النماذج الرياضية وتوظيفها في إدارة المعرفة : مراجعة علمية

أروى محمد الأمين الشنقيطي

جامعة الملك عبد العزيز

المستخلص

النمذجة الرياضية من التخصصات العلمية والتي تلعب دورًا مهمًا في جميع مجالات الحياة، إذ تعتمد على تطبيق تقنيات الرياضيات لدراسة ظواهر في الواقع الحقيقي. وذلك بالتعبير عن الظاهرة محل الدراسة بمتغيرات وعلاقات رياضية. قدمت هذه الدراسة مراجعة علمية للنماذج الرياضية، وتوظيفها في إدارة المعرفة. باستخدام المنهج الوصفي لبيان النماذج الرياضية وتعريفاتها وتصنيفاتها، ثم التطرق إلى خطوات ومراحل بناء النموذج الرياضي. إضافة إلى المنهج الوثائقي وذلك لحصر النتاج الفكري في توظيف النماذج الرياضية في إدارة المعرفة بالبحث في المصادر الأولية للأدبيات والدراسات. كما قدمت الدراسة عرض لمفاهيم وأنواع وتصنيفات النماذج الرياضية، ثم قدمت عرض للدراسات التي تناولت توظيفها في إدارة المعرفة. وتوصلت الباحثة إلى أن النموذج الرياضي يحقق جميع متطلبات الخريطة المعرفية، وهو ماتناولته إحدى الدراسات التي تم عرضها . إضافة إلى الدور الذي تقدمه تقنيات النمذجة الرياضية لتمثيل وإدارة المعرفة البشرية الغامضة، حيث تعد المعرفة الضمنية من القضايا البحثية الهامة في إدارة المعرفة.

الكلمات المفتاحية: النموذج الرياضي، المتغيرات، النظام، إدارة المعرفة.

Abstarct

Mathematical modeling is a scientific discipline that plays an essential role in all areas of life. It depends on applying mathematics techniques to study phenomena in real life by expressing the phenomenon under study with variables and mathematical relationships. In this study, the researcher will present a scientific review of mathematical models and their use in knowledge management. Using the descriptive approach to explain the mathematical models, their definitions, and classifications, then touching on the steps and stages of building the mathematical model. In addition to the documentary approach, to limit the uses of the mathematical models in knowledge management, research the primary sources of literature and studies. The study presented the concepts, types, and classifications of mathematical models and then presented the studies that dealt with their employment in knowledge management. The researcher concluded that the mathematical model fulfills all the requirements of the cognitive map. Additionally, it proved the role played by mathematical modeling techniques for representing and managing ambiguous human knowledge, where tacit knowledge is one of the critical research issues in knowledge management.

المقدمة:

من أدوات البحث العلمي الحاسمة " النمذجة الرياضية"، التي يتم استخدامها في الحالات التي تتضمن عدم التأكد، أو في حالات المشاكل والنظم المعقدة. (حبيب،2014). وحيث أن دراسة التفاعلات والعلاقات المعقدة في المشكلة محل الدراسة تحتاج إلى تبسيط، والذي يعني تحويلها إلى نماذج بسيطة شاملة لجميع المتغيرات، ومحددة للعلاقات بينها. هو ما تقدمه النماذج الرياضية إذ تساهم في التنبؤ بشكل دقيق بالنتائج والآثار المستقبلية للنظام محل الدراسة، مع الأخذ في الاعتبار العوامل المجتمعية والسياسية والاقتصادية والاجتماعية المتغيرة، وذلك بتوظيف قيم المتغيرات المعلومة لتحديد قيم المتغيرات التابعة قيد البحث. (جمعة،2014). علمًا أن ما يحدد ماهية النموذج المطلوب، والآلية المترتبة على التعامل مع المشكلة محل الدراسة، هو الواقع العملي. وذلك بمحاكاته لتوفير المعلومات للمشكلة الحقيقية التي يتم التعامل معها في الواقع، ومن ثم متابعة التسلسل المنطقي في بناء النموذج للوصول إلى النتائج الدقيقة. (سلمان،2009). ومع زيادة حجم النشاط الذي تقوم به المنظمات الإدارية باختلافها، والذي ترتب عليه زيادة تعقيد الإجراءات الإدارية، وإدراك المنظمات لمدى أهمية توظيف النماذج الرياضية في المشكلات الإدارية (بولوداني، 2019). زاد تناول الدراسات لتوظيفها في الحلول واتخاذ القرارات.

وعليه؛ يتم في هذه الدراسة دراسة مفهوم النماذج الرياضية، وخصائصها وتصنيفاتها، إضافة إلى مراحل بناء النموذج الرياضي. وأخيرًا سيتم عرض بعض النماذج الرياضية التي توصلت الباحثة إلى توظيفها في إدارة المعرفة في دراسات سابقة.

أهداف الدراسة:

تستهدف الدراسة تقديم مراجعة علمية للنماذج الرياضية وتوظيفها في إدارة المعرفة، من خلال تحقيق الأهداف التالية:

أولاً: تسليط الضوء على مفهوم النماذج الرياضية، وخصائصها وأهدافها.

ثانيًا: عرض التصنيفات والتقسيمات لأنواع النماذج الرياضية.

ثالثًا: تسليط الضوء على طرق بناء النموذج الرياضي، وكيف يمكن التعامل معه في الواقع الإداري.

رابعًا: عرض مبسط للدراسات التي تناولت توظيف النماذج الرياضية في إدارة المعرفة.

مشكلة الدراسة :

تواجه المنظمات تغييرات تنظيمية وإدارية متسارعة، دفعت تبعاتها المدراء وصناع القرار إلى المعطيات الإدارية الحديثة، والتي تتجه إلى التفسيرات الكمية والمحوسبة للكثير من المشكلات الإدارية التي نواجهها في الواقع العملي. ومع نمو وتطور أساليب بحوث العمليات والتي تعد المنهج الكمي لدراسة إدارة الأعمال، زاد تطبيقه في حل المشكلات الإدارية التي تواجهها المنظمات. ومن هذه الأساليب " النماذج الرياضية"، والتي تعد المدخل الكمي بالأرقام والمعادلات كأساس لمعالجة هذه المشكلات الإدارية (العبيدي، 2004).

ومن هنا تمثلت مشكلة الدراسة في الإجابة على الأسئلة التالية :

أولاً: ماهي النماذج الرياضية ، وتصنيفاتها، واستخداماتها في المجال الإداري؟

ثانيًا: ماهي خطوات ومراحل بناء النموذج الرياضي ؟

ثالثًا: ما النماذج الرياضية التي تم توظيفها في إدارة المعرفة؟

منهجية الدراسة:

بناءً على التوجه البحثي للدراسة فقد اعتمدت الباحثة على المنهج الوصفي ، وهو من المناهج البحثية واسعة الاستخدام بهدف تفسير الظاهرة محل الدراسة ووصفها وصف دقيق من خلال التعبير الكمي أو الكيفي (أبو سمرة وطبطي، 2019). وذلك لبيان النماذج الرياضية وتعريفاتها وتصنيفاتها، ثم التطرق إلى خطوات ومراحل بناء النموذج الرياضي. إضافة إلى المنهج الوثائقي، وهو المنهج الذي يعتمد على الجمع الدقيق المتأني للنتاج الفكري في الظاهرة محل الدراسة وتحليلها (العساف، 2012). وذلك لحصر النتاج الفكري الذي توصلت إليه الباحثة في توظيف النماذج الرياضية في إدارة المعرفة بالبحث في المصادر الأولية للأدبيات والدراسات، من العام (2000) حتى العام (2020).

مفهوم النماذج الرياضية:

هناك بعض المفاهيم الأساسية ذات العلاقة بالنموذج الرياضي ، والتي يحتم علينا المقام عرضها بمنهجية علمية تفي بأغراض ومتطلبات الدراسة ، وهي :

1- **النموذج : هو صورة مصغرة للواقع، بهدف توضيح العلاقات بين مظاهر هذا الواقع، بدرجة أقل تعقيدًا من الواقع لكن بصورة قريبه منه. (محمد،1987)**

2- **النمذجه: تطوير نموذج للنظام ، مبني على خطوة تحليل النظام.** (Velten, 2009)،

3- **النظام: هو جزء من الواقع يتعلق بالمشكلة قيد الدراسة، يظهر في مجموعة من الأشياء والعلاقات بينها، نرغب في دراسة وتحليل خصائصها.** (Velten, 2009)، **وهو تفاعل الأجزاء والكيانات مع بعضها البعض، ومع البيئة من حولها لتحقيق هدف أو غاية معينة**(جمعة،2014). **وتتميز الأنظمة بأنه يمكن تحديد حدودها وخصائصها وتفاعلها مع البيئة المحيطة بما يحقق أهداف مصمم النظام** (Ziedan, 2017)، **والنظام الإداري هو عبارة عن أجزاء عديدة من العناصر والوحدات تتفاعل مع بعضها البعض بتوظيف الموارد االبشرية والمادية ، لتحقيق أهداف ومصالح المنظمة.**

4- **بيئة النظام : المؤثرات المحيطة بالنظام والتي تؤثر عليه، والتي من المهم التمييز بينها وبين حدود النظام.**

