيانات العلمية الناتجة من المجتمع العلمي، وقد سُمي هذا النوع من التمثيل المرئي بـ(التمثيل المرئي العلمي) (Hao, 2010)، بينما ظهر كتاب (Visualization in Scientific Computing)[xiv] في عام 1990م الذي ربما كان أول كتاب استخدم المصطلح الجديد، كما قدم العدد السنوي (CGdiA's) للتمثيل المرئي العلمي (CGdiA's annual scientific visualization issue) الكثير من نتائج البحوث الأساسية في هذا المجال مستفيدًا من الأوراق البحثية المُهمة لمؤتمرات جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات المحدثة بالبحوث العلمية الجديدة في هذا المجال (Rosenblum, 1994).

وفي الوقت نفسه، كان هناك –كما أوضح كل من Card et al. (1999)– اهتمامًا من جانب مجتمعات رسومات الحاسوب وجماعات الذكاء الاصطناعي بالعرض والتقديم الآلي، والعروض المرئية الآلية للبيانات، وقد حُفِز هذا الجهد من جانب أطروحة جوك ماكينلاي (Jock Mackinlay) بعنوان: "التصميم التلقائي للعروض

التقديمية الرسومية (قاعدة البيانات، وواجهة المستخدم، والذكاء الاصطناعي، وتكنولوجيا المعلومات)" (Automatic Design Of Graphical Presentations (database, User Interface, Artificial Intelligence, Information Technology) (Mackinlay, 1987) التي شكلت نظرية التصميم لبيرتن (Bertin's design theory)، وأضاف إليها البيانات النفسية، واستخدمها لإنشاء العروض المرئية، بينما قام كل من ستيفن روث (Steven F. Roth)، وجوي ماتيس (Joe Mattis) في عام 1990م ببناء نظام للقيام بمزيد من التمثيلات المرئية المُعقدة كالتي قام بها توفتي (Tufte)، وأضاف ستيفن كاسنر (Stephen Casner) في عام 1991م تمثيلًا للمهام، ولم يكن اهتمام هذا المجتمع بجودة ونوعية الرسومات كما في أتمتة التطابق بين أنواع البيانات، وأهداف نقل المعلومات، والتمثيلات الرسومية للبيانات.

وقد شهد مجتمع واجهة المستخدم تقدمًا في الأجهزة المادية للرسومات بما فتح إمكانية ظهور جيل جديد من واجهات المستخدم، ركزت هذه الواجهات على تفاعل المستخدم مع كميات كبيرة من المعلومات مثل: قواعد البيانات متعددة المتغيرات أو مجموعات الوثائق (Card et al., 1999).

ويوضح ما تقدم أن بداية تحول التمثيل المرئي بوصفه مجالًا معرفيًا نشأت في علوم الحاسب، وقد انعكس ذلك بوضوح على مفهوم مصطلح "التمثيل المرئي" الذي عُرِّف بوصفه وسيلة للحوسبة العلمية، ولم يمض عامان من الزمان بعد ظهور مصطلح "التمثيل المرئي في مجال الحوسبة العلمية" أو "التمثيل المرئي العلمي" حتى ظهر مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" في أواخر الثمانينيات من القرن العشرين على يد كل من: جورج روبرتسون (George G. Robertson)، وجوك ماكينلي (Jock Mackinlay)، وستيورات كارد (Stuart K. Card) الذين كانوا أول من استخدم مصطلح "**التمثيل المرئي للمعلومات**" في عام 1989م في ورقة عمل بعنوان: "بنية وحدة التشغيل المعرفية المساعدة لواجهات المستخدم التفاعلية" (The cognitive coprocessor architecture for interactive user interfaces) والتي قُدمت في وقائع الندوة السنوية الثانية سيجراف لجمعية الحوسبة الآلية (*Proceedings of the 2nd annual* ACM SIGGRAPH Symposium on User Interface Software and Technology) التي عُقدت بولاية فرجينيا بالولايات المتحدة الأمريكية في الفترة من 13 – 15 نوفمبر عام 1989م عن برامج وتكنولوجيا واجهة المستخدم (Robertson et al., 1989; Hao, 2010)؛ وتم وصف المصطلح كمجال تطبيق لبنية المعالجة المعرفية (Cognitive Coprocessor Architecture)، وهو أسلوب بناء جديد لواجهة المستخدم صُمم ليوفر طرقًا منهجية للتعامل مع مشاكل عملاء التفاعل المتعدد[xv]، ودعم الرسوم المتحركة السلسة[xvi] في واجهات المستخدم التفاعلية، وذلك من خلال تطبيق يُسمى: "التمثيل المرئي للمعلومات (Information visualization)" يستخدم الرسوم المتحركة ثنائية وثلاثية الأبعاد لاستكشاف المعلومات وهيكلية بنائها، وفي ضوء هذا الإطار المرجعي، تم تعريف التمثيل المرئي للمعلومات بأنه مجال يتم استخدام "الكائنات المتحركة ثنائية وثلاثية الأبعاد (أو التمثيلات المرئية) لتمثيل كل من المعلومات والعلاقات الهيكلية للمعلومات، ويؤدي التلاعب أو المعالجة المباشرة بهذه الكائنات إلى تغييرات في البنية الفعلية للمعلومات أو تغييرات في المعلومات الفعلية" (Robertson et al. 1989; Björk, 2000).

وعلى الرغم من هذا الوصف كما أوضح Björk (2000) قد أُستخدم في البداية بهدف تحديد مجال تطبيق للتمثيل المرئي في نظام المعلومات المرئي أو المتخيّل (Information Visualizer system)[xvii]، فإن المصطلح قد نضج للدلالة على مجال علمي أكبر للدراسة والبحث العلمي، وقد اعتبرت الدراسات التي قام بها في وقت سابق كل من جورج فورناس (George Furnas)[xviii] في عام 1981م، وروبرت سبينس (Robrert Spence)، ومارك أبيليري (Mark Apperley) في عام 1982[xix]، اعتبرت نماذج لبعض الأمثلة المبكرة على التمثيل المرئي للمعلومات (حتى العمل العلمي الذي أُنجز من جانب ويليام أغسطس فاراند (William Augustus Farrand) في وقت مُبكر من السبعينيات بعنوان: (Information display in interactive design)[xx] يمكن أن يُقال: إنه يستخدم التمثيل المرئي للمعلومات)، ومع التوسع في استخدام المصطلح قُدم تعريف أحدث للتمثيل المرئي للمعلومات وهو:

"استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية القائمة على المعالجة الحاسوبية للبيانات المُجرَّدة وغير المجسدة فيزيقيًا لزيادة المعرفة والإدراك" (Card et al. , 1999).

وبصفة عامة، نشأ التمثيل المرئي للمعلومات في العلوم كما تناول Eden (2005) بوصفه وسيلة تساعد في التعامل مع قواعد بيانات المعلومات العلمية الكبيرة من أجل تعزيز القدرة على رؤية العلاقات والظواهر في البيانات؛ وكانت هناك محاولات لتمثيل الأشياء على سبيل المثال: جسم الإنسان، والجدول الدوري الكيميائي، والتراكيب العلمية الأخرى– بيانيًا ما بعد (1D)، والـ(2D) في محور اهتمام علماء الحاسوب الأوائل، ويُعد تمثيل شبكات النصوص الفائقة في شكل شبه خريطة كان بمثابة غزوة مبكرة أيضًا في مجال التجريب الرسومي.

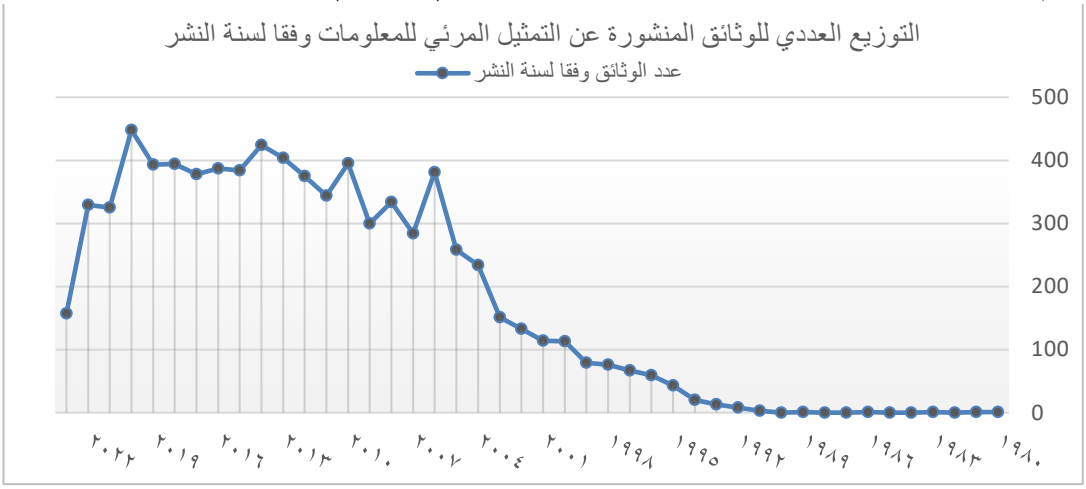
وقد نما التمثيل المرئي للمعلومات بوصفه مجالًا للدراسة بشكل كبير على مدى السنوات القليلة الماضية، وتحديدًا مع إقامة الندوة السنوية الأولى للتمثيل المرئي للمعلومات من جانب جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (The Annual IEEE Information Visualization Symposium) التي بدأت في الانعقاد منذ عام 1995م في الفترة من 30– 31 أكتوبر في أتلانتا (Atlanta) بجورجيا (Georgia) تحت عنوان: (Proceedings of Visualization 1995 Conference)، وأصبحت هذه الندوة السنوية الساحة الرئيسية لمجتمع التمثيل المرئي للمعلومات، ومن ثم ترجع بداية البناء الأساسي الرسومي في الظهور أكاديميًا مع إقامة هذه الندوة، وسرعان ما أصبحت هذه الحلقة الدراسية منتدى للبحوث في هذا المجال المعرفي (Proceedings of Visualization 1995 Conference, 1995; Chen, 2002; Eden, 2005).

ومنذ عام 1997م، تعقد جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات مؤتمرًا دوليًا سنويًا حول "التمثيل المرئي للمعلومات"؛ فكان أول مؤتمر عُقد من جانبها عن التمثيل المرئي للمعلومات بعنوان: IEEE 1997) Conference on Information Visualization (IV '97) في لندن، بالمملكة المتحدة، كما ظهرت وثائق ودراسات حول التمثيل المرئي للمعلومات في مؤتمرات مثل: مؤتمرات جمعية الحوسبة الآلية حول العوامل البشرية ونظم الحوسبة وعلوم وتكنولوجيا واجهة المستخدم (ACM Conferences on Human Factors and Computing Systems (CHI) and User Interface Science and Technology (UIST)) (Chen, 2002)، وقد بدأت عدد من المنح البحثية في التركيز على هذا المجال في أواخر التسعينيات من القرن العشرين (Eden, 2005)، واليوم أصبح هناك الكثير من المؤتمرات، والحلقات، وورش العمل التي عُقدت في جميع أنحاء العالم ذات الصلة بالتمثيل المرئي للمعلومات (Chen, 2002).

وقد انعكس تزايد الاهتمام بالتمثيل المرئي للمعلومات وتطوره بوصفه مجالًا بحثيًا، وظهور المؤتمرات العلمية والحلقات الدراسية، وورش العمل المُهتمة بهذا المجال المعرفي على النحو الموضح أعلاه، انعكس إيجابًا على أعداد الوثائق والأبحاث والدراسات والمراجعات العلمية التي اهتمت بتناول هذا الموضوع؛ فمنذ عام 1999م، كان هناك ازدهار كما أوضح Chen (2002) في الكتب المتعلقة بالتمثيل المرئي للمعلومات، مثل كتاب: "خوارزميات من أجل التمثيل المرئي البياني" (Algorithms for graph visualization)[xxi]، وكتاب: قراءات في التمثيل المرئي للمعلومات: استخدام الرؤية للتفكير (Readings in Information Visualization: Using Vision to Think)[xxii] (Few & Edge, 2007)، وكتاب التمثيل المرئي للمعلومات: تصور للتصميم (Information Visualization: Perception for Design)[xxiii]، وكتاب التمثيل المرئي للمعلومات (Information Visualization)[xxiv] التي اعتبر Munzner (2002) الثلاثة الأخيرة منها علامة على تقدم مجال التمثيل المرئي للمعلومات.

كما تزايد باطراد عدد المراجعات العلمية والمقالات الاستقصائية المتعلقة بالتمثيل المرئي للمعلومات (Chen, 2002)، وفي الآونة الأخيرة أنشئت بعض المجلات العلمية المُحكمة في هذا المجال للمساعدة في تنظيم وتنسيق وتحديد جدول أعمال البحوث في هذا المجال الجديد (Eden, 2005)؛ وقد أسفر البحث عن الوثائق التي نُشرت عن التمثيل المرئي للمعلومات بقاعدة بيانات (Scopus) عن وجود (7,812) وثيقة تناولت الموضوع خلال الفترة من 1980م إلى 2023م، وبيَّن تحليل هذه النتائج وفقًا لسنة النشر الارتفاع الطفيف في عدد الوثائق التي نشرت عن الموضوع بداية من عام 1990م وهو العام الذي عُقد فيه أول مؤتمر لجمعية مهندسي الكهرباء

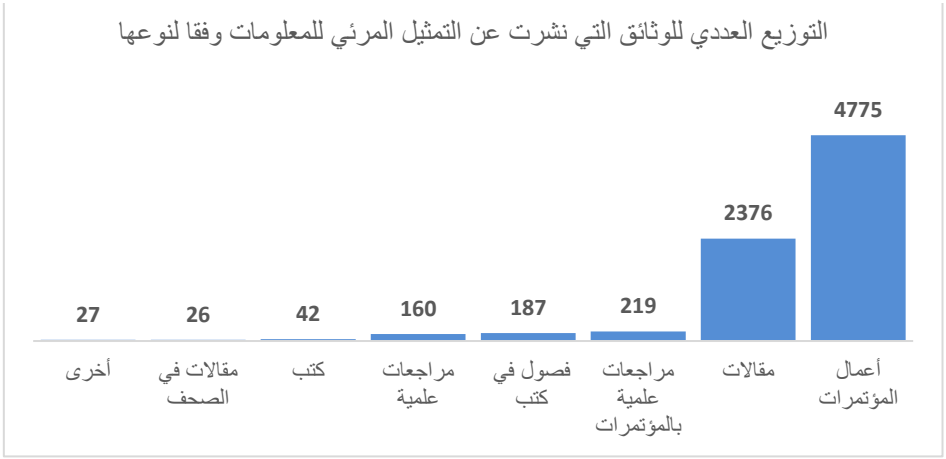
والإلكترونيات عن التمثيل المرئي بصفة عامة، ثم أصبح هذا الارتفاع التدريجي أكثر وضوحًا بداية من عام 1995م وما تلاه من أعوام وهو عام بداية إقامة ندوة سنوية مخصصة للتمثيل المرئي للمعلومات من جانب جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات على النحو سالف الذكر؛ حيث إن العدد الأكبر من الوثائق التي نُشرت عن التمثيل المرئي للمعلومات الذي بلغ (7720) وثيقة بنسبة (98,8%) نشر بعد عام 1995م، ويوضح الشكل (2) الزيادة السريعة والمطردة في عدد الوثائق المنشورة سنويًا عن التمثيل المرئي للمعلومات منذ عام 1980م حتى عام 2023م استنادًا إلى التسجيلات الببليوجرافية المُكشَّفة بقاعدة بيانات (Scopus).



الشكل (2) الزيادة المطردة في عدد الوثائق التي تناولت التمثيل المرئي للمعلومات خلال الفترة من 1980م إلى 2023م بقاعدة بيانات (Scopus)

المصدر: (Elsevier, 2018)

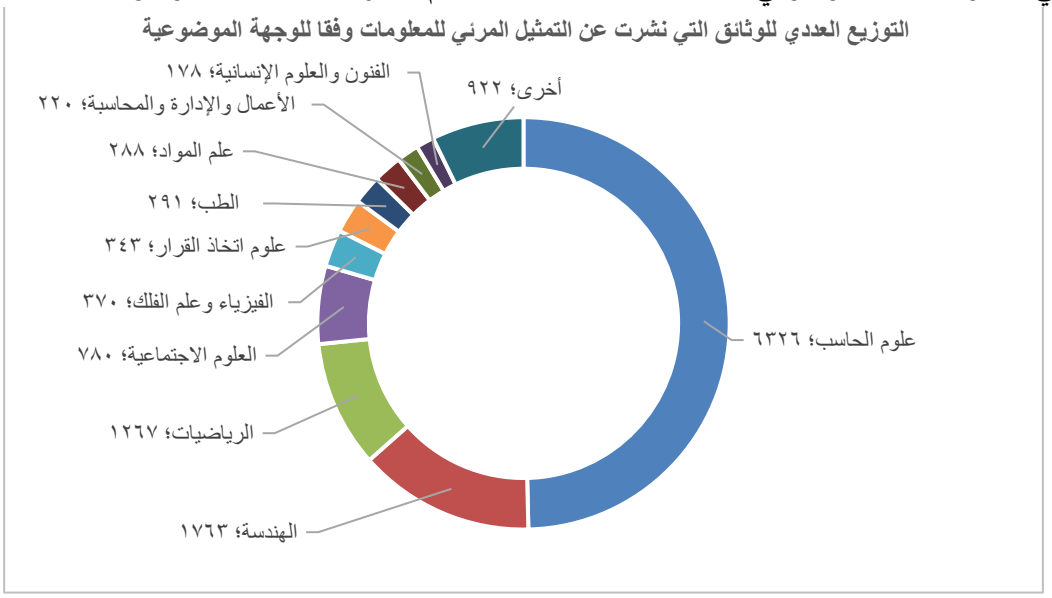
كما تنوعت وتعددت أشكال الوثائق التي نُشرت عن التمثيل المرئي للمعلومات منذ ثمانينيات القرن العشرين إلى اليوم ما بين أعمال مؤتمرات، ومقالات، ومراجعات علمية بالمؤتمرات، وفصول في كتب، ومراجعات علمية، ومقالات في الصحف، وافتتاحيات، وكتب، وتصويبات، وملاحظات، ومسح قصير، ورسالة؛ إذ وزعت الوثائق المُكشفة بقاعدة بيانات (Scopus) عن التمثيل المرئي للمعلومات على اثني عشر نوعًا من أنواع الوثائق على النحو الموضح بالشكل (3)، الذي يكشف النظر إليه عن النسبة الأكبر من الوثائق التي تناولت التمثيل المرئي للمعلومات وخرجت في شكل أعمال مؤتمرات؛ إذ إن هناك (4775) وثيقة بنسبة (61,1%) من مجموع الوثائق التي تناولت التمثيل المرئي للمعلومات كموضوع بقاعدة بيانات (Scopus)- خرجت في شكل (أعمال مؤتمرات)، تليها (المقالات) في الترتيب الثاني بنسبة مقدارها (30,4%)، ثم (المراجعات العلمية بالمؤتمرات) بنسبة قوامها (2,8%).



الشكل (3) أنواع الوثائق التي نشرت عن التمثيل المرئي للمعلومات خلال الفترة من 1980م إلى 2023م بقاعدة بيانات (Scopus)

المصدر: (Elsevier, 2018)

وعلى جانبٍ آخر، تعددت المجالات الموضوعية التي تناولت فيها الوثائق التمثيل المرئي للمعلومات؛ فقد تم تناوله من جانب أكثر من خمس وعشرين وجهة موضوعية وهي: علوم الحاسب، والهندسة، والرياضيات، والعلوم الاجتماعية، والفيزياء وعلم الفلك، والطب، وعلوم اتخاذ القرار، وعلم المواد، والأعمال والإدارة والمحاسبة، والفنون والعلوم الإنسانية، وعلوم الأرض والكواكب، والكيمياء الحيوية والوراثة والبيولوجيا الجزيئية، والعلوم البيئية، والمهن الصحية، وعلم النفس، والطاقة، والعلوم الزراعية والبيولوجية، وعلم الأعصاب، والكيمياء، والهندسة الكيميائية، ومجالات متعددة التخصصات، والاقتصاد، والاقتصاد القياسي والمالية، وعلم الصيدلة وعلم السموم والصيدلانيات، والتمريض، وعلم المناعة والأحياء الدقيقة؛ إذ وزعت الوثائق المُكشفة بقاعدة بيانات (Scopus) عن الموضوع على أكثر من خمس وعشرين مجالًا موضوعيًا، بينما كان (علوم الحاسب) أكثر المجالات الموضوعية الذي تناولت فيه الوثائق التمثيل المرئي للمعلومات؛ فقد استحوذ على النسبة الأكبر التي قُدرت بحوالي (49,6%) وهو ما يتوافق مع ما أشارت إليه الدراسة أعلاه بأن بداية تحول هذا المجال بوصفه مجالًا معرفيًا نشأت في علوم الحاسب، يليها (الهندسة) في الترتيب الثاني بنسبة (13,8%)، ثم جاءت (الرياضيات) بنسبة (9,9%)، وقد تدرجت المجالات الموضوعية التي تندرج تحتها الوثائق تنازليًا على النحو الذي يوضحه الشكل (4) بما يبرز بوضوح أن التمثيل المرئي للمعلومات مجال موضوعي متعدد التخصصات العلمية يخدم الكثير من المجالات الموضوعية.



الشكل (4) أكثر عشر مجالات موضوعية تناولت فيها الوثائق التي نشرت عن التمثيل المرئي للمعلومات الموضوع خلال الفترة من 1980م إلى 2023م بقاعدة بيانات (Scopus)

المصدر: (Elsevier, 2018)

وكما أوضح ستيورات كارد (Stuart Card) في إحدى دراساته التي نشرت في عام 2008م، كانت الدراسات المبكرة في هذا المجال عن استخدام التفاعل مع كميات كبيرة من المعلومات، وقد عرض (Feiner & Beshers) في عام 1990م طريقة عوالم ضمن عوالم (Worlds within Worlds) لعرض ستة أبعاد للبيانات المالية في الواقع الافتراضي ثلاثي الأبعاد، وطوَّر (Shneidrman) عام 1992م تقنية سُميت بالاستعلامات الديناميكية (Dynamic queries) للاختيار التفاعلي لمجموعة فرعية من عناصر البيانات والخرائط الشجرية، وتمثيل ملء الفراغ بالأشجار، بينما قدَّم كل من (Robertson, Card, & Mackinlay) في عام 1993م طرقا لاستخدام الرسوم المتحركة والتشويه للتفاعل مع المجموعات الكبيرة من البيانات في نظام فيما يُطلق عليه "المعلومات المتخيّلة" (The Information Visualizer) التي تستخدم البؤرة والسياق لعرض الكميات غير الموحدة والكبيرة الحالية من المعلومات، وكان التركيز في هذه الدراسات على الوسائل التي تساعد في تعظيم أو زيادة المعرفة والإدراك بدلا من التركيز على جودة العروض الرسومية (Card, 2008) حتى أضحى هناك الآلاف من البحوث والدراسات الأجنبية في المجالات العلمية المختلفة التي تناولت الموضوع من وجهات موضوعية متعددة على النحو الذي أثبته تحليل وثائق التمثيل المرئي للمعلومات بقاعدة بيانات (Scopus) وفقًا للمجال الموضوعي.

وفي ضوء ما تقدم، يستخلص ما يأتي حول التطور التاريخي للتمثيل المرئي للمعلومات:

1- بداية تحول "التمثيل المرئي" بوصفه مجالًا معرفيًا فرعيًا ومنظمًا نشأت في علوم الحاسب مع التقرير الصادر في عام 1987م من جانب الفريق الاستشاري للمؤسسة الوطنية للعلوم المعني بمعالجة الصور، والرسوم البيانية، ومحطات العمل بعنوان: "التمثيل المرئي في الحوسبة العلمية".

2- تطور "التمثيل المرئي للمعلومات" بوصفه مجالًا معرفيًا مُنظمًا يعود إلى أواخر الثمانينيات من القرن العشرين، وقد لعبت المؤتمرات العلمية والحلقات الدراسية وورش العمل، دورًا مُهمًا في نضوج التمثيل المرئي للمعلومات، وتطوره بوصفه مجالًا بحثيًا للدراسة، وزيادة شعبيته، وانتشاره، وتوجيه الباحثين للبحث والدراسة فيه، وقد انعكس ذلك إيجابًا على أعداد الوثائق والأبحاث والدراسات والمراجعات العلمية التي اهتمت بتناول هذا الموضوع.

3- "التمثيل المرئي للمعلومات" مجال موضوعي متعدد التخصصات العلمية يخدم الكثير من المجالات الموضوعية؛ فقد تعددت الوجهات الموضوعية التي تناول فيها الباحثون والدارسون هذا الموضوع، وقد ألقت نشأة هذا المجال وتحوله إلى مجال معرفي ومنظم في علوم الحاسب بظلالها على نسبة البحوث والدراسات الأجنبية التي تناولت الموضوع؛ فقد تناولت النسبة الأكبر من الوثائق التمثيل المرئي للمعلومات من وجهة (علوم الحاسب).

3/2 أهداف التمثيل المرئي للمعلومات:

وضع الباحثون والدارسون والمنظرون في مجال التمثيل المرئي للمعلومات، ومصممو أنظمته مجموعة من الأهداف التي يسعى إلى تحقيقها توضح الفوائد الجمة لهذا المجال ولاستخدام أدواته وأنظمته، التي يمكن مناقشتها على النحو الآتي:

أوضح كل من .**Card et al (1999)** أن الهدف الأساسي من التمثيل المرئي للمعلومات هو **استخدام الإدراك لزيادة المعرفة**، وفي ضوء دراسة كل من Larkin and Simon (1987)[xxv] الكلاسيكية التي توضح بعض الأسباب التي تجعل التمثيلات المرئية مفيدة وفعَّالة جدًا بالمقارنة بين حل المشاكل الفيزيائية باستخدام الرسوم البيانية في مقابل استخدام التمثيلات غير الرسومية، اقترح كل من .**Card et al (1999)** ستة طرق رئيسية تصف كيف يمكن أن يعمل التمثيل المرئي للمعلومات على زيادة المعرفة (انظر الجدول (2)) وهي:

1- بزيادة الذاكرة ومعالجة المصادر المتوفرة للمستخدمين.
2- بتخفيض البحث عن المعلومات.
3- باستخدام التمثيلات المرئية لتحسين الكشف عن الأنماط والتعرف عليها.
4- بتمكين عمليات الاستدلال الإدراكي/ المعرفي.
5- باستخدام الانتباه الإدراكي للرصد والمراقبة.
6- بتكويد المعلومات في وسط قابل للمعالجة والتحويل.

جدول (2) كيف يزيد التمثيل المرئي للمعلومات المعرفة

1- زيادة المصادر (Increased resources)	
التفاعل الهرمي بسرعات عالية أو ذات نطاق التردد العالي (High-bandwidth hierarchical interaction)	يقوم النظام البصري البشري بتقسيم سعة القناة المحدودة بحيث تجمع بين الدقة المكانية العالية، والفجوة العريضة في استشعار البيئات المرئية.
المعالجة الإدراكية الموازية (Parallel perceptual processing)	يمكن معالجة بعض سمات وخصائص التمثيلات المرئية بشكل متوازي مقارنة بالنص وهو مسلسل.
تفريغ العمل من النظام المَعْرِفِيّ إلى نظام الإدراكي الحسي (Offload work from cognitive to perceptual system)	يمكن إعادة تكويد/ ترميز بعض الاستدلالات المعرفية التي أنجزت بشكل رمزي إلى استدلالات أنجزت مع العمليات الإدراكية البسيطة.
توسيع الذاكرة العاملة (Expanded working memory)	يمكن أن توسع التمثيلات المرئية الذاكرة العاملة المتوفرة لحل مشكلة ما.
تخزين واسع النطاق للمعلومات (Expanded storage of information)	التمثيلات المرئية يمكن أن تستخدم لتخزين كميات هائلة من المعلومات في شكل يمكن الوصول إليه بسرعة (على سبيل المثال، الخرائط)

2- تقليل البحث (Reduced search)	
موقع المعالجة (Locality of processing)	التمثيلات المرئية تَجمع المعلومات المستخدمة معًا مما يؤدي إلى تقليل البحث.
كثافة عالية للبيانات (High data density)	يمكن أن تُمثل التمثيلات المرئية في كثير من الأحيان كمية كبيرة من البيانات في مساحة صغيرة.
عنونة مفهرسة مكانيًا (Spatially-indexed addressing)	من خلال تجميع البيانات عن كائن ما، يمكن للتمثيلات المرئية تجنب استخدام الواسمات الرمزية (Symbolic label).
3- تعزيز إدراك الأنماط (Enhanced recognition of patterns)	
الإدراك بدلا من التذكر (Recognition instead of recall)	يُعد التعرف على أو إدراك المعلومات الناتجة عن التمثيل المرئي أسهل من تذكر هذه المعلومات من جانب المستخدم.
التجريد والتجميع (Abstraction and aggregation)	تقوم التمثيلات المرئية بتبسيط وتنظيم المعلومات وتزويد المراكز العليا بأشكال مُجمعة من المعلومات من خلال التجريد والحذف الانتقائي.
مخططات مرئية لأجل التنظيم (Visual schemata for organization)	يؤدي تنظيم البيانات بصريًا عن طريق العلاقات الهيكلية (بمرور الوقت (by time)) إلى تحسين الأنماط.
القيمة، والعلاقة، والاتجاه (Value, relationship, trend)	يمكن إنشاء التمثيلات المرئية لتعزيز وتحسين الأنماط على جميع المستويات الثلاث.
4- الاستدلال الإدراكي (Perceptual inference)	
التمثيلات المرئية تجعل بعض المشاكل واضحة (Visual representations make some problems obvious)	يمكن أن تدعم التمثيلات المرئية عددًا كبيرًا من الاستدلالات الإدراكية الحسية التي تعتبر سهلة للغاية للبشر.
الحسابات الرسومية (Graphical computations)	تسمح التمثيلات المرئية بالحسابات الرسومية المتخصصة والمُعقدة.
5- المراقبة الإدراكية (Perceptual monitoring)	
	يمكن أن تسمح التمثيلات المرئية برصد عدد كبير من الأحداث المحتملة إذا تم تنظيم العرض بحيث تبرز هذه المظاهر أو الإشارات.
6- وسيط قابل للتحويل أو المعالجة (Manipulable medium)	
	على عكس المخططات الثابتة، يمكن أن تسمح التمثيلات المرئية باستكشاف فضاء القيم، ويمكن أن توسِّع عمليات المستخدم.

