

تطوير نظام إدارة سلسلة التوريد باستخدام تقنيات المنطق الضبابي

د.م جعفر سلمان*

م. حنان محمود القارب**

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٣/٤/٦ . قبل للنشر في ٢٠٢٣/٧/٦)

□ ملخص □

في الآونة الأخيرة تضاغت جهود المنظمات الصناعية لتطوير أنظمة فعالة لإدارة سلسلة التوريد ، ليس فقط كوسيلة لمحاربة المنافسة المتزايدة في السوق ولكن أيضاً للتعافي من المشكلات التي تطرحها الأزمة الاقتصادية والمالية العالمية الحالية و لتطوير أنظمة دعم اتخاذ القرار . يعد قطاع السيارات من أكثر القطاعات الصناعية تضرراً ، حيث يواجه انخفاضاً في مبيعات السيارات وزيادة أسعار النفط والصلب منذ سنوات . وقد ساهم التباطؤ الاقتصادي في إعادة هيكلة عميقة في هذا القطاع ، كرد فعل للتقلبات الكبيرة في المبيعات (انخفاض الطلب على السيارات) مع تأثيرات كبيرة في جميع شركاء سلسلة توريد السيارات. لذلك بدأ من المهم تصميم سلسلة التوريد بشكل صحيح ومدروس في قطاع صناعة السيارات.

تهدف هذه الدراسة إلى استخدام تقنيات المنطق الضبابي وتكريسه للتعامل مع المشاكل التي تظهر في بيئات عدم اليقين والتي من الصعب أن يحلها المنطق التقليدي ، وتم استخدام أدوات ذكاء الأعمال لما لها من دور فعال في بناء أنظمة لدعم القرار تساعد المؤسسات في تحسين مستوى المنافسة في ظل ظروف البيئة المتغيرة و دمجها مع تقنيات المنطق الضبابي لإدارة سلسلة التوريد وذلك لإعطاء نتائج أفضل من سلاسل التوريد التقليدية في إدارة المخاطر الناتجة عن مجموعة من عوامل عدم اليقين. وقدم البحث منهجية لمساعدة الخبراء والمدراء لاتخاذ القرار في قطاع السيارات و التنبؤ بطلبات العملاء وتحديد مستويات المخزون على كامل سلسلة التوريد وتحديد عدد السيارات اللازم إنتاجها لمدة محددة بناءً على طلب العملاء المتغير في ظل ظروف اقتصادية متغيرة خاضعة لتأثير عوامل عدم اليقين لإعطاء المؤسسة القدرة على المنافسة و الحفاظ على مستوى مثالي للمخزون وتوخي الزيادة أو النقصان قدر الإمكان .
لكلمات المفتاحية: إدارة سلسلة التوريد ، ذكاء الأعمال ، المنطق الضبابي ، عوامل عدم اليقين ، طلب العملاء، المخزون.

* مُدرّس - قسم تكنولوجيا المعلومات- كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس-سوريا.

** طالبة ماجستير - قسم تكنولوجيا المعلومات- كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سوريا.

Development of a Supply Chain's Management System Using Fuzzy Logic Techniques

DR-ENG Jaafar Salman*
ENG Hanan Mahmoud Alkareb**

(Received 6/4/2023 . Accepted 6/7/2023)

□ ABSTRACT

Recently, industrial organizations have redoubled their efforts to develop effective supply chain management systems, not only as a means to fight the increasing competition in the market but also to recover from the problems posed by the current global economic and financial crisis and to develop decision-making support systems. The automotive sector is one of the most affected industrial sectors, as it has been facing a decline in car sales and an increase in oil and steel prices for years. The economic slowdown has contributed to a deep restructuring in this sector, in response to the large fluctuations in sales (lower demand for cars) with significant effects on all partners of the auto supply chain. Therefore, it seemed important to design the supply chain correctly and thoughtfully in the auto industry sector. This study aims to use fuzzy logic techniques and devote it to dealing with problems that appear in the environments of uncertainty and that are difficult to solve by traditional logic. Business intelligence tools were used because of their effective role in building decision support systems that help organizations to improve the level of competition in light of the conditions of the changing environment, where it is merged with fuzzy logic techniques for supply chain management in order to give better results than traditional supply chains in managing risks resulting from a group of Uncertainty factors. The research presented a methodology to help experts and managers to make decisions in the automotive sector, predict customer demands, predict and determine Inventory levels throughout the supply chain, and determine the number of cars needed to be produced for a specific period based on changing customer's demand under changing economic conditions subject to the influence of uncertainty factors to give the enterprise the ability to compete and maintaining an ideal level of inventory and envisaging an increase or decrease as much as possible.

key words: Supply Chain Management, business intelligence, Fuzzy Logic , Uncertainty Factors, Customer's demand, Inventory.