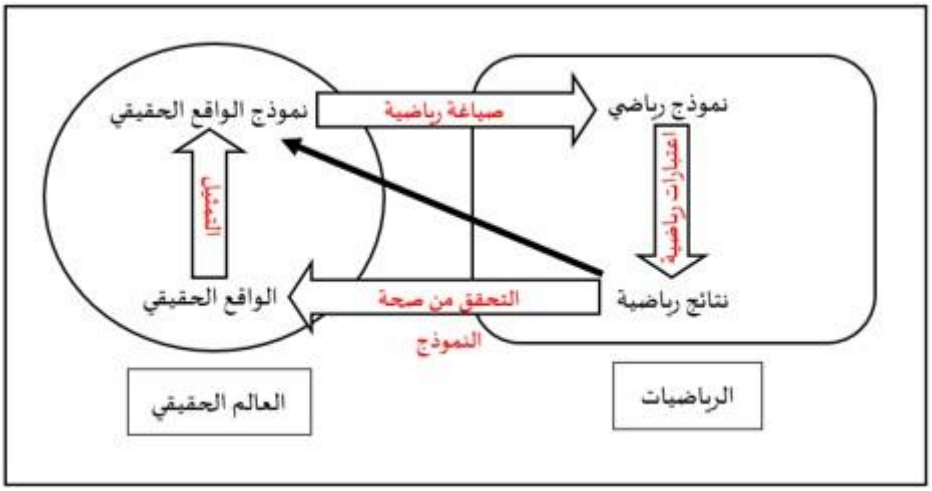
5- **المتغيرات (المعلمات) : عناصر متغيرة، وقد تكون ثابتة خلال فترة النمذجة، تمثل كل شيء في النظام.**

6- **المتغيرات المستقلة (المدخلات): هي المتغيرات التي تقع على يمين علامة (=) في المعادلة الرياضية، وهي المتغيرات التي يتم استخدامها للتنبؤ بالمتغيرات التابعة،** (جمعة،2014)، **ويتم إنشاؤها بواسطة البيئة المحيطة ، وتؤثر على سلوك النظام.** (Ziedan, 2017)،

7- **المتغيرات التابعة (المخرجات): هي المتغيرات التي يتم التبؤ بها، وتقع على يسار علامة (=) في المعادلة الرياضية** (جمعة،2014)، **ويتم إنشاؤها بواسطة البيئة المحيطة وتؤثر على سلوك النظام.** (Ziedan, 2017)،

كما قضى التنويه إلى وجوب التمييز بين المصطلحين النمذجة الرياضية (Mathematical Modeling) **والنموذج الرياضي** (Mathematical Model)، **فالنمذجة الرياضية هي منهجية علمية تتضمن عملية ديناميكية تسمح بالتحليل ودراسة الواقع، وتحويل المواقف أو الظواهر أو بيانات الواقع إلى تعبيرات رياضية، بهدف استكشاف وحل مواقف معينة أو مشاكل يومية من خلال الرياضيات.** (Diogo, 2018) **أي هي معالجة المشكلات الواقعية في الحياة أو في أي مجال آخر، بتطبيق الرياضيات. وتحويل تلك المشكلة الواقعية إلى مسألة رياضية بهدف الوصول إلى حل للمشكلة التي يتم معالجتها. أما النموذج الرياضي فبناءه من المهارات الأساسية في عملية النمذجة**

الرياضية، فهو التعبير الرياضي عن المشكلة الواقعية، وقد يكون معادلة أو متباينة أو مصفوفة أو شكل هندسي أو رسم بياني .(توبة،2014).



شكل(1): تصور لعملية النمذجة الرياضية بتصرف من الباحثة (kaiser, 2020).

وبعد أن تم عرض المفاهيم ذات العلاقة، سيتم التطرق إلى مفهوم النموذج الرياضي ، كالآتي :

عرف (محمد،1987) النموذج الرياضي بأنه نظام رموز رياضية ، يتم الاستعاضة بها عن العناصر والمتغيرات في النظام الحقيقي. بينما عرف (جمعة،2014) النموذج الرياضي بأنه فكرة مجردة عن النظام تقوم بوصف النظام الحقيقي، وذلك بتمثيل المتغيرات الداخلية والخارجية له، والعلاقات السببية بينها. حيث تقوم هذه الفكرة بدراسة جميع العناصر عن طريق تجريد الواقع ومحاكاة الملامح الرئيسية للنظام ودراستها في صورة معادلات رياضية . وأضاف جمعة أنه يمكن تعريفه: بأنه تمثيل لآلية عمل النظام، وذلك عن طريق مجموعة من العلاقات والدوال الرياضية،بدلالة متغيرات كمية مستقلة وتابعة، في شكل معادلة أو مجموعة من المعادلات الرياضية. أما (توبة،2014) فترى أن النموذج الرياضي هو وصف سلوك نظام ما باستعمال اللغة الرياضية ، وبناء نموذج مجرد عبارة عن علاقات رياضية تتضمن جميع متغيرات المشكلة. في حين يرى (الجراح، 2000) أن النموذج الرياضي هو استخدام العلاقات والمفاهيم الرياضية لوصف مشكلة ما تتضمن متغيرات ومدخلات وعلاقات سببية بينها، والتعبير عنها في صورة علاقات رياضية، وكل رمز رياضي هو أحد متغيرات هذه المشكلة. ويصف

(إبراهيم،1997) النموذج الرياضي بأنه علاقة رياضية تتمثل في صورة معادلة أو متباينة أو رسم بياني لموقف واقعي والبيئة المرتبطة به. أما (تسامدة وقارح، 2020) يعتبرون النماذج الرياضية من أدوات التقييم التي تساهم في اتخاذ القرارات وحلول المشكلات، ومن أدوات التخطيط الاستراتيجي التي تساهم في وضع الأهداف طويلة الأجل عبر دراسة التوقعات ووضع مختلف السيناريوهات والاحتمالات. في حين عرف (باشيوة، 2006) النماذج الرياضية نظريًا وإجرائيًا، نظريًا: بأنه صياغة العالم الواقعي بمعادلة رياضية تتضمن رموز ودوال تصاغ من خلالها كل المعطيات من المدخلات حتى المخرجات. وإجرائيًا هو:

$$F(X, Y, C) = \sum_{i=0}^{n} wif(X, C),$$

حيث: (X) المدخلات، و(Y) المخرجات، و ($C:c_1, c_2, c_3,.., c_n$) هي المؤثرات العاملية بين المدخلات والمخرجات، و(f) هي الدالة الرياضية.

بينما ذكر (عبدالكريم، 2012) أن النماذج الرياضية تعبر عن الوضع المعقد للظاهرة في الطبيعة بصورة مبسطة، وذلك باعتباره الأداة التي يستعملها الباحث لفهم وتفسير الظاهرة برسم مجموعة من الرموز أو المعادلات الرياضية بصورة مبسطة وواضحة للمشكلة التي وضع النموذج من أجلها. مع مراعاة هذان الجانبان عند اختيار النموذج الرياضي: أولهما: تحديد جميع المتغيرات التي تم تجريدها بوضوح، مع توضيح الفرضيات التي بنى عليها النموذج. ثانيهما: تحديد العلاقة بين المتغيرات لاشتقاق نتائج منطقيةمن فرضيات معطاة. فيما يرى (الحوت،1986) أن النموذج الرياضي هو أسلوب لفظي أو رياضي لوصف النظام الحقيقي بدلالة المتغيرات الداخلية والخارجية ، والعلاقات السببية بينها. وكلما كانت العلاقات كميه كان التحقق من النتائج أسهل. ويعرف (Velten, 2009)، النموذج الرياضي بأنه بناء رياضي تجريدي ومبسط مرتبط بجزء من الواقع ويتم إنشاؤه لغرض معين، يتكون من مجموعة ثلاثية يعبر عنها بـ(S، Q، M) حيث: S يرمز للنظام، و Q : يرمز للسؤال المتعلق بالنظام (S)، و M : يرمز لمجموعة من العبارات الرياضية M = ﴿1، 2، ....، ن﴾، والتي يمكن استخدامها للإجابة على السؤال (Q). حيث يعتبر النظام والسؤال المتعلق بالنظام أجزاء لا غنى عنها في النموذج الرياضي. أما (Diogo, 2018) فيرى أن النموذج الرياضي لأي ظاهرة حقيقية، هو أي

مخطط مبسط ومثالي ، يتكون من رموز وعمليات رياضية. وذلك بإضفاء الطابع الرسمي واستخدام الأدوات والأساليب المتنوعة في الرياضيات.

مما سبق، توصلت الدراسة إلى تعريف للنموذج الرياضي في المجال الإداري ، كالتالي: أنه تمثيل لنظام إداري حقيقي أو جزء منه، باستخدام الدوال والرموز الرياضية للتعبير عن متغيراته ومكوناته، والربط بينها بعلاقات منطقية ومنهجية ، وذلك بهدف الوصول إلى حلول للمشاكل الإدارية ، أو اتخاذ القرارات، أو تنبؤات ودراسات مستقبلية، أو وصف عام لسلوك النظام.

خصائص النماذج الرياضية وأهدافها : من أهم الخصائص التي تمتاز بها النماذج الرياضية، هي:

1- تعريف وتحليل المشكلة بأسلوب علمي، واختبار الحل الأمثل بالتجريب. (عبدالكريم،2012)
2- أثناء معالجة المشكلة الأساسية ، يمكن الكشف عن مشكلة جديدة قد تظهر. بمعنى أن عرض مانعرفه ، قد يظهر لنا ما لا نعرفه.
3- تساهم في تبسيط المشكلة محل الدراسة بصورة قريبة من الواقع.
4- صياغة النماذج الرياضية في مجموعة من العلاقات الرياضية. تعكس مكونات المشكلة .
5- إعادة استخدام النموذج الرياضي للتطبيق في مشكلات مماثلة. (بولوداني، 2019)

ومن أهم الأهداف التي تحققها النماذج الرياضية: التطوير العلمي، والتعبير الكمي للمعرفة الحالية للنظام، والتي تؤدي إلى فهم دقيق للنظام. إضافة إلى أن النماذج الرياضية تساهم في تحديد مدى أي تغييرات على النظام محل الدراسة. كما أنها تدعم صناعة القرارات (الاستراتيجية – التكتيكية). (Marion & Lawson, 2008)

مما سبق، يمكن تحديد أهداف النماذج الرياضية في المجال الإداري كالتالي:

1- الوصف: إذ أنه آداه لفهم النظام الإداري في صيغة مبسطة، حيث يصف النموذج الرياضي النظام الإداري الواقعي قيد الدراسة ، من حيث متغيراته وعلاقاتها ببعضها البعض. والذي يساعد الإدارة العليا على دراسة السلوك العام للنظام الإداري وتحديد أهم ملامحه وجوانبه.