المصدر: (Card et al., 1999)

كما أوضح كل من .Card et al (1999) أنه:

- يُمكن أن توسع التمثيلات المرئية إمكانات المعالجة باستخدام مصادر النظام المرئي بشكل مباشر، أو يمكن العمل بشكل غير مباشر بتفريغ العمل من الإدراك أو تقليل متطلبات الذاكرة العاملة لأداء المهمة، وذلك بالسماح للذاكرة العاملة بأن تكون خارجية ومرئية، كما يمكنها أيضًا السماح للبيئة بتخزين التفاصيل، كخريطة تُخْزن التفاصيل، بالقرب من الأماكن التي تحتاج إلى استخدامها...
- يُمكن أن تؤدي التمثيلات المرئية إلى الحد من البحث عن البيانات من خلال تجميع المعلومات المرتبطة بصريًا، ويمكنهم ضغط المعلومات في مساحة صغيرة، ويمكن أن تسمح بالبحث الهرمي عن طريق النظرات العامة (Overviews) لتحديد المجالات لبحث أكثر تفصيلاً، ثم، يمكنها السماح بالتكبير (Zooming) أو عرض تفاصيل حول الطلب، ويمكنها بشكل أساسي تكشيف البيانات مكانيًا وفقًا للموقع والمعالم الرئيسية (Landmarks) لإتاحة الوصول.
- يُمكن أن تسمح التمثيلات المرئية للأنماط في البيانات بالكشف عن نفسها، وتقترح هذه الأنماط مخططًا (Schemata) بمستوى أعلى، ويمكن أن تكشف تجميعات البيانات عن نفسها من خلال التجميع/ العنقدة (Clustering) أو الخصائص المرئية الشائعة.

- تسمح التمثيلات المرئية بأن يتم تنفيذ بعض الاستدلالات غير السهلة بسهولة، وهذا هو السبب في أن يتم تدريس البدء برسم تخطيطي للمشكلة لكل طلاب الفيزياء، ويتم التدريس لطلاب الرياضيات في المدرسة الثانوية مع الآلات الحاسبة الرسومية، كما يمكن للتمثيلات المرئية أن تستخدم في العمليات المتخصصة.

وهكذا، وكما يوضح الجدول (2) يمكن أن تُعزز التمثيلات المرئية الجهد المعرفي من خلال عدة آليات منفصلة، وتعتمد كل هذه الآليات على التخطيط/ الخرطنة المناسبة للمعلومات في شكل مرئي.

وأضاف **Chittaro (2001)** أن التمثيل المرئي للمعلومات يهدف إلى تقليل تعقيد فحص، وفهم المعلومات على الأفراد من خلال تصميم التكنولوجيات الصحيحة والمناسبة للعرض المرئي للبيانات، وتهدف هذه التكنولوجيات إلى تحقيق عدد من الأهداف مثل:

- السماح للمستخدمين باستكشاف البيانات المتوفرة على مستويات مختلفة من التجريد.
- منح المستخدمين إحساسًا أكبر بالتفاعل مع البيانات والارتباط بها.
- إعطاء المستخدمين فهمًا أعمق للبيانات.
- التشجيع على اكتشاف التفاصيل والعلاقات التي يصعب ملاحظاتها.
- دعم الإدراك للأنماط وثيقة الصلة من خلال استغلال قدرات الإدراك المرئي للمستخدمين.

وكما يتضح من الهدفين الأخيرين، يهدف التمثيل المرئي للمعلومات إلى جعل المستخدم عنصرًا نشطًا في إدراك الأنماط والتعرف عليها، والسماح له باكتشاف ما يمكن أن يمر عليه دون أن يلاحظه من خلال أنظمة الإدراك التلقائي.

ويهدف التمثيل المرئي للمعلومات كما أشار كل من **Gershon and Page (2001)** إلى تمكين المستخدم/ المشاهد من مراقبة وفهم المعلومات وجعلها ذات معنى.

بينما يرى كل من **Grinstein and Ward (2002)** أن أهداف التمثيل المرئي للمعلومات تتمثل في:

1- يدعم بحث الإنسان عن البنية، والميزات، والأنماط، والاتجاهات، والانحرافات، والعلاقات في البيانات من خلال تقديم البيانات بأشكال متعددة مع التفاعلات المختلفة.

2- يوفر نظرة عامة نوعية كيفية لمجموعة البيانات الكبيرة والمُعقدة.

3- يساعد في تلخيص البيانات.

4- يساعد في تحديد مناطق الاهتمام والمعايير المناسبة لإجراء تحليل كمي أكثر تركيزًا.

5- في النظام المثالي، يستغل القدرات الإدراكية للنظام البصري البشري.

وفي هذا الصدد، اتفق **Tegarden (1999)** مع ما سبق وأن أشار إليه كل من Grinstein and Ward (2002)[xxvi] مُوضحًا أن التمثيل المرئي للمعلومات يسمح بـ:

1- استغلال النظام البصري البشري لاستخراج المعلومات من البيانات.

2- توفير نظرة عامة على مجموعات البيانات المُعقدة.

3- تحديد البنية، والأنماط، والاتجاهات، والانحرافات، والعلاقات في البيانات.

4- يساعد في تحديد مجالات الاهتمام.

وبعبارة أخرى، يسمح التمثيل المرئي لصانعي القرار باستخدام قدراتهم المكانية/ المرئية الطبيعية لتحديد المكان الذي يجب القيام فيه بإجراء المزيد من الاستكشاف، وهذا يعني أن التمثيل المرئي للمعلومات، عندما يُستخدم بشكل مناسب، يمكن أن يسمح لصانع القرار بالعثور على المعلومات في البيانات.

ومن جهةٍ أخرى، أشار كل من **Zaphiris et al. (2004)** أن الأهداف الرئيسية للتمثيل المرئي للمعلومات هي: الاكتشاف، وصنع القرار، والشرح والتفسير، وأن التمثيل المرئي للمعلومات مفيد لدرجة أنه يزيد من قدرتنا على أداء هذه الأنشطة المعرفية وغيرها.

ويرى **Shneiderman (2004)** أحد كبار الباحثين في مجال التمثيل المرئي للمعلومات والمنظرين فيه أن جوهر التمثيل المرئي للمعلومات الأكثر طموحًا وأكثر إقناعًا هو: "تسريع التفكير البشري باستخدام الأدوات التي تنمي الذكاء البشري".

أوضحت **Nagel (2006)** أن الغرض من التمثيل المرئي للمعلومات هو تمكين مُحللي البيانات من الحصول على النماذج الذهنية الداخلية لمحتوى المعلومات في مجموعات البيانات، والنماذج التي يمكن استخدامها لاحقًا في التوصيف أو التمثيل، والتنبؤ أو اتخاذ القرار.

كما بيَّن كل من .**Tergan et al (2006)** أن التمثيل المرئي للمعلومات يحقق تطبيقات مرئية جديدة ومبتكرة للتصفح التفاعلي، وتحليل البيانات بهدف استنباط رُؤى جديدة من خلال التعرف على الاتجاهات أو القيم المتطرفة أو المجموعات في البيانات... ويهدف التمثيل المرئي للمعلومات إلى استكشاف كميات كبيرة من البيانات المُجرَّدة (التي يكون أساسها نصيا في الغالب) لاستخلاص رُؤى أو أفكار جديدة أو جعل البيانات المُخزنة أكثر سهولة في الوصول إليها.

ويساعد التمثيل المرئي كما ذكر **Card (2008)** الإدراك/ المعرفة، وهذا ليس بسبب بعض التفوق الداخلي للصور على الأشكال الأخرى للفكر والاتصال، وإنما لأن التمثيل المرئي يساعد المستخدم من خلال جعل العالم خارج العقل مصدرًا للفكر بطرق مُحددة، ويوسع التمثيل المرئي المعرفة/ الإدراك (Card et al., 1999) من خلال:

1- تنمية الذاكرة، ومعالجة المصادر المتاحة للمستخدمين.
2- تقليل البحث عن المعلومات.
3- استخدام التمثيلات المرئية لتعزيز الكشف عن الأنماط.
4- السماح بعمليات الاستدلال الإدراكي.
5- استخدام آليات الاهتمام الإدراكي للمراقبة/ الرصد.
6- تكويد المعلومات في بيئة قابلة للتعديل.

فعلى سبيل المثال: يسمح نظام (The FilmFinder)[xxvii] بتمثيل كمية كبيرة من البيانات في مساحة صغيرة بطريقة تسمح للأنماط بأن تفهم أو تدرك بشكل مرئي في البيانات، والأهم من ذلك، طريقة الاستجابة الآنية في العرض وتحولها إلى حركة ديناميكية مما يسمح للمستخدمين باستكشاف الفضاء متعدد الأبعاد للأفلام بسرعة، كما تسمح الخريطة الشجرية (TreeMap) لسوق الأوراق المالية برصد واستكشاف الكثير من الأسهم؛ ويتم تمثيل الكثير من البيانات في مساحة صغيرة، وفي هذه الحالة، يدير العرض انتباه المستخدم ويجذبه إلى تلك الأسهم العادية التي بها تغييرات كبيرة جدا، ويجهز الوسائل للتحرك من أسفل البيانات لفهم لماذا هذه الحركات قد تحدث، وفي حالة إدارة الفندق، يجعل التمثيل المرئي الأمر أكثر سهولة لملاحظة أوجه التشابه في السلوك في خاصية الفضاء متعدد الأبعاد، ثم تجميعها وإعادة تمثيلها، والمنتج النهائي هو تمثيل مضغوط (ومُبَسَّط) للبيانات الأصلية التي تدعم مجموعة من القرارات المستقبلية، وفي كل هذه الحالات، يسمح التمثيل المرئي للمستخدم بـ:

1- فحص كمية كبيرة من المعلومات.
2- الحفاظ على لمحة عامة كاملة أثناء متابعة التفاصيل.
3- تتبع (باستخدام العرض كذاكرة عمل خارجية) الكثير من الأشياء.
4- إنتاج تمثيل مُجرَّد للحالة/ الموقف من خلال حذف المعلومات وإعادة ترميزها.

ولقد أوضح كل من Larkin and Simon (1987) أن نظام الإدراك البشري يتوافق إلى حدٍّ كبير مع الصور، ويمكن للتمثيلات المرئية أن تربط بعض أنواع من المعلومات بسرعة وفعالية أكبر من النص؛ على سبيل المثال: يمكن أن يكون الرسم البياني المألوف الشريطي (Bar chart) أو الرسم البياني الخطي (Line graph) أكثر إفادة من البيانات الأساسية في جدول مقابل الأرقام، وفي ضوء ذلك أشار Hearst (2009) إلى الهدف من التمثيل المرئي للمعلومات هو نقل/ ترجمة المعلومات المُجرَّدة إلى شكل مرئي يوفر رؤية جديدة حول هذه المعلومات، وأنه لكي يكون التمثيل المرئي ناجحًا في توفير نظرة ثاقبة حول البيانات يحتاج لمجموعة واسعة من المهام، ومن ثم يتمثل دور التمثيل المرئي للمعلومات في الاستفادة من أداء النظام البصري البشري في محاولة لتوفير نظرة ثاقبة للمعلومات المُجرَّدة.

وعلاوة على ذلك، أشار كل من .**Heer et al (2010)** إلى الهدف من التمثيل المرئي هو مساعدة فهمنا للبيانات من خلال الاستفادة من قدرة النظام البصري البشري المضبوطة للغاية لرؤية الأنماط، وتحديد الاتجاهات، وتمييز القيم المتطرفة، ويمكن للتمثيلات المرئية المُصممة بشكل جيد أن تحل محل الحسابات المعرفية باستدلالات الإدراك الحسي البسيطة، وتُحسِّنُ الفهم، والذاكرة، واتخاذ القرارات؛ بجعل البيانات أكثر سهولة وجاذبية، وقد يساعد التمثيل المرئي أيضًا على إشراك جمهور أكثر تنوعًا في الاستكشاف والتحليل، بينما يتمثل التحدي في إنشاء تمثيلات فعالة وجذابة تتناسب مع البيانات.

بينما لخَّص كل من .**Patterson et al (2014)** ما تناولته المصادر الأربع السابقة موضحًا أن دور التمثيل المرئي للمعلومات يتمثل في الاستفادة من أداء النظام البصري البشري في محاولة لتوفير نظرة ثاقبة للمعلومات المُجرَّدة، ومساعدة البشر على التفكير في المشاكل المنطقية وإدراكها وحلها، وتقديم المساعدة في فهم البيانات؛ إذ إن الأداء الإدراكي عالي المستوى– مثل: تطوير البصيرة، والتفكر، والفهم– يعمل من خلال تقنيات التمثيل المرئي لأن التصور البصري يمتلك خصائص خاصة، وهو متوافق مع الصور المرئية، ويؤدي إلى إدراك الأنماط والتعرف عليها.

ويوضح **Phetteplace (2012)** أنه للتمثيل المرئي للمعلومات هدف واضح وهو: للمساعدة في فهمنا للبيانات؛ لأن التمثيلات المرئية تساعد في التعرف على الاتجاهات الغامضة، كما تعرض الكثير من التمثيلات المرئية وسائل للتفاعل؛ فهي لا تقوم فقط بالإعلام بحقيقة واحدة غير قابلة للجدال؛ بل تُوفر للمستخدم النهائي فرصة لاستكشاف البيانات وإمكانية الوصول إلى استنتاجات غير متوقعة، كما تساعد في تبسيط تفسير كون مخيف من البيانات، وهو مخيف من حيث الحجم الهائل لمجموعات البيانات، التي يمكن أن تتكون من الملايين من نقاط البيانات، وأيضًا من حيث أبعاد البيانات؛ فقد تحتوي مجموعة البيانات على اثنتي عشرة نقطة واضحة فقط، ولكن كل نقطة يمكن أن تحتوي على آلاف من الجوانب المتصلة بها، على سبيل المثال: عند التفكير في فروع المكتبة؛ قد يكون في أنظمة مكتبة عامة كبيرة عدد رقم واحد من الفروع، ولكن كل فرع من هذه الفروع له مجموعات مختلفة من ساعات العمل، والإحداثيات الجغرافية، والعناصر في المجموعة، والموظفين، والخدمات، ويُشكل استخلاص هذه الاختلافات في تمثيل مرئي ذي معنى– تحديًا... .

وأشارت **Guldamlasioglu (2015)** أن الأهداف الرئيسية للتمثيل المرئي للمعلومات تركز بشكل أساسي على جعل المشاهدين يكتسبون البصيرة (Insight) من خلال تشكيل نموذج عقلي، ولأن التمثيل المرئي للمعلومات يتضمن التفاعل البشري مع البيانات فإن الهدف الرئيسي للتمثيل المرئي للمعلومات هو أن يُكسب المشاهد بالمعرفة، وقد ثبت أن التمثيل المرئي للمعلومات يعمل كأداة تعليمية لتعزيز وتحسين اكتساب المعرفة؛ إذ أدت تجربة كل من .Keller et al (2006) التي بحثت وحققت في فهم العلاقات في مجموعة البيانات إلى استنتاج يفيد بأنه يُمكن تعزيز العمليات المعرفية في اكتساب المعرفة من خلال تطبيق تكنولوجيات التمثيل المرئي للمعلومات.

كما بيّنت أن الأهداف الرئيسية للتمثيل المرئي للمعلومات هي: الاكتشاف، وصنع/ اتخاذ القرار، والشرح/ التفسير، و كل هدف من هذه الأهداف يلعب دورًا مهمًا في اكتساب المعرفة على النحو الآتي:

- **الاكتشاف:** يوفر التمثيل المرئي للمعلومات بيانات وصفية (Metadata)، أي: بيانات حول البيانات، ولذلك، فإنه من الممكن إنشاء فرضيات دون التحقق من جميع أجزاء البيانات، والتحليل الاستكشافي للبيانات (Explorative Analysis) هو منهج تحليل البيانات الذي يستخدم التكنولوجيات الرسومية في الغالب مثل: (Box plots)، و(Histograms)، و(Scatter plots)؛ فقد عرّف توكي (Tukey) التحليل الاستكشافي للبيانات في عام 1962م بأنه: "إجراءات تحليل البيانات، وتكنولوجيات تفسير نتائج هذه الإجراءات، وطرق التخطيط لجمع البيانات لجعل تحليلها أسهل، وأكثر تحديدًا، وأكثر دقة..."، ويمكن أن يحقق المستفيدون الاكتشافات من خلال البحث عن القيم المتطرفة، والميول، والاتجاهات بمساعدة التحليل الاستكشافي، ويمكن للمستفيدين أيضًا صياغة فرضيات وإثبات صحتها أو دحضها.

- **اتخاذ القرار:** بعد استنباط فرضيات حول البيانات، يهدف التمثيل المرئي للمعلومات إلى تقديم تحليل تأكيدي (Confirmative analysis)؛ على سبيل المثال: كانت الفرضية الرئيسية للدكتور جون سنو هي أن الكوليرا تنتشر عبر الماء، ومن أجل إثبات صحة فرضياته، قام بتخطيط ورسم أعداد الوفيات، مما أدى إلى تأكيد فرضياته.

وذلك على النقيض من التحليل الاستكشافي للبيانات، إذ يبدأ التحليل التأكيدي بتوضيح فرضية، ويتحقق فحص الفرضية منها بطريقة هادفة، والتمثيل المرئي للمعلومات إما يؤكد أو يرفض الفرضية كنتيجة لذلك.

- **الشرح/ التفسير:** وهو تقديم الحقيقة التي ينتج عنها تمثيل مرئي عالي الجودة للبيانات، ويخدم العرض التقديمي الهدف من تقديم نتائج التحليل بكفاءة وفعالية، ويقوم المستخدم باختيار أسلوب العرض التقديمي المناسب، وتحديد الحقائق التي سيتم تقديمها مُسبقًا.

ويحصل المراقبون على البصيرة (Insight) عن طريق الاكتشاف، وصنع القرار، والتفسير أو الشرح، ويهدف التمثيل المرئي للمعلومات إلى إكساب المراقبين بالمعرفة، ويمكن للمستفيدين المشاهدين أن يكتشفوا الاكتشافات الجديدة ببساطة عن طريق البحث عن القيم المتطرفة، والكشف عن الاتجاهات والميول، ويمكنهم أيضًا قبول أو دحض فرضيات من خلال مراقبة البيانات أو التفاعل معها، كما يمكن شرح كميات كبيرة من البيانات لهم حتى يتمكنوا من فهم المعاني الأساسية للبيانات.

ويرى **Chen (2017)** أن الهدف من التمثيل المرئي للمعلومات أو استخدامه يتطور مثل تعريفه بمرور السنوات...، واليوم تعتمد الطريقة التي يُحدد بها التمثيل المرئي للمعلومات على العناصر المرئية، وبالأخص التنسيقات التصويرية أو الأشكال الرسومية، بينما حُدَّد الهدف أو الاستخدام الرئيسي له بأنه القدرة على مساعدة صُنَّاع القرار على الاطلاع على التحليلات، ومساعدتهم على فهم المفاهيم الصعبة، وحتى تحديد الأنماط الجديدة، وتطور التكنولوجيات الرقمية أدى إلى توسيع استخدام التمثيل المرئي للمعلومات؛ ويتم استخدامه الآن لاستخراج المعلومات من البيانات للحاجة إلى مزيد من التفاصيل، وتوضح الاتجاهات والحاجات الحالية أن التمثيل المرئي للمعلومات الآن يُغير بطريقة تفاعلية الطريقة التي يتخيل بها العقل البشري ويعالج البيانات المُعَقَّدة، وأنَّ التمثيل المرئي للمعلومات أسهل للعقل من معالجة أشكال البيانات الأخرى، مثل: التقارير أو جداول البيانات.

وأشارت **Interaction Design Foundation (n.d.a)** في هذا الصدد إلى التمثيل المرئي للمعلومات الذي صُمم للمساعدة على فهم البيانات، ويمكن استخدامه لاستكشاف العلاقات في البيانات (التحليل الاستكشافي)، ولتأكيد الأفكار التي نحتفظ بها عن البيانات أو فهمنا وتحليلنا للبيانات (التحليل التأكيدي)، أو لشرح البيانات بطريقة سهلة الفهم، وكذا يمكن أن يستخدم للمساعدة في إقناع فرد ما بالبيانات سواء أكانت هذه البيانات صحيحة أم خاطئة.

ومما سبق، يتضح أن للتمثيل المرئي للمعلومات هدفا عاما يتحقق بتحقق واحد أو أكثر من الأهداف الفرعية التي تندرج تحته؛ لأن الهدف العام والواسع للتمثيل المرئي للمعلومات هو زيادة المعرفة أو الإدراك باستخدام القدرات الإدراكية للنظام البصري البشري الذي يمكنه إدراك وفهم البيئات المرئية أو المعلومات في شكل مرئي بسهولة ويسر، بينما تتمثل الأهداف الفرعية التي يتحقق هذا الهدف العام بتحقيق هدف أو عدة أهداف منها في:

- المساعدة في فهم البيانات واستخراج رُؤى قيمة ذات معنى منها.
- السماح باستكشاف كميات ضخمة من البيانات المُجرَّدة المُعقدة على مستويات مختلفة من التجريد، وجعلها أكثر سهولة في الفحص والمراقبة والفهم والتحليل، واستخلاص رُؤى قيمة أو معلومات جديدة ذات معنى منها.
- القدرة على الكشف عن البنية، والأنماط، والاتجاهات، والانحرافات، والفجوات، والعلاقات في مجموعة البيانات، وإدراكها والتعرف عليها بسهولة.
- توفير لمحة عامة تسمح باكتشاف مجموعة البيانات الضخمة، والمُعقدة أثناء عملية الفحص ومتابعة التفاصيل.

- تلخيص مجموعة البيانات الكبيرة والمُعقدة بإنشاء تمثيل مرئي مُجرَّد لها.
- تقليل البحث عن المعلومات من خلال تجميع المعلومات المترابطة مع بعضها البعض بصريًا.
- إتاحة القدرة على تخزين كميات كبيرة من المعلومات في مساحة صغيرة وشكل يسهل الوصول إليه بسرعة.
- شرح وتفسير البيانات للأفراد بطريقة سهلة في الفهم والاستيعاب تمكنهم من فهم المعاني الأساسية في البيانات.
- السماح بالرصد والتنبؤ بالأحداث/ المشكلات المحتملة، أو اتخاذ القرار عن طريق العثور على المعلومات في البيانات التي تساعد صانع القرار على اتخاذه.
- توسيع وتنمية الذاكرة العاملة المتوفرة لحل مشكلة ما.
- زيادة القدرة على أداء الأنشطة المعرفية مثل: الفهم، والبحث، والرصد، والمراقبة، والاكتشاف، والشرح، والتفسير، والتذكر، والاستدلال... وغيرها من العمليات المعرفية بسهولة ويسر.
- تحويل البيانات المُجرَّدة إلى شكل أو أشكال مرئية توفر رؤى جديدة حول هذه البيانات.
- تشجيع المستفيدين على اكتشاف التفاصيل، وإدراك الأنماط والاتجاهات والانحرافات والعلاقات المخفية في مجموعة البيانات بسهولة باستخدام أنظمة الإدراك التلقائي، ومنحهم إحساسًا أكبر بالتفاعل مع البيانات والارتباط بها.
- إعطاء المستفيدين القدرة على فهم أعمق للبيانات، وتقليل التعقيد اللازم لعمليات فحص ورصد ومراقبة وتحليل البيانات، واستخراج رُؤى قيمة ومعلومات ذات معنى منها.
- تمكين مُحللي البيانات من الحصول على النماذج الذهنية الداخلية لمحتوى المعلومات في مجموعات البيانات، والنماذج التي يمكن استخدامها لاحقًا في التوصيف، والتفسير والشرح، والتنبؤ أو اتخاذ القرار.
- إثبات وتأكيد صحة إحدى الفرضيات عن البيانات أو دحضها من خلال رصد ومراقبة وتحليل البيانات والتفاعل معها.

4/2 أنواع البيانات في التمثيل المرئي للمعلومات:

تُترجم البيانات غير العلمية في التمثيل المرئي للمعلومات إلى نوع البيانات (Data type) (وهو ما يُسمى أيضًا بشكل البيانات (Data format) أو نموذج البيانات (Data model)[xxviii]) قبل أن يتم تخطيطها في شكل تمثيلات رسومية، ويُعد نوع البيانات عادة نقطة أساسية لتصميم تكنولوجيات التمثيل المرئي للمعلومات كما أوضح Hao (2010)، وهناك الكثير من الجهود التي بُذلت لتصنيف أنواع البيانات في التمثيل المرئي للمعلومات، بينما اقترحت الطريقة التقليدية لتلخيص أنواع البيانات من جانب عالم الحاسوب الأمريكي بن شنايدرمان (Ben Shneiderman) الأستاذ بقسم علوم الحاسب ومختبر التفاعل بين الإنسان والحاسوب بجامعة مريلاند، ومن خلال الاطلاع على التصنيفات المختلفة التي قدَّمها كل من (Shneiderman, 1996; North, n.d.; OLIVE, 1997; Card et al., 1999; Keim, 2002; Chengzhi et al., 2003) في هذا الصدد، والكثير من الدراسات الأخرى التي قام بعضها بسرد هذه التصنيفات، بينما قامت أخرى بشرحها وتقديم أمثلة عليها، وسعت غيرها إلى نقدها والإضافة إليها، يمكن الاتفاق مع ما أشار إليه **Eden (2005)** حول أنواع البيانات في التمثيل المرئي للمعلومات بأن المتخصصين في مجال التمثيل المرئي للمعلومات حاولوا تصنيف مختلف السمات البُعدية للبيانات في مجال عملهم، وقد اتفقوا أساسًا على سبعة أو ثمانية أنواع من البيانات نهجًا أساسيًا لفهم التمثيل المرئي للمعلومات وهي:

1- الزمنية (Temporal) مثل: الجداول الزمنية، والتواريخ.

2- أحادية الأبعاد ((One-dimensional (1D) مثل: البيانات الخطية، والنصوص، والقوائم.

3- ثنائية الأبعاد ((Two-dimensional (2D) مثل: البيانات المسطحة، والصور، والخرائط، والتخطيطات.

4- ثلاثية الأبعاد ((Three-dimensional (3D) مثل: البيانات الحجمية، والصور ثلاثية الأبعاد، والنماذج الصلبة.

5- متعددة الأبعاد ((Multi-dimensional (MultiD) مثل: البيانات متعددة الخواص، والجداول من قواعد البيانات العلائقية، والإحصائية.

6- الشجرية (Trees).

7- الشبكية (Network).

8- مساحة/ فضاء عمل (Workspace).

وعلى الرغم من ذلك فإنه ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار التصنيفات التي أضافت أنواعا أخرى من البيانات مثل: تصنيف Keim (2002)، وتصنيف كل من .Chengzhi et al (2003) الذين أضافوا أنواعا أخرى من البيانات مثل: البيانات النصية والنصية التشعيبية المتاحة على صفحات مواقع الويب، وبيانات الخوارزميات والأكواد المستخدمة في كتابة البرمجيات.

5/2 المراحل والخطوات والنماذج:

1/5/2 المراحل والخطوات:

يتطلب القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات أن تنظم هذه العملية في مجموعة من المراحل والخطوات التي تصف كيفية إنجاز هذه العملية بطريقة منظمة في سهولة ويسر، وقد أسفر البحث عن مراحل وخطوات التمثيل المرئي للمعلومات عن وجود طرق عدة صاغها الباحثون والدارسون والمهتمون تحدد سلسلة من الخطوات العملية للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات، بما يوضح النهج الذي ينبغي أن يتبعه الفرد لإنجاز هذه العملية، وتكشف دراسة هذه الطرق المتباينة عن: ربما تختلف فيما بينها بعض الشيء في تسلسلها، ومستوى التفصيل الذي تعرض به، وربما تختلف وفقًا لطبيعة البيانات المرغوب في تمثيلها مرئيًا، أو وفقا لنوع الوسيط الذي تُعرض عليه التمثيلات المرئية (سطح مكتب الحاسوب أو الأجهزة المحمولة) لكنها تشترك في: تبدأ جميعًا من (البيانات الخام) وتنتهي إلى (المستفيد) أو (العرض المرئي)، ويمكن إلقاء الضوء على أبرز الجهود في هذا الشأن على النحو الآتي:

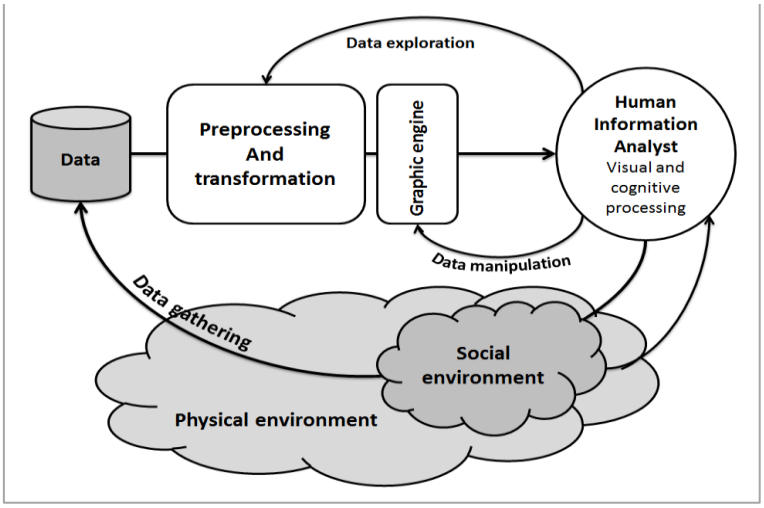
تتضمن عملية التمثيل المرئي بصفة عامة كما أشار **Ware (2004)** أربعة مراحل أساسية على النحو الذي يوضحه الشكل (5):

1- جمع وتخزين البيانات نفسها.