*Teacher – Department of information technology – Information and communication Technology Engineering –Tartous University – Syria.

** Master Student – Department of information technology – Information and communication Technology Engineering –Tartous University – Syria.

١. مقدمة:

A. سلسلة التوريد (Supply Chain):

هي شبكة من المؤسسات ، والأشخاص ، والتكنولوجيا، والأنشطة والمعلومات والموارد المطلوبة لنقل المنتجات أو الخدمات من الموردين إلى العملاء [5]، تتضمن النشاطات التالية: شراء المواد الخام وتحويلها إلى منتجات ومن ثم توزيع المنتجات للمستخدمين النهائيين.

B. إدارة سلسلة التوريد (Supply Chain Management) :

هي تكامل العمليات التجارية الرئيسية ، من المستخدمين النهائيين إلى الموردين الأصليين الذين يقدمون المنتجات والخدمات والمعلومات التي تصيف قيمة للعملاء وتحقق ميزة تنافسية مستدامة [5]-[4] ، و هناك نوعين من سلاسل التوريد:
 ○ سلاسل التوريد المقادة بالحدث: يؤثر طلب العملاء بشكل مباشر في سلسلة التوريد ويؤدي للتغيير في مستويات المخزون لدى المستويات المختلفة لسلسلة التوريد .
 ○ سلاسل التوريد المقادة بالتخمين: يقوم خبير بإحداث تغييرات بشكل دوري في مستويات المخزون حسب خبرته ومعرفته بالسوق وطلبات العملاء.

أهداف إدارة سلسلة التوريد: الحصول على المنتج الجيد في المكان المناسب وفي الوقت المناسب وبأقل التكاليف، و التحكم بمستوى المخزون، و تخفيض وقت دورة الإنتاج، و تخفيض تأثير عوامل عدم اليقين والمخاطر في الصناعات العالمية.

C. ذكاء الأعمال (business intelligence) :

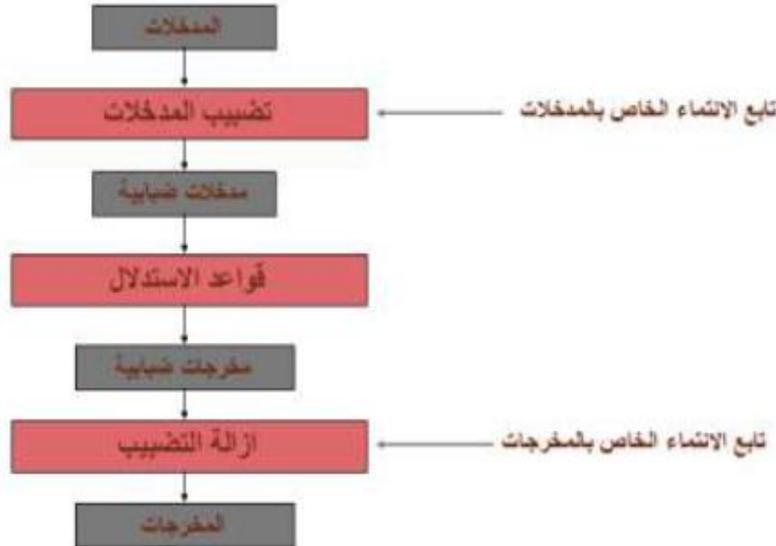
مصطلح عام يشبه المظلة يندرج تحته مجموعة التطبيقات والبنية التحتية والأدوات وأفضل الممارسات التي تمكن من الوصول إلى البيانات وتحليلها لاستخراج معلومات تهدف لتحسين عملية اتخاذ القرارات والأداء لأقصى حد [15] ، تجمع أنظمة ذكاء الأعمال بين البيانات التشغيلية والأدوات التحليلية لتقديم معلومات معقدة و تنافسية للمخططين وصانعي القرار. ويمكن لأي شخص في الشركة أن يستخدم حلول ذكاء الأعمال للتعامل مع البيانات وبناء التقارير المختلفة للإجابة عن الأسئلة محل الاهتمام ، حيث يبين الشكل (1) تسلسل لمراحل ذكاء الأعمال تبدأ من مرحلة جمع و استخراج البيانات من مصادرها المختلفة و تحليلها وصولاً إلى بناء التقارير و رسم المخططات الإحصائية و الحصول على المعرفة و أخيراً اتخاذ القرار ، كما هو موضح في الشكل (1):