2- التفسير: إذ يفسر النموذج الرياضي التغييرات التي تحدث في عناصر النظام الإداري، وأسبابها والمعوقات التي قد تواجهه بسهولة كبيرة. لأن المعادلات الرياضية تساعد على تفسير سلوك النظام وتوضح التفاعلات الداخلية بين متغيراته، والخارجية بينه وبين السياق المجتمعي المحيط به.

3- التنبؤ: يعد من أهم أهداف النماذج الرياضية، لأنه يساعد الباحث على فهم طبيعة النظام الإداري من حيث ماهيته، وكيف يعمل؟ ولماذا يتم بهذه الآلية؟ فيدرس سلوكه للتنبؤ بالمخرجات، كما يمكن التحكم بهذا السلوك لتحقيق مخرجات محددة.

4- التعبير الكمي: وذلك بتطوير المفهوم العلمي للمشكلات الإدارية من خلال التعبير الكمي عنها، إذ يمكن باستخدام النموذج الرياضي، دراسة العلاقات بين عناصر النظام وفهمها بصورة مجردة دون الاضطرار للتعامل مع واقع النظام.

5- صناعة القرارات الاستراتيجية: حيث أن القرارات التي تبنى على النماذج الرياضية تفسر الحقائق المختلفة وتعطي مؤشرات توجيهية هامة، كما تساعد على جعل نظرة الإدارة شاملة ومدركة لاختيار الاستراتيجيات البديلة. (جمعة،2014)

تصنيفات النماذج الرياضية وأنواعها:

اعتبر (Marion & Lawson,2008) أن تصنيف النماذج الرياضية يبنى على نوع النتيجة المتوقعة من النموذج، والنظر في مستوى الفهم الذي يقوم عليه النموذج. في حين صنفت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، النماذج الرياضية وفق أربع مواصفات، كالتالي: أولا": مواصفات موضوعية: وهي المواصفات التي تجيب على السؤال: بماذا يتعلق النموذج؟ ويتم النظر إليها من ثلاث ركائز، وهي : مجال الموضوع، ومستوى المجال، ونوعه. وثانيًا: مواصفات وظيفية: وهي المواصفات التي تجيب على السؤال: ماذا يفعل النموذج؟ ويتم النظر إليها من خلال ركيزتين أساسيتين، هما: الغرض العام من النموذج، ودور النموذج واستخداماته. ويمكن تقسيم النماذج داخل هذه المواصفات إلى أربعة أنواع، كالتالي: نماذج وصفية. و نماذج تنبؤية. ونماذج قرارية . وأخيرًا، نماذج المحاكاة. وثالثًا: مواصفات تحليلية: وهي المواصفات التي تجيب على السؤال: ما هو شكل النموذج؟ وتشمل جميع الآليات والاجراءات والتقنيات الخاصة ببنائه، ويتم التركيز على هذه المواصفات من خلال: المعنى الحقيقي والجوهري لمعادلات النموذج (سلوكي، تكنولوجي، قانوني، أو تعريفي). ومن الشكل الرياضي لمعادلات النموذج

(معادلة أو متباينة، معادلة احتمالية أو غير احتمالية، معادلة خطية أو غير خطية، دالة مستمرة أو متقطعة). وآخرها رابعًا: مواصفات مصدرية: وهي المواصفات التي تجيب على السؤال: من يبني النموذج؟

في حين صنفها (الحوت،1986)، إلى ثلاثة أنواع كالتالي: أولاً: نماذج تقريرية تستخدم في العلوم الطبيعية. ونماذج احتمالية، يغلب استخدامها في العلوم الاجتماعية لأهمية مبدأ عدم التأكد. وثانيًا: نماذج ديناميكية، ذات متغيرات لها فترات زمنية متعددة. ونماذج استاتيكية، ذات متغيرات في نفس الفترة الزمنية. وثالثًا: نماذج وصفية، تصف المؤثرات على النظام والاستجابة له. ونماذج تحليلية، تحلل السلوك داخل النظام.

كما استند الباحث (جمعة،2014)، إلى عدد من المعايير لتصنيف النماذج الرياضية، تمثلت على النحو التالي: المعيار الأول هو المشكلات أو القضايا الرئيسية التي يدرسها النموذج. أما المعيار الثاني فهو الأفق الزمني، بالتمييز بين النماذج قصيرة الأجل، والأخرى طويلة الأجل. حيث أن اختلاف الفترة الزمنية للتنبؤ يؤدي إلى اختلاف هيكل النموذج وخصائصه. والمعيار الثالث هو نطاق حدود تطبيق النموذج. ثم صنفها بشكل عام وفق ثمانية أسس، كالتالي:

أولاً: التصنيف الوظيفي للنماذج، وتنقسم بحسب وظيفة النموذج إلى :

أ. نماذج وصفية (Descriptive Models): هي نماذج لا تحتمل التنبؤ، تقدم وصف مجرد للحالة المعنية حيث تصف الظروف الماضية أو الحاضرة. ويسهم هذا النوع من النماذج في توفير إطار عام لاتخاذ القرارات الاستراتيجية.

ب. نماذج تنبؤية (Predictive Model): يستخدم هذا النوع من النماذج لإيجاد العلاقات بين متغيرات النظام (المستقلة – التابعة)، بمايسمح بالتنبؤ بنتائج القرارات، أو نتائج حالة معينة، ومدى قبول كل نتيجة متوقعة.

ت. نماذج معيارية(Normative Model): هذه النماذج يتم استخدامها لاختيار أفضل البدائل المتاحة.

ثانيًا: التصنيف النوعي (الهيكلي)، وتنقسم النماذج بحسب نوعها وهيكلها إلى:

أ. نماذج مجسمة (Iconic Models): هي تجريد مبسط للحقيقة، تشبه الأصل إلى حد كبير من حيث المظهر، كما أنها صورة مادية للشيء المراد التعبير عنه.

ب. نماذج مناظرة (Analog Models): هو التعبير عن خصائص نظام، باستخدام خصائص نظام معين آخر. ومن أمثلة هذه النماذج: الرسوم أو الأشكال البيانية، وخرائط التدفق ، وخرائط التحليل الشبكي.

ت. نماذج رمزية(Symbolic Models): هي النماذج التي يستخدم بها الرموز للتعبير عن الجوانب المختلفة للنظام الحقيقي. ومن أمثلة هذه النماذج: البرمجة الخطية، وأسلوب المحاكاة.

ثالثًا: تصنيف النماذج حسب أبعادها: ويقصد بالأبعاد هنا، عدد ونوع المتغيرات المستخدمة في بناء النموذج، وتنقسم حسب أبعادها إلى:

أ. نماذج ذات بعدين(Two Dimensional Models): مثل الخرائط والصور الفوتوغرافية.

ب. نماذج متعددة الأبعاد(Multidimensional Models): هذه النماذج تستخدم في التعرف على الخصائص المادية للشيء، وتتضمن أكثر من بعدين . ومن أمثلة هذه النماذج: نماذج المباني والطائرات والمجسمات بصفة عامة.

رابعًا: التصنيف الزمني: وتنقسم النماذج هنا حسب علاقتها بالزمن إلى:

أ. نماذج ساكنة (Static Models): نماذج تتجاهل عنصر الزمن في العلاقات والمتغيرات. ومن أمثلة هذه النماذج: نظرية خطوط الانتظار، والتحليل الحدي، وتحليل التعادل، والخرائط التنظيمية.

ب. نماذج متحركة (Dynamic Models): هي النماذج التي يكون فيها عامل الزمن مؤثر في العلاقات والمتغيرات. وتعد على درجة عالية من الفعالية في تناول المشكلات المرتبطة فيها المدخلات والمخرجات بعامل الزمن. ومن أمثلة هذه النماذج: نماذج التنبؤ، ونماذج البرمجة الديناميكية، ونماذج النمو .

خامسًا: تصنيف النماذج حسب درجة التأكد: وتنقسم حسب درجة التأكد التي تعبر عنها إلى:

أ. نماذج تأكد(Certainty Models): تبنى مثل هذه النماذج في ظروف تتوفر بها جميع المعلومات المطلوبة(محمد ، 1987) . حيث أن أي احتمال لحدوث حالة معينة هو احتمال مؤكد يساوي الواحد الصحيح. ومن أمثلة هذه النماذج: نماذج التحليل الحدي، ونماذج شجرة القرارات التي تستخدم في الحالات التي تكون فيها حالات

الطبيعة وحالات حدوثها معروفة لمتخذ القرار وهو يقوم باختيار البديل الذي يحقق أفضل قيمة متوقعة .