2- الإعداد والتجهيز المُسبق/ المعالجة التمهيدية للبيانات بهدف تحويلها إلى شيء يمكن فهمه.

3- إنتاج صورة على الشاشة باستخدام أجهزة العرض وخوارزميات الرسوم البيانية التي تنتج صورة على الشاشة.

4- الملاحظة باستخدام نظام الإدراك الحسي والمعرفي البشري.



شكل (5) رسم تخطيطي لمراحل وخطوات عملية التمثيل المرئي[xxix]

المصدر: (Ware, 2004)

وقد فصَّلت هذه الخطوات Alsaud (2008) على النحو الآتي: بعد جمع البيانات التي تم تخزينها في قواعد البيانات [تجميع وتخزين البيانات]، تحدث تحولات على البيانات، وهي تُحدد وتُميّز [المعالجة المُسبقة وتحويل البيانات ونقلها في تنسيق قابل القراءة للإنسان]، ثم تستخدم الخوارزميات الحاسوبية لمعالجة البيانات والتوليد/ الإنشاء البياني للتمثيلات المرئية [إنتاج وعرض الصورة على الشاشة]، وأخيرًا يتفاعل المستخدم مع التمثيل المرئي ومعلومات المجال المميزة أو المحددة [الإدراك والتفاعل من جانب المستخدم].

ويُشار في هذا الاتجاه، إلى هذه المراحل والخطوات التي تنطبق على التمثيل المرئي للمعلومات على أن تكون البيانات التي يتم جمعها، وتخزينها، وإعدادها، وتجهيزها، وتمثيلها مرئيًا، تكون بيانات مُجرَّدة تُمثل العلاقات والمفاهيم التي ليس لها نظير في الواقع الخارجي.

بينما حدد **Fry (2008)** سلسلة من الخطوات للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات يمكن تلخيصها كما يأتي:

1- **الاكتساب (Acquire): الحصول على البيانات، سواء من ملف على قرص أو من مصدر على شبكة** تنطوي هذه الخطوة على تجميع البيانات والحصول عليها من مصادرها، ويمكن أن يكون ذلك مُعقدًا للغاية (كمحاولة جمع بيانات مفيدة من نظام كبير)، أو بسيطًا (كقراءة ملف نصي متاح بسهولة).

2- **التحليل (Parse): تقديم هيكل أو بناء لمحتوى البيانات وترتيبها في فئات [وضع البيانات في هيكل]**؛ وبعد الحصول على البيانات، يجب تحليلها، أي: تغييرها إلى تنسيق يضع واسمة على كل جزء من البيانات بالاستخدام المقصود منه، ويجب أن يتم كسر كل سطر من الملف إلى الأجزاء الفردية الخاصة به، وتحويل كل جزء من البيانات إلى تنسيق مفيد.

3- **التنقية (Filter): إزالة كل البيانات باستثناء البيانات محل الاهتمام**؛ في هذه الخطوة يتم تصفية البيانات لإزالة كل البيانات غير الضرورية، وغير ذات الصلة باستخدامنا.

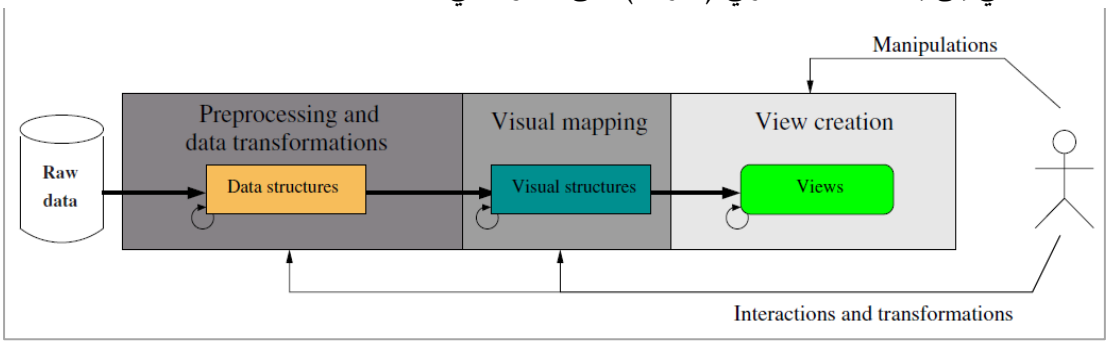
4- **التنقيب (Mine): تطبيق أساليب وطرق من علم الإحصاء أو علم التنقيب عن البيانات كطريقة لتحديد وتمييز الأنماط أو وضع البيانات في سياق رياضي**؛ تستخدم هذه الخطوة الرياضيات وعلم الإحصاء والتنقيب عن البيانات؛ وتتلقى البيانات معالجة بسيطة، مثلا: يجب أن يعرف البرنامج الحد الأدنى والأقصى للقيم لخطوط الطول والعرض من خلال تنفيذ، وتشغيل البيانات حتى يمكن عرضها على الشاشة في مقياس مناسب.

5- **التمثيل (Represent): اختيار نموذج مرئي أساسي؛ مثلا: الرسم البياني الشريطي (Bar graph)، أو قائمة (List) أو الشجرة (Tree)**، وتحدد هذه الخطوة الشكل الأساسي الذي ستتخذه وتظهر فيه مجموعة البيانات؛ فقد تظهر في شكل قوائم، وقد تنظم في شكل أشجار... وهكذا.

6- **التنقيح (Refine): تحسين التمثيل لجعله أكثر وضوحًا وجاذبية مرئيًا**؛ في هذه الخطوة يتم استخدام أساليب تصميم الرسوم الجرافيك لزيادة توضيح التمثيل المرئي بجذب المزيد من الانتباه إلى بيانات معينة (كإنشاء تسلسل هرمي) أو عن طريق تغيير بعض السمات (كاللون) التي تؤدي إلى سهولة القراءة.

7- **التفاعل (Interact): إضافة طُرق لمعالجة البيانات أو للتحكم في الميزات التي تكون مرئية**؛ تضيف هذه المرحلة من العملية تفاعلًا مما يسمح للمستخدم بالتحكم في البيانات أو استكشافها، وقد يشمل التفاعل خيارات مثل: اختيار مجموعة فرعية من البيانات أو تغيير طريقة العرض، ويمكن أن يؤثر ذلك على جزء سابق من العملية؛ كتغيير طريقة العرض يمكن أن يؤثر على خطوة التنقيح نظرًا لأن التغيير في طريقة العرض قد يتطلب تصميم البيانات بشكل مختلف.

وناقش **Mazza (2009)** الإجراءات الواجب اتباعها عند إنشاء تمثيل مرئي للبيانات المُجرَّدة في عملية بسيطة، موضحًا أن إنشاء نتاج مرئي هو عملية يمكن تمثيلها ونمذجتها من خلال سلسلة من المراحل المتعاقبة، وأن جميع البرامج المخصصة لإنشاء تمثيلات مرئية للبيانات المُجرَّدة حتى وإن كانت تختلف فيما بينها اختلافًا كبيرًا فإنها تتبع خطوات عملية الإنشاء الموضحة بالشكل (6) التي تبدأ من البيانات الخام كنقطة للبداية، أو البيانات المُجرَّدة التي يقدمها العالم، وهي البيانات التي ليس لها بالضرورة اتصال بالواقع الخارجي، التي نادرًا ما تُتاح في صيغة مناسبة للمعالجة باستخدام أدوات المعالجة التلقائية، ومن ثم يجب معالجتها بشكل مناسب قبل تمثيلها مرئيًا، ويمكن وصف كل مرحلة من هذه المراحل من خلال مثال يوضح كيف يتم تحويل البيانات من الشكل الأصلي إلى إنشاء التمثيل المرئي (العرض) على النحو الآتي:



شكل (6) مراحل وخطوات عملية إنشاء التمثيلات المرئية للمعلومات

المصدر: (Mazza, 2009)

<u>المرحلة الأولى- المعالجة الأولية وتحولات البيانات (Preprocessing and Data Transformations):</u>

يُستخدم مصطلح (الخام) لوصف البيانات المُقدمة من جانب العالم؛ ويمكن أن تكون البيانات الخام هي الناتجة عن الأدوات، مثل: قيم بعض العوامل الملوثة المأخوذة من محطة مراقبة أثناء اختبار التلوث، ويمكن أيضًا أن يتم إنشاؤها وحسابها بواسطة البرامج المناسبة، كبيانات توقعات الطقس، وقد تكون بيانات مرتبطة بأحداث أو كيانات قابلة للقياس في الطبيعة أو العالم الاجتماعي، كعدد السكان أو معدلات المواليد للمدن في دولة معينة، وفي كل حالة، نادرًا ما يتم تزويد مجموعات البيانات –التي تُسمى (Datasets)– هذه بهيكل أو بنية منطقية دقيقة، ولكي يتاح معالجة هذه البيانات باستخدام البرامج يجب أن تعطى بنية منطقية منظمة، والبنية المنظمة عادة لهذا النوع من البيانات هي الجداول (أي: تنظيم البيانات في شكل جدول) أو التنسيق المناسب للبرنامج الذي يجب أن يتسلمها ويعالجها، وفي بعض الأحيان يتم تضمين البيانات في واحدة أو أكثر من قواعد البيانات، ومن ثم تكون متاحة بالفعل في شكل إلكتروني وبهيكل واضح المعالم، وفي هذه الحالة، تتوافق البيانات الخام مع البيانات الموجودة في قواعد البيانات، وتتضمن مراحل المعالجة المسبقة والإعداد استخراج هذه البيانات من قاعدة البيانات، وتحويلها إلى تنسيق منظم يستخدمه برنامج التمثيل المرئي (Visualization software).

ومثال ذلك: في حالة الرغبة في دراسة كيفية تواصل الأفراد في منتدى المناقشة (Forum) من خلال إجراء تحليل للبيانات المتعلقة بعدد الرسائل التي تمت قراءتها وكتابتها في منتدى المناقشة؛ مثلا: عند الرغبة في معرفة وتمييز كل المستخدمين الأكثر نشاطًا (أولئك الذين يقرؤون ويكتبون عددًا كبيرًا من الرسائل أو المشاركات في

المنتدى)، بالإضافة إلى المستخدمين الذين يقرؤون بصمت جميع المشاركات بينما لا يشاركون في المناقشة، فإنه عادةً ما تُسجّل الأدوات التي تقدم هذا النوع من الخدمة كل إجراء يقوم به مستخدمو النظام في ملف مناسب يُسمى (Log file) ملف السجل، ويمكن أن يحتوي ملف السجل النموذجي للمناقشات على بيانات على النحو الموضح بالشكل (7).

```
.
.
.
[Tue 1 March 2005, 10:22 AM] Luigi "add post"
[Tue 1 March 2005, 10:26 AM] Orazio "view discussion"
[Tue 1 March 2005, 11:02 AM] Luigi "add post"
[Tue 1 March 2005, 02:02 PM] Enzo "view discussion"
[Tue 1 March 2005, 02:04 PM] Enzo "view discussion
.
.
.
```

شكل (7) نموذج لملف سجل (Log file) نموذجي يرصد مناقشات المستخدمين في المنتدى للمناقشة

المصدر: (Mazza, 2009)

ومن ثم، سيكون هذا الملف مصدر البيانات الخام في النظام، ويجب أن تقوم مرحلة المعالجة الأولية أو المسبقة بتحويل هذه البيانات إلى تنسيق جدولي، ويمكن أيضًا إثراء هياكل البيانات بمعلومات إضافية أو معالجة أولية، وبخاصة عمليات الفرز والتصفية (Filtering) لإزالة البيانات غير الضرورية، والقيام بالعمليات الحسابية (Calculations) التي يمكن القيام بها للحصول على بيانات جديدة كالإحصائيات التي يتم تمثيلها في النسخة المرئية، علاوة على ذلك، يمكن إضافة سمات إلى البيانات (تُسمى أيضًا البيانات الوصفية (Metadata)) التي يمكن استخدامها لتنظيم البيانات المُجدولة منطقيًا، ومن ثم يمكن أن يبدو هيكل أو بنية البيانات الوسيطة للمثال الذي يُعالج كما يوضح جدول (3) الآتي:

جدول (3) هيكل البيانات بعد المعالجة الأولية وتحويلها إلى تنسيق جدولي

User	Read	Posted
Enzo	90	10
Giorgio	134	20
Luigi	89	3
Michele	14	0
Orazio	117	13

المصدر: (Mazza, 2009)

وفي هذا الهيكل، تم تصفية بعض المعلومات، مثل: التاريخ، والوقت لكل حدث تم تسجيله بملف السجل؛ لأنها غير ذات صلة بالمشكلة محل الدراسة، وتم حساب السمات التي تمت قراءتها ونشرها من البيانات الموجودة في ملف السجل.

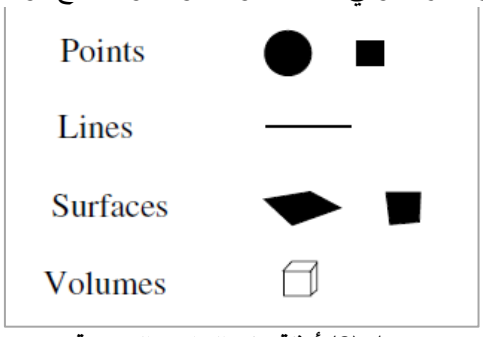
المرحلة الثانية– التخطيط أو الخرطنة المرئية (Visual Mapping):

تكمن المشكلة الرئيسية لهذه العملية في تحديد الهياكل المرئية لاستخدامها في تخطيط البيانات وموقعها (Location) في منطقة العرض، وعلى النحو الموضح سابقًا لا تحتوي البيانات المُجرَّدة بالضرورة على موقع حقيقي في الفضاء الحقيقي الخارجي، وهناك بعض أنواع من البيانات المُجرَّدة التي يمكن أن تجد بطبيعتها موقعًا مكانيًا بسهولة؛ ويمكن للبيانات المأخوذة من محطة مراقبة للتلوث الجوي أن تجد بسهولة موقعًا على خريطة جغرافية، نظرًا لأن محطات المراقبة التي تأخذ القياسات تقع في نقطة مُحددة في الإقليم، وبالمثل بالنسبة للبيانات المأخوذة من الكيانات التي لها هيكل طوبولوجي، كبيانات حركة زيارة أو المرور (Traffic) الخاصة بشبكة الحاسوب، ومع ذلك، هناك عدة أنواع من البيانات التي تنتمي إلى كيانات لا يوجد لها موقع جغرافي طبيعي أو موقع طوبوغرافي؛ على سبيل المثال: المراجع الببليوجرافية في النصوص العلمية، أو استهلاك وقود السيارات، أو

رواتب الشخصيات المهنية المختلفة داخل شركة ما؛ فلا يحتوي هذا النوع من البيانات على تطابق فوري مع أبعاد الفضاء المادي المحيط به، ومن ثم، يجب تحديد الهياكل المرئية التي تتوافق مع البيانات المراد تمثيلها مرئيًا، وتُسمى هذه العملية "التخطيط المرئي"، وهنا يجب تحديد ثلاثة هياكل:

أولًا- الركيزة المكانية (Spatial substrate): تُحدد الركيزة المكانية الأبعاد في الفضاء المادي؛ ويتم إنشاء التمثيل المرئي، ويمكن تعيين الركيزة المكانية من حيث المحاور، في المساحة الديكارتية، وتتطابق الركيزة المكانية مع المحاور (x) و(y)، ويمكن أن يكون كل محور من أنواع مختلفة، اعتمادًا على نوع البيانات التي نرغب في تعيينها وتخطيطها عليه، وبصفة خاصة، يمكن أن يكون المحور كميًا (Quantitative)، عندما يكون هناك قياس مرتبط بالقيم المذكورة على المحور، وترتيبي (Ordinal) عندما يتم تكون القيم الموضحة على المحور في ترتيب يتوافق مع ترتيب البيانات، وشكلي (Nominal) عندما تنقسم منطقة المحور إلى مجموعة من المناطق دون ترتيب حقيقي.

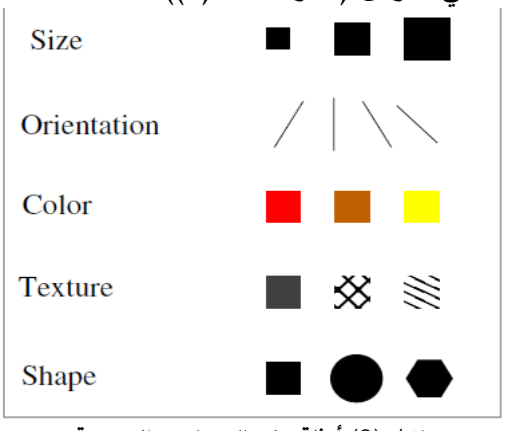
ثانيًا- العناصر الرسومية (Graphical properties): هي كل شيء مرئي يظهر في الفضاء، وهناك أربعة أنواع يمكن أن تظهر من العناصر المرئية وهي: النقاط، والخطوط، والأسطح، والحجوم (انظر الشكل (8)).



شكل (8) أمثلة على العناصر الرسومية

المصدر: (Mazza, 2009)

ثالثًا- الخصائص الرسومية (Graphical properties): هي خصائص العناصر الرسومية التي تكون شبكية العين البشرية حساسة للغاية لها (لهذا السبب، تُسمى أيضًا المتغيرات الشبكية (Retinal variables))، وهي مستقلة عن الموضع الذي يشغله العنصر المرئي في الركيزة المكانية، والخصائص الرسومية الأكثر شيوعًا هي: الحجم، والاتجاه، واللون، والملمس، والشكل، التي يتم تطبيقها على العناصر الرسومية، ومن ثم تحديد خصائص التخطيط المرئي الذي سيتم عرضه في العرض (انظر الشكل (9)).

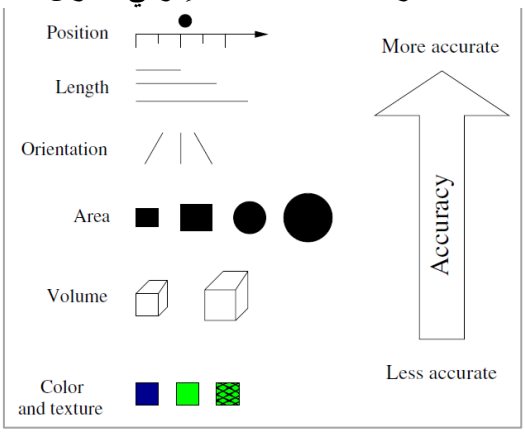


شكل (9) أمثلة على الخصائص الرسومية

المصدر: (Mazza, 2009)

ومن جهة الإدراك البصري للإنسان، لا تسير جميع الخصائص الرسومية بالطريقة نفسها؛ فبعض الخصائص الرسومية أكثر فعالية من غيرها من وجهة نظر القيم الكمية، وقد أجرى Cleveland and McGill (1984) دراسة لتقييم الدقة التي يمكن للأفراد من خلالها إدراك القيم الكمية التي تم رسمها وتخطيطها إلى خصائص مختلفة، وعناصر رسومية، وركائز مكانية، وحددت الدراسة تصنيفًا سُجل في الشكل (10) الذي يمكن

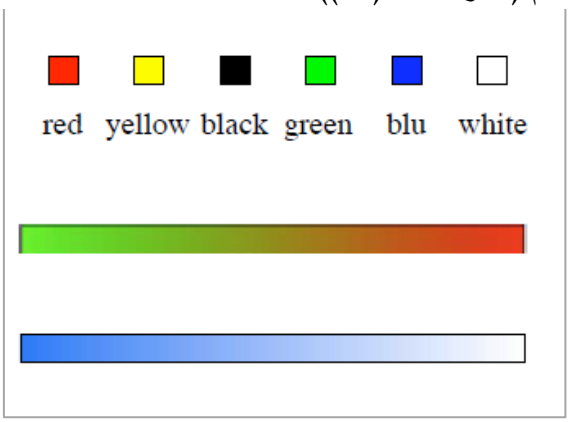
من خلاله استنتاج كون التحديد المكاني هو أحد أكثر الطرق دقة لإدراك المعلومات الكمية، ويجب أن يجعل التخطيط المُختَار الخواص المفاهيمية الأكثر أهمية، دقيقة بشكل إدراكي ملموس أيضًا.



شكل (10) مخطط كليفلاند ومكغيل (Cleveland & McGill) لتقييم الدقة التي يمكن للأفراد من خلالها إدراك القيم الكمية
المصدر: (Mazza, 2009)

ومن جهةٍ أخرى، يجب إيلاء اهتمام خاص بالألوان؛ ويُعد (اللون) الخاصية الرسومية الوحيدة التي يمكن أن يعتمد فيها الإدراك على العوامل الثقافية واللغوية والفسيولوجية؛ فبعض المجتمعات تستخدم عددًا محدودًا من المصطلحات لتحديد طيف الألوان بأكمله (وفي بعض المجتمعات، هناك كلمتان فقط لوصف الألوان هما: الأسود والأبيض)، لذا فإنه من الممكن أن يستخدم فردان من ثقافات مختلفة مصطلحات أو تعبيرات مختلفة لتحديد نفس اللون، أو قد يكون لديهما تصورات مختلفة، نظرًا لأنه قد لا يكون لديهم تعبير مُحدد لتحديد لون معين على المستوى الإدراكي.

وقد أظهرت الدراسات عن الفهم والإدراك أنه حتى مع مراعاة الاختلافات الثقافية، فإن الألوان التي يمكن اعتبارها أساسية هي: الأبيض، والأسود، والأحمر، والأخضر، والأصفر، والأزرق، و هذه هي الألوان الوحيدة التي لها الاسم نفسه في جميع أنحاء العالم، ومن ثم فإن الألوان التي يجب اختيارها عند الضرورة إلى تخطيط السمة الفئوية بحد أقصى ستة ألوان، ويقترح Ware (2004) تحديد أي: تخطيط للسمات الفئوية باستخدام هذ الألوان الأساسية الستة، ولكن إذا لزم الأمر، فإنه من الممكن توسيع القائمة بإضافة اللون الوردي، والبني، والسماوي، والبرتقالي، والأرجواني، ولتمثيل السمات الكمية، أو عندما يكون هناك ترتيب للقيم، لا ينصح باستخدام الألوان الأساسية، لأنه؛ (1) قد لا يكون هناك ما يكفي من الألوان الأساسية، (2) ثقافتنا لا تتبنى أية اتفاقية لترتيب الألوان (فهل يأتي اللون الأزرق قبل أو بعد الأصفر؟)، وفي هذا الصدد، قد تكون فكرة ذكية استخدام اتفاقية على مقياس للون، ولتوضيحها بوضوح في التطبيق (من الأخضر إلى الأحمر، مثلا)، أو لتغيير كثافة اللون لنظم وتنسيق المستويات المختلفة للقيم (انظر الشكل (11)).



شكل (11) استخدام الألوان الأساسية لتعريف السمات الفئوية (في الأعلى) ومقاييس اللون لتعريف السمات الترتيبية (في الأسفل)
المصدر: (Mazza, 2009)

ومن الضروري أيضًا، أن نضع في الاعتبار أن هناك نسبة كبيرة في المجتمع (في أستراليا، (8%) من الذكور، و(0,4%) من الإناث)- تعاني من مشاكل معينة في الإدراك البصري للعين: دالتونية العمى اللوني (Daltonism)، والأفراد الذين يعانون من هذه الحالة عمومًا غير قادرين على التمييز بين اللونين الأحمر، والأخضر، أو (الأقل تكررًا) بين اللونين الأصفر والأزرق، لذا فإنه من المُهم أن نأخذ في الاعتبار أن هناك بعض الأفراد الذين يعانون من هذا الضعف البصري، وأن يراعى تطوير التطبيقات التي يمكن فيها تغيير ألوان التخطيط المرئي.

وللاستمرار في عملية إنشاء تمثيل مرئي، يجب ربط البنية المرئية التي تحتوي على تخطيط البيانات المراد تمثيلها بهياكل البيانات، وفي هذه الحالة المحددة هناك ثلاث سمات يمكن تمثيلها على النحو الذي يوضحه الجدول (4) الآتي:

جدول (4) السمات التي يمكن تمثيلها لدراسة كيفية تواصل الأفراد في منتدى المناقشة

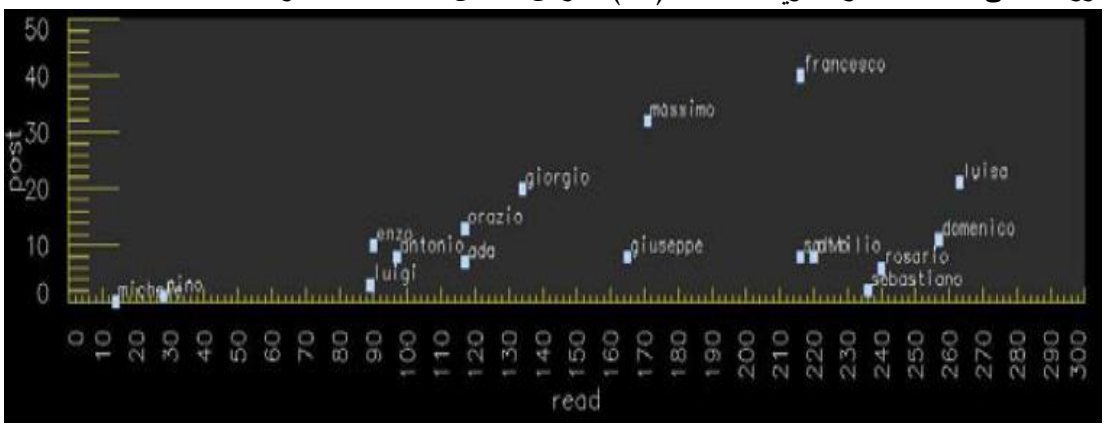
Attribute	Data type
user	categorical
read	quantitative
posted	quantitative

المصدر: (Mazza, 2009)

ويمكن تحديد الخواص (قرأ)، و(نشر) وتخطيطها إلى الإحداثيات (X)، و(Y) على المحور الديكارتي نظرًا لأنه يتعامل مع البيانات الكمية، ويمكن القيام بالتخطيط دون أية مشاكل، ويشكل ذلك الركيزة المكانية، ثم يتم اختيار تمثيل لتمثيل كل عنصر على حدة في الركيزة المكانية مع عنصر رسومي من نوع النقطة، وسيكون العنصر الرسومي في شكل مربع ملون بالأزرق، وبهذه الطريقة، تم تعريف الخاصية الرسومية التي ستحتوي على العنصر المراد تمثيله في الصورة، ويمكن أن يقرر أيضًا إضافة عنصر رسومي آخر، يشتمل على علامة نصية تحتوي على قيم مستخدم السمة، باستخدام الركيزة المكانية نفسها- كما تم تعريفها سابقًا- يستكمل التخطيط المرئي لجميع السمات في العرض.

المرحلة الثالثة- إنشاء العرض:

العروض (Views) هي النتيجة النهائية لعملية الإنشاء، وهي نتيجة لتخطيط أو خرطنة هياكل البيانات في هياكل مرئية، مما ينتج عنه تمثيل مرئي في الفضاء المادي الذي تم تمثيله باستخدام الحاسوب، وهو ما يتم رؤيته معروضًا على شاشة الحاسوب، ويمثل الشكل (12) العرض الممكن للمثال محل الدراسة.



شكل (12) التمثيل المرئي المحتمل للبيانات التي جمعت من منتدى للمناقشة

المصدر: (Mazza, 2009)

ويسمح التمثيل المرئي بإجابات فعَّالة عن الأسئلة التي طُرحت مسبقًا عن تحليل المناقشات بالمنتدى، والتعرف على مَنْ يقوم بنشر معظم الرسائل في المنتدى، وعلى جانب آخر من يقرأ الرسائل دون أن يشارك بشكل نشط في المناقشات بالمنتدى؛ إذ يكشف النظر إلى الشكل (12) عن المستخدمين الأكثر نشاطًا في نشر رسائل

جديدة بالمنتدى، وأيضًا في القراءة وهما: (Francesco)، و(Massimo)، بينما يقرأ المستخدمان: (Rosario)، و(Sebastiano) الكثير من الرسائل ولكنهما يشاركان بقليل جدًا من رسائلهما الخاصة، كما يمكن التعرف على الفور على المستخدمين (Michele)، و(Nino) الذين كانا غير نشطين في كل من القراءة وكذلك كتابة ونشر الرسائل الجديدة على المنتدى.