الشكل (١) - مراحل ذكاء الأعمال

D. المنطق الضبابي (Fuzzy Logic):

منظومة منطقية تقوم على تعميم للمنطق التقليدي ثنائي القيم، وذلك للاستدلال في ظروف غير مؤكدة [7]-[6]. يمثل هذا المنطق طريقة سهلة لتوصيف وتمثيل الخبرة البشرية، كما أنه يقدم الحلول العملية للمشاكل الواقعية. يوضح الشكل (2) تسلسل العمليات اللازمة لبناء نظام الاستدلال الضبابي من تضبيب المدخلات وبناء قواعد الاستدلال الضبابية ثم إزالة التضبيب و الحصول على المخرجات واتخاذ القرار بناءً على قيمة الخرج:



الشكل (2) - نظام الاستدلال الضبابي

E. نظام المخزون الضبابي Fuzzy Inventory System:

هو نظام يُصمّم باستخدام أدوات المنطق الضبابي للتعامل مع البيانات التي تتأثر بعدم اليقين ضمن المنظومات الصناعية لضبط مستويات المخزون على كامل سلسلة التوريد [2]-[14] ، وبناء نظام دعم قرار باستطاعته الاستجابة للتغيرات في بارامترات عدم اليقين في ظل البيانات التفاضلية.

F. الدراسات المرجعية:

١- في عام 2008 قام كل من الباحثين Lyna Alami و Feiyi Rao بإعداد دراسة بعنوان Exchange rate risk in Automobile Industry [1]، تم في هذه الدراسة تحليل تأثير متغيرات الاقتصاد (عوامل عدم اليقين) على أرباح أسهم الشركات ، تناولت مجموعة من عوامل عدم اليقين مثل مؤشر السوق (سعر الصرف) ، حيث عالجت هذه الدراسة أحد أهم عوامل عدم اليقين المؤثرة في الصناعات وهو سعر الصرف من وجهة نظر اقتصادية.

٢- في عام 2013 تم إجراء دراسة من قبل Dr. Priyanka Saroha من جامعة Delhi بعنوان Supply chain management tool of business process Integration [5] ، تناولت هذه الدراسة كيفية الانتقال من إدارة الوظائف الفردية إلى دمج الأنشطة في عمليات سلسلة التوريد الرئيسية، أشارت الباحثة إلى أن تشغيل إدارة سلسلة التوريد المتكاملة يتطلب تدفقاً مستمراً للمعلومات.

٣- في عام 2006 قام الباحث Chi-Bin Cheng بإجراء دراسة بعنوان Fuzzy inventory control of a supply chain [2] ، عمل من خلالها على المقارنة بين سياستين لإدارة المخزون وهما (s,S) و (policy) Fuzzy Inventory controller .

٤- في عام 2012 قامت الباحثة Busaba Phruksaphanrat بإعداد دراسة بعنوان Fuzzy Inventory Control System for Uncertain Demand and Supply [7] ، في هذا العمل ، تم تطوير نموذج للتحكم في المخزون الضبابي (Fuzzy Inventory Controller) تمت معالجة تأثير عدم اليقين في العرض والطلب على كمية الإنتاج النهائية.

٥- في عام 2013 قام كل من الباحثين Vaibhav Diwan و Devendra Singh Verma ببحث بعنوان Anylsis of supply chain management disruptive situations [3]، في هذا البحث ، تم النظر في سلسلة التوريد متعددة المستويات لمنتج واحد والتي تتكون من عدة منظمات مستقلة (تاجر التجزئة وتاجر الجملة والموزع والمصنع) ، تقدم الورقة نهجاً غير عملي لمواجهة مشكلة اضطراب سلسلة التوريد .