ب. **نماذج عدم التأكد**(Uncertainty Models)**: تبنى مثل هذه النماذج في ظروف لا تتوفر بها المعلومات المطلوبة أو الكافية والصحيحة، مما يصعب صياغتها كتوزيع احتمالي. (محمد، 1987). حيث أن أي احتمال لحدوث حالة معينة هو احتمال غير معروف لمتخذ القرار. وأحيانًا يتم تحويل هذا النوع من النماذج إلى نماذج مخاطرة حتى يمكن حلها. ونماذج المخاطرة هي النماذج التي تصاغ بالاعتماد على بعض التوزيعات الاحتمالية.**

ت. **نماذج التعارض**(Conflict Models)**: وهي نماذج تبنى في حالات تحكم شخص منافس أو منافسين ، بتعارض كلي أو جزئي في المصلحة. ومن أمثلة هذه النماذج: نظرية المباريات.**

سادسًا: تصنيف النماذج حسب درجة عموميتها: ويقصد بمصطلح العمومية، هو المدى الذي يتم فيه تطبيق النماذج باختلاف حالاتها، وتنقسم النماذج حسب عموميتها إلى:

أ. **نماذج عامة** (General Models)**: يستخدم هذا النوع من النماذج في دراسة مختلف المشاكل. ومن أمثلة هذه النماذج: نماذج البرمجة الخطية، والتقارير المالية.**

ب. **نماذج متخصصة** (Specialized Models) **: أما هذا النوع من النماذج فيستخدم في دراسة نوع معين من المشاكل. ومن أمثلة هذه النماذج: المحاكاة باستخدام الآلات الحاسبة الاليكترونية.**

سابعًا: تصنيف النماذج بحسب علاقة المتغيرات بالبيئة المحيطة: وتنقسم بحسب علاقتها بالمتغيرات البيئية المحيطة إلى:

أ. **نماذج مفتوحة**(Open Models)**: نماذج تحتوي على متغيرات خارجية المنشأ تتحدد قيمتها عن طريق البيئة الخارجية.**

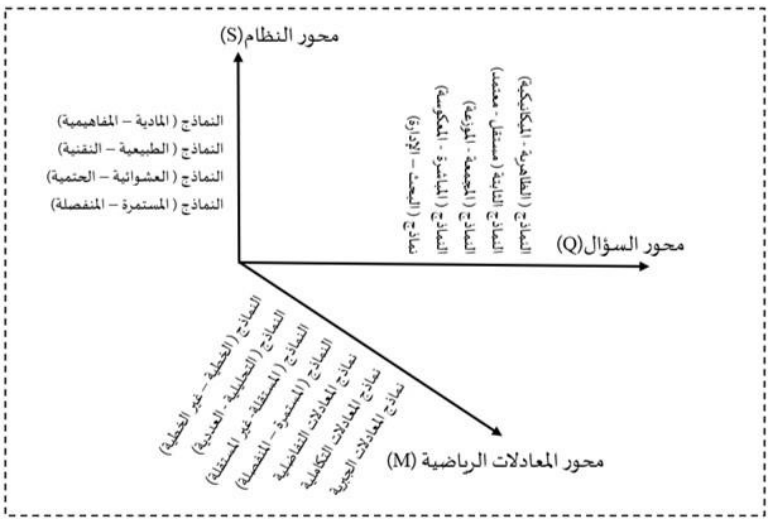
ب. **نماذج مغلقة** (Closed Models)**: نماذج جميع متغيراتها داخلية المنشأ (متغيرات ذاتية) تتحدد قيمتها عن طريق البيئة الداخلية للنظام أي أنها خاضعة للرقابة.**

ثامنًا: تصنيف النماذج حسب قابليتها للقياس :

أ. نماذج كمية (Quantitative Models) : نوع من النماذج دقيق وقابل للتحقق، لأنه يستخدم لغة الرياضيات. ومن أمثلة هذه النماذج: النماذج الإحصائية، والمثالية، والموجهة، ونماذج المحاكاة،

ب. نماذج كيفية (Qualitative Models) : نماذج اقل دقة وثبات، لكنها نماذج مرنة ، تعبر عن الواقع وتتجنب القياس الرياضي. ومن أمثلة هذه النماذج: النماذج اللفظية، وهي توصيل النماذج العقلانية للآخرين شفاهة أو كتابةً أو لفظًا. والنماذج العقلانية هي أول مستوى من التجريد عند التفكير في المشكلة،

أما (Velten, 2009) يقدم نظرة أخرى على مساحة النماذج الرياضية، وتصنيفها بصورة مختلفة عما سبق، وكيف يمكن تحديد نوع النموذج القابل للتطبيق على المشكلة محل الدراسة، باعتبار أن النموذج الرياضي نموذج ثلاثي يتكون من ثلاثة محاور: النظام (S)، والسؤال (Q)، والعناصر الرياضية (M). علمًا أن النماذج الرياضية تحت هذا التصنيف متداخلة. وقد اظهرها الباحث في الرسم البياني التالي، باعتبار أن محاور فضاء النموذج الرياضي هي (S، Q، M) ، وأن لكل محور تصنيف لنماذج معينة، كالتالي:



شكل (2): تصنيف النماذج وفق محاور فضاء النموذج الرياضي بتصرف من الباحثة (Velten, 2009).

أولاً: تصنيف محور النظام (S) على مساحة SQM: تم تصنيف النماذج في هذا المحور بناءً على أربعة معايير كالتالي:

1- **النماذج (المادية – المفاهيمية): النماذج المادية: هي النماذج التي تكون أنظمتها جزء من العالم الحقيقي، أما النماذج المفاهيمية: هي التي تتكون أنظمتها من الأفكار والخبرات.**

2- **النماذج (الطبيعية – التقنية): فالنماذج الطبيعية هي النماذج التي تكون أنظمتها جزء من الطبيعة، مثل الزهرة. أما النماذج التقنية فهي النماذج التي يكون نظامها تقني، مثل السيارة.**

3- **النماذج (العشوائية –الحتمية): النماذج العشوائية هي النماذج التي تكون أنظمتها ذات تأثيرات عشوائية، أما النماذج الحتمية: فهي النماذج هي التي تكون حالة معينة من النظام.**

4- **النماذج (المستمرة – المنفصلة): فالنماذج المستمرة: هي النماذج التي تشتمل أنظمتها على مدخلات متغيرة تغير زمني مستمر، أما النماذج المنفصلة : هي النماذج التي تشتمل أنظمتها على مدخلات تتغير في أوقات منفصلة فقط.**

ثانيًا: تصنيف محور النظام (Q) على مساحة SQM: تم تصنيف النماذج في هذا المحور بناءً على خمسة معايير كالتالي:

1- **النماذج (الظاهرية – الميكانية): النماذج الظاهرية: هي نماذج سهلة الإعداد، قابله للتطبيق عالميًا . ولكنها محدودة النطاق. أما نماذج ميكانيكية هي نماذج تتطلب معلومات مسبقة على النظام، كما تتضمن معلمات قابلة للتفسير ماديًا ، وتسمح برؤى أعمق في أداء النظام وتوقعات أفضل .**

2- **النماذج الثابتة (مستقل – معتمد) : النماذج الثابتة : هي النماذج التي تعتمد على السؤال محل الدراسة للنظام، ويتم تصنيفها إلى : نماذج ثابته مستقله عن الوقت ، ونماذج ثابته تعتمد على الوقت .**

3- **النماذج (المجمعة – الموزعة) : النماذج المجمعة: هي النماذج التي تكون أنظمتها مستقلة عن الاحداثيات المكانية. أما النماذج الموزعة هي النماذج التي يعتمد نظامها على الإحداثيات المكانية.**

4- النماذج (المباشرة – المعكوسة): النماذج المباشرة: هي النماذج ذات المشاكل المباشرة والتي يفترض بها السؤال وجود متغيرات ومعلمات معينة للنظام، أما النماذج المعكوسة هي النماذج التي تعرف بالمشاكل العكسية، والتي يتطلب السؤال بها إدخال وتحديد متغيرات ومعلمات النظام.

5- نماذج (البحث – الإدارة) : يتم استخدام نماذج البحث في الحالة التي يكون السؤال بها بهدف فهم النظام، وهذا النوع من النماذج يكون أكثر تعقيدًا. أما نماذج الإدارة فهي التي يتم استخدامها لحل المشكلات العملية المتعلقة بالنظام.

ثالثًا: تصنيف محور المعادلات الرياضية (M) على مساحة SQM: تم تصنيف النماذج في هذا المحور بناءً على خمسة معايير، كالتالي:

1- النماذج (الخطية – غير الخطية): فالنماذج الخطية : هي النماذج التي تستخدم العمليات الحسابية الخطية فقط كالجمع والطرح والضرب، لمعلمات النظام أو مشتقاتها، مثل نماذج الانحدار الخطي. أما النماذج غير الخطية فهي النماذج التي تحتوي على مضاعفات المعلمات ، والعمليات الحسابية الأكثر تعقيدًا، مثل نماذج الانحدار غير الخطي.

2- النماذج (التحليلية- العددية) : النماذج التحليلية : هي النماذج التي تدرس سلوك النظام نظريًا، ودراسة التأثيرات النوعية عليه، بحيث يمكن التعبير عن سلوك النظام بصيغ رياضية. أما النماذج العددية: فهي النماذج التي تستخدم قيم معلمات محددة للحصول على سلوك النظام.

3- النماذج (المستقلة – غير المستقلة): نماذج ثابته مستقله عن الوقت ، ونماذج ثابته (غير مستقلة) تعتمد على الوقت .

4- النماذج (المستمرة – المنفصلة): النماذج المستمرة هي النماذج التي تفترض المتغيرات المستقلة بها قيمًا عشوائية خلال فترة زمنية معينة، أما النماذج المنفصلة فهي التي تفترض قيم منفصلة فقط كمتغيرات.

5- نماذج المعادلات التفاضلية : هي النماذج التي تتضمن مشتقات دوال غير معروفة ، وهذا النوع من النماذج آداه رئيسية لإعداد نماذج ميكانيكية مستمرة.

6- نماذج المعادلات التكاملية: هي النماذج التي تتضمن تكامل دوال غير معروفة .