وهنا تجدر الإشارة إلى العروض المرئية التي تتميز بمشكلة أصيلة وهي: كمية البيانات التي يتم تمثيلها أكبر من المساحة المتاحة، وهي مشكلة يتم مواجهتها بشكل متكرر، وذلك بالنظر إلى الحالات الحقيقية التي تنطوي في كثير من الأحيان على كمية كبيرة جدا من البيانات (في بعض الأحيان قد يصل إلى ملايين العناصر)، وفي هذه الحالات، عندما تكون منطقة العرض صغيرة جدًا بحيث لا تدعم بشكل واضح جميع عناصر التمثيل المرئي، يتم استخدام تقنيات معينة، مثل: التكبير (Zooming)، ومسح النافذة أفقيًا أو رأسيًا (Panning)، والتمرير (Scrolling)، والتركيز (Focus) + السياق (Context)، والعدسات السحرية (Magic lenses).

وكما أوضح Mazza (2009) أنه يجب أن يسبق عملية الإنشاء الموضحة سابقًا– تصميم جيد، إذ إن التصميم الصحيح هو مفتاح نجاح هذا النوع من التطبيقات، بينما تكمن المشكلة الرئيسية في تصميم التمثيل المرئي في إنشاء تخطيط مرئي، ومن جهة أخرى، القدرة على استنساخ المعلومات التي نُظمت في البيانات وإعادة إنتاجها بأمانة، بالإضافة لإجراء تسهيلات للمستخدم تحقق الهدف المُحدد مسبقًا، كما لا توجد طريقة من خلال النظر إلى مجموعة البيانات المُجرَّدة، تُساعد في معرفة أي نوع من التمثيلات المرئية يناسب هذه البيانات، ويعتمد ذلك على طبيعة البيانات، ونوع المستخدم الذي يُصمم التمثيل المرئي من أجله، ونوع المعلومات التي يجب تمثيلها، واستخدامها، وأيضًا على الإبداع، والخبرة، وقدرة مُصممي التمثيلات المرئية، وفي هذه الحالة تأتي المعلومات الأكثر قيمة والمُهمة من المستخدمين المحتملين للتطبيق المرئي، أولئك الذين سوف يستخدمون النظام ويقرون بنجاحه أو فشله، علمًا بأن الغالبية العظمى من مُؤلفي أعمال التمثيل المرئي للمعلومات لا يقوموا بإجراء بحث أولي مع مستخدمي النظام لفهم احتياجاتهم الفعلية، كما لا يقوموا بتنفيذ تقييم تجريبي بعد ذلك عندما يتم تطوير النموذج الأولي للتطبيق، ويمكن تلخيص الخطوات الواجب اتباعها لتصميم تمثيل مرئي للبيانات المُجرَّدة على النحو الآتي:

<u>أولا– تحديد المشكلة (Define the problem)</u>: تتمثل الخطوة الأولى في تحديد المشكلة التي سيقدم التمثيل المرئي حلًا لها، ويتطلب ذلك –عادة– القيام ببعض أبحاث المستخدم عن طريق إنفاق فترة معينة من الوقت مع المستخدمين المحتملين للتمثيل المرئي لتحديد احتياجاتهم الفعلية، وكيف سوف يعملون معه؟، وهي خطوة مُهمة ومطلوبة لتحديد ما يجب تمثيله بوضوح، والإجابة عن تساؤلات مثل: لماذا هناك حاجة للتمثيل المرئي؟، وهل هناك حاجة لتوصيل شيء؟، أم هل هناك حاجة للعثور على معلومات جديدة؟، أم هل هناك حاجة لإثبات فرضيات؟ فقد يحاول التمثيل المرئي أن يشرح شيئًا لمستخدم ما، وقد يحاول تمكينه من إجراء اتصالات جديدة وملاحظات، وقد يكون لمحاولة إثبات نظرية للمستخدم.

ومن الضروري مراعاة العوامل البشرية الخاصة بالجمهور المستهدف الذي سيعالج التطبيق، وبخاصة مستواه التعليمي، أو قدراته الإدراكية والمعرفية، ونوع الخبرة التي لديه في التعامل مع البيانات؛ إذ سوف يوضح ذلك الاحتياجات العامة للمستخدم، ويؤثر على اختيار النماذج المرئية التي سيتم استخدامها، وعلى كيفية السماح للمستخدمين بفهم المعلومات، ويوجه مستوى التعقيد الناتج (Mazza, 2009; Interaction Design Foundation, n.d.c).

<u>ثانيًا– دراسة طبيعة البيانات لتمثيلها (Examine the nature of the data to represent)</u>: يجب تحديد نوع مجموعات البيانات التي يمكن تمثيلها؛ وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من البيانات يمكن تمثيلها:

- **البيانات الكمية:** ويقصد بها البيانات الرقمية؛ كقائمة أعداد صحيحة أو أرقام حقيقية.
- **البيانات الترتيبية:** وهي بيانات ذات طبيعة غير رقمية؛ فلا تحتوي على أرقام، ولكن لها ترتيبها الفعلي الخاص بها، كأيام الأسبوع.

- **البيانات الفئوية:** وهي البيانات التي لا تحتوي على أرقام وليس لها لديها ترتيب فعلي؛ كأسماء الأفراد، أو المدن.

وتختلف الطريقة التي يتم بها تخطيط البيانات وخرطنتها بشكل كبير وفقًا لنوع البيانات (Mazza, 2009; Interaction Design Foundation, n.d.c).

ثالثًا- تحديد عدد الأبعاد المطلوبة لتمثيل البيانات (Number of dimensions): يجب النظر بعناية في عدد أبعاد مجموعات البيانات؛ إذ يُحدد عدد أبعاد البيانات (وتُسمى أيضًا السمات) التي نحتاج إلى تمثيلها إلى حدٍّ كبير نوع التمثيل المرئي الذي يمكن استخدامه لتمثيل البيانات، ويمكن أن تكون سمات البيانات مستقلة أو تابعة؛ وتختلف السمات التابعة، وتتفاوت وهي السمات التي يهتم المُحلل بتحليل سلوكها بالنسبة للسمات المستقلة، وهناك أربعة أنواع من مجموعات البيانات وفقًا لعدد السمات التابعة:

- **أحادية المتغير (Univariate):** إذ تتكون مجموعة البيانات من متغير واحد تابع (يختلف أحد الأبعاد باختلاف آخر).
- **ثنائية المتغير (Bivariate):** تتكون مجموعة البيانات من متغيرين تابعين (هناك نوعان من الأبعاد التابعة).
- **ثلاثية المتغيرات (Trivariate):** تتكون مجموعة البيانات فيها من ثلاثة أبعاد تابعة.
- **متعددة المتغيرات (Multivariate):** تتكون مجموعة البيانات من أكثر من ثلاثة أبعاد تابعة (أربعة أبعاد أو أكثر والتي تختلف عن تلك المستقلة).

ومن ثم، يوجد أربعة أنواع من التحليل يمكن إجراؤها وفقًا لعدد السمات التابعة المراد دراستها:

- **تحليل أحادي المتغير (Univariate analysis):** ويتم فيه دراسة متغير واحد تابع مقابل المتغيرات المستقلة.
- **تحليل ثنائي المتغير (Bivariate analysis):** ويتم فيه دراسة متغيرين تابعين في مقابل المتغيرات المستقلة.
- **تحليل ثلاثي المتغيرات (Trivariate analysis):** ويتم فيه دراسة ثلاث متغيرات تابعة في مقابل المتغيرات المستقلة.
- **تحليل متعدد المتغيرات (Multivariate analysis):** ويتم فيه دراسة المتغيرات تابعة وعددها أكثر من ثلاثة في مقابل المتغيرات المستقلة (Mazza, 2009; Interaction Design Foundation, n.d.c).

رابعًا- التعرف على هياكل البيانات (Data structures): توضح هياكل البيانات كيفية ارتباط مجموعات البيانات بعضها البعض، وقد تكون هياكل البيانات:

- **هياكل خطية (Linear):** يتم نظم البيانات في هياكل خطية وتُعرض في تنسيقات خطية مثل: المتجهات (Vectors)، والجداول (Tables)، والمجموعات (Collections).
- **هياكل زمنية (Temporal):** البيانات التي تتغير بمرور الوقت.
- **هياكل مكانية أو جغرافية (Spatial):** تحتوي على البيانات التي تتطابق مع شيء مادي أو ذات الصلة بالعالم الحقيقي مثل الخريطة (Map) أو المخطط الأرضي (floor plan).
- **هياكل هرمية (Hierarchical):** تضم البيانات المتعلقة بالكيانات المنظمة في تسلسل هرمي؛ مثلا: علم الأنساب (Genealogy)، وخرائط التدفق (Flowcharts)، والملفات الموجودة على قرص.
- **هياكل شبكية (Networked):** وتشمل البيانات التي تصف العلاقات بين الكيانات؛ وترتبط البيانات بكيانات أخرى في نفس البيانات (Mazza, 2009; Interaction Design Foundation, n.d.c).

خامسًا- تحديد نوع التفاعل (Type of Interaction): تتطلب الخطوة الأخيرة من عملية التصميم تحديد نوع التفاعل المطلوب من التمثيل المرئي بواسطة المستخدم، وهناك ثلاث فئات من التفاعل تحدد النموذج الذي يظهر فيه التمثيل المرئي:

- **النماذج الثابتة (Static models):** تُقدم هذه النماذج كما هي كصورة مطبوعة على ورق –الخرائط الموجودة في أطلس الطرق– أو صورة ممثلة على شاشة الحاسوب ولا يمكن تعديلها من جانب المستخدم.
- **النماذج القابلة للتحويل (Transformable models):** تسمح هذه النماذج للمستخدم بالتحكم في عملية تعديل البيانات وتحويلها؛ كالسماح للمستخدم بتغيير بعض مؤشرات إدخال البيانات، أو تغيير القيم القصوى لقيم بعض السمات، أو اختيار مخطط مختلف لإنشاء التخطيط المرئي لمجموعة البيانات.
- **النماذج القابلة للمعالجة أو إعادة الترتيب (Manipulable models):** تمنح هذه النماذج للمستخدم القدرة على التحكم في بعض المؤشرات التي تنظم توليد العروض المرئية (Views) وتعديلها؛ كتكبير الصورة، أو التدوير للنماذج ثلاثية الأبعاد في الفضاء للعرض من زوايا أخرى (Mazza, 2009; Interaction Design Foundation, n.d.c).

ويوضح الشكل (6) في أية مستويات من العملية هذه الأنواع من التفاعلات تلعب دورًا، ويلخص الجدول (5) العناصر الموصوفة التي يجب النظر إليها أثناء مرحلة التصميم.

جدول (5) المتغيرات التي يجب مراعاتها عند تصميم التمثيلات المرئية

Problem	Data type	Dimensions	Data structure	Type of interaction
Communicate	Quantitative	Univariate	Linear	Static
Explore	Ordinal	Bivariate	Temporal	Transformable
Confirm	Categorical	Trivariate	Spatial	Manipulable
		Multivariate	Hierarchical	
			Network	

المصدر: (Mazza, 2009)

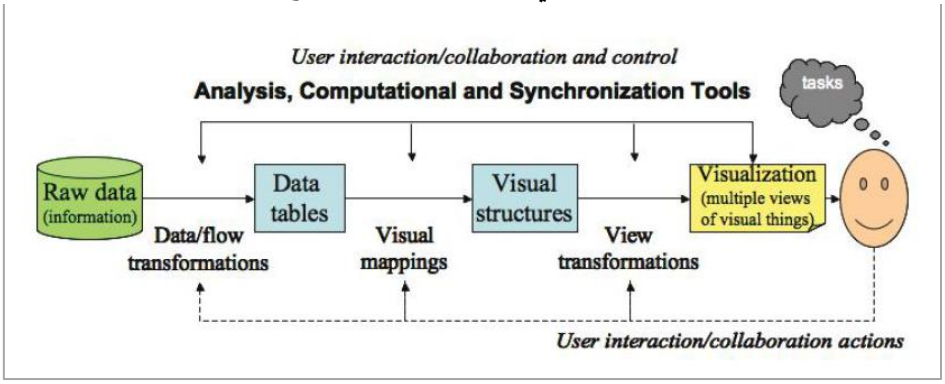
كما تجدر الإشارة أنه ينبغي أن يُحدد التصميم الجيد أيضًا الأدوات المناسبة لتقييم آثار التمثيلات المرئية المُقترحة على أداء المستخدمين.

وعلى جانب آخر، تنضوي عملية التمثيل المرئي للمعلومات/ البيانات (The data/information visualization pipeline) كما ذكر كل من **Ward et al. (2015)** على مجموعة من المراحل والخطوات يمكن توضيحها على النحو الآتي (انظر الشكل (13)):

- **نمذجة البيانات (Data modeling):** لكي تُمثل البيانات مرئيًا سواء أكانت من ملف أم قاعدة بيانات، يجب أن تكون منظمة لتسهيل عملية تمثيلها مرئيًا، ويجب أن يتاح الاسم، والنوع، والنطاق، والدلالات الخاصة بكل خاصية/ سمة أو حقل في سجل البيانات في تنسيق يكفل الوصول السريع وسهولة التعديل.
- **اختيار البيانات (Data selection):** يتضمن اختيار البيانات تعريف وتحديد المجموعات الفرعية من البيانات التي من المحتمل أن تكون مرئية، وهذا يمكن أن يحدث كليًا تحت سيطرة المستخدم أو عبر طرق حسابية؛ كالتغير الدوري (Cycling) خلال شرائح الوقت أو الكشف تلقائيًا عن الميزات ذات الأهمية المحتملة للمستخدم.
- **البيانات إلى التخطيطات المرئية (Data to visual mappings):** إن جوهر عملية التمثيل المرئي هو القيام بتحويل قيم البيانات إلى كيانات رسومية أو سماتها، ومن ثم قد يكون أحد مكونات سجل البيانات مخططا لحجم الكائن، بينما قد يتحكم البعض الآخر في موضع الكائن أو لونه، وغالبًا ما يشتمل هذا التخطيط على معالجة للبيانات قبل التحويل مثل: القياس (Scaling)، أو التغيير (Shifting)، أو التصفية (Filtering)، أو التحريف (Interpolating)، أو الاختزال (Subsampling).
- **ضبط مؤشرات العرض (تحويلات العرض) (Scene parameter setting (view transformations)):** كما في الرسومات التقليدية، يجب على المستخدم تحديد الكثير من السمات للتمثيل المرئي التي تكون مستقلة نسبيًا عن البيانات، وتشتمل هذه السمات على: اختيار مخطط اللون (للمجالات

المختلفة، ألوان محددة لها معنى مُحدد بوضوح)، واختيار مخطط الصوت (إذا كانت القنوات السمعية تنقل معلومات أيضًا)، ومواصفات الإضاءة (للتمثيل المرئي ثلاثة الأبعاد).

- **تقديم أو توليد التمثيل المرئي (Rendering or generation of the visualization)**: يتفاوت التخطيط وطريقة التقديم المُحددة لعناصر التمثيل المرئي وفقًا للمخطط المُستخدم، وقد يتضمن تقنيات مثل: التظليل أو تحويل البنية، وعلى الرغم أن الكثير من تقنيات التمثيل لا تتطلب سوى رسم الخطوط والمضلعات المُظللة بشكل موحد، بالإضافة إلى عرض البيانات نفسها، فإن معظم التمثيلات المرئية تشتمل أيضًا على معلومات تكميلية لتسهيل تفسير التمثيل المرئي مثل: المحاور، والمفاتيح، والتعليقات التوضيحية.

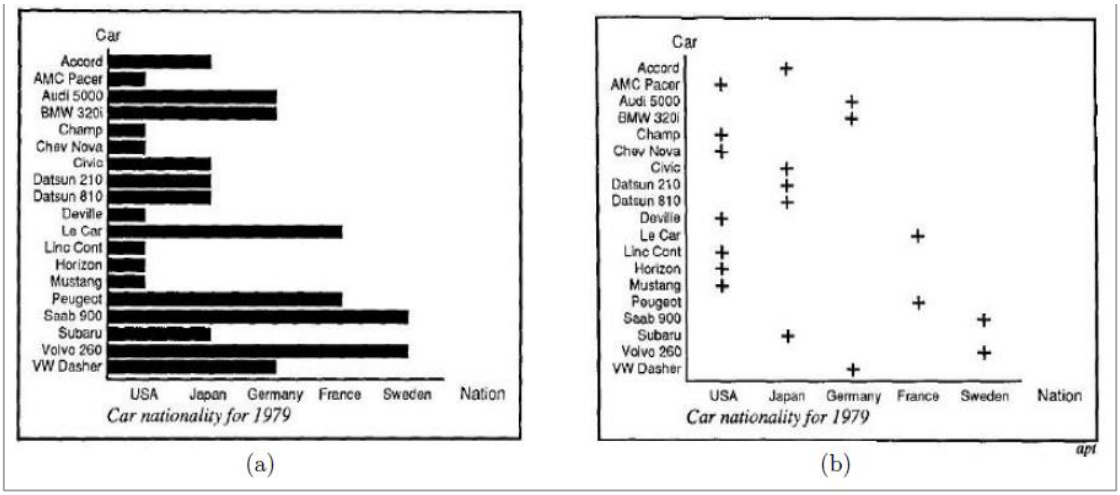


شكل (13) عملية التمثيل المرئي للمعلومات في عرض بدائي المستوىXXX

المصدر: (Ward et al., 2015)

وبشيء من التفصيل، أضاف كل من .Ward et al (2015) أن معظم أنظمة وعمليات التمثيل المرئي (Visualization pipelines) تُصوِّر بسهولة هذه المراحل، ويمكن وضع أي تحويل أو تحسيب في أية مرحلة من المراحل، كما يُلاحظ أيضًا أن هناك نقطتين أساسيتين: أولها: تفاعل المستخدم يتم بشكل مثالي في أية نقطة في هذه العملية (العقد (Nodes)، والروابط (Links))، وثانيها: كل رابط عبارة عن تحويل متعدد إلى متعدد (Many-to-many mapping)، ويمكن توضيح التحويلات والعمليات التي تُغيِّر البيانات على النحو الآتي:

- **تجهيز البيانات أو المعالجة المُسبقة للبيانات وتحويلها (Data preprocessing and transformation)**: تتمثل نقطة البداية في معالجة البيانات الخام إلى شيء صالح للاستخدام بواسطة نظام التمثيل المرئي، الخطوة الأولى: التأكد أن البيانات تم تخطيطها إلى أنواع البيانات الأساسية لكي يستوعبها الحاسوب، وتتضمن الخطوة الثانية: التعامل مع مشكلات بيانات التطبيق المُحددة مثل: القيم المفقودة، والأخطاء في الإدخال، والبيانات الكبيرة جدًا على المعالجة، وقد يكون قد تمت محاكاة البيانات أو أخذت عينات، والبيانات المفقودة قد تتطلب الاستيفاء (Interpolation)، وقد تحتاج البيانات الكبيرة إلى أخذ العينات (Sampling)، أو التصفية (Filtering)، أو التجميع (Aggregation)، أو التقسيم (Partitioning).
- **الخرطنة لإنشاء التمثيلات المرئية (Mapping for visualizations)**: بعد أن تصبح البيانات نظيفة يمكن اتخاذ قرار بشأن تمثيل مرئي مُحدد، ويتطلب ذلك تخطيط التمثيل: الهندسة، واللون، والصوت، ومن السهل تطوير تمثيل مرئي غير منطقي أو تمثيل مرئي خاطئ ببساطة، ويوضح الشكل (14a) الاستخدام غير الصحيح للمخطط الشريطي، من خلال وجود أشرطة تمتد على كل علامة تجزئة بالإحداثي (X)، ومن ثم هناك ما يدل أن الإحداثي (X) مشترك عندما لا يحدث هذا الارتباط؛ فمثلا: فإن نوع السيارة (Volvo) في الصف الثاني من أسفل تتقاطع مع عدد من قيم الإحداثي (X) (الولايات المتحدة، واليابان، وألمانيا ...) حتى يصل الشريط إلى السويد في حين لا يوجد ارتباط بين هذه القيم (الولايات المتحدة، واليابان، وألمانيا ...) ونوع السيارة (Volvo)، ويعد التمثيل الوارد في الشكل (14b) هو أفضل تمثيل، ولكن حتى هذا التمثيل يمكن أن يُحسَّن بشكل كبير.



شكل (14) (a) الاستخدام الفقير للمخطط الشريطي (Bar chart)، (b) الاستخدام الأمثل للمخطط التشتت (Scatterplot)
المصدر: (Ward et al., 2015)

ويُعد التعبير والفعالية تأثيرات حاسمة على التمثيل المرئي لمجموعات البيانات؛ إذ إنه تمرين مثير للاهتمام لتطوير مقاييس أو إجراءات للتعبير والفعالية؛ ثم تستخدم كإجراءات.

- **تقديم التحويلات (Rendering transformations)**: تحتوي المرحلة نهاية للتحويل من البيانات الهندسية إلى الصورة، ويتضمن ذلك التواصل مع رسومات حاسوب واجهة مبرمج التطبيق (Application Programmer's Interface (API))؛ والحاجة إلى تحديد سمات العرض المتغيرة، وتقنية التظليل إذا كان ثلاثي الأبعاد، وتحويلات الجهاز (للعرض، للطابعات، ...)، وتعتمد هذه المرحلة من العملية بشكل كبير على مكتبة الرسومات الأساسية، وعقب تحديد المقاييس والمسافات بدقة فإنه من المُهم تحديد مقياسين للتمثيلات المرئية رياضيًا، مع ملاحظة يمكن تطبيق مثل هذه الإجراءات والتعديلات في جميع مراحل عملية التمثيل المرئي، وتتمثل مقاييس التمثيل المرئي في:

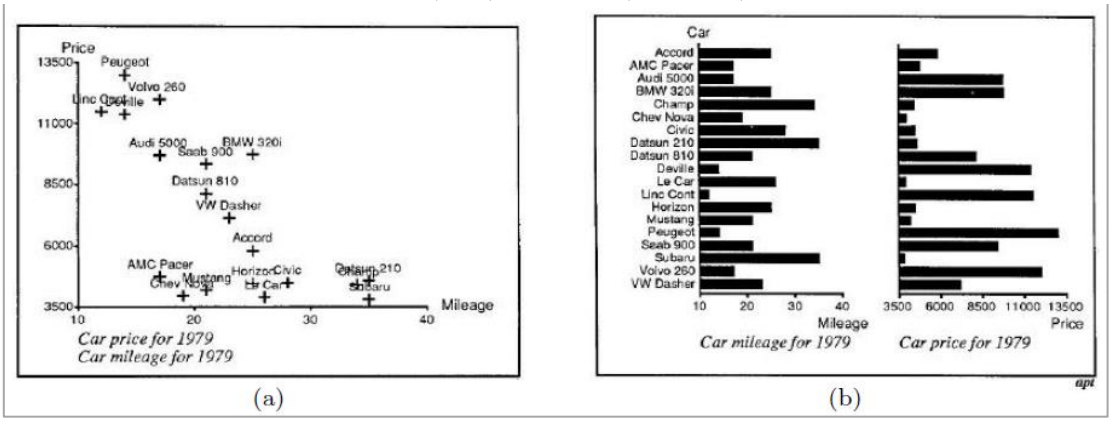
1- **التعبير (Expressiveness)**: يقدم التمثيل المرئي المُعبر كل المعلومات، والمعلومات فقط، ومن ثم يقيس التعبير تركيز المعلومات، ومن خلال النظر إلى المعلومات المُقدمة التي تُعرض فعليًا للمستخدم يمكن تحديد مقياس واحد للتعبير كنسبة (M_{exp}) لهذه المعلومات مقسومًا على المعلومات التي هناك رغبة في تقديمها للمستخدم، لتتكون الصيغة الرياضية الآتية: $0 \leq M_{exp} \leq 1$، إذا كانت (M_{exp}) = 1 يكون التعبير مثالي وإذا كانت المعلومات المعروضة أقل من المطلوب عرضها فيجب أن يكون (M_{exp}) < 1، وإذا كانت (M_{exp}) > 1 فيكون تم تقديم معلومات أكثر من اللازم، كما قد يُمثل التعبير عن المعلومات الإضافية خطرًا، لأنه قد لا يكون صحيحًا، وقد يتداخل مع تفسير المعلومات الأساسية الضرورية، ويمكن أن يمتد مثل هذا المقياس للتعبير ليشمل مجموعات مختلفة من المعلومات، وفي هذه الحالة يصبح دالًّة على المجموعات.

2- **الفعالية (Effectiveness)**: التمثيل المرئي يكون فعَّالا عندما يمكن تفسيره بدقة وفي سرعة، وعندما يمكن تقديمه بطريقة فعالة من حيث التكلفة (طريقة مُربحة)، ومن ثم فإن الفعالية تقيس التكلفة المُحددة لإدراك وفهم المعلومات، ويمكن تحديد مقياس الفعالية بـ(M_{eff}) كنسبة مماثلة لتلك الخاصة بالتعبير، وإن كانت إلى حدِّ ما أكثر تعقيدًا، والمطلوب قياس مثل الذي يُقاس به وقت التفسير لمجموعة المعلومات الصغيرة (حيث إن العرض يكون سريع جدًا)، وعندما يزداد الوقت إما بسبب التعقيد المتزايد أو حجم مجموعة البيانات فإن (M_{eff}) ينقص بالتركيز على وقت التقديم، ويمكن تحديد الصيغة الرياضية الآتية:

$$M_{eff} = 1/(1 + interpret + render)$$

عندما يكون $0 < M_{eff} \leq 1$، كلما كانت (M_{eff}) أكبر كلما زادت فعالية التمثيل المرئي، وإذا كانت (M_{eff}) صغيرة فسوف يكون وقت التفسير كبيرا جدا، أو أن وقت التقديم كبير، وإذا كانت (M_{eff}) كبيرة، فسوف يكون وقت التفسير وزمن التقديم والعرض صغيرا جدًا، ويوضح الشكلان (15a)، و(15b) التي

يمكن اعتبار (E_{exp}) قريبة منهما، وإن لم تكن متطابقة، لمهمة عرض أسعار السيارات والمسافة بالأميال خلال عام 1979م، ويعرض كلاهما كل المعلومات والمعلومات فقط، ويمكن عرض كليهما بسرعة (هناك القليل جدًا من البيانات التي يتم عرضها)، ومع ذلك فإن (E_{eff}) يختلف؛ إذ يمكن تفسير المعلومات الواردة في الشكل (15b) بشكل أكثر دقة وأسرع من المعلومات الواردة في الشكل (15a) ومن ثم الإجابة عن بعض الأسئلة؛ مثلا: أية سيارة لها أفضل مسافة بالأميال؟، وإذا ما سئل عن السيارة التي لديها أفضل عدد من الأميال أقل (11,000$) فإن الشكل (15b) يكون أقل كفاءة.



شكل (15) (a) يستخدم مخطط التشتت (Scatterplot) علامة زائدة كرمز يوفر إمكانات جيدة للإجابة عن الاستفسار، ولكنه أبطأ للاستفسارات البسيطة المتغيرة، بينما (b) تعرض المخططات الشريطية بوضوح التكلفة وعدد الكيلومترات، ولكنها لا تُقدم قدرًا كبيرًا من المرونة في الإجابة عن بعض الاستفسارات الأخرى.

المصدر: (Ward et al., 2015)

ومن جهةٍ أخرى، لم تقف الجهود البحثية عند التمثيل المرئي للمعلومات على أجهزة الحاسوب المكتبية، واهتمت بعض الدراسات بالتمثيل المرئي على الأجهزة المحمولة، وطريقة استخدام وتقديم تكنولوجيات التمثيل المرئي على الأجهزة المحمولة، وخطوات تصميم تمثيلات مرئية فعالة لهذه الأجهزة بما يدعم استغلال قوة التمثيل المرئي وتسخيرها في أي وقت وأي مكان؛ ومن بينها دراسة Chittaro (2006) التي أشار فيها للتعامل مع عملية التمثيل المرئي بطريقة مُنظمة فإنه من المناسب تنظيم هذه العملية في مجموعة من الخطوات والجوانب المختلفة، وتتمثل الخطوات الرئيسية التي يجب اتباعها في عملية تصميم التمثيل المرئي على الأجهزة المحمولة في:

1- **التخطيط أو الخرطنة (Mapping):** وهي عبارة عن كيفية التمثيل المرئي للمعلومات أو كيفية ترميز المعلومات في شكل مرئي؛ إذ يقوم التمثيل المرئي بتحويل البيانات: (الأرقام، والسلاسل، وهياكل البيانات، ...) إلى رسومات يمكن تمييزها بالكثير من الميزات المرئية: (الخطوط، الألوان، الأطوال، المواضع، الانحناءات، الرسوم المتحركة، ...)، ويسمح التخطيط الجيد بتمثيل مرئي دقيق، ويحتاج التخطيط الدقيق بين كيانات البيانات وعلاقاتها والكيانات المرئية وعلاقات إلى أن تكون محددة، وأن تكون متتبعة باستمرار وثبات في جميع أنحاء التطبيق، ويمكن تحقيق ذلك بتحديد ووصف العلاقة الدقيقة بين كيانات البيانات والكيانات المرئية، كما يجب أن يظهر التخطيط بطريقة تجعل الجوانب المهمة من الناحية النظرية واضحة وملحوظة ويمكن إدراكها بسهولة.