نلاحظ أنه في الدراسات السابقة المذكورة تم التركيز على معالجة عوامل عدم اليقين المؤثرة على المخزون بشكل مباشر دون معالجة العوامل المؤثرة على طلبات العملاء في البيئات التنافسية والتي تتأثر بعوامل عدم اليقين، بينما في دراستنا فقد تم التركيز على مجموعة من عوامل عدم اليقين المؤثرة على الطلب و الذي بدوره يؤثر على المخزون وأهم ما تم ذكره هو تأثير سعر الصرف على المخزون في أحد هذه الدراسات السابقة بينما في دراستنا هذه فقد تم مناقشة تأثير عدة عوامل من عوامل عدم اليقين على الطلب و المخزون من بينها سعر الصرف، وكانت بعض الدراسات نظرية مبنية على حالات افتراضية بينما النموذج المقترح في هذه الدراسة مبني على حالة واقعية .

أهمية البحث:

أهمية البحث تكمن في قدرة النظام المقترح على سدّ فجوة الطرق التقليدية في إدارة سلسلة التوريد وتحسينها باستخدام نظام استدلال ضبابي ، و توظيف المنطق الضبابي في تقليل تأثير عوامل عدم اليقين على إدارة سلسلة التوريد، وتضمين أدوات ذكاء الأعمال في سلسلة القرار لتمكين الشركة من رصد مشاكل سلسلة التوريد المحتملة في الزمن الحقيقي للحصول على حل أسرع، حيث أنّ بناء هذا النظام الخبير يجعل الشركة قادرة على التنبؤ بطلب العملاء لفترة محددة بناءً على عوامل عدم اليقين المؤثرة على الطلب في تلك الفترة وتحديد مدى خطورة هذه العوامل ، وبالتالي بناء نظام خبير قادر على دعم القرار في ظل البيئات التنافسية المتغيرة ومساعدة المدراء في تحليل السوق و اتخاذ القرار كاستجابة لطلب العملاء وبالتالي ضمان ربح الشركة.

٢. هدف البحث :

يهدف البحث إلى تقليل تأثير عوامل عدم اليقين في بيئة صناعة السيارات [1] ، من خلال التعامل مع هذه المشاكل باستخدام أدوات المنطق الضبابي [6]-[7] ، حيث أثبت المنطق الضبابي فعاليته في حلّ المشاكل التي عجز المنطق العادي عن حلّها ، ومساعدة المدراء على اتخاذ القرار والتنبؤ بطلبات العملاء واتخاذ القرار بشأن المخزون النهائي و عمليات التوريد بناءً على الطلب غير المؤكّد .

٣. منهجية البحث (طرائق البحث):

i. مجال عملنا:

اخترنا لهذا البحث مجال صناعة السيارات لما له من صدى اقتصادي كبير استدعى تصميم جيد لسلاسل التوريد لشركات صناعة السيارات ، و نظراً لتقلب السوق و تقلب الحالة الاقتصادية بشكل عام بما فيها من تقلب أسعار النفط والصرف بالإضافة للعوامل الغير اقتصادية كالعوامل السياسية و الحروب و انتشار الأوبئة و الكوارث الطبيعية شهد سوق السيارات تقلباً كبيراً في طلبات العملاء وتغيرات كثيرة ومفاجئة لأذواقهم ، مما أسفر عن بيئات يتخللها الشك وعدم اليقين الذي يؤدي لقرارات سريعة خاطئة أحياناً و فشل في التنبؤ للمستقبل القريب والبعيد ، لذلك وُجد المنطق الضبابي [6]-[7] ، ليحل أزمات الشك وعدم اليقين ويساعد الخبراء في اتخاذ قرارات صحيحة في ظل ظروف و بيئات غير صحيحة ، وتم اختيار شركة TOYOTA Motors كحالة واقعية للدراسة ، حيث من الممكن تطبيق النظام المقترح كخطة سنوية لتوقع الطلب و المخزون بناء على كمية الطلب ، وقد تم اعتماد برنامج Matlab لتنفيذ النموذج الضبابي المقترح.

ii. شركة تويوتا:

شركة تويوتا للسيارات (باليابانية: トヨタ