7- **نماذج المعادلات الجبرية: هي النماذج التي تتضمن العمليات الجبرية العادية. مثل : معادلات الانحدار.**

أما (Pospeev.2019) **صنف النماذج الرياضية بالاعتماد على المعايير التالية: (موضوع النموذج، ومشغل النموذج، ومعلمات النموذج، والهدف من النموذج، وطرق تنفيذ النموذج)، وقدم تصنيف لأنواع النماذج الرياضية والتي تندرج تحت كل معيار، كالآتي:**

أولاً: أنواع النماذج على أساس موضوع النموذج: وتنقسم إلى :

1- **نموذج نظام الموضوع: وهو نموذج يتكون من عدد من العناصر والأنظمة الفرعية، والتي يقتضي تشغيلها التفاعل مع البيئة. ويندرج منه: نموذج نظام الكائن الهيكلي، وهذا أكثر أنواع النماذج الرياضية تعقيدًا، كما أنه يتبع مجال تحليل الأنظمة. ومن أمثلة هذا النوع من النماذج: نموذج المحاكاة: وهذه النماذج تتكون من عدد محدد من الأجزاء الأولية للنظام، وكل جزء يحتوي على مجموعة من الحالات بداخلها.**

2- **النموذج البسيط: وهو نموذج لنظام لا يمكن إهمال البنية الداخلية له.**

ثانيًا: أنواع النماذج على أساس مشغل النموذج، وهو لتصنيف النماذج الرياضية تعتمد على العامل الذي يمثله النموذج. يمكن أن يختلف المشغل اعتمادًا على الكائن المستخدم في النموذج:

1- **النموذج الخطي: هو نموذج سهل في التحليل، بحيث يستخدم التبعيات الخطية بين المدخلات والمخرجات. على سبيل المثال: إذا كانت استجابة النموذج لمجموعتين من المدخلات X1 و X2 معروفة وتساوي Y1 و Y2 ، فإن استجابة النموذج لمجموع المدخلات X1 + X2 ستكون بالضبط مجموع المخرجات Y1 + Y2.**

2- **النموذج غير الخطي: نماذج صعبة التحليل، تكون بها التبعيات للمشغل غير خطية بين المدخلات والمخرجات.**

3- **النموذج البسيط: هي نماذج صيغتها مباشرة، والتبعية بها موجزة للمخرجات من المدخلات.**

4- **النموذج المركب: نماذج تحتوي على مجموعة من المعادلات التفاضلية، وتحتاج إلى عمليات إضافية للتأكد من التبعيات بين المدخلات والمخرجات.**

5- النموذج الخوارزمي: هو الذي يكون به العامل سلسلة من الخطوات لربط المدخلات بالمخرجات.

ثالثًا: أنواع النماذج على أساس معلمات النموذج: بحيث يمكن لكل نموذج رياضي استخدام ما يصل إلى أربع مجموعات متميزة وغير متداخلة من المعلمات، كالتالي:

- معلمات الإدخال التي تستخدم كمدخلات لمشغل النموذج.
- معلمات الإخراج التي يتم إرجاعها بواسطة مشغل النموذج من مجموعة مدخلات النموذج.
- المعلمات المؤثرة والتي لا يمكن السيطرة عليها والتي لا يمكن أن تتأثر مباشرة بمصمم النموذج والتي يمكن أن تؤثر بشكل مباشر على معلمات إخراج النموذج.
- المعلمات المؤثرة والتي يمكن التحكم فيها والتي يمكن لمصمم النموذج التحكم فيها وضبطها بشكل مباشر أثناء تشغيل النموذج والتي يمكن أن تؤثر بشكل مباشر على معلمات إخراج النموذج.

وقد تم تصنيف النماذج اعتمادًا على طبيعة هذه المجموعات الأربع من المعلمات تصنيف غير متعارض وفق تعريفها، وأنواعها، وأبعادها، وعلاقتها بالزمن، كالآتي:

1- تصنيف النماذج بناءً على تعريف معلمات النموذج، وتنقسم إلى:

أ. النماذج الحتمية: هي النماذج التي يتم تمثيل كل معلمة بها كرقم محدد، حيث يتم تعريفها بطريقة لا لبس فيها.

ب. النماذج غير الحتمية: وهي النماذج التي لا تعرف المعلمات بصورة مؤكدة، ويتفرع منها: النماذج العشوائية، ونماذج الفترات والنماذج الضبابية.

2- تصنيف النماذج بناءً على أنواع المعلمات، وتنقسم إلى:

أ. النماذج المنفصلة: هي نماذج معلمات نموذجها قيم منفصلة.

ب. النماذج المستمرة: هي نماذج تتغير قيم معلماتها بصورة مستمرة.

ت. النماذج النوعية: هي نماذج تعرف بها المعلمات بأنها متغيرات غير قابلة للقياس.

ث. النماذج الكمية: هي النماذج التي تعرف بها المعلمات بتعبير كمي كأرقام.

ج. النماذج المختلطة: هي نماذج تستخدم معلمات من أنواع مختلفة.

3- تصنيف النماذج بناءً على أبعاد المعلمات، وهي نماذج لها إحداثيات خاصة بناءً على أبعاد المساحة للنموذج، ويعتمد تعقيد هذا النوع من النماذج على أبعاده، بسبب الزيادة في عدد المعادلات الرياضية التي تصف سلوك النظام. وتنقسم إلى:

أ. نماذج أحادية البعد.

ب. نماذج ثنائية الأبعاد.

ت. نماذج ثلاثية الأبعاد.

4- تصنيف النماذج بناءً على علاقة المعلمات بالوقت، وتنقسم إلى:

أ. النماذج الثابتة: نماذج لا يستخدم بها الوقت كمعامل، وتصف المعلمات بأنها ثابتة لا تتغير بمرور الوقت.

ب. النماذج الديناميكية (المتغيرة): هي نماذج يستخدم بها الوقت كمعامل أساسي، وتصف المعلمات بأنها متغير بمرور الوقت.

رابعًا: أنواع النماذج على أساس هدف النموذج، كالتالي:

1- النموذج الوصفي: وهي التي تصف النظام محل الدراسة.

2- النموذج التحسيني: وهي النماذج التي تبحث عن أفضل المتغيرات التي تساهم في تحسين النظام محل الدراسة.

3- النموذج القراري: وهي النماذج التي تتنبأ بأفضل وأكف اختيار لبدائل النظام محل الدراسة. بحيث توفر النتائج المتوقعة مع التأثير الأكثر ملائمة.

خامسًا: أنواع النماذج على أساس طرق تنفيذ النموذج، كالتالي:

1- النماذج التحليلية: وهي نماذج يتم التعبير عن مخرجاتها بصورة تحليلية كمزيج من العمليات الحسابية على مدخلاتها. وتنقسم إلى:

أ. نماذج جبرية: تستخدم عدد محدود من العمليات الجبرية لربط مخرجات النموذج بمعلمات نموذج آخر.

ب. نماذج تقريبية: لا يمكن تحديد مخرجاتها في عدد محدود من العمليات الحسابية.

2- النماذج اللوغاريتمية: هي نماذج يتم التعبير عن مخرجاتها بصورة حسابية، وتنقسم إلى: نماذج رقمية، ونماذج محاكاة.

ويرى (طعمة، 1429)، أنه يمكن تصنيف النماذج الرياضية بالأنواع التالية:

أ. النماذج الرياضية المحددة: وهي نماذج لها عوامل ومتغيرات واضحة ومحددة، ومن أمثلة هذه النماذج: " نماذج البرمجة الخطية، النموذج المقابل، نماذج النقل والتخصيص"

ب. النماذج الرياضية الاحتمالية: وهي نماذج لها عوامل ومتغيرات غير واضحة وغير محددة، ومن أمثلة هذه النماذج: " نماذج صفوف الانتظار، ونماذج السيطرة على المخزون".

جـ. النماذج الرياضية الاستراتيجية: هي نماذج بسيطة تصاغ بناءً على موقف معين من قبل صانعين قرار من نفس البيئة، ومن أمثلة هذه النماذج: (نموذج نظرية المباريات).

د. النماذج الرياضية الإحصائية والمحاسبية: نماذج تتسم بالبساطة والصفة الخطية، تستخدم لحالات ثابتة ومحددة، ومن أمثلة النماذج الإحصائية: " الوسط الحسابي والانحراف المعياري، والارتباط والانحدار"، أما النماذج المحاسبية فمن أمثلتها: " الفائدة البسيطة، والمركبة، وأقساط الاندثار"

كما صنف (Diogo, et al., 2018) النماذج الرياضية وفق نوع تمثيل النموذج إلى نوعين، كالتالي:

النوع الأول: النماذج النوعية أو المفاهيمية: وهي التي تستخدم أرقامًا أو رسومًا بيانية أو أوصافًا سببية، بشكل عام. أما النوع الثاني: فهو النماذج الكمية أو العددية: وهي التي تستخدم الأرقام لتمثيل جوانب من النظام، متضمنة صيغ وخوارزميات رياضية لربط قيم المدخلات الرقمية.

وقد تم عرض هذه التصنيفات باختلاف آراء الدارسين والباحثين للتأكيد على ضرورة فهم متطلبات تحديد المعلمات والمتغيرات، وصياغة النموذج، وإجراءات الحل، للنموذج الرياضي. وتوصلت الباحث إلى أن تصنيف النماذج الرياضية وفق معايير وأسس محددة يؤدي إلى تصنيف متداخل بين أنواعها، ولكنه يعد وأشمل وأوسع من تصنيفها كأنواع محددة.