2- **الاختيار (Selection):** يقصد به اختيار البيانات من بين البيانات المتاحة وفقًا للمهمة المدروسة أو المحددة، فما البيانات المناسبة للمهمة المدروسة؟ إذ يعتمد اختيار البيانات بشكل مباشر على الهدف من الحصول على الرسومات المرئية أو التمثيل المرئي، ويعد الاختيار خطوة مهمة في أي تمثيل مرئي، إذ قد يؤدي التمثيل المرئي للبيانات غير الكافية أو الخاطئة إلى تضليل المستخدم واتخاذ المستخدمين لقرارات غير مثالية أو خاطئة بشكل واضح ويعاني المستخدمين من خسائر فادحة (كالمال، والوقت، ...)، وعلى جانب آخر فإن إثقال كاهل المستخدمين ببيانات غير ضرورية سوف يجعل التفكير في المشكلة المطروحة أكثر صعوبة، ومن ثم فإنه ينبغي تجنب إدراج البيانات غير الضرورية، وعلى الرغم أن مشكلة (الاختيار) مهمة في

أي تمثيل مرئي فإنها أكثر أهمية في التمثيلات المرئية التي تعرض على الهواتف المحمولة نظرًا لأن مساحة الشاشة محدودة مما يسمح بعرض كمية أقل بكثير من المعلومات التي يجب اختيارها بحكمة.

3- **العرض (Presentation)**: في التمثيل المرئي يعني العرض النظري كيفية إدارة وتنظيم المعلومات في الفضاء/ المساحة المتاحة على الشاشة بشكل فعال، فكيف يتم عرض التمثيل المرئي في مساحة الشاشة المتاحة؟ فحتى إذا حُدد تخطيط مرئي واضح وبديهي، وحددت البيانات التي يحتاجها المستخدم فعليًا، فسوف يظل التطبيق غير فعال لأن حجم الشاشة صغير جدًا لعرض كل شيء، ومن ثم تبدو الحاجة إلى طريقة ملائمة لتقديم التمثيل المرئي على الشاشة المتاحة في شكل ذات معنى وأكثر فهمًا، ويُعد ذلك إحدى مشكلات العرض على الأجهزة المحمولة.

4- **التفاعل (Interactivity)**: وهو التسهيلات المتوفرة لتنظيم واستكشاف وإعادة ترتيب التمثيل المرئي؛ فما الأدوات المُقدمة لاستكشاف وإعادة تنظيم التمثيل المرئي؟ ومن المهم زيادة مستوى التفاعل بما يساعد في زيادة ارتباط المستخدم بالبيانات المُلاحَظة وتعزيز قدرات استكشافها؛ لأن التفاعل سهل الاستخدام يتيح للمستخدم استكشاف وفهم وتفسير أفضل للبيانات أو المعلومات، مما يساعد في تحسين قدرات استكشافهم للبيانات.

5- **العوامل البشرية (Human Factors)**: تركز هذه الخطوة على الفهم والإدراك البشري والقدرات المعرفية بوصفها عوامل أساسية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار؛ فيجب تصفح التمثيلات المرئية بسرعة بالعين البشرية وتفسيرها بسهولة من جانب المستخدمين أي: يسهل استخدامها على المستخدم النهائي، لذا فإن المعرفة حول الإدراك البصري والقدرات والجوانب المعرفية يمكن أن تسهل تصميما لتمثيل مرئي فعَّال.

6- **التقييم (Evaluation)**: تتمثل الخطوة الأخيرة في تقييم التمثيل المرئي الذي تم إنشاؤه، فهل تم اختبار فعالية التمثيلات المرئية بالتجربة على المستخدمين؟، فيجب إجراء اختبارات بعد إجراءات تقييم المستخدم، ويعد ذلك ممارسة شائعة في مجال التفاعل بين الإنسان والحاسوب، وذلك لمعرفة ما إذا كان التمثيل المرئي فعَّالا أم لا؟ وهل تحقق الهدف المقصود منه أم لا؟ (Chittaro, 2006; Khan & Khan, 2011).

2/5/2 النماذج:

في الوقت الذي اتجهت فيه جهود بعض الباحثين والدارسين إلى التعامل مع إنشاء التمثيلات المرئية للمعلومات من البيانات بوصفها عملية مخصصة، وسعت إلى صياغة سلسلة من الخطوات العملية التي تصف كيفية القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات على النحو الموضح سابقًا، اتجه آخرون إلى وضع نموذج (Model) لعملية التمثيل المرئي للمعلومات، ويُعرِّف النموذج في العلم كما أوضح كل من Bertini and Lalanne (2009) بأنه: "تمثيل مادي فزيائي أو رياضي أو منطقي لنظام من الكيانات، أو الظواهر، أو العمليات، وأساسًا النموذج هو عرض/ نظرة مُجرَّدة مُبسَّطة للواقع/ الحقيقة المُعقدة، وتهدف هذه النماذج إلى تحسين ودعم تفكير الأفراد، ويمكن محاكاة ذلك وتمثيله مرئيًا ومعالجته"، ومن ثم يمكن تعريف نموذج التمثيل المرئي للمعلومات بأنه: "عرض/ تمثيل مُجرَّد مُبسَّط لعملية التمثيل المرئي للمعلومات المُعقدة في شكل سلسلة من المراحل والخطوات العملية التي تساعد في التعرف على النهج الذي ينبغي أن يتبع لإنجاز هذه العملية"، وتكمن فائدة النماذج الرسمية للتمثيل المرئي كما أوضح كل من Ferreira de Oliveira and Levkowitz (2003) في:

أولا- يمكنها تقديم إرشادات توجيهية للمستخدم حول كيفية معالجة عملية إنشاء تمثيلات مرئية من البيانات والقيام بها.

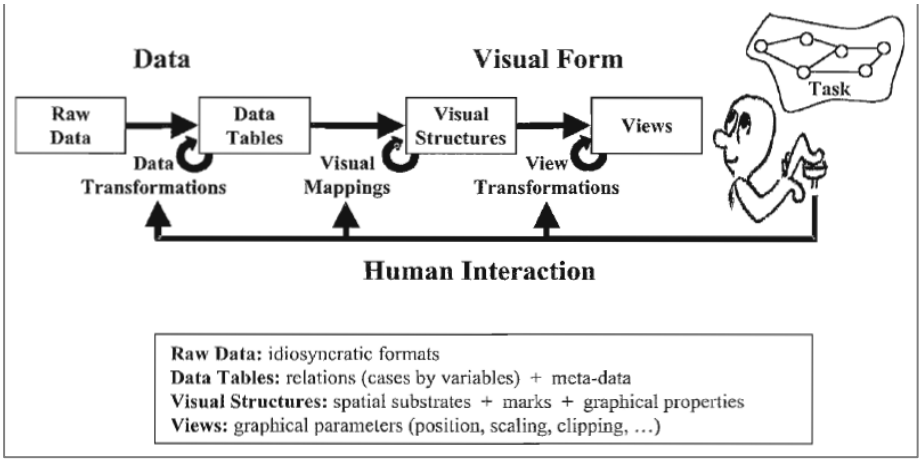
ثانيًا- يمكنها إلى حدٍ ما المساعدة في حوسبة عملية التمثيل المرئي كليًا أو جزئيًا.

ثالثًا- يمكن أن توفر أساسًا موضوعيًا (قاعدة موضوعية) تساعد في مقارنة فعالية التمثيلات المرئية المختلفة الناتجة للبيانات نفسها لتحقيق مهمة معينة، وكذلك تقديم أفكار أو رُؤى لإنشاء التكنولوجيات الجديدة.

وقد أشارت نتائج البحث في هذا الصدد إلى الكثير من النماذج لعملية التمثيل المرئي للمعلومات التي وضعت لتحليل هذه العملية بطريقة منهجية تصف الخطوات المختلفة التي يجب اتباعها لتكوين تمثيلات مرئية تستخدم في الحصول الرُؤى (Insights)؛ لعل أبرزها:

أولًا- النموذج المرجعي للتمثيل المرئي (Reference model for visualization):

قُدِّم هذا النموذج من جانب كل من **Card et al. (1999)**؛ فقد أوضحوا أن عملية التمثيل المرئي يمكن النظر إليها بوصفها مجموعة من التحويلات القابلة للتعديل من البيانات إلى الشكل المرئي إلى المُلاحظ/ المُدرك الإنساني، ويمكن تقديم رسم تخطيطي لهذه التحويلات يكون بمثابة نموذج مرجعي بسيط للتمثيل المرئي على النحو الموضح في الشكل (16)، ويتيح استخدام نموذج مرجعي تبسيط مناقشة نظم التمثيل المرئي للمعلومات، وسهولة المقارنة، والمعارضة بينها.



شكل (16) النموذج المرجعي للتمثيل المرئي للمعلومات

المصدر: (Card et al., 1999)

وفي هذا النموذج، تتابع الأسهم بداية من البيانات الخام (Raw Data) على اليسار إلى الإنسان، مما يشير إلى سلسلة من تحويلات البيانات (Data transformations)، وقد يشير كل سهم إلى تحويلات متعددة متسلسلة، وتتدفق الأسهم من الإنسان في اليمين إلى التحويلات نفسها، مما يشير إلى تعديل هذه التحويلات بواسطة الضوابط التي يديرها ويتحكم فيها المستفيد، وتُحوِّل تحويلات البيانات، البيانات الخام (أي: البيانات في بعض التنسيقات أو الصيغ التمييزية) إلى جداول البيانات (Data Tables) (أوصاف متعارف عليها للبيانات في صيغة/ شكل متغيرات (Variables) x حالات (Cases)، والأوصاف العلائقية للبيانات تمتد لتشمل وصائف البيانات (ميتاداتا (Metadata))، وتقوم الخرائط المرئية (Visual mappings) بتحويل جداول البيانات إلى بُنى/هياكل مرئية (Visual structures)، وهي بنيات/هياكل تجمع بين الركائز المكانية، والعلامات، والخصائص الرسومية، وأخيرًا، تحويلات العرض تنشئ طرق عرض للهياكل المرئية من خلال تحديد العوامل الرسومية المُتغيرة مثل: الموضع (Position)، والقياس (Scaling)، والقص (Clipping)، وتتحكم تفاعلات المستفيد في العوامل المتغيرة لهذه التحولات، وتحد أو تقيد العرض إلى نطاقات مُحددة من البيانات على سبيل المثال، أو تغيِّر طبيعة التحويلات، ويتم استخدام التمثيل المرئي وضوابط التحكم (Controls) فيه لخدمة بعض المهام (Card et al., 1999; Card, 2008).

ويُعد السهم المتجه من جداول البيانات إلى الهياكل المرئية هو التحويل الأكثر أهمية؛ إذ إن جوهر النموذج المرجعي للتمثيل المرئي في تحويل جدول البيانات إلى بنية/ هيكل مرئي، وتعتمد جداول البيانات على العلاقات الرياضية؛ بينما تعتمد البنية المرئية على الخصائص الرسومية التي يتم معالجتها بفعالية من خلال الرؤية البشرية، وعلى الرغم أنه يمكن تمثيل البيانات الخام مرئيًا بشكل مباشر، إلا أن جدولة البيانات هي خطوة وسيطة مُهمة عندما تكون البيانات مُجرَّدة، ودون مُكوِّن مكاني مباشر؛ ويمكن تحويل الهياكل المرئية عن طريق تحويلات العرض (View transformations)، مثل: التشوه المرئي (Visual distortion) أو زاوية العرض ثلاثي الأبعاد

(3D viewing angle)، إلى أن تُشكِّل في النهاية عرض (View) يمكن أن يراه المستفيدون، ومن ثم قد تبدأ البيانات الخام كنص يتم تمثيله كسلاسل مُفهرسة أو مصفوفات، ويمكن أن تتحول إلى (Document vectors) و(Normalized vectors) في الفضاء مع أبعاد كبيرة كعدد الكلمات، وقد تنخفض متجهات الوثيقة (Document vectors) في المقابل بواسطة القياس متعدد الأبعاد لإنشاء تجريد تحليلي يُمثل مرئيًا، ويعبر عنه كجدول بيانات للإحداثيات (X)، و(Y)، و(Z) التي يمكن عرضها، وقد يتم تحويل هذه الإحداثيات إلى بنية مرئية، ثم يتم عرضها من زاوية معينة (Card et al., 1999; Card, 2008)، كما يمكن تحقيق تأثيرات نهائية مشابهة من خلال التحولات في أماكن مختلفة من النموذج؛ فمثلا عند حذف نقطة من التمثيل المرئي، فهل تم حذف النقطة من مجموعة البيانات؟ أم لا تزال في البيانات ولا تظهر فقط؟، وقد سمى كل من Chi and Riedl (1998) نقلا عن Card (2008) هذا بالتمييز بين القيمة والعرض (View–value distinction)، وهو مثال على قضية واحدة فقط، ويساعد تحديد موضع التحول باستخدام النموذج المرجعي للتمثيل المرئي على تجنب الارتباك (Card et al., 1999; Card, 2008).

وعلى النحو الذي فصَّله Card (2008)، فإن التمثيل المرئي للمعلومات لا يتعلق فقط بإنشاء الصور المرئية، ولكن أيضًا التفاعل مع هذه الصور لخدمة بعض المشاكل، وفي النموذج المرجعي للتمثيل المرئي المُوضح في الشكل (16)، توجد مجموعة أخرى من الأسهم ترتد من الإنسان على يمين النموذج إلى التحولات نفسها، مما يشير إلى تعديل هذه التحولات بواسطة ضوابط التحكم التي يديرها المُستفيد، والتفاعل المتبادل سريع بين توليد/ إنشاء الصور بالآلة، والاختيار، والتكيف البارامتري لتلك الصور، مما يؤدي إلى ظهور صور جديدة تؤدي إلى القوة الجذابة للتمثيل المرئي التفاعلي.

ويصف النموذج المرجعي للتمثيل المرئي إنشاء التمثيلات المرئية في أربع خطوات رئيسية، كما أشار كل من .Grammel et al (2010)، وهي:

أولًا– معالجة البيانات الخام، وتحويلها إلى جداول بيانات (تحويلات البيانات).

ثانيًا– تحويل جداول البيانات الناتجة إلى هياكل وبُنى مرئية (تحويلات مرئية)، وذلك عن طريق التصفية (Filtering)، وإضافة الحسابات (Calculations)، ودمج الجداول (Tables)، وهي آليات تمثيل مرئي عامة مثل: المخططات الخطية (Line charts)، والخرائط (Maps) مع خصائصها المرئية المطابقة.

ثالثًا– استخراج طرق عرض لهذه الهياكل المرئية وعرضها على المستفيد، على أن تعرض طرق العرض المختلفة أجزاء مختلفة من الهياكل المرئية في مستويات مختلفة من التجريد من وجهات نظر مختلفة، وتعد تحويلات العرض هي عمليات تغيير لطرق العرض هذه، ويمكن أن يؤدي التكبير على خريطة إلى تغيير الجزء المرئي من الخريطة ومستوى التفاصيل، ولكنه لا يؤدي إلى تغيير البنية المرئية، ويفسر المستفيد طرق العرض مع وضع المهمة التي يسعى إلى إنجازها في الاعتبار.

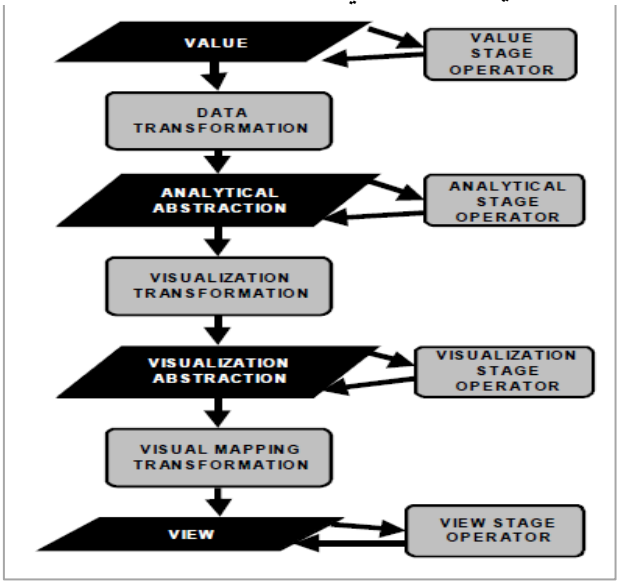
رابعًا– السماح للمستفيد بالتفاعل مع التمثيل المرئي عن طريق تغيير تحويلات البيانات (Data transformations)، والتحويلات المرئية (Visual mappings)، والعرض الحالي (Current view).

ثانيًا– النموذج المرجعي لحالة بيانات التمثيل المرئي للمعلومات (Information Visualization Data State Reference Model):

قُدِّم هذا النموذج الذي يُختصر إلى (Data State Model) من جانب **Chi (2000)** بهدف تصنيف تكنولوجيات التمثيل المرئي للمعلومات المختلفة من خلال تحليل هذه التكنولوجيات باستخدام النموذج، ومن ثم زيادة المعرفة بكيفية بناء كل تقنية باستخدام عوامل التشغيل المختلفة، ويعرض الشكل (17) نظرة عامة على النموذج، الذي يُقسم كل تقنية إلى أربعة مراحل للبيانات، وثلاثة أنواع من تحويلات البيانات، وأربعة أنواع ضمن عوامل تشغيل المرحلة، وينقسم مخطط عملية التمثيل المرئي للبيانات (Visualization data pipeline) إلى أربعة مراحل بيانات متميزة: وهي: القيمة (Value)، والتجريد التحليلي (Analytical Abstraction)، وتجريد التمثيل المرئي (Visualization Abstraction)، والعرض (View) (انظر الجدول (6))، ويتطلب تحويل البيانات من مرحلة إلى أخرى واحدًا من الأنواع الثلاثة لعوامل تحويل البيانات: تحويل البيانات (Data Transformation)،

وتحويل التمثيل المرئي (Visualization Transformation)، وتحويل التخطيط المرئي (Visual Mapping Transformation) (انظر الجدول (7)).

وداخل كل مرحلة بيانات، هناك عوامل تشغيل لا تغير هياكل البيانات الأساسية، وهذه العوامل هي المشغل داخل المرحلة، وهناك أربعة أنواع من عوامل التشغيل في مقابل مراحل البيانات الأربع؛ ضمن القيمة، وضمن التجريد التحليلي، وضمن تجريد التمثيل المرئي، وضمن العرض.



شكل (17) النموذج المرجعي لحالة بيانات التمثيل المرئي للمعلومات

المصدر: (Chi, 2000)

جدول (6) مراحل البيانات في نموذج حالة البيانات

المرحلة	الوصف
القيمة	البيانات الخام
التجريد التحليلي	بيانات عن البيانات أو المعلومات وتُعرف أيضًا باسم وصائف البيانات (ميتاداتا) (Metadata)
تجريد التمثيل المرئي	المعلومات التي تكون مرئية على الشاشة باستخدام تكنولوجيا التمثيل المرئي
العرض	المنتج النهائي لتخطيط التمثيل المرئي؛ ويرى المستخدم ويفسر الصورة المُقدمة إليه

المصدر: (Chi, 2000)

جدول (7) مُشغلي (عوامل تشغيل) التحول

خطوات المعالجة	الوصف
تحويل البيانات	إنشاء شكل من أشكال التجريد التحليلي من القيمة (عادة عن طريق الاستخراج)
تحويل التمثيل المرئي	يؤخذ التجريد التحليلي ويختزله في شكل من أشكال التمثيل المرئي المُجرَّد كالمحتوى المرئي
تحويل الخرائط المرئية	تؤخذ المعلومات المتوفرة في الشكل المرئي وتعرض بطريقة عرض رسومية

المصدر: (Chi, 2000)

وفي ضوء ما تقدم، يتضح:

1- ابتكر Ware (2004) نموذجًا لعملية التمثيل المرئي للمعلومات يأخذ (جمع البيانات وتخزينها) في الاعتبار بشكل واضح، ولكنه لم يُميز بين جداول البيانات، والهياكل المرئية، وطرق العرض (Grammel et al., 2010)، وقد جاء النموذج الذي قدَّمه موجزًا في أربعة مراحل فقط يصاحبه رسم توضيحي.

2- جاءت الخطوات التي قدَّمها Fry (2008) للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات أكثر تفصيلًا من تلك التي صاغها Ware (2004)، وقد اهتم أيضًا بـ(جمع البيانات والحصول عليها من مصادرها)، وعلى الرغم أنه لم

يُميّز بوضوح بين جداول البيانات، والهياكل المرئية، وطرق العرض لكنه وصف بدقة المراحل التي تتبع وتكوّنها كنواتج لها؛ ويُفهم تكونها ضمنيًا، وينتج عن مرحلة (التحليل) تنسيق يُحوِّل البيانات الخام في شكل متغيرات وحالات، وتشتمل على وصائف بيانات (ميتاداتا) أي: إنه ينتج عن هذه المرحلة (جداول البيانات)، وكذا مرحلة (التمثيل) المعنية بتحويل البيانات بعد تحليلها وتنقيتها وتطبيق أساليب من علم الإحصاء أو علم التنقيب عن البيانات عليها إلى نموذج مرئي أي: إنه ينتج عنها (الهياكل المرئية)، ومرحلة التفاعل التي تحدد (طرق عرض) المستخدم للبيانات والتفاعل معها، وقد جاء المخطط الذي قدمه Fry (2008) في سبع خطوات وأخذ هذا المخطط عملية (التنقيح) في الاعتبار، ولكنه لم يقدم رسمًا توضيحيًا لتصوره لخطوات ومراحل القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات.

3- ظهرت المراحل التي تناولها Mazza (2009) أكثر تفصيلًا عن تلك التي قدَّمها كل من Ware (2004)، وFry (2008)، ومُدعمة بالأمثلة التي تشرحها بوضوح، وقد اعتمد Mazza (2009) في تصوره على تقسيم مراحل وخطوات القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات إلى ثلاث خطوات رئيسية، ينطوي بعضها على خطوات فرعية، وقد ميّز بوضوح بين هياكل البيانات، والهياكل المرئية، وطرق العرض، وقدم رسمًا توضيحيًا يصف مخططه لمراحل وخطوات القيام بهذه العملية، ولكنه لم يهتم بـ(جمع البيانات) وبدأ مخططه بـ(البيانات الخام) بصرف النظر عن طريقة جمعها أو الحصول عليها وتخزينها، بينما أولى اهتمامًا كبيرًا لمرحلة (تصميم التمثيل المرئي) التي يجب أن تسبق عملية (الإنشاء).

4- النموذج المرجعي لعملية التمثيل المرئي للمعلومات الذي سبق وقدمه كل من .Card et al (1999) هو الأساس الذي اعتمد عليه كل من .Ward et al (2015) في تصوره لمراحل وخطوات عملية التمثيل المرئي للمعلومات، واستخدموا الرسم التوضيحي للنموذج المرجعي لعملية التمثيل المرئي للمعلومات نفسه المُقدم من جانب كل من .Card et al (1999) مع إجراء بعض التعديلات والإضافات الطفيفة، بينما قدموا شرحًا وتفسيرًا لبعض المراحل، بالإضافة لتعديلات وتغييرات لمسميات بعض المصطلحات.

وبصفة عامة، جاء تصور كل من .Ward et al (2015) للمراحل والخطوات التي يجب اتباعها للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات في خمسة مراحل أساسية للبيانات، وثلاثة أنواع من التحويلات التي تُغيِّر البيانات، والتي ركزت إجمالًا على عملية تأليف/ إنشاء التمثيلات المرئية، والتحويلات المختلفة التي تُجرى على البيانات، وتفاعل المستخدم مع أية نقطة في هذه العملية، بينما أضاف النموذج المرجعي لعملية التمثيل المرئي للمعلومات الذي قدمه كل من .Card et al (1999) من خلال فصل التحويلات التي تُجرى على البيانات عن المراحل الأساسية للبيانات، وأخذ في الاعتبار مرحلة (تقييم) التمثيل المرئي الناتج، وإن لم يسميها على هذا النحو بوضوح فقد وضع مقياسين رياضيين لتقييم التمثيلات المرئية وهما (التعبير)، و(الفعالية).

ويؤخذ على هذا التصور، أنه على الرغم من إضافته وتغييره لبعض المسميات التي استخدمها كل من .Card et al (1999)، فإنه لم يقدم رسمًا توضيحيًا جديدًا تتطابق فيه مسميات مراحل البيانات والتحويلات التي تجرى عليها مع ما قدمه وأضافه لهذا النموذج، وظهر الرسم التوضيحي بتعديل طفيف، أضاف فيه أدوات التحليل والحوسبة والتزامن كضوابط يديرها ويتحكم فيها المستخدم عند التفاعل مع أية نقطة أو مرحلة في عملية التمثيل المرئي دون تغيير لمسميات مراحل البيانات، وما يجرى عليها من تحويلات فمثلا: الرسم يحتوي على أربعة مراحل: (البيانات الخام)، و(جداول البيانات)، و(الهياكل المرئية)، و(التمثيل المرئي)، وفي شرحه لخطوات ومراحل القيام بعملية التمثيل المرئي أشار لخمسة مراحل هي: (نمذجة البيانات)، و(اختيار البيانات)، و(البيانات إلى التحويلات المرئية)، و(ضبط مؤشرات العرض)، و(تقديم أو توليد التمثيل المرئي)... ، كما لم يول اهتمامًا واضحًا بمرحلة تصميم التمثيل المرئي التي يجب أن تسبق عملية (الإنشاء)، وكذا العوامل البشرية الخاصة بإدراك المستخدم وتفسيره للتمثيل المرئي الناتج.

5- ألقى Chittaro (2006) الضوء على الخطوات الرئيسية التي يجب اتباعها للقيام بعملية التمثيل المرئي على وسيط مختلف وهو الأجهزة المحمولة، وجاء المخطط الذي رسمه في ست خطوات، بدأت بمرحلة (التخطيط)

المُسبق والدقيق للعلاقة بين كيانات البيانات والكيانات المرئية، ثم مرحلة (الاختيار) للبيانات في ضوء المهمة المحددة، تليها مباشرة مرحلة (العرض) المعنية بتحديد الطريقة الملائمة لتقديم التمثيل المرئي على الشاشة بما يوضح إغفاله للمراحل التي يمكن أن تكون بين مرحلة (الاختيار)، ومرحلة (العرض) والمتعلقة بالتحولات التي تُجرى على البيانات عقب اختيارها مثل: مرحلة جدولة البيانات، ومرحلة تحويل جداول البيانات لهياكل مرئية، ومن ثم ظهرت هذه الخطوات والمراحل دون إشارة صريحة أو ضمنية إلى جداول البيانات، والهياكل المرئية، ولكنه أولى اهتمامًا واضحًا لـ(العوامل البشرية) ذات الصلة بالقدرة على تفسير وإدراك التمثيل المرئي من جانب المستخدم النهائي، وكذا (تقييم) فعالية التمثيل المرئي الناتج ومدى تحقيقه للهدف أو الأهداف المرجوة منه؛ إذ أفرد لكل منها مرحلة منفصلة، في حين لم يقدم رسمًا توضيحيًا لتصوره لخطوات ومراحل القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات.

6- اهتم نموذج كل من .Card et al (1999) بسلسلة التحويلات التي تُجرى على البيانات بدءً من (البيانات الخام) وصولًا إلى (المُلاحظ الإنساني)، وكما أوضح .Patterson et al (2014)- ركَّز النموذج على عملية تأليف التمثيل المرئي، وطريقة عرض البيانات، بينما ترك تدخل إدراك المستخدم النهائي وتفسيره للتمثيل المرئي الناتج غير مُحدد؛ وبصفة عامة، تتضمن الكثير من النماذج المرجعية للتصميم تفسير المستخدمين للتمثيل المرئي؛ وتقريبًا كل التركيز على عملية التأليف وتقديم تصنيفات، وطرق بديلة لطرق تأليف/ إنشاء التمثيل المرئي؛ ففي أحد النماذج التجميعية المبكرة، استخدم Bertin (1983) نقلا عن كل من .Patterson et al (2014) الرموز والعلامات البيانية القائمة على الإدراك لإنشاء التمثيل المرئي، وكانت جوانب هذه الرموز هي: الموضع، والشكل، والحجم، والسطوع، واللون، والتوجه، والملمس، والحركة، وهناك نماذج أخرى، بعضها يشتمل على أشكال إدراكية أخرى (مثل: الصوت أو اللمس)، ولكنه لم يقدم معالجة واضحة للنشاط المعرفي الذي شارك فيه المستخدم في عملية التصميم المرئي.

ودمج الإدراك الإنساني في عملية التمثيل المرئي نهج حديث، وقد كان Casner (1991) نقلًا عن كل من .Patterson et al (2014) واحدًا من الأوائل الذين بدؤوا في إنشاء عروض قائمة على المهام الإدراكية من أوصاف مهام صنع القرار، وتم فحص تأثيرات التمثيلات المرئية على قدرة المستخدم على تصور البيانات الذهنية من جانب كل من زاكس (Zacks) وتفيرسكاي (Tversky) وزملائهما (.,.Zacks et al 1998; Zacks & Tversky, 1999; Tversky et al., 2000 نقلا عن .,.Patterson et al 2014)، وفي النهاية، حاول (North) (2006) نقلا عن .Patterson et al (2014) تحديد مقدار إحصاءات المستخدم المكتسبة من خلال استخدام التمثيل المرئي.