بناء النماذج الرياضية:

وبعد أن تم عرض مفهوم النماذج، وخصائصها وأهدافها أعلاه، كما تم التطرق إلى الأنواع والتصنيفات للنماذج الرياضية، فإن كل نموذج إما أن يكون نموذج جديد، أو تطوير لنموذج سابق، وبناء النماذج الرياضية منهجية علمية تتطلب تحديد أهداف النظام محل

الدراسة، والعلاقات والقيود الموجودة بين المتغيرات، كما تتطلب توفر عدد من الشروط، تمثلت في: تغطية النموذج لجميع متغيرات وقيود النظام محل الدراسة، إضافة إلى قابلية النموذج للاستخدام والتطبيق الواقعي.

وقد حددت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، ثلاثة مكونات لبناء النموذج الرياضي تمثلت في الآتي: أولاً: المتغيرات، وتنقسم إلى داخلية المنشأ، وخارجية المنشأ. وثانيًا: العلاقات، والتي يعبر عنها بمعادلات خطية، أو غير خطية. ثم ثالثًا: تقدير المعاملات التي تحكم العلاقات، والتي يمكن أن تتم من آراء الخبراء.

أما (طعمة، 1429)، فقد اعتمد على إطار عام للتحليل المنطقي للمشكلات، محددًا بناء النموذج الرياضي في الخطوات التالية:

1- تحديد المشكلة، بتعريف المشكلة بأنها وجود مشكلة إدارية، والعمل على معالجتها.
2- صياغة النموذج، وهو تبسيط الواقع بتمثيل مكونات المشكلة، وذلك بتحديد المتغيرات الداخلية والخارجية المؤثرة فيها، بالإضافة إلى تحديد وربط العلاقات بين المتغيرات.
3- إيجاد الحل الأمثل للنموذج، ويعنى بذلك إيجاد قيم المتغيرات المطلوبة.
4- اختبار حل النموذج، ويقصد بالاختبار تحديد قدرة النموذج على تمثيل المشكلة، من جانبين:
   أ. تأكيد قدرة النموذج على التنبؤ، وقدرة النموذج على التنبؤ بدرجة عالية، تدل على كفاءة النموذج.
   ب. المقارنة بين النتائج التي يتم الحصول عليها بتطبيق النموذج، وعدم تطبيقه.
5- تجربة الحل، للوقوف على دقة النتائج، وثبوت صحتها.
6- تنفيذ الحل، للتأكد من مدى صلاحيتها من عدمها.

كما اعتمد صياغة أخرى للنموذج الرياضي، وفقًا للخطوات التالية:

1- تهيئة البيانات اللازمة للنموذج: ويقصد بها تبويب البيانات وتصنيفها من خلال تصميم الجداول والأشكال البيانية، بما يتلائم مع طبيعة المشكلة.
2- تحديد الهدف المطلوب تحقيقه، ويكون كالتالي:
   أ. إما تحقيق أكبر قدر ممكن (maximum) من الأرباح والعوائد الكلية، أي أن:

$$\text{Objective Function} \Rightarrow \text{Max. (Profit)}$$

ب. أو تحقيق أقل قدر ممكن (minimum) من الخسائر أو التكاليف الكلية ، أي أن:

$$\text{Objective Function} \Rightarrow \text{Min. (Losses)}$$

3- تحديد متغيرات النموذج، وهي أساس النماذج الرياضية، وهناك ثلاثة أنواع من المتغيرات:

a. المتغيرات ذات الرمز الواحد (X_i).

b. المتغيرات ذات الرمزين (X_{ij}).

c. المتغيرات ذات الثلاثة رموز (X_{ijk}).

4- تحديد انواع القيود وعلاماتها الرياضية، وهي خطوة تحديد القيود التي تؤثر على العلاقات بين المتغيرات في النموذج، والتي يمكن تقسيمها إلى " قيود طبيعية، وقيود تكنولوجية، وقيود إدارية، وقيود فنية، وقيود اقتصادية"،ولهذه القيود علامات رياضية واضحة ترتبط بنوع المشكلة قيد الدراسة، وتأخذ هذه العلامات الأشكال الآتية :

1- علامة أقل أو يساوي $(\leq)$: في هذه الحالة يجب استخدام الموارد باختلاف أنواعها بأقل مايمكن.

2- علامة أكبر أو يساوي $(\geq)$: وهذه الحالة تعني الاستحواذ على أكبر حصة سوقية ممكنة من الموارد..

3- علامة المساواة$(=)$: وهذه الحالة تعني الالتزام بطرح كميات محددة من الإنتاج دون (زيادة أو نقصان).

وقد حدد (بولوداني، 2019) خطوات بناء، أو مراحل بناء النموذج الرياضي كالتالي:

أولاً: تحديد وتعريف المشكلة ، وهي حجر الأساس لبناء النموذج، إذ يجب دراسة الظروف الداخلية والخارجية المحيطة بالنظام محل الدراسة، باعتبار أن المشكلة هي ما يحدد هدف النموذج، وتحديدها بدقة يعني تحديد العوامل والمتغيرات ذات العلاقة، وقد قسمها الباحث إلى مشاكل روتينية، وحيوية، وطارئة.

ثانيًا: بناء النموذج، وحيث أن بناء النموذج هو تمثيل ومحاكاة لنظام حقيقي، فإنه يجب التركيز على هدفين أساسين، وهما: تحليل سلوك النظام. وتحديد ما الذي يجب أن يكون عليه النظام.

ثالثًا: اختبار النموذج، وذلك لتحديد مدى صحة النموذج من حيث تمثيله للنظام الحقيقي.

رابعًا: حل النموذج: وهو ما يعرف بتحليل الحساسية، أي استخدام الأسلوب أو التقنية المناسبة لحل النموذج.

رابعًا: اختبار مدى مناسبة الحل: وهي تحديد الظروف التي يمكن استخدام الحل الذي تم التوصل إليه في ظلها.

سادسًا: تطبيق الحل: تنفيذ النتائج التي تم التوصل اليها من حل النموذج.

أما (عبدالكريم،2012) فقد حدد خطوات بناء النماذج الرياضية في ثلاث مراحل، كالتالي:

1- **تحديد الأهداف : يجب أن تحتوي عملية تعريف الهدف على إجابات للأسئلة التالي: ماذا تريد الإدارة من هذا النموذج؟ وماهي توقعاتها من النموذج؟ ، حيث أن تحديد الهدف من النموذج بصورة دقيقة ضروري للوصول إلى نتائج دقيقة.**

2- **صياغة المشكلة : إن صياغة المشكلة من أهم خطوات بناء النموذج الرياضي ، والتعريف الجيد للمشكلة يحتاج إلى تحديد ارتباطها، مع التركيز على نقطتين هما: آلية بحث المشكلة، وكيف يتم تحليلها. أما النقطة الثانية فهي: ما مدى وأبعاد النماذج التي سيتم تصورها واستخدامها.**

3- **صياغة النموذج: إن نجاح النموذج الرياضي، يعني تطويره بشكل مناسب وصحيح، كما يتطلب بيانات فعلية ودقيقة لتحليل النظام، وتحديد العلاقات.**

أما (Diogo, et al., 2018**) أشار إلى أن النماذج الرياضية تتسم بالمثالية والتبسيط، وذلك يعني عدم دقتها ، لذلك قدم لنا تسلسل منطقي لبناء النموذج الرياضي للممارسات الإدارية، في مراحل محددة، كالتالي:**

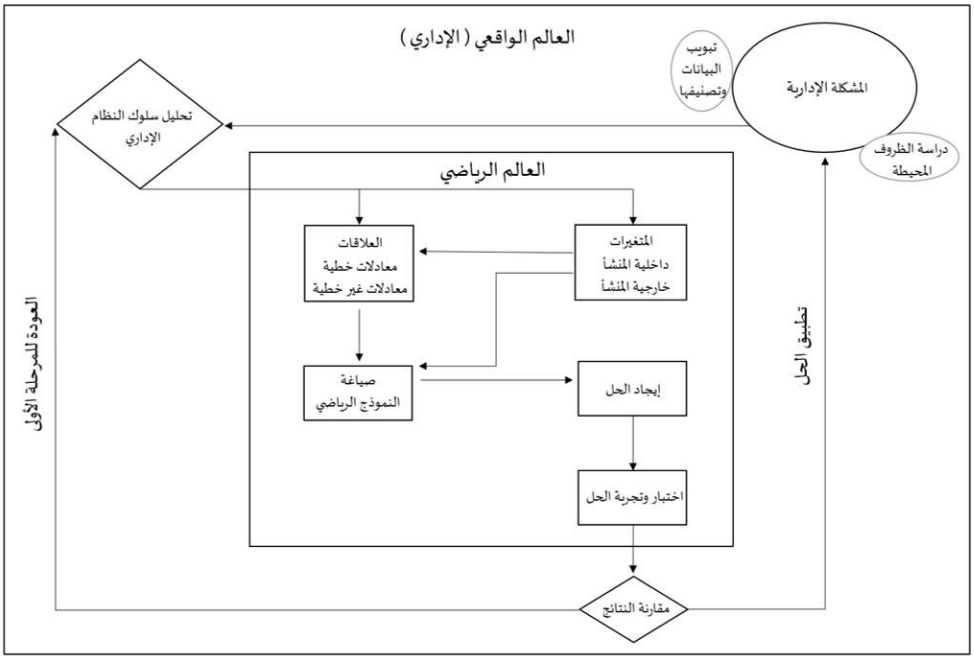
المرحلة الأولى: التحديد. ويقصد بالتحديد هنا، تعيين المشكلة أو الموقف بالمحاكاة.

المرحلة الثانية: اختيار العوامل والمتغيرات. وتعني هذه المرحلة تمثيل المشكلة قيد الدراسة بتحديد البيانات وتصنيف المتغيرات، وتحديد أي اعتبارات أخرى.

المرحلة الثالثة: إضفاء الطابع الرسمي على النموذج. وذلك بالتركيز على ماهية المدخلات، والعلاقات الرياضية، كما تشمل هذه المرحلة بناء الخوارزميات والبرمجيات.

المرحلة الرابعة: مقارنة النتائج. وهذه المرحلة تمثل قياس جودة النموذج، وذلك بمقارنة النتائج التي تم الحصول عليها، وقد نضطر إلى العودة للمرحلة الأولى، إذا كانت النتائج لا تتناسب بشكل جيد.

مما سبق يمكن تمثيل مراحل وخطوات بناء النموذج الرياضي في الواقع الإداري في الشكل التالي من إعداد الباحثة :



توظيف النماذج الرياضية في إدارة المعرفة:

بعد عرض السابق لمفهوم النماذج الرياضية وأهدافها وتصنيفاتها، ومراحل بناؤها، سيتم القاء الضوء على الدراسات التي توصلت لها الباحثة ، والتي قدمت نماذج رياضية لإدارة المعرفة، وسيتم عرضها بتسلسل زمني من الأحدث إلى الأقدم :

قدمت دراسة (Saviour, et al.,2016)، نموذج رياضي لنظام إدارة المعرفة ، حيث ركزت الدراسة على مشكلة نقل المعرفة (مشاركتها) داخل المنظمة، وذلك بتعريف نقل

المعرفة باستخدام ثلاث عوامل، الأرباح والنفقات والعقبة لكلٍ من المرسل والمستقبل، واعتمدت الدراسة على عوامل رئيسية للنموذج، ولكل عامل متغيرات محددة، وقد تم تقييم النموذج المشتق من قبل الباحث في بيئة تجريبية لمدة ثلاثة أشهر.

أما دراسة (Bagheri, et al.,2015) ، فقد قدمت نموذج رياضي لتقييم المعرفة في المنظمات القائمة على المعرفة في فترات زمنية مختلفة. وحيث أن المنظمة القائمة على المعرفة منظمة صانعة فكرة ومطبقة لأفكار جديدة، وبالتالي لها ميزة تنافسية. لذا تقدم هذه الدراسة نموذج رياضي لإدارة المعرفة لتقييم مستوى المعرفة في المنظمات القائمة على المعرفة، وذلك لمراقبة تقدم المنظمة في إدارة المعرفة. عن طريق توظيف تحليل غلاف البيانات (DEA)، ونموذج (BCC)، باعتبار أن: تحليل غلاف البيانات(DEA): هي منهجية برمجة خطية تحدد الكفاءة النسبية لكيانات متماثلة أو وحدات DMU . ولإجراء هذه المنهجية يتم إنشاء مصفوفة تتكون من هذه المدخلات والمخرجات والعناصر التكميلية للعينة من (DMU)، وبمجرد صياغة (DEA) وفقًا لمجموعة من الميزات يتم تنفيذ المصفوفة في النموذج المراد حله، وبالتالي الحصول على نتائج رئيسية لنتائج الكفاءة النسبية، والمعايير التشغيلية لكل (DMU). و(DMU): هو الكيان المتجانس المسؤول عن تحويل المدخلات إلى مخرجات. أما (BCC): هو نموذج لعوائد الحجم المتغيرة. وقد تم استقاق النموذج بعرض مفصل في دراسة الباحث ، وتوصل الباحثون إلى أن النموذج المقترح قابل للتطبيق في المنظمات التي ترغب في مقارنة نفسها مع المنظمات المماثلة من حيث إدارة المعرفة، واختيار المعيار الأكثر فعالية.

أما دراسة (Yanting, et al.,2010) فقد قدمت نموذج رياضي لحقل المعرفة من منظور إدارة المعرفة، باستخدام طريقة حقل المتجه، كما تقدم الدراسة بناء معادلة لابلاس لإمكانات المعرفة بهدف توفير طريقة للتحليل الكمي لنشر المعرفة. وحيث أن مجال المعرفة هو عملية تبادل المعرفة، وهو تدفق ونشر المعرفة العامة والمعرفة الاجتماعية، باعتباره طريقة مجال ناقلات للمعرفة الصريحة والمعرفة الضمنية، كما أنه تفاعل المعرفة العامة والمعرفة الشخصية. وهو عبارة عن دالة متسلسلة لتعبير خصائص المعرفة تفي بالقواعد الأساسية لنظرية المجال الرياضي، وبالتالي يمكننا تطبيق طريقة المجال الفيزيائي لدراسة حل مجال المعرفة. وبناءً على هذا الأساس حاولت الدراسة اشتقاق النموذج الرياضي، وعليه، توصلت الدراسة إلى أن النموذج الذي تم بناؤه هو

عبارة عن معادلات لإمكانات المعرفة في مجال المعرفة من خلال التأسيس والحل ودراسة الحالة لمشكلات القيمة الحدية لإمكانات المعرفة ، ويمكن استخدامه كمرجع لتصميم أنظمة إدارة المعرفة.

أما دراسة (Jing & Yang 2010) فقد طورت نموذج رياضي للفجوة المعرفية في عملية تطوير منتج جديد، وقد عرفت الدراسة فجوة المعرفة الكلية من خلال تراكم الفجوات المعرفية الناتجة عن مراحل عملية التطوير. أما عملية تطوير المنتج الجديد (NPD) فهي أهم مرحلة في دورة حياة المنتج وأصل التشغيل لمنتج جديد. وهي العملية الكاملة المكونة من ست مراحل لمشروع منتج جديد من تصور المنتج ، وتخطيط المنتج ، وتصميم المنتج ، وتصميم العملية ، واختبار المنتج إلى تسويق المنتج ، وهي عملية هيكلية تكون فيها جميع نقاط اتخاذ القرار.

وقد عملت الدراسة على تطوير النموذج بالاستناد على فجوة الجودة، والتي هي الفرق بين توقعات العملاء وتصوراتهم، أما فجوة المعرفة فهي الفجوة بين توفير المعرفة ومتطلبات المعرفة في عملية NPD ، بما في ذلك التناقضات في الكمية والنوعية. حيث عرفت ست فجوات في الجودة تقابله فجوات معرفية في عملية NPD وفقًا لمراحل التطوير. ثم افترض أن كل مرحلة من مراحل عملية NPD ، تتكون من سلسة من عمليات المعرفة. وباعتبار أن عملية المعرفة تتكون من أربع مراحل هي جمع المعرفة، وتكامل المعرفة، وتطبيق المعرفة، ومشاركتها.

وبالتالي توصل الباحث إلى أن الفجوة المعرفية الكلية في عملية NPD، تتراكم بفعل الفجوات المعرفية لكل دورة عملية معرفية.

أما دراسة (Subrt & Brozova,2007) قدمت النموذج الرياضي كحالة خاصة للخرائط المعرفية، باعتباره يحقق جميع متطلبات الخريطة المعرفية، فخريطة المعرفة هي مخطط تدفق للبيانات والمعلومات، تعمل على تبسيط تصور الواقع، ورسمها. فهو أي تصور للمعرفة يتجاوز النص بغرض استنباط المعرفة وتدوينها ومشاركتها واستخدامها وتوسيعها، والتي تتضمن العلاقات المفاهيمية مثل العلاقات الزمنية، والتسلسل الهرمي، والسببي، والمنطقي، والتقييمي.

وقد صنفت الدراسة خرائط المعرفة، على غرار تصنيف النماذج الرياضية كالتالي:

أولاً: الخرائط التناظرية والخرائط الأيقونية، والتي تشتمل على التناظر بين الأشياء والرموز الحقيقة، بالإضافة إلى العلاقات المكانية، وسلوكها.

ثانيًا: الخرائط الرمزية، والتي تؤكد على معنى الرموز، وعادة ما تكون رياضية أو لفظية. هذا النوع من الخرائط مجرد إلى حد ما، ويتم التعبير عن العلاقات بين عناصرها باستخدام الصيغ الرياضية أو الجمل، أو العبارات اللفظية.

ثالثًا: الخرائط الوصفية والتي تصف أو تحاكي الواقع بأدق ما يمكن، وقد تكون ضعيفة أو قوية.

رابعًا: الخرائط المعيارية، وهي التي تتعلق بمعيار نموذجي، أو حل أمثل، أو قرار أفضل.

كما تم تصنيفها من جانب آخر إلى: أولاً: خرائط معرفية تمثل مشكلة تم حلها بنجاح تمثيلاً مرئيًا، وتحتوي على أربعة أنشطة: نشاط الذكاء، ونشاط التصميم، ونشاط الاختيار، ونشاط المراجعة. وثانيًا: خرائط المعرفة كطريقة لاكتساب المعرفة . وبناءً على ما سبق، اقترحت الدراسة تصنيف جديد لخرائط المعرفة استنادًا إلى مميزات نماذج بحوث العمليات (النماذج الرياضية):

1- **خرائط المعرفة الوصفية الضعيفة، لشرح المفاهيم والأفكار المرتبطة بنماذج بحوث العمليات، ولشرح المعرفة الجديدة المكتسبة من النماذج، في شكل منظم جدًا. والتي تعد آداة لبناء الهياكل في الرياضيات. وقد تتمثل في: نماذج المحاكاة، باعتباره مخطط انسيابي يظهر رموز الكائن والعلاقات والارتباطات بينهما لمحاكاة النظام. أو نماذج شجرة القرار، وتظهر في الخرائط التي تصف مواقف القرار، وبدائل القرار المحتملة.**

2- **خرائط المعرفة الوصفية القوية: والتي تتمثل في وصف العلاقات الحقيقية بين كائنات النظام أو العناصر الحقيقة فيما يتعلق بتحديد مواقعها.**

3- **خرائط المعرفة المعيارية: والتي تظهر الحل المعياري أو النموذجي، وتتمثل في نماذج شجرة القرار التي تحدد قواعد لاختيار أفضل بديل للوصول إلى القرار الأمثل.**