وهكذا، فإن بعض النظريات الحديثة تذكر الإدراك والمعرفة في نماذج التأليف الخاصة بها، ولكن معظمها يقوم بذلك بطريقة محدودة، لأن علاقة التمثيلات المرئية بالعمليات الإدراكية الفعلية أو المعرفية عادة ما تكون غامضة، وقد لا تؤدي إلى نتائج أو مبادئ توجيهية قابلة للقياس أو تؤدي إلى عدد قليل منها، وفي ضوء ما سبق يرى كل من .Patterson et al (2014) أنَّ النهج الذي يتبع ببساطة في المرحلة النهائية التي تُسمى (المستخدم)، كما في نموذج كل من .Card et al (1999) هو إشكالية لأنه يتجاهل الطبيعة المُعقدة للإدراك البشري عندما يتفاعل المستخدم مع التمثيلات المرئية، ومن جهةٍ أخرى، لم يكترث نموذج كل من .Card et al (1999) أيضًا بتقييم التمثيلات المرئية الناتجة وقياس مدى تحقيقها للأهداف المقصودة، وبصفة عامة وصف النموذج عملية إنشاء التمثيلات المرئية في أربع خطوات رئيسية، واهتم أيضًا بتفاعل المستخدم مع التمثيلات المرئية الناتجة من خلال الضوابط التي يديرها ويتحكم فيها.

7- جاء نموذج Chi (2000) بهدف تصنيف عدد كبير من تقنيات التمثيل المرئي للمعلومات وتقديم تحليل مفصل لها، وقد ساعد ذلك على تقديم تحليل لفضاء تصميم التمثيل المرئي للمعلومات بشكل أكثر تفصيلًا ودقة؛ إذ إنه قام بتقسيم وتحليل كل تقنية ليس فقط من حيث نوع البيانات الخاصة بها، ولكن أيضًا من حيث خطوات التشغيل والمعالجة الخاصة بها، وظهر النموذج مُقسمًا إلى أربعة مراحل رئيسية للبيانات، وثلاثة أنواع من تحويلات البيانات، وأربعة أنواع ضمن عوامل تشغيل المرحلة.

ومن ثم، فإنه كما أشار كل من .Grammel et al (2010) يوسع هذا النموذج –(Chi's Data State Model)– النموذج المرجعي لكارد (Card's reference model) ويُضفي الطابع الرسمي عليه من خلال السماح بمخططات (Pipelines) متعددة، وبامتلاك عقد (Nodes) تُمثل الحالة، وحواف موجهة (Directed edges) تمثل عمليات التحويل الفردية، كما حلل تكنولوجيات التمثيل المرئي للمعلومات المختلفة، وعرض بوضوح كيف تتناسب مع النموذج المرجعي لحالة البيانات.

وبالمثل، فقد اهتم نموذج Chi (2000) بعملية تأليف/ إنشاء التمثيل المرئي، وطريقة عرض البيانات وما يجرى عليها من تحويلات، بينما تجاهل تفاعل المستخدم مع التمثيل المرئي الناتج والعوامل البشرية المتعلقة بإدراك التمثيل المرئي وتفسيره عندما يتفاعل معه، ولم يأخذ في الاعتبار أيضًا مرحلة (تصميم التمثيل المرئي) التي يجب أن تسبق عملية (التأليف)، وكذا مرحلة (تقييم) التمثيل المرئي الناتج.

8– اتجهت جهود بعض الباحثين والدارسين إلى وضع نماذج مرجعية لعملية التمثيل المرئي للمعلومات على النحو السابق الإشارة إليه، بينما انصرفت جهود الآخرين إلى التعامل مع إنشاء التمثيلات المرئية للمعلومات من البيانات بوصفها عملية مخصصة؛ فسعوا إلى صياغة سلسلة من الخطوات العملية التي تصف كيفية القيام بهذه العملية.

وفي هذا الصدد، أظهرت الدراسة أنه في البداية وضعت (النماذج)، ثم صيغت الطرق المختلفة التي تحدد سلاسل من الخطوات العملية للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات في مرحلة لاحقة عليها، وهذه الجهود في مجملها عبارة عن محاولات لإضفاء الصفة الرسمية على هذه العملية، واستخلاص منهجية يمكن من خلالها وصف طريقة إنشاء التمثيلات المرئية للبيانات.

9– نموذج كل من .Card et al (1999) المرجعي للتمثيل المرئي للمعلومات أساس لجُلِّ النماذج المرجعية والطرق المتباينة التي صاغها الباحثون والدارسون لمراحل وخطوات القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات التي لحقته.

10– لكل من هذه النماذج والتصورات المختلفة بوصفها طرقًا مختلفة للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات– مزاياه وعيوبه الخاصة على النحو السابق تفصيله.

11– البحوث والدراسات اختلفت فيما بينها في تناول عملية التمثيل المرئي للمعلومات؛ إذ تعرض بعض دراسات الحالة –كما أوضح كل من .Grammel et al (2010)– كيفية القيام بعملية إنشاء التمثيل المرئي من وجهة نظر المُصمم، أو كتفاعل وثيق بين المُصممين والمستخدمين، أي: إنها تفترض أن يقوم الخبراء بإنشاء التمثيلات المرئية للمستخدمين، بينما ركزت دراسات أخرى على كيفية قيام مستخدمي التمثيل المرئي للمعلومات بإنشاء تمثيلات مرئية التي تخدم استخداماتهم وتلبي احتياجاتهم الخاصة.

6/2 برمجيات التمثيل المرئي للمعلومات:

1/6/2 تعريفات:

لم تكترث القواميس اللغوية، ونظيرتها الاصطلاحية العامة والمتخصصة في المجال، وكذا المتخصصة في علوم الحاسب والإنترنت وتكنولوجيا المعلومات على حدٍّ سواء، بتقديم تعريف مخصص لمصطلح برنامج التمثيل المرئي للمعلومات (Data visualization software)، وقدم القليل من التعريفات للمصطلح من جانب بعض الباحثين ومُحللي المحتوى المهتمين بهذا النوع من البرمجيات؛ فقد أوضحت Hedges (2018) أن برامج التمثيل المرئي للمعلومات تساعد الشركات على فهم مخازن البيانات الضخمة الخاصة بها من خلال تقديم تمثيلات رسومية للمعلومات الأساسية، وهذه الأدوات البرمجية تُسهِّل على المستخدمين العاديين من غير مستخدمي تكنولوجيا المعلومات عرض البيانات بسرعة في شكل يسهل فهمه وتقييمه حتى يتمكنوا من اتخاذ قرارات أفضل وأكثر استنارة، وتعتبر حلول التمثيل المرئي للمعلومات مفيدة بشكل خاص، لتوضيح البيانات التي يمكن تقديمها للمديرين التنفيذيين أو العملاء الذين يرغبون في فهم الأفكار والرُؤى والاتجاهات المهمة بسرعة دون الحاجة إلى إجراء عمليات بحث عميقة في البيانات، كما توفر الكثير من الأدوات البرمجية للتمثيل المرئي للمعلومات، القدرة

على تحميل التمثيلات المرئية ومشاركتها وتضمينها، مما يمنح المؤسسات أو المنظمات وسيلة للتعرف على رؤية الأطراف الداخلية والخارجية الأكبر للأداء، وفي ضوء ذلك تُعرَّف Hedges (2018) برنامج التمثيل المرئي للمعلومات بأنه البرنامج الذي "يُعالج المعلومات من قواعد بيانات المنظمة، ويقدمها في شكل رسوم بيانية"، وتتراوح التمثيلات المرئية ما بين مخططات ورسوم بيانية بسيطة إلى رسوم بيانية مُعقدة وخرائط جغرافية، والكثير من هذه التمثيلات المرئية تفاعلية مما يسمح للمستخدمين بتعديل إعدادات معينة ورؤية التأثير الناتج عن هذه التعديلات آنيًا.

ويُعرِّف موقع (Techopedia) برنامج التمثيل المرئي للمعلومات ضمن قاموس المصطلحات الذي يقدمه بأنه برنامج "يقوم بتحويل البيانات النصية والرقمية إلى رسوم بيانية وأرقام وجداول، ويتم استخدامه بوصفه وسيلة لإنشاء نظام/ تطبيق للأداء أو لوحات معلومات تشغيلية عن طريق جلب البيانات المهمة إلى الواجهة المركزية"، ويُسمى برنامج التمثيل المرئي للمعلومات (Data visualization software) أيضًا باسم (Dashboard software) (Rouse, n.d.).

وبناءً على ما سبق، يمكن تقديم التعريف الآتي:

برنامج التمثيل المرئي للمعلومات هو عبارة عن مجموعة من الأوامر والتعليمات والإرشادات التي يقوم بها ويتبعها الحاسوب لتنفيذ عملية التمثيل المرئي للمعلومات بتحويل البيانات (الخام) من شكل/ تنسيق غير مرئي (نصوص– أرقام– ...) إلى شكل/ تنسيق رسومي مرئي (المخططات الشريطية، والمخططات الخطية، والمخططات الدائرية، والخرائط، والخرائط الشجرية (Treemaps)، ومخططات التشتت (Scatterplot) ...)– يُسهِّل فهمه واستيعابه، ويساعد في الحصول على أفكار أو رُؤى حول هذه البيانات، وقد يحتوي أيضًا على بعض الأوامر التي تضيف بعض الخصائص التفاعلية للتمثيلات المرئية الناتجة، وكذا تعليمات تضيف عوامل تشغيل متغيرة تغيِّر طريقة عرض التمثيلات المرئية على واجهة المستخدم وضوابط للتحكم فيها.

وبصفة عامة، قد يظهر برنامج التمثيل المرئي للمعلومات بوصفه تطبيقا مستقلا، وقد يكون جزءً من نظام أو برنامج آخر، كما أظهر البحث في هذا الصدد، وهناك عدد من المسميات الإنجليزية التي تُستخدم للدلالة على برنامج التمثيل المرئي للمعلومات؛ فتارة يُدعى برنامج التمثيل المرئي للمعلومات (Data Visualization Software)، وتارة أخرى يُسمى أداة التمثيل المرئي للمعلومات (Data Visualization Tool) أو أحيانًا تطبيق التمثيل المرئي للمعلومات (Data visualization application)، وربما يُعرف ببرنامج لوحات المعلومات (Dashboard software) وهو المُسمى الأقل شيوعًا وانتشارًا.

2/6/2 الملامح العامة:

يختلف حجم وعمق أدوات/ برمجيات التمثيل المرئي للمعلومات كما أوضحت Hedges (2018) وفقًا لنوع الحل المطلوب؛ على سبيل المثال، من المرجح أن تقدم أداة التمثيل المرئي للمعلومات البسيطة المستقلة ميزات أقل قوة من الأداة التي تشكل جزءً من حل ذكاء أعمال متكامل تمامًا (Integrated business intelligence solution) يتضمن الكثير من التطبيقات الأخرى لإعداد التقارير، والتحليلات التنبؤية، والتنقيب عن البيانات ... ، وعلى الرغم من ذلك، فإن معظم برامج التمثيل المرئي للمعلومات تقدم عادة بعض أو كل الوظائف الآتية:

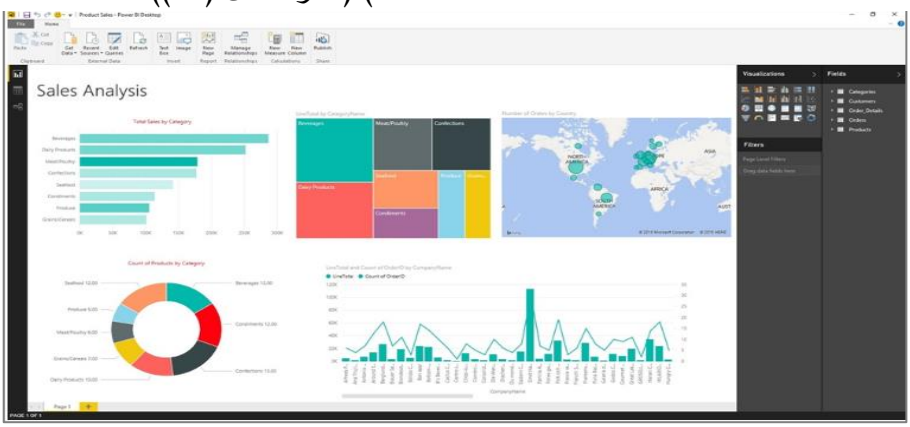
- **تمثيلات مرئية أساسية:** يحتوي على مجموعة متنوعة من العناصر المرئية وأنواع مختلفة من المخططات والرسوم البيانية للاختيار منها (على سبيل المثال: الرسوم البيانية، وخرائط الحرارة، ومخططات الحرارة).
- **قدرات تفاعلية:** تشغيل السحب والإفلات (Drag–and–drop)، والتنقيبُ الهابِطُ (Drill–down).
- **تنبيهات بالأحداث وتحديثات البيانات:** تنبيهات تسمح بالتعرف على البيانات التي تُحدث أو حدوث أحداث معينة.
- **مشاركة التمثيل المرئي للمعلومات:** إمكانية مشاركة التمثيلات المرئية مع الأطراف الداخلية أو الخارجية.
- **الاستيراد والتصدير:** القدرة على استيراد الملفات في تنسيق إكسيل (Excel) أو غيرها من ملفات البيانات، وتصدير التمثيلات المرئية في تنسيقات مختلفة وتضمينها في صفحات الويب.

3/6/2 أمثلة ونماذج:

طوَّر الباحثون والدارسون عددًا كبيرًا من الأدوات والأنظمة البرمجية للتمثيل المرئي للمعلومات بهدف نشر تكنولوجياته على نطاق واسع، واستخدامها بين جمهور أوسع من المستخدمين خارج مجتمع البحث المهتم بهذه التكنولوجيا، وتوفير إمكانية التمثيل المرئي للمعلومات بسهولة بعيدًا عن التفاصيل التقنية والتعقيدات البرمجية التي قد تعيق المستخدمين عن إنشاء التمثيلات المرئية واستخدامها والإفادة منها، بالإضافة إلى "إتاحة إمكانية نشر خبرات فرق البحث والتطوير الصغيرة المهتمة بهذا النوع من البرمجيات لكثير من المستخدمين" والاستفادة منها كما ذكر Childs et. al (2013)– حتى أصبح هناك المئات من الأدوات والأنظمة البرمجية والتطبيقات والمنصات المُستخدمة على نطاق واسع للتمثيل المرئي للمعلومات المتاحة على العنكبوتية العالمية (الويب: Web)؛ التي يمكن تصنيفها من أوجه عدة؛ فمن وجهة (التكلفة) تنقسم إلى برمجيات مدفوعة الثمن (غالبًا ما تسمح بتراخيص استخدام لفترة تجريبية) وأخرى مجانية، ومن وجهة (السماح بالاطلاع على كود المصدر وإمكانية التعديل فيه) تنقسم إلى برمجيات مفتوحة المصدر، وأخرى مغلقة المصدر، ومن وجهة (نوع البيانات والشبكات التي تقوم بتحليلها وتمثيلها مرئيًا) يمكن أن تصنف هذه البرمجيات إلى ثلاث فئات أولها: برمجيات تمثيل مرئي وتحليل واستكشاف شبكي عامة، وثانيها: برمجيات تمثيل مرئي وتحليل واستكشاف شبكي متخصصة، تركز في تمثيلها المرئي وتحليلها على نوع محدد من البيانات والشبكات مثل: الشبكات الببليومترية وشبكات الاستشهاد المرجعي، وثالثها: برمجيات تمثيل مرئي وتحليل واستكشاف شبكي مختلط يمكنها التمثيل المرئي والتحليل الشبكي للبيانات والشبكات العامة، وكذا البيانات والشبكات المتخصصة، ويُمكن استعراض نماذج لأبرز هذه الأدوات وأكثرها شيوعًا وانتشارًا[xxxi] مع تقديم لمحة تعريفية موجزة عنها على النحو الآتي:

1- برنامج (Microsoft Power BI):

عبارة عن مجموعة من الأدوات للتحليلات التجارية التي يمكنها تحويل البيانات إلى تمثيلات مرئية مفهومة، مما يساعد المستخدم في الحصول على الأفكار، ويسهل عليه وعلى فريق العمل وضع الإستراتيجيات التجارية الفعَّالة؛ ويوفر البرنامج وصول غير محدود للبيانات يمكن المستخدم من الاتصال بمئات من مصادر البيانات المتاحة بالموقع، وعبر سحابة البيانات التي تكون بمثابة مركز للوصول إلى بيانات مركزية، ويوفر البرنامج نظاما إرشاديا تعليميا قويا يدعم المستخدم ويساعده على تعلم كيفية الاستخدام بطريقة صحيحة، كما يتسم ببساطة في إعداد البيانات وسهولة الاستخدام، ويسمح بتحليل مخصص للبيانات، ويساعد في إنتاج تقارير حسنة الإخراج ونشرها ومشاركتها عبر الويب أو عبر الأجهزة المحمولة، بالإضافة إلى المرونة التي يتسم بها؛ ويعمل بشكل متوافق مع أنظمة التشغيل الأساس مثل:؛ (Windows)، و(iOS)، و(Android)، كما يُحيط المستخدم علمًا من خلال التنبيهات بأية تحديثات أو تغييرات في بياناته حتى يتمكن من العمل مع فريق العمل واتخاذ إجراء فوري (FinancesOnline, 2018a, 2018b; Microsoft, 2018) (انظر الشكل (18)).

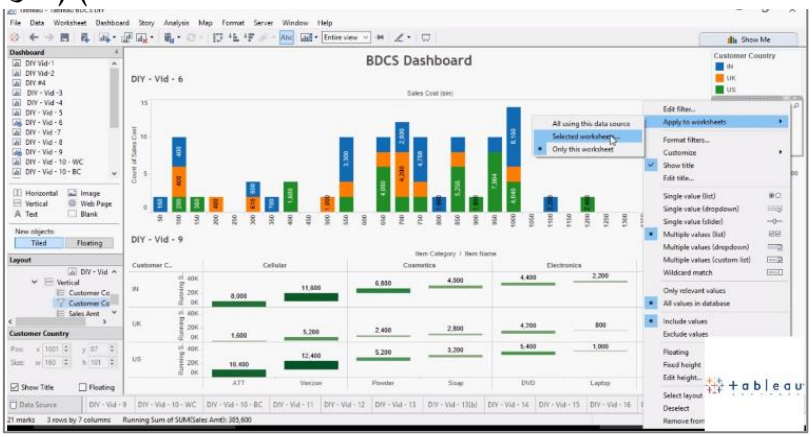


شكل (18) نموذج لوحة معلومات برنامج (Microsoft Power BI)

المصدر: (FinancesOnline, 2018a)

2- برنامج (Tableau):

أداة برمجية سهلة الاستخدام، طُوِّرت بهدف مساعدة الأفراد على رؤية البيانات وفهمها، والعمل على تغيير طريقتهم في استخدام البيانات لحل المشكلات؛ فتقوم بتحليل البيانات بسرعة وسهولة، وبطريقة مفيدة بما يساعد في جعل البيانات مفهومة للأفراد العاديين، وتتاح هذه الأداة للجميع، وغالبًا ما يُنظر إليها بوصفها البرنامج الرئيسي للتمثيل المرئي للمعلومات، والأوسع انتشارًا؛ إذ إن لديها قاعدة كبيرة جدًا من العملاء عبر الكثير من المجالات نظرًا لسهولة وبساطة استخدامها، وقدرتها على إنتاج تمثيلات مرئية تفاعلية تفوق بكثير ما توفره حلول ذكاء الأعمال العامة، وهي مناسبة بشكل خاص للتعامل مع مجموعات البيانات الضخمة سريعة التغير، بما في ذلك تطبيقات الذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي وذلك بفضل تكاملها مع عددًا كبيرًا من حلول قواعد البيانات المتقدمة؛ وقدرتها على إنشاء الرسومات والتمثيلات المرئية بأكبر قدر من الكفاءة، وجعلها سهلة الفهم على الأفراد؛ وتعمل على توصيل البيانات وتمثيلها مرئيًا ومشاركتها بسرعة من خلال تجربة سلسة وفعَّالة من سطح المكتب إلى الهاتف المحمول، وتسمح بإنشاء لوحات المعلومات ونشرها ومشاركتها مع الزملاء وتحليلها بطرق مختلفة، ويوصى بها بسبب نظام السحب والإفلات المبسط، والدعم الفني الموثوق فيه، بالإضافة إلى السياسة المرنة في دفع رسوم الاشتراك (Marr, 2017; FinancesOnline, 2018a, Tableau Software, n.d.) (انظر الشكل (19)).



شكل (19) نموذج لوحة معلومات برنامج (Tableau)

المصدر: (FinancesOnline, 2018a)

3- برنامج (Qlik):

أداة برمجية تساعد المؤسسات في جميع أنحاء العالم على التحرك بشكل أسرع والعمل بشكل أكثر ذكاءً، وقيادة الطريق إلى الأمام بتقديم حل متكامل يساعد في الحصول على القيمة من البيانات، وتسمح منصة البرنامج بالاستكشاف والتنقيب الحُر، والمدفوع بالفضول، مما يمنح المستخدمين القدرة على إجراء اكتشافات حقيقية تؤدي إلى نتائج حقيقية وتغييرات تحويلية، ويُعد هذا البرنامج أكثر أداة برمجية منافسة لبرنامج (Tableau)؛ فقد جاء في الترتيب الثاني ضمن أفضل سبع أدوات برمجية للتمثيل المرئي للمعلومات خلال عام 2023م وفقًا للتقارير التي نشرت بمجلة فوربس الأمريكية؛ نظرًا لأنه يعمل على تمكين الأفراد من تحقيق اكتشافات ذات معنى تقود إلى تغيير فعلي من خلال الاستفادة من البيانات، كما يسمح بالحصول على إجابات عن الأسئلة التي يطرحها الأفراد حول بياناتهم، ويساعدهم في استكشاف البيانات التي لا يكون لديهم فكرة مُسبقة عنها، ويساعد أيضًا في إتاحة جميع البيانات التي يحتاجها أي فرد في نظام أساسي واحد يمكنه من استكشافها واستخدامها لاتخاذ القرارات ومشاركتها، كما يوفر البرنامج إمكانات متعددة في مجال ذكاء الأعمال، وإعداد تقارير المؤسسات والتحليلات الخاصة بها، وبحث عالمي عن المعلومات، وضوابط متعددة للتحكم، ونماذج متنوعة لإعداد تقارير البيانات (QlikTech, n.d.; Marr, 2017; Haan & Watts, 2023) (انظر الشكل (20)).

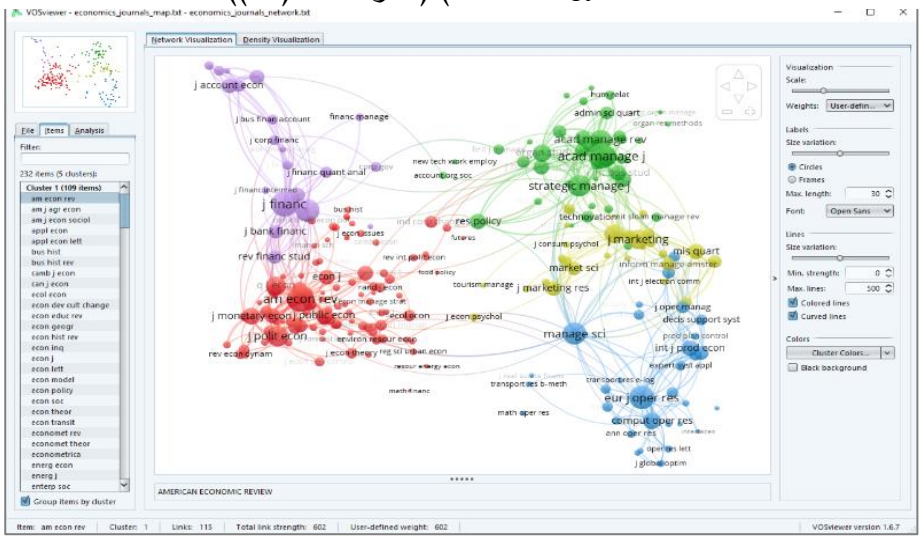
شكل (20) نموذج لوحة معلومات برنامج (Microsoft Qlikview)

المصدر: (FinancesOnline, 2018a)

وعلى جانب آخر، طوَّر الباحثون –كما أوضح كل من Van Eck and Waltman (2014)– عددًا من الأدوات البرمجية معظمها متاح مجانًا لجعل التمثيل المرئي للشبكات الببليومترية متاحا لجمهور أوسع داخل وخارج مجتمع البحث الببليومتري على حدٍّ سواء، حتى أصبح هناك الكثير من الأدوات البرمجية التي يمكن استخدامها في التمثيل المرئي للشبكات الببليومترية، ولاسيما شبكات الاستشهاد المرجعي؛ بعض من هذه الأدوات إحصائية عامة أو أدوات تحليل شبكي، بينما طوِّرت الأدوات الأخرى بصفة خاصة لتحليل وتمثيل الشبكات الببليومترية مرئيًا، ويمكن عرض أكثر هذه الأدوات أهمية وشعبية مع تقديم لمحة تعريفية موجزة عنها على النحو الآتي:

1- برنامج (VOSviewer):

أداة برمجية سهلة الاستخدام؛ تقدم بطريقة سهلة نسبيًا الوظائف الأساسية اللازمة للتمثيل المرئي للشبكات الببليومترية، وقد تتضمن هذه الشبكات: دوريات أو باحثين أو وثائق فردية، ويمكن بناؤها وفقًا للاستشهاد المرجعي (Citation)، والمزاوجة الببليوجرافية (Bibliographic coupling)، والمصاحبة الورقية (Co-citation)، وعلاقات التأليف المشترك (Co-authorship relations)، كما تقدم الأداة وظائف التنقيب النصي التي يمكن استخدامها لبناء شبكات العلاقات (Co-occurrence networks)، وتمثيلها مرئيًا من خلال المصطلحات المُهمة المُستخرجة من الإنتاج الفكري العلمي (Van Eck & Waltman, 2014; Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, n.d.a) (انظر الشكل (21)).

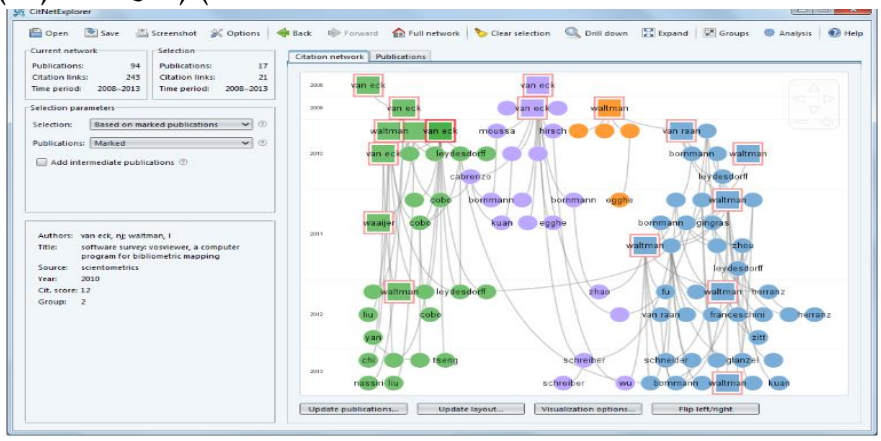


شكل (21) نموذج تحليل شبكة المصاحبة الوراقية بين المقالات في إحدى الدوريات وتمثيلها مرئيًا باستخدام أداة (VOSviewer) البرمجية

المصدر: (Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, n.d.a)

2- برنامج (CitNetExplorer):

أداة برمجية طوِّرت لتحليل وتمثيل شبكات الاستشهاد المرجعي للوثائق العلمية مرئيًا، تقدم إمكانات للتحليل والتمثيل المرئي أكثر شمولًا، كما توفر وظيفة التنقيب العميق بشبكة الاستشهاد المرجعي للوثائق؛ فقد يبدأ المستخدم بشبكة واسعة تضم عدة ملايين من الوثائق، ثم يقوم بالانتقال إلى أسفل ليصل إلى شبكة فرعية صغيرة لا تتضمن أكثر من (100) وثيقة، وتسمح باستيراد شبكات الاستشهاد المرجعي من قاعدة بيانات (Web of Science) مباشرة، ويمكن فحص واستكشاف هذه الشبكات بشكل تفاعلي (Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, n.d.b) (انظر الشكل (22)).

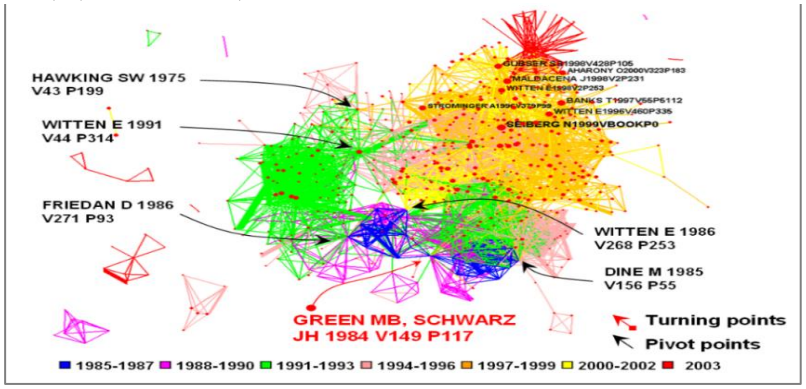


شكل (22) نموذج تحليل شبكة الاستشهاد المرجعي بين الوثائق وتمثيلها مرئيًا باستخدام أداة (CitNetExplorer) البرمجية

المصدر: (Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, n.d.b)

3- برنامج (CiteSpace):

أداة مكتوبة بلغة جافا سكريبت طوِّرت من جانب تشاومي شن (Chaomei Chen) لتحليل وتمثيل الشبكات الببليومترية مرئيًا، وتحليل الاتجاهات والأنماط في أدبيات الإنتاج الفكري وتمثيلها مرئيًا، تركز على التمثيلات المرئية الديناميكية التي توضح كيفية تطور المجالات العلمية بمرور الوقت، وقد صُممت بوصفها أداة لتمثيل مرئي تدريجي لمجال المعرفة، وبصفة عامة، تركز على إيجاد النقاط الحرجة (الانحرافات) في تطور المجال، لا سيما نقاط التحول الفكري والنقاط المحورية بالغة الأهمية، وتوفر الأداة الكثير من الوظائف لتسهيل فهم وتفسير أنماط الشبكات الببليومترية والأنماط التاريخية بما في ذلك تحديد المجالات الموضوعية سريعة النمو، وإيجاد نقاط الاستشهاد المرجعي الحيوية في مجموعات الوثائق، وتحلل الشبكة إلى مجموعات (Clusters)، وتضع وسوم تلقائية على المجموعات بمصطلحات من المقالات المستشهدة بها، وأنماط التعاون المكانية الجغرافية، والمجالات الفريدة من التعاون الدولي، وتقدم كل التمثيلات المرئية في هذه الأداة اعتمادًا على الرسم البياني والتسلسل الزمني، كما توفر مجموعة كبيرة من الخيارات للمستخدمين، وبسبب كثرة الخيارات المتوفرة تظهر واجهة المستخدم مُبهرة للمستخدمين الجُدد، ولكنها قد تأخذ بعض الوقت لمعرفة كيفية استخدامها (Chen, 2004) (انظر الشكل (23)).



شكل (23) نموذج للتحليلات المرئية الناتجة باستخدام برنامج (CiteSpace)

المصدر: (Chen, 2004)

3/ **الخاتمة**:

استعرضت الدراسة الأساسيات النظرية لـ "التمثيل المرئي للمعلومات" التي تساعد في تحديد الخصائص والسمات العامة لهذا الموضوع ومعالمه الرئيسية، وهو مجال متعدد التخصصات يبحث في إيجاد طرق هادفة وبديهية، تستفيد من قدرات الإنسان الحسية الإدراكية، ولا سيما البصرية لاستخراج القيمة من البيانات من خلال تمثيلها مرئيًا، بما يجعل كميات ضخمة من البيانات المُعقدة مفهومة؛ فقد حافظ على علاقات قوية مع عدد كبير من المجالات بما قدَّم من تكنولوجيات وأساليب وأدوات وتطبيقات مُهمة، حققت فوائد جمة ومنافع متعددة، ساعدت كل مجال من هذه المجالات التي من بينها مجال المكتبات والمعلومات على فهم بياناته، وقد بدأت الدراسة برصد المفاهيم والتعريفات الرئيسية التي تُعرِّف به لغةً واصطلاحًا، وتتبعت تطور المصطلح ومفهومه بمرور الوقت منذ أواخر الثمانينيات من القرن العشرين، ثم ناقشت وحللت ما رصدته من مفاهيم وتعريفات ومدلولاتها المختلقة، وأوجه التشابه والاختلاف بينها، وتوصلت إلى صياغة نموذج لتعريف علمي يعبر عن "التمثيل المرئي للمعلومات" تعبيرًا واضحًا ودقيقًا وموضوعيًا، ثم قدمت لمحة تاريخية موجزة ركزت على نضوجه ومظاهر الاهتمام به التي أدت إلى تحوله إلى مجال بحثي متعدد التخصصات، وتعرضت أيضًا للأهداف التي يسعى هذا المجال إلى تحقيقها، وأنواع البيانات التي يمكن تمثيلها مرئيًا، والمراحل والخطوات العملية اللازمة للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات، وأهم النماذج المرجعية التي جرَّدت هذه العملية ووصفتها، وانتهت بالتعريف ببرامج التمثيل المرئي للمعلومات والوظائف الأساسية التي تؤديها، واستعرضت أيضًا نماذج لأبرز أدواته البرمجية، وتوصلت الدراسة إلى مجموعة مُهمة من النتائج عقبت بها على كل محور من المحاور النظرية الأساسية التي تناولتها لعل أبرزها:

1- بداية تحول "التمثيل المرئي" بوصفه مجالًا معرفيًا فرعيًا ومنظمًا نشأت في علوم الحاسب، و"التمثيل المرئي للمعلومات" مجال معرفي متعدد التخصصات من الدراسة؛ إذ إن لديه علاقات قوية مع عدد كبير من المجالات البحثية، ومن ثم ترتبط نشأته التاريخية وتطوره بهذه المجالات المتعددة، وتطوره بوصفه مجالًا معرفيًا مُنظمًا يعود إلى أواخر الثمانينيات من القرن العشرين، وقد لعبت المؤتمرات العلمية والحلقات الدراسية وورش العمل دورًا مُهمًا في نضوجه وتطوره بوصفه مجالًا بحثيًا للدراسة، وزيادة شعبيته، وانتشاره، وتوجيه الباحثين للبحث والدراسة فيه، وقد انعكس ذلك إيجابًا على أعداد الوثائق والأبحاث والدراسات والمراجعات العلمية التي اهتمت بتناول هذا الموضوع.

2- هناك الكثير من التعريفات التي قدَّمها الباحثون والدارسون من مجالات عدة لتعريف مصطلح "التمثيل المرئي للمعلومات" وتحديد مفهومه نظرًا لتعدد المجالات البحثية ذات الصلة به، وتعريف التمثيل المرئي للمعلومات وتحديد مفهومه يختلف بوضوح من مجال إلى آخر، ولا يوجد تعريف متفق عليه بين هذه المجالات، كما لا يوجد تعريف ثابت داخل المجال الواحد شأنه في ذلك شأن كافة المصطلحات التي تعبر عن مجالات بحثية متعددة التخصصات فضلا عن تطور المصطلح ومفهومه بمرور الوقت.

3- هناك أكثر من تسمية إنجليزية استخدمها الباحثون والدارسون والكُتّاب بمؤلفاتهم للدلالة على التمثيل المرئي للمعلومات؛ فتارة يستخدم مصطلح (Information visualization)، وتارة أخرى يستخدم مصطلح (Data visualization)، وقد يستخدم البعض التسميتين في الدراسة الواحدة بطريقة تبادلية، وهناك تسميات إنجليزية أخرى استخدمت للدلالة عليه مثل: (Visualization of information)، و(Visual representation of information)، و(Visual representation of data) وإن كانت أقل شيوعًا وانتشارًا.

4- مجال "التمثيل المرئي" ينقسم إلى نوعين متميزين وهما: التمثيل المرئي العلمي، والتمثيل المرئي للمعلومات، ويمكن التمييز بوضوح بينهما على النحو الآتي:

- **التمثيل المرئي العلمي:** هو استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات العلمية، التي عادة ما تكون مجسدة فيزيائيًا لزيادة الإدراك.
- **التمثيل المرئي للمعلومات:** هو استخدام التمثيلات المرئية التفاعلية المعالجة حاسوبيًا للبيانات المُجرَّدة وغير المجسدة فيزيائيًا لزيادة الإدراك (Card et al., 1999).

أي: إنَّ الفارق والاختلاف الأساسي بين نوعي التمثيل المرئي هو نوع البيانات التي يتم تمثيلها؛ فإن كانت بيانات علمية عادة ما تكون مجسدة فيزيائيًا –لها بنية مكانية وهندسية– ومرتبطة ببعض الظواهر في العالم المادي الخارجي كان **تمثيلا مرئيا علميا**، وإن كانت بيانات مُجرَّدة –ليس لها بنية مكانية أصيلة أو هندسية في كثير من الأحيان– تشرح العلاقات والمفاهيم التي ليس لها مثيل في العالم المادي الخارجي كان **تمثيلا مرئيا للمعلومات**.

5- يهدف التمثيل المرئي للمعلومات إلى هدف عام هو: زيادة المعرفة أو الإدراك باستخدام القدرات الإدراكية للنظام البصري البشري الذي يمكنه إدراك، وفهم البيئات المرئية أو المعلومات في شكل مرئي بسهولة ويسر، ولعل أهم الأهداف الفرعية التي يتحقق هذا الهدف العام بتحقيق هدف أو عدة أهداف:

- المساعدة في فهم البيانات واستخراج رُؤى قيمة ذات معنى منها.
- السماح باستكشاف كميات ضخمة من البيانات المُجرَّدة المُعقدة في مستويات مختلفة من التجريد، وجعلها أكثر سهولة في الفحص والمراقبة والفهم والتحليل، واستخلاص رُؤى قيمة أو معلومات جديدة ذات معنى منها.
- القدرة على الكشف عن البنية، والأنماط، والاتجاهات، والانحرافات، والفجوات، والعلاقات في مجموعة البيانات وإدراكها والتعرف عليها بسهولة.
- تلخيص مجموعات البيانات الكبيرة والمُعقدة بإنشاء تمثيل مرئي مُجرَّد لها يوفر رؤى جديدة حول هذه البيانات.
- زيادة القدرة على أداء الأنشطة المعرفية مثل: الفهم، والبحث، والرصد، والمراقبة، الاكتشاف، والشرح، والتفسير، والتذكر، والاستدلال... وغيرها من العمليات المعرفية بسهولة ويسر.
- السماح بالرصد والتنبؤ بالأحداث/ المشكلات المحتملة، أو اتخاذ القرار عن طريق العثور على المعلومات في البيانات التي تساعد صانع القرار على اتخاذه.
- تشجيع المستفيدين على اكتشاف التفاصيل، وإدراك الأنماط والاتجاهات والانحرافات والعلاقات في مجموعة البيانات باستخدام أنظمة الإدراك التلقائي، ومنحهم إحساسًا أكبر بالتفاعل مع البيانات والارتباط بها.

6- اتفق المتخصصون على تصنيف أنواع البيانات المجرَّدة في التمثيل المرئي للمعلومات إلى سبعة أو ثمانية أنواع من البيانات؛ وهي:

- الزمنية.
- متعددة الأبعاد.
- أحادية الأبعاد.
- الشجرية.
- ثنائية الأبعاد.
- الشبكية.
- ثلاثية الأبعاد.
- مساحة/ فضاء عمل.

على أن يؤخذ في الاعتبار الأنواع الأخرى من البيانات مثل: البيانات النصية والنصية التشعيبية المتاحة على صفحات مواقع الويب، وبيانات الخوارزميات والأكواد المستخدمة في كتابة البرمجيات.

7- اتجهت جهود بعض الباحثين والدارسين إلى وضع نماذج مرجعية لعملية التمثيل المرئي للمعلومات، بينما انصرفت جهود الآخرين إلى التعامل مع إنشاء التمثيلات المرئية للمعلومات من البيانات بوصفها عملية مخصصة؛ فسعوا إلى صياغة سلسلة من الخطوات العملية التي تصف كيفية القيام بهذه العملية، وفي هذا الصدد، أظهرت الدراسة أنه في البداية وضعت (النماذج)، ثم صيغت الطرق المختلفة التي تحدد سلاسل من الخطوات العملية للقيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات في مرحلة لاحقة عليها، وهذه الجهود في مجملها عبارة عن محاولات لإضفاء الصفة الرسمية على هذه العملية واستخلاص منهجية يمكن من خلالها وصف طريقة إنشاء التمثيلات المرئية للبيانات.

8- الطرق المتباينة التي صاغها الباحثون والدارسون لمراحل وخطوات القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات ربما تختلف فيما بينها في التسلسل، ومستوى التفصيل الذي تعرض به، وربما تختلف أيضًا وفقًا لطبيعة

المعلومات المرغوب في تمثيلها مرئيًا، أو وفقًا لنوع الوسيط الذي تُعرض عليه التمثيلات المرئية، لكنها تشترك في: تبدأ جميعًا من (البيانات الخام) وتنتهي إلى (المستفيد) أو (العرض المرئي).

9- نموذج كل من .Card et al (1999) المرجعي للتمثيل المرئي للمعلومات أساسي لجُلِّ النماذج المرجعية والطرق المتباينة التي صاغها الباحثون والدارسون لمراحل وخطوات القيام بعملية التمثيل المرئي للمعلومات التي لحقته.

10- طوَّر الباحثون والدارسون في السنوات الأخيرة عددًا كبيرًا من الأدوات والأنظمة البرمجية التي تقوم بالتمثيل المرئي للمعلومات، حتى أصبح هناك المئات من الأدوات والأنظمة البرمجية والتطبيقات المُستخدمة على نطاق واسع للتمثيل المرئي للمعلومات والمتاحة على العنكبوتية العالمية، ولعل أبرز أدوات التمثيل المرئي العامة وأكثرها شيوعًا وانتشارًا:

- برنامج (Microsoft Power BI)
- برنامج (Tableau)
- برنامج (Qlik)

وأبرز أدوات التمثيل المرئي والتحليل والاستكشاف الشبكي المتخصصة التي تركز على تمثيل نوع محدد من البيانات والشبكات مثل: الشبكات الببليومترية وشبكات الاستشهاد المرجعي:

- برنامج (VOSviewer)
- برنامج (CiteSpace)
- برنامج (Pajek)
- برنامج (CitNetExplorer)
- برنامج (Gephi)
- برنامج (Sci2)

<u>خلاصة القول</u>: هناك اتجاه حتمي يزداد يومًا بعد الآخر نحو تطبيق تكنولوجيات التمثيل المرئي للمعلومات والإفادة منها في مجال المكتبات والمعلومات عبر التخصصات البحثية الفرعية المتعددة التي تتداخل معه لعل أبرزها: التنقيب عن البيانات، وتحليل البيانات الضخمة وإدارتها، وتحليل الشبكات الاستشهاد المرجعي والشبكات الببليومترية، واسترجاع المعلومات بنظم خزن واسترجاع المعلومات الببليوجرافية، والمكتبات الرقمية، والمستودعات الرقمية، وخدمات المعلومات في المكتبات ومراكز المعلومات، ...، ومن ثم تُوصي الدراسة بـ:

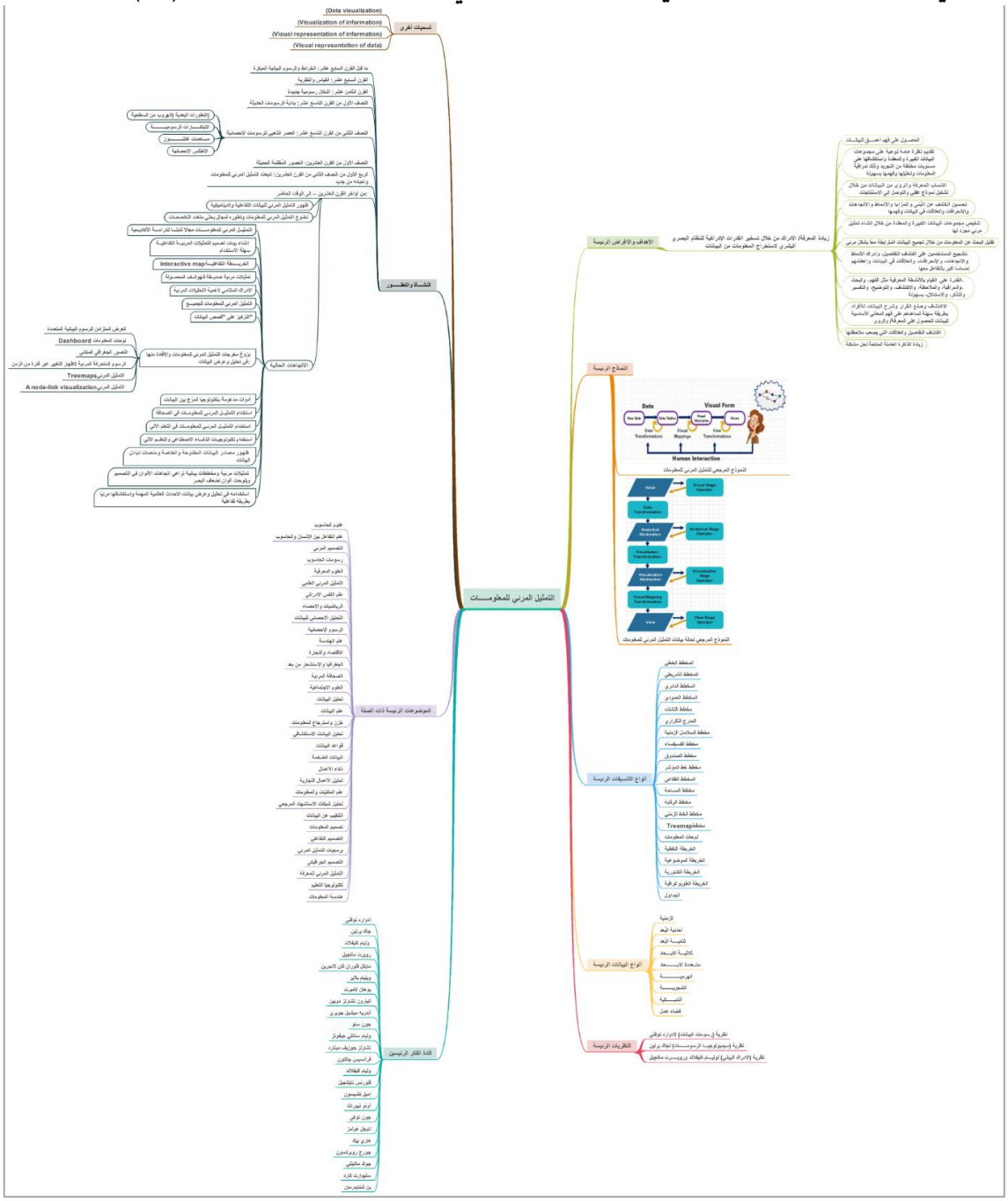
1- القيام بتدريس أساسيات التمثيل المرئي للمعلومات في أقسام المكتبات والمعلومات، واعتماد المقررات والبرامج الدراسية التي تساعد الطلاب على اكتساب مهاراته، واستخدام أدواته بفعالية وكفاءة بوصفه واحدًا من العناصر الأساسية التي يجب أن تُشكَّل معرفة الطالب والباحث والمتعلم في عصر البيانات اليوم.

2- التوجه نحو إقامة علاقات تعاونية مع الأقسام العلمية التي تُدرِّس المجالات ذات الصلة بوصفهم شركاء أساسيين لا غنى عن التعاون معهم في تعليم الباحثين والدارسين والطلاب مهارات التمثيل المرئي للمعلومات، واستخدام أدواته وإكسابهم مهارات القراءة البصرية، بما يعزز قدراتهم على البحث عن المواد المرئية، وتفسيرها، وتقييمها، واستخدامها، وإنتاجها في السياق العلمي أو البحثي أو المهني الذي يخدم الاحتياجات المتباينة في المجال، وتدريس المقررات والمناهج الدراسية ذات الصلة التي تدعم ذلك مثل: الرياضيات والإحصاء، وتصميم وتطوير الواجهات الأمامية (Front-end)، ولغات البرمجة اللازمة، وطرق حفظ وتخزين البيانات والتنقيب عنها واسترجاعها.

3- أن تدعم الأقسام الأكاديمية للمكتبات والمعلومات في مؤسسات التعليم العالي البحث والتطوير في هذا المجال؛ وذلك بتوجيه الباحثين والدارسين نحو إعداد البحوث والدراسات الأساسية النظرية والتطبيقية عبر التخصصات البحثية الفرعية في المجال التي يمكن أن تتعاون معه، وتستفيد من أساليبه وأدواته وتكنولوجياته المتطورة غير التقليدية، وأن يولي الباحثون والدارسون اهتمامًا نحو استخدام أدوات التمثيل المرئي للمعلومات والإفادة من تكنولوجياته في إعداد الدراسات التحليلية لمصادر المعلومات، وكذا الدراسات الببليومترية، والدراسات الإمبريقية، والدراسات المهتمة بتقييم الأعمال العلمية، والمؤلفين، وإسهاماتهم العلمية،... وغيرها من دراسات في التخصصات الفرعية في المجال يمكن أن تجني فوائد عظيمة عبر التعاون مع التمثيل المرئي للمعلومات بما يقدم من أساليب وأدوات وتكنولوجيات تساعد في تحليل البيانات واستكشافها وجني الرؤى القيمة منها بسهولة ويسر.

4- نشر ثقافة التمثيل المرئي للمعلومات من جانب الأقسام الأكاديمية في مؤسسات التعليم العالي والهيئات والجمعيات المهنية في المجال بعقد المؤتمرات العلمية، وورش العمل، والبرامج التعليمية التدريبية التي تساعد في إبراز الإسهامات والفوائد الجمة التي سوف تعود على المجال ومؤسساته المختلفة نتيجة للتكامل بين مجال التمثيل المرئي للمعلومات وعلم المكتبات والمعلومات، بما يساعد في تغير المواقف التي تقيد تنفيذه واستخدامه، والإفادة منه في المكتبات ومؤسسات المعلومات، وتبرير النفقات اللازمة لاستخدام أدواته وتطبيقاته لتحسين الكفاءة والفعالية.

ويمكن تلخيص الأساسيات النظرية لمجال"التمثيل المرئي للمعلومات" من خلال الشكل (24)



شكل (24) التمثيل المرئي للمعلومات: خريطة ذهنية

المراجع:

أولًا: المراجع العربية:

- البعلبكي، منير & البعلبكي، رمزي منير (محررين)، (2015). *المورد الحديث: قاموس إنكليزي – عربي حديث*، دار العلم للملايين.
- التمثيل المرئي للمعلومات: رؤية تاريخية (دراسة قيد النشر). إعداد شيماء إسماعيل عباس إسماعيل.
- حايك، هيام، (2018، 17 أكتوبر)، أهم أدوات وبرمجيات التمثيل المرئي للبيانات DATA VISUALIZATION. *مدونة نسيج*، http://tinyurl.com/8dwj9vya
- الدكر، متولي علي محمد،(2021)، برمجيات رسم الخرائط الببليومترية والسيانتومترية والتصور العلمي: دراسة تقويمية مقارنة. *المجلة العلمية للمكتبات والوثائق والمعلومات*،*7*(13)، 6-62. https://jslmf.journals.ekb.eg/article_271214_249864940368fe63e3a63320fc64153a.pdf
- شاهين، شريف كامل، (2018)، *مؤسسات المعلومات وحتمية التغيير*[شرائح بوربوينت]، المؤتمر الحادي والعشرون للجمعية المصرية للمكتبات والمعلومات، دار الوثائق القومية. https://www.researchgate.net/publication/326381337_mwssat_almlwmat_whtmyt_altghyyr_Information_institutions_and_inevitability_of_change
- صالح، مشيرة أحمد، (2020)، تعليم علم البيانات بأقسام ومدارس المكتبات والمعلومات بالجامعات الأمريكية: دراسة تحليلية، *المجلة الدولية لعلوم المكتبات والمعلومات*،*7*(3)، 13-41. https://ijlis.journals.ekb.eg/article_121354_a20d307b6b64741001c28ddd7e132d68.pdf
- عبد الهادي، محمد فتحي، غندور، محمد جلال & عطية، هانئ محيي الدين، (2011)، *قياسات المعلومات والمعرفة بين النظرية والتطبيق (ط1)*، الدار المصرية اللبنانية.
- عبيد، مصطفى فؤاد، (2017)، *التحليل المتقدم وتنقيب البيانات*، دار الفكر العربي.
- الناصر، محمد فائق & دبش، محمد، (2015)، تصميم نظام تحليل مرئي لتحسين عملية إظهار مجموعات البيانات ودعم اتخاذ القرار، *مجلة جامعة البعث*، *37*(4). https://shamra.net/academia/download_document/document_c9666dbd655c3ce1d44140dceb0ce8f0.pdf
- هارتلي، جون، بورجيس، جان & برونز، أكسل، (٢٠١٨)، *الإعلام الجديد وقضاياه* (هدى عمر السباعي & نرمين عادل عبد الرحمن، مترجم). المجموعة العربية للتدريب والنشر.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

- Alsaud, S. F. B. (2008). *From tool to instrument: An experiential analysis of interacting with information visualization* (Publication No. U591462) [Doctoral dissertation, University College London]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Averbuch, M., Cruzgif, I. F., Lucas, W. T., & Radzyminski, M. (1996). *As You Like It: Tailorable Information Visualization*. Computer Based Learning Unit, University of Leeds. http://cis.bentley.edu/wlucas/delaunay/delaunay.htm
- Battista, G. D., Eades, P., Tamassia, R., & Tollis, I. G. (1999). *Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs*. Upper Saddle River, NJ.
- Bergeron, R. D., Cody, W., Hibbard, W., Kao, D. T., Miceli, K. D., Treinish, L. A., & Walther, S. (1993). Database issues for data visualization: developing a data model. *Workshop on Database Issues for Data Visualization* (pp. 1-15). Springer.
- Bertini, E., & Lalanne, D. (2009). Surveying the complementary role of automatic data analysis and visualization in knowledge discovery. In Kai P., Heikki M., Alessio B., & Silvia M. (Eds.). *VAKD '09: Proceedings of the ACM SIGKDD Workshop on Visual Analytics and Knowledge Discovery: Integrating Automated Analysis with Interactive Exploration* (pp.12-20). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/1562849.1562851

- Björk, S. (2000). *Flip zooming: The development of an information visualization technique* [Doctoral dissertation, Göteborg University]. Gothenburg University Publications Electronic Archive (GUPEA). https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/920/1/gupea_2077_920_1.pdf
- Brown, J. (1991). Images for insight: From the research lab to the classroom. *Journal of Computing in Higher Education, 3*(1), 104-125. https://doi.org/10.1007/BF02942600
- Cambridge University Press & Assessment. (n.d.a). Visualize. In *Cambridge Dictionary*. Retrieved January 1, 2017, from http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/visualize
- Cambridge University Press & Assessment. (n.d.b). Visualization. In *Cambridge Dictionary*. Retrieved December 25, 2016, from http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/visualize?q=visualization#translations
- Cambridge University Press & Assessment. (n.d.c). Information. In *Cambridge Dictionary*. Retrieved April 27, 2017, from http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/information
- Card, S. K. (2008). Information visualization. In J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications* (2nd Ed.) (pp. 510-544). Lawrence Erlbaum Associates. https://www.researchgate.net/publication/311706649_Information_Visualization
- Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (Eds.). (1999). *Readings in information visualization: using, vision to think.* Morgan Kaufmann Publishers.
- Card, S. K., Robertson, G. G., & Mackinlay, J. D. (1991). The information visualizer: An information workspace. In S. P. Robertson, G. M. Olson & J. S. Olson (Eds.). *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in computing systems* (pp.181-186). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/108844.108874
- Card, S., & Mackinlay, J. (1997). The structure of the information visualization design space. In *Proceedings of VIZ '97: Visualization Conference, Information Visualization Symposium and Parallel Rendering Symposium* (pp. 92-99). IEEE. https://doi.org/10.1109/INFVIS.1997.636792
- Centre for Science and Technology Studies, Leiden University. (n.d.b). *Welcome to CitNetExplorer*. http://www.citnetexplorer.nl/
- Centre for Science and Technology Studies, Leiden University. (n.d.a). *Welcome to VOSviewer*. **http://www.vosviewer.com/**
- Chen, C. (2002). Information visualization. *Information visualization, 1*(1), 1-4. https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500009
- Chen, C. (2004). Searching for intellectual turning points: Progressive Knowledge Domain Visualization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), 101* (1), 5303-5310. https://doi.org/10.1073/pnas.0307513100
- Chen, C. (2010). Information visualization. *WIREs Computational Statistics*, *2*(4), 387-403. https://doi.org/10.1002/wics.89
- Chen, H. M. (2017). *Chapter 1: An Overview of Information Visualization*. *Library Technology Reports, 53*(2). 5-7. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=122354548&site=ehost-live
- Chengzhi, Q., Chenghu, Z., & Tao, P. (2003). Taxonomy of visualization techniques and systems–Concerns between users and developers are different. *Asia GIS Conference, China, 35*, 37-51. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3159.2403
- Chi, E. H. (2000). A Taxonomy of Visualization Techniques using the Data State Reference Model. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2000. INFOVIS 2000 (INFOVIS'00)* (pp. 69-75). IEEE. http://doi.org/10.1109/INFVIS.2000.885092
- Childs, H., Geveci, B., Schroeder, W., Meredith, J., Moreland, K., Sewell, C., Kuhlen, T. W., & Bethel, E. W. (2013). Research challenges for visualization software. *Computer, 46*(5), 34-42. https://doi.org/10.1109/MC.2013.179
- Chittaro, L. (2001). Information visualization and its application to medicine. *Artificial Intelligence in Medicine, 22*(2). 81- 88. https://doi.org/10.1016/S0933-3657(00)00101-9
- Chittaro, L. (2006). Visualizing information on mobile devices. *Computer, 39*(3), 40-45. https://doi.org/10.1109/MC.2006.109
- Cleveland, W., & McGill, R. (1984). Graphical Perception: Theory, Experimentation, and Application to the Development of Graphical Methods. *Journal of the American Statistical Association, 79*(387), 531-554. https://doi.org/10.2307/2288400
- Dix, A. (2013). Introduction to Information Visualisation. In Agosti, M., Ferro, N., Forner, P., Müller, H., & Santucci, G. (Eds.). *Information Retrieval Meets Information Visualization: PROMISE Winter School 2012, Zinal, Switzerland, January 23-27, 2012, Revised Tutorial Lectures* (pp. 1 - 27). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36415-0_1

- Eden, B. (2005). *information visualization*. *Library Technology Reports, 41*(1), 7-17. https://journals.ala.org/index.php/ltr/article/viewFile/4596/5424
- Elsevier, B.V. (2018). *Analyze search results*. Scopus database.
- Engelbrecht, L., Botha, A., & Alberts, R. (2015). Designing the Visualization of Information. *International Journal of Image and Graphics, 15*(2). https://pdfs.semanticscholar.org/d41f/5dc60353514f907b338d4e8682eeb878fd9c.pdf
- Farrand, W. A. (1973). *Information Display in Interactive Design* (Publication No. 7328692) [Doctoral dissertation, University of California, Los Angeles]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Fekete, J. D., & Plaisant, C. (2002). Interactive information visualization of a million items. In *IEEE Symposium on Information Visualization, INFOVIS 2002* (pp.117–124). IEEE. https://doi.org/10.1109/INFVIS.2002.1173156
- Ferreira de Oliveira, M. C., & Levkowitz, H. (2003). From visual data exploration to visual data mining: A survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 9*(3), 378-394. https://doi.org/10.1109/TVCG.2003.1207445
- Few, S. (2009). *Now You See It: Simple Visualization Techniques for Quantitative Analysis.* Analytics Press.
- Few, S. (2013). Data visualization for human perception. In Interaction Design Foundation. *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (2nd ed.). Interaction Design Foundation. https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/data-visualization-for-human-perception
- Few, S., & Edge, P. (2007). *Data visualization: past, present, and future*. IBM Cognos Innovation Center. https://www.perceptualedge.com/articles/Whitepapers/Data_Visualization.pdf
- FinancesOnline. (2018a). *20 Best Data Visualization Software Solutions of 2018*. FinancesOnline. https://financesonline.com/data-visualization/
- FinancesOnline. (2018b). *Domo review*. FinancesOnline. **https://reviews.financesonline.com/p/domo/**
- Finch, J., & Flenner, A. (2016). Using Data Visualization to Examine an Academic Library Collection. *College & Research Libraries, 77*(6). https://doi.org/10.5860/crl.77.6.16555
- Friendly, M. (2006). A brief history of data visualization. In Chen, C. H., Härdle, W. K., & Unwin, A. (Eds.), *Handbook of Computational Statistics: Data Visualization* (pp.1-43). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-33037-0_2
- Friendly, M. (2009). *Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization.* York University, Department of Mathematics and Statistics. http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/milestone.pdf
- Fry, B. (2008). *Visualizing Data: Exploring and Explaining Data with the Processing Environment.* O'Reilly Media, Inc.
- Furnas, G. W. (1981). *The FISHEYE view: A new look at structured files. Bellcore Technical Report*, New Jersey, U.S.A., Reprinted in: Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (Eds.). (1999). *Readings in Information visualization: Using, vision to think.* Morgan Kaufmann Publishers.
- Gershon, N., & Page, W. (2001). What Storytelling can do for Information Visualization. *Communications-ACM*, *44*(8). 31-37. https://doi.org/10.1145/381641.381653
- Gershon, N., Eick, S. G., & Card, S. (1998). Information visualization. *Interactions*, 5(2), 9-15. https://doi.org/10.1145/274430.274432
- Grammel, L., Tory, M., & Storey, M. (2010). How information visualization novices construct visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 16*(6), 943-952. http://doi.org/10.1109/TVCG.2010.164
- Grinstein, G. G., & Ward, M. O. (2002). Introduction to Data Visualization. In U. Fayyad, G. G. Grinstein, & A. Wierse (Eds.), *Information visualization in data mining and knowledge discovery* (pp.21-45). Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Guldamlasioglu, S. (2015). *Web-based Information Visualization Using JavaScript*. [Master's thesis, University of Tampere]. Tampub. https://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/97846/GRADU-1438162264.pdf
- Haan, K. & Watts, R. (2023). *The Best Data Visualization Tools Of 2023*. Forbes. https://www.forbes.com/advisor/business/software/best-data-visualization-tools/
- Han, W., Wang, J., & Shaw, S. L. (2006). Visual exploratory data analysis of traffic volume. In Gelbukh A., Reyes-Garcia C. A. (Eds.), *MICAI 2006: Advances in Artificial Intelligence* (pp. 695-703). Springer. https://doi.org/10.1007/11925231_66

- Hao, J. (2010). *Design of information visualization and case studies* (Publication No. 3421498) [Doctoral dissertation, The University of Texas at Dallas]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Hawkins, D. T. (1999). Information visualization: Don't tell me, show me!. *Online*, *23*(1), 88-90. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=1537500&site=ehost-live
- Hearst, M. A. (2009). *Search user interfaces*. Cambridge University Press.
- Hedges, L. (2018). *Data Visualization Tools*. Software Advice. https://www.softwareadvice.com/bi/data-visualization-comparison/#buyers-guide
- Heer J., Bostock, M., & Ogievetsky, V. (2010). A tour through the visualization zoo, *Communication of the ACM, 53*(6), 59–67. https://doi.org/10.1145/1743546.1743567
- Huotari, J. (2005). *Integrating Graphical Information System Models with Visualization Techniques* [Doctoral dissertation, University of jyväskylä]. http://tinyurl.com/2s8rbkzs
- Interaction Design Foundation. (n.d.a). *Information Visualization– A Brief Introduction*. Interaction Design Foundation. https://www.interaction-design.org/literature/article/information-visualization-a-brief-introduction
- Interaction Design Foundation. (n.d.b). *Information Visualization: Your constantly-updated definition of Information Visualization and collection of topical content and literature*. Interaction Design Foundation. https://www.interaction-design.org/literature/topics/information-visualization
- Interaction Design Foundation. (n.d.c). *How to Design an Information Visualization*. Interaction Design Foundation. https://www.interaction-design.org/literature/article/how-to-design-an-information-visualization
- Kamada, T., & Kawai, S. (1991). A general framework for visualizing abstract objects and relations. *ACM Transactions on Graphics (TOG), 10*(1), 1-39. https://doi.org/10.1145/99902.99903
- Keim, D. A. (2002). Information visualization and visual data mining. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics, 8*(1), 1-8. https://doi.org/10.1109/2945.981847
- Keim, D. A., Lee, J. P., Thuraisinghaman, B., & Wittenbrink, C. (1995). Database issues for data visualization: Supporting interactive database exploration. In *Workshop on Database Issues for Data Visualization* (pp. 12-25). Springer. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-62221-7_2.pdf?pdf=inline%20link
- Keller, T., Gerjets, P., Scheiter, K., & Garsoffky, B. (2006). Information visualizations for knowledge acquisition: The impact of dimensionality and color coding. *Computers in Human Behavior, 22* (1), 43-65. https://doi.org/10.1016/j.chb.2005.01.006
- Khan, M., & Khan, S. S. (2011). Data and Information Visualization Methods, and Interactive Mechanisms: A Survey. *International Journal of Computer Applications*, *34*(1), 1-14. https://doi.org/10.5120/4061-5722
- Kosara, R. (2007). Visualization criticism - the missing link between information visualization and art. In *2007 11th International Conference Information Visualization (IV '07)* (pp. 631-636). IEEE. https://doi.org/10.1109/IV.2007.130
- Krum, R. (January 20, 2015). The Key to Infographic Marketing: The Psychology of the Picture Superiority Effect. *Cool Infographics*. https://coolinfographics.com/blog/2015/1/20/the-key-to-infographic-marketing-the-psychology-of-the-pictu.html
- Krum, R. (January 7, 2016). Three Simple Resolutions to Design Better DataViz. *Cool Infographics*. https://coolinfographics.com/blog/2016/1/7/three-simple-resolutions-to-design-better-dataviz.html
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth 10,000 words. *Cognitive Science, 11*(1), 65-100. https://doi.org/10.1016/S0364-0213(87)80026-5
- Latham, R. (1995). *The dictionary of computer graphics and virtual reality* (2nd ed.). Springer-Verlag.
- Mackinlay, J. D. (1987). *Automatic Design of Graphical Presentations (database, User Interface, Artificial Intelligence, Information Technology)* (Publication No. 8707696) [Doctoral dissertation, Stanford University]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Marr, B. (2017, July 20). *The 7 Best Data Visualization Tools Available Today*. Forbes. https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/07/20/the-7-best-data-visualization-tools-in-2017/#2871b58b6c30
- Mazza, R. (2009). *Introduction to Information Visualization*. Springer-Verlag.
- *McCormick*, B. M., DeFanti, T. A., & Brown, M. D. (Eds.). (1987). *Visualization in Scientific Computing*. *Computer Graphics, 21*(6). ACM SIGGRAPH.

- Medina, J. J. (2008). *Brain Rules: 12 Principles for Surviving and Thriving at Work, Home, and School*. Pear Press.
- Meirelles, I. (2013). *Design for information: An introduction to the histories, theories, and best practices behind effective information visualizations*. Rockport publishers.
- Merriam-Webster. (n.d.a). Visualize. In *Merriam-Webster.com dictionary*. Retrieved January 1, 2017, from https://www.merriam-webster.com/dictionary/visualize
- Merriam-Webster. (n.d.b). Visualization. In *Merriam-Webster.com dictionary*. Retrieved December 25, 2016, from https://www.merriam-webster.com/dictionary/visualization
- Merriam-Webster. (n.d.c). Information. In *Merriam-Webster.com dictionary*. Retrieved April 27, 2017, from https://www.merriam-webster.com/dictionary/information
- Microsoft. (2018). *What is Power BI?*. Microsoft. https://powerbi.microsoft.com/en-us/
- Munzner, T. (2002). Information visualization. *IEEE Computer graphics and applications, 22*(1), 20-21. http://movement.stanford.edu/~munzner/cga02/gei.pdf
- Nagel, H. R. (2006). Scientific visualization versus information visualization. In *Workshop on state-of-the-art in scientific and parallel computing, Sweden* (pp.1–4). https://www.researchgate.net/profile/Henrik_Nagel/publication/228987818/inline/jsViewer/5419524b0cf203f155add9ba?inViewer=1&pdfJsDownload=1&origin=publication_detail&previewAsPdf=false
- Nayek, J. K., & Sen, D. (2015). Data Literacy and Library: An Overview. *College Libraries (West Bengal College Librarians' Association) 30*(1–2). http://tinyurl.com/rxtcazp2
- Nielson, G. M. (Ed.). (1989). Special Issue on Visualization in Scientific Computing, *Computer, 22*(8),10-101.
- Nielson, G. M., Shriver, B., & Rosenblum, L.J. (Eds.). (1990). *Visualization in Scientific Computing*. IEEE Computer Society Press.
- North, C. (n.d.). *A taxonomy of information visualization user-interfaces*. University of Maryland, Department of Computer Science. http://www.cs.umd.edu/~north/infoviz.html
- Oleg, S., Litomisky, K., Davidoff, S., & Dekens, F. (2013). Introduction to Information Visualization (InfoVis) techniques for Model-Based Systems Engineering. *Procedia Computer Science, 16*, 49-58. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.006
- OLIVE. (1997). *On-line Library of Information Visualization Environments*. University of Maryland. http://lte-projects.umd.edu/Olive/Frames/Contents.html
- Ostergren, M., Hemsley, J., Belarde-Lewis, M., & Walker, S. (2011). A vision for information visualization in information science. *ACM International Conference Proceeding Series (pp.*531-537). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/1940761.1940834
- Oxford University Press. (n.d.a). Visualization. In *Oxford English Dictionary*. Retrieved December 25, 2016, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/visualization
- Oxford University Press. (n.d.b). Visualize. In *Oxford English Dictionary*. Retrieved January 1, 2017, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/visualize
- Oxford University Press. (n.d.c). Information. In *Oxford English Dictionary*. Retrieved April 27, 2017, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/information
- Oxford University Press. (n.d.d). Information age. In *Oxford English Dictionary*. Retrieved April 28, 2017, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/information_age
- Oxford University Press. (n.d.e). Information architecture. In *Oxford English Dictionary*. Retrieved April 28, 2017, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/information_architecture
- Oxford University Press. (n.d.f). Information gap. In *Oxford English Dictionary*. Retrieved April 28, 2017, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/information_gap
- Oxford University Press. (n.d.g). Data visualization. In *Oxford English Dictionary*. Retrieved June 22, 2018, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/data_visualization
- Patterson, R. E., Blaha, L. M., Grinstein, G. G., Liggett, K. K., Kaveney, D. E., Sheldon, K. C., Havig, P. R., & Moore, J. A. (2014). A human cognition framework for information visualization. *Computers & Graphics, 42*, 42-58. https://doi.org/10.1016/j.cag.2014.03.002
- Phetteplace, E. (Ed.) (2012). Effectively visualizing Library data. *Reference & User Services Quarterly, 52*(2), 93-97. http://dx.doi.org/10.5860/rusq.52n2.93
- Priceonomics. (2016, January 6). *How William Cleveland Turned Data Visualization Into a Science*. Priceonomics. https://priceonomics.com/how-william-cleveland-turned-data-visualization/
- Proceedings of Visualization 1995 Conference. (1995). In *Proceedings of Visualization 1995 Conference* (pp. I-VI). IEEE. https://doi.org/10.1109/INFVIS.1995.528679
- QlikTech. (n.d.). *About Qlik*. QlikTech. https://www.qlik.com/us/company

- Reitz, J. M. (n.d.). Data visualization. In *Online Dictionary for Library and Information Science (ODLIS)*. Retrieved June 22, 2018, from https://www.abc-clio.com/ODLIS/odlis_d.aspx
- Robertson, G. G., Card, S. K., & Mackinlay, J. D. (1989). The cognitive coprocessor architecture for interactive user interfaces. In *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on User Interface Software and Technology'89*, (UIST '89) (pp. 10-18). Association for Computing Machinery press.
- Rohrer, R. M., & Swing, E. (1997). Web-Based Information Visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications, 17*(4), 52-59. https://doi.org/10.1109/38.595269
- Rosenblum, L. J. (1994). Research Issues in Scientific Visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications, 14*(2), 61-85, https://doi.org/10.1109/38.267472
- Rouse, M. (n.d.). Data Visualization Software. In *Techopedia*. Retrieved November 2, 2023, from https://www.techopedia.com/definition/30181/data-visualization-software
- Shneiderman, B. (1996). The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations. In *Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages* (pp.336-343). IEEE. https://doi.org/10.1109/VL.1996.545307
- Shneiderman, B. (2004). Foreword. In C. Chen. *Information Visualization: Beyond the Horizon* (pp. vii - ix). Springer-Verlag.
- Slamaa, A. A. R. E. (2013). *Information visualization for information retrieval based on fast search technique* (Unpublished Master dissertation). Mansoura University, Dakahlia.
- Snyder, J. (2014). Visual representation of information as communicative practice. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 65*(11), 2233-2247. https://doi.org/10.1002/asi.23103
- Soukup, T., & Davidson, I. (2002). *Visual Data Mining: Techniques and Tools for Data Visualization and Mining*. Wiley Publishing Inc.
- Spence, R. (2001). *Information visualization*. ACM Press/Addison Wesley.
- Spence, R. (2014). *Information Visualization: An Introduction*. Springer International Publishing Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07341-5
- Spence, R., Apperley, M. (1982). Database navigation: an office environment for the professional. *Behaviour and Information Technology, 1*(1), 43-54.
- Tableau Software. (n.d.). *A mission that matters*. Tableau Software https://www.tableau.com/about/mission
- Tate, C. C. (2008). *Using visualization tools to mitigate information overload on the internet* (Publication No. 275865203) [Master's thesis, Georgetown University]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Tegarden, D. P. (1999). Business Information Visualization. *Communications of AIS, 1*. http://www.umsl.edu/~sauterv/DSS4BI/links/Tegarden.pdf
- Tergan, S., Keller, T., & Burkhard, R. A. (2006). Integrating knowledge and information: digital concept maps as a bridging technology, *Information Visualization, 5*, 167-174. http://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500132
- Thomas, J. J., & Cook, K. A. (Eds.). (2005). *Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics*. IEEE Computer Society Press. https://ils.unc.edu/courses/2017_fall/inls641_001/books/RD_Agenda_VisualAnalytics.pdf
- Tufte, E. R. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice* (pp. 285–320). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13
- Varian, H. (2009, January 1). *Hal Varian on How the Web Challenges Managers*. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/hal-varian-on-how-the-web-challenges-managers
- Ward, M., Grinstein, G., & Keim, D. (2010). *Interactive data visualization: Foundations, techniques, and applications* (1st ed.). A. K. Peters, Ltd.
- Ward, M., Grinstein, G., & Keim, D. (2015). *Interactive data visualization: Foundations, techniques, and applications* (2nd ed.). A K Peters/CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Ware, C. (2000). *Information visualization: perception for design*. Morgan Kaufman.
- Ware, C. (2001). The Visual Representation of Information Structures. In J. Marks (Ed.), *Graph Drawing: 8th International Symposium, GD 2000 Colonial Williamsburg, VA, USA, September 20–23, 2000 Proceedings* (pp. 1-4). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-44541-2_1
- Ware, C. (2004). *Information visualization: perception for design*. Elsevier.

- Womack, R. (2014). Data Visualization and Information Literacy. *IASSIST Quarterly, 38*(1). 12-17. https://iassistquarterly.com/public/pdfs/iqvol381_womack.pdf
- Wong, B. (2011). Visual representation of scientific information. *Science Signaling, 4*(160), pt1. https://doi.org/10.1126/scisignal.2001842
- Yang, C. C., Chen, H., & Hong, K. (2003). Visualization of large category map for Internet browsing. *Decision Support Systems, 35*(1), 89–102. https://doi.org/10.1016/S0167-9236(02)00101-X
- Zaphiris, P., Gill, K., Ma, T. H., Wilson, S., & Petrie, H. (2004). Exploring the use of information visualization for digital libraries. *The New Review of Information Networking, 10*(1), 51 – 69. https://doi.org/10.1080/1361457042000304136 .
- Zhao, D., & Strotmann, A. (2015). *Analysis and Visualization of Citation Networks*. Morgan & Claypool Publishers.
- Ziemkiewicz, C. (2010). *Understanding the structure of information visualization through visual metaphors* (No.3404886) [Doctoral dissertation, The University of North Carolina at Charlotte]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Žumer M. & Merčun, T. (2014). Using information visualization in libraries: why, when, and how. In *Libraries in the digital age (LIDA): Proceedings. Assessing libraries and library users and use [Elektronski vir]: Zadar, Croatia, [16-20.6.] 2014*. University of Zadar. http://ozk.unizd.hr/proceedings/index.php/lida/article/view/154

[i]- **تأثير تفوق الصوري (Picture Superiority Effect):** يشير إلى المفاهيم التي يتم تعلمها من خلال عرض الصور يتم تذكرها بشكل أكثر سهولة وكثيرا ما يتم تذكرها عن المفاهيم التي يتم تعلمها من خلال قراءة نظيرتها في شكل كلمات مكتوبة (Kurm, 2015).

[ii]- أفاد البحث في قاموس أوكسفورد (Oxford) أن أصل مصطلح "فجوة المعلومات" (Information gap) يرجع إلى أواخر القرن التاسع عشر، وأصل كل من: مصطلح "هندسة المعلومات" (Information architecture) ومصطلح "عصر المعلومات" (Information age) يرجع إلى الستينيات من القرن العشرين (Oxford University Press, n.d.e, n.d.d, n.d.f).

[iii]- تم البحث بكل من معاجم المصطلحات الآتية؛ قاموس (Dictionary of Information Technology)، وقاموس (Elias Dictionary of Computing and the Internet)، وقاموس (The Al-Kilani Dictionary of Computer & Internet Terminology).

[iv]- تم البحث بكل من معاجم المصطلحات الآتية؛ معجم مصطلحات جمعية المكتبات الأمريكية (ALA Glossary of Library and Information Science)، ومعجم مصطلحات (Harrod's Librarian's Glossary)، وقاموس علوم المكتبات والمعلومات على الإنترنت ((Online Dictionary for Library and Information Science (ODLIS).

[v]- لم يُشر Spence (2014) مرجعيًا إلى القاموس الذي اعتمد عليه في نقل هذا التعريف ولم يوثقه.

[vi]- قد يبدو أن هناك خطأ في الترتيب الزمني للمصدرين Dix (2013)، وSpence (2014)، مما يستوجب التوضيح بأن كتاب (Information Visualization: An Introduction) لـ(Robert Spence) صدر منه ثلاث طبعات الأولى صدرت في عام 2001، أما الثانية التي أشارت إليها Dix (2013) في دراستها صدرت في عام 2007، والتي لم يتسنى الوصول إليها، بينما صدرت الطبعة الثالثة التي اعتمدت عليها الدراسة في عام 2014، وفي ضوء ذلك جاء الترتيب الزمني للمصدرين على النحو الموضح أعلاه.

[vii]- على سبيل المثال؛ انظر (Engelbrecht et al., 2015)

[viii]- على سبيل المثال؛ انظر (Ware, 2001; Snyder, 2014)

[ix]- على سبيل المثال؛ انظر (Wong, 2011)

[x]- أظهر البحث في قاعدة بيانات (Web of science) أن إجمالي عدد التسجيلات المخزنة بها عن مصطلح (Information Visualization) (4993) تسجيلة بينما بلغ عدد التسجيلات التي استرجعتها عن مصطلح (Data Visualization) (12703) تسجيلة، ومن جهة أخرى، كشف البحث في قاعدة بيانات (Scopus) أن إجمالي عدد التسجيلات المخزنة بها عن مصطلح (Information Visualization) (8003) تسجيلة بينما بلغ عدد التسجيلات التي استرجعتها عن مصطلح (Data Visualization) (52972) تسجيلة وذلك حتى نهاية يناير 2024م، بما يوضح أنه على الرغم من أن مصطلح (Information Visualization) هو المصطلح الذي استخدم عند صك أول تعريف لها المجال فإن، مصطلح (Data Visualization) أصبح بمرور الوقت الأكثر شيوعًا واستخدامًا في الإنتاج الفكري الأجنبي للدلالة عليه وإن كانت هذه القضية تحتاج إلى إعداد بحث منفصل لمزيد من التدقيق والمراجعة والبحث في الأسباب التي تكمن وراء ذلك.

[xi]- حيث إن التمثيلات المرئية (التفاعلية) للبيانات المُجرَّدة الناتجة قد تكون رقمية أو غير رقمية.

[xii]- لمزيد من المعلومات حول نشأة التمثيل المرئي للمعلومات وتطوره عبر القرون المختلفة بدء من البذور الأولى التي ترجع إلى ما قبل القرن السابع الميلادي إلى العصر الحديث **انظر** التمثيل المرئي للمعلومات: رؤية تاريخية (دراسة قيد النشر). إعداد شيماء إسماعيل عباس إسماعيل.

[xiii]- انظر (Nielson, 1989) للاطلاع على بيانات العدد.

[xiv]- انظر (Nielson et al., 1990) للاطلاع على بيانات الكتاب.

[xv]- أوضح كل من Robertson et al. (1989) أنه تزداد درجة التفاعل (وتعقيده) بسرعة عندما تبدأ واجهات المستخدم في التعامل مع تعدد الوكلاء المتفاعلين (مشكلة الوكيل المتعدد (The Multiple Agent Problem)).

[xvi]- أشار كل من Robertson et al. (1989) إلى أن هناك اتجاه نحو زيادة استخدام الرسوم المتحركة التفاعلية في واجهات المستخدم لأنها يمكن أن تُقلل من الحمل المعرفي على المستخدم (مشكلة الرسوم المتحركة (the Animation Problem)).

[xvii]- أوضح كل من Card et al., (1991) في ورقة عمل قدمت بهدف اقتراح مفهومًا جديدًا لواجهة مستخدم لأنظمة استرجاع المعلومات تُسمى (An information workspace) يتجاوز المفهوم المعتاد لنظام استرجاع المعلومات ليشمل هيكل تكلفة المعلومات من التخزين الثانوي إلى الاستخدام الفوري- أن نظام المعلومات المرئي (Information Visualizer system) عبارة عن نظام تجريبي يعتمد على: 1- استخدام الفضاءات ثلاثية الأبعاد في زيادة سعة التخزين الفورية المتاحة للمستخدم، 2- واجهة المستخدم المبنية على بنية المعالجة المعرفية (Cognitive Coprocessor Architecture) لربط المستخدم بعملاء المعلومات، 3- استخدام التمثيلات المرئية للمعلومات للتفاعل مع بنية المعلومات وهيكلتها.

[xviii]- لمزيد من المعلومات؛ انظر (Furnas, 1981).

[xix]- لمزيد من المعلومات؛ انظر (Spence & Apperley, 1982).

[xx]- لمزيد من المعلومات؛ انظر(Farrand, 1973).

[xxi]- انظر (Battista et al., 1999).

[xxii]- انظر (Card et al., 1999).

[xxiii]- انظر (Ware, 2000).

[xxiv]- انظر (Spence, 2001).

[xxv]- اهتمت دراسة كل من Larkin and Simon (1987) على وجه التحديد مقارنة الجهد الذي كان يجب إنفاقه للقيام بالبحث والإدراك والاستدلال مع الرسوم البيانية أو دونها وكان استنتاجها هو أن الرسوم البيانية ساعدت في ثلاثة طرق أساسية:

- يمكن للمخططات الرسومية تجميع كل المعلومات التي يتم استخدامها مع بعضها البعض، ومن ثم تجنب كميات كبيرة من البحث عن العناصر اللازمة لعمل استنتاج لحل المشاكل.
- تستخدم المخططات الرسومية عادةً الموقع لتجميع المعلومات حول عنصر واحد، وتجنب الحاجة إلى مطابقة التسميات الرمزية مما يؤدي إلى تقليل البحث وعمل الذاكرة.
- تدعم المخططات الرسومية أو التمثيلات المرئية تلقائيًا عددًا كبيرًا من الاستدلالات الحسية التي تكون سهلة للغاية بالنسبة للبشر (Larkin & Simon, 1987). على سبيل المثال؛ فإنه باستخدام المخططات الرسومية يمكن التعرف على العناصر الهندسية مثل الزوايا الداخلية البديلة على الفور وبشكل واضح، وهناك طريقتان من هذه الطرق تعمل بشكل أساسي على تحسين وظيفة خاصية تكلفة المعرفة لإتاحة الوصول إلى المعلومات، بينما تقلل الثالثة من تكاليف عمليات معينة، والمفتاح الأساس لفهم فعالية التمثيل المرئي للمعلومات هو فهم ما يفعله بهيكل تكلفة المهمة [الجهد الذي كان يجب إنفاقه لإداء المهمة]، واعتمادًا على المهمة، قد يجعل التمثيل المرئي للمعلومات المهمة الأفضل أو قد يجعلها المهمة الأسوأ (Card et al., 1999).

ومزايا المخططات الرسومية البيانية هي أنها حاسوبية، ومن ثم يمكن أن تكون هذه المخططات أفضل تمثيلات مرئية ليس لأنها تحتوي على معلومات أكثر، ولكن لأن فهرسة أو تكشيف هذه المعلومات يمكن أن يدعم عمليات حاسوبية مفيدة للغاية وفعالة، وهذا يعني أن المخططات الرسومية البيانية مفيدة فقط لأولئك الذين يعرفون العمليات الحاسوبية المناسبة للاستفادة منها، علاوة على ذلك، فإنه غالبًا ما يحتاج مُحللي المشاكل إلى معرفة كيفية بناء مخطط "جيد" يتيح له الاستفادة من المزايا التي نوقشت (Larkin & Simon, 1987).

[xxvi]- تجدر الإشارة أنه لا يوجد خطأ في الترتيب الزمني للمصدرين (Grinstein & Ward, 2002)، و(Tegarden, 1999)؛ إذ إن دراسة Tegarden (1999) اعتمدت على دراسة Grinstein and Ward (1997) التي أشارت إلى أن بياناتها الببليوجرافية كما يأتي:

Grinstein, G., & Ward, M. (1997). Introduction to data visualization. *IEEE Visualization Tutorial* والتي لم يتسنى الوصول إليها، بينما أمكن التوصل إلى تلك التي صدرت في كتاب (*Information visualization in data mining and knowledge discovery*) في عام 2002، وفي ضوء ذلك جاء الترتيب الزمني للمصدرين على النحو الموضح أعلاه.

[xxvii]- **نظام (The FilmFinder):** نظام للبحث عن الأفلام يستخدم تكنولوجيات التمثيل المرئي للمعلومات في العثور على الأفلام، وقد نُظم بطريقة تختلف عن أنظمة البحث عن الأفلام التقليدية؛ إذ إنه لم يتم تنظيمه للبحث باستخدام الكلمات الدالة الرئيسة ولكن للتصفح السريع والتفاعل مع مجموعات الأفلام المحتواة في قاعدة البيانات (Card, 2008).

[xxviii]- **(A data model):** هو آلية لتصنيف البيانات، ومن ثم توفير طريقة لتخطيط أو رسم البيانات إلى عمليات (تمثيل مرئي)، علاوة على ذلك فإنه يُحدد ويُنظم مجموعة من كائنات البيانات، والبيانات التي عادة ما تكون مُعقَّدة؛ على سبيل المثال: تحتوي كل مجموعة من البيانات العلمية على الكثير من المتغيرات المستقلة مثل المتغيرات الزمنية، والمكانية أو الطيفية، وغيرها الكثير من المتغيرات أو المتغيرات التابعة، ويجب أن يوفر نموذج البيانات بنية وظيفية مع كل التنظيمات المادية الفيزيائية والمنطقية ومخططًا متعلق بها (Bergeron et al., 1993).

[xxix]- أُعيد رسم الشكل نظرًا لعدم وضوحه في المصدر الأصلي.

[xxx]- هذا الرسم مأخوذ من النموذج المرجعي للتمثيل المرئي للمعلومات الذي قُدم من جانب (Card et al., 1999)، وقد أجرى عليه بعض التعديلات.

[xxxi]- أظهر كل من (Haan & Watts, 2023) وفقا للبحث الذي أجري لتحديد أفضل الأدوات والأنظمة البرمجية للتمثيل المرئي للمعلومات خلال عام 2023م أنها تشمل سبعة برامج وأدوات وهي؛ (Microsoft Power BI، وTableau، وQlik Sense، وKlipfolio، وLooker، وZoho Analytics، وDomo) على التوالي.