وآخر دراسة توصلت لها الباحثة بهذا الخصوص هي دراسة (Nakamori,2003)، والتي تناقش تقنيات النمذجة الرياضية لتمثيل وإدارة المعرفة البشرية الغامضة. حيث قدمت الدراسة منهجية علمية لتكامل وإدارة وإنشاء أنواع مختلفة من المعرفة، وعنونتها بنظام إنشاء المعرفة: والذي يعمل على دمج المعرفة الضمنية

المجزأة للأفراد، والبيانات الإحصائية. لخلق معرفة جديدة لم تكن لدى أي شخص من قبل. وقد اعتبرت الدراسة هذه المنهجية نظام، لشموله على الخصائص التالية: الهيكل الهرمي ، والخصائص الطارئة، ووظيفة الاتصال، إضافة إلى وظائف التحكم، والتغذية الراجعة. ثم عرضت الدراسة تقنيات النمذجة الرياضية لتمثيل المعرفة البشرية الغامضة، كالآتي: أولاً: نماذج السياق : وهو منهج لتمثيل وتفسير وتحليل البيانات غير الكاملة، حيث أن المعنى المحدد للمفاهيم الغامضة في التفكير والتواصل البشري يتم تحديده دائمًا من خلال السياق، ووجهة النظر الشخصية، أي أن تفسيرها يعتمد على السياق الذي يتم نطقه فيه. وثانيًا: نماذج المجموعات: وتظهر في أنواع المعرفة أو الشعور لدى الأفراد تجاه شيء يمكن أن يكون إما حقيقة ملموسة أو مفهوم مجرد، ويعد تحليل الانحدار أحد أكثر التطبيقات نجاحًا للمفهوم الغامض والمنطق الضبابي، وقد تم تطوير تقنية النمذجة الجماعية، على التسلسل التالي: أولاً: تحديد نموذج متوسط متعدد المتغيرات. وثانيًا: تعيين البيانات الشخصية في مساحة المعلمة للنموذج متعدد المتغيرات من خلال تقنية تعيين البيانات. أما ثالثًا: تحديد الوظائف في مساحة المعلمة لتطوير نموذج غامض متعدد المتغيرات. ثم تم تقديم النمذجة الخطية للمجموعات في النماذج الخطية الموحدة (Eensemble Linear Models). إذ توصل الباحث إلى نتيجة مفادها أن النموذج المقترح في هذه الدراسة، يتمحور حول فكرة أن يتم تعيين بيانات المقيمين الفرديين في مساحة معلمة النموذج، مع الحفاظ على العلاقات بين آراء المقيمين قدر الإمكان.

النتائج:

مما سبق توصلت الباحثة إلى النتائج التالية :

1- **أن النموذج الرياضي يمكن تحديد مفهومه بأنه تمثيل لنظام إداري حقيقي أو جزء منه، باستخدام الدوال والرموز الرياضية للتعبير عن متغيراته ومكوناته، والربط بينها بعلاقات منطقية ومنهجية ، وذلك بهدف الوصول إلى حلول للمشاكل الإدارية ، أو اتخاذ القرارات، أو تنبؤات ودراسات مستقبلية، أو وصف عام لسلوك النظام.**

2- **أنه يمكن تحديد أهداف النماذج الرياضية في الواقع الإداري، في الأهداف التالية: الوصف، والتنبؤ، والتفسير، والتعبير، وصناعة القرارات الاستراتيجية.**

3- **أن تصنيف النماذج الرياضية وفق معايير وأسس محددة يؤدي إلى تصنيف متداخل بين أنواعها، ولكنه يعد وأشمل وأوسع من تصنيفها كأنواع محددة.**

4- **أن خطوات ومراحل بناء النموذج الرياضي في الواقع الإداري، كما يتسم بالتبسيط، ويعتمد بدرجة كبيرة على ضرورة تحديد المشكلة محل الدراسة بوضوح حتى يمكن الوصول إلى نتائج أكثر دقة.**

5- **اختلف تناول الدراسات لتوظيف النماذج الرياضية ، حيث قدمت أربع دراسات منها نموذج رياضي مشتق وعرض لمراحل وخطوات بناؤه.**

6- **أن النموذج الرياضي يحقق جميع متطلبات الخريطة المعرفية، وهو ما تناولته إحدى الدراسات التي تم عرضها .**

7- **الدور الذي تقدمه تقنيات النمذجة الرياضية لتمثيل وإدارة المعرفة البشرية الغامضة، والمعرفة الضمنية تعد من القضايا البحثية الهامة في إدارة المعرفة.**

المراجع

المراجع العربية

ابراهيم،مجدي. (1997). أساليب حديثة في تعليم الرياضيات. ط1، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، مصر.

أبو سمرة، محمود أحمد، وطبطي، محمد عبدالاله. (2019). مناهج البحث العلمي من التبيين إلى التمكين. ط1. دار اليازوري، عمان.

باشيوة، لحسن. 2006. " نموذج رياضي للمقارنة بين فاعلية جودة برامج التعليم العالي في الجامعات الجزائرية وتحسين نوعيتها بناءً على معطيات الجودة الشاملة". المجلة العربية للإدارة: 26(2): 2-32

بولوداني، خالد بوشارب. (2019). "بحوث العمليات وأهميتها في اتخاذ القرارات الإدارية". المجلة الدولية للبحوث النوعية المتخصصة: (12): 152-178.

تسامدة، حسان. وقارح، سماح. (2020). "إستخدام بحوث العمليات بالمكتبات الجامعية : تطبيق نموذج مورس بالمكتبة المركزية لجامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا". Cybrarians Journal : (57): 1-35.

توبة، رباب. (2014). " أثر استخدام استراتيجية النمذجة الرياضية على استيعاب المفاهيم الرياضية وحل المسألة الرياضية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في وحدة القياس"، رسالة ماجستير غير منشورة. كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين.

الجراح، ضياء(2000). " توير مناهج الرياضيات في مرحلة التعليم العام في المملكة الأردنية الهاشمية في ضوء النمذجة الرياضية". رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية.

جمعة، السيد. (2014). " استخدام النماذج الرياضية في التخطيط التربوي مع التطبيق على قياس الكفاءة الداخلية للنظام التعليمي". مجلة كلية التربية بالزقازيق: (85) الجزء الثاني: 391-449.

حبيب، غدير. (2014). " استخدام النماذج الرياضية في دراسة العوامل المؤثرة في تخطيط القوى العاملة في سوريا"، رسالة ماجستير غير منشورة. كلية الاقتصاد، جامعة تشرين، اللاذية، سوريا.

الحوت، محمد صبري. (1986). " النماذج الرياضية كآداة للتخطيط التربوي ". مجلة كلية التربية بالزقازيق: 1(1): 13-35.

سلمان، سعد. (2009). " استخدام طرائق النمذجة الرياضية لحل مشاكل غير خطية، مجلة جامعة النهرين: 12(2): 24-28.

عبد الكريم، دحو. 2012. " النماذج الرياضية واتخاذ القرارات الإدارية ". مجلة الاقتصاد الجديد: (6): 35-52

العبيدي، محمود، والفضل، مؤيد عبدالحسين. (2004). بحوث العمليات وتطبيقاتها في إدارة الأعمال. ط1. الوراق للنشر والتوزيع.

العساف، صالح بن حمد. (2012). المدخل إلى البحث في العلوم السلوكية . دار الزهراء، الرياض.

محمد، صادق. (1987). " استخدام النماذج الرياضية في اتخاذ القرارات". معهد الإدارة العامة: 9(29): 85-109.

المراجع الأجنبية :

Bagheri, R. et al. (2015). "A Mathematical Model to Evaluate Knowledge in The Knowledge-Based Organizations". Scientia Iranica E. 22(6): 2716-2721.

Diogo, et al., (2018). " Mathematics as a Supporting Tool for Technological Management". International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS): 5(5)

Jing, Ningning & Yang, Chen. (2010). "Knowledge Gaps in New Product Development". 2010 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering: 535-538.

Kaiser G. (2020) Mathematical Modelling and Applications in Education. In: Lerman S. (eds) Encyclopedia of Mathematics Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_101

Marion, Glenn. & Lawson, Daniel.(2008). "An Introduction to Mathematical Modelling". Bioinformatics and Statistics, Scotland.

Nakamori, Yoshiteru. (2003). "Systems Methodology and Mathematical Models for Knowledge Management". Journal of Systems Science and Systems Engineering. 12(1): 49-72.

Popseev, leonid. (2019). "Classification of Mathematical Model". https://medium.com/engineering-approach/classification-of-mathematical-models-270a05fcac4f

Saviour, Akuamoah. et al. (2016). "Mathematical Model of Knowledge Management System in an Organization". Global Journal of Management and Business Research: A Administration and Management. 16(5): 13-20.

Subrt, T., & Brozova, H. (2007). "Knowledge Maps and Mathematical Modelling." The Electronic Journal of Knowledge Management. 5(4): 497 – 504.

Velten, Kai. (2009). Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for Scientists and Engineers. E1. Wiley-VCH. DE, Germany.

Yanting. Wang, et al. (2010). "The Analysis of the Mathematical Model of Knowledge Field from the Perspective of Knowledge Management," 2010 International Conference on Management and Service Science, 1-4.

Zeidan BA (2017) Mathematical modeling of environmental problems. In: Govil JN(ed) Environmental science and engineering, instrument, modeling and analysis, vol 7, 1stedn. Chapter: 17, Studium Press LLC, Houston, TX, USA, pp 422–461 Available from: https://www.researchgate.net/publication/327527005_Groundwater_Degradation_and_Remediation_in_the_Nile_Delta_Aquifer [accessed Feb 13 2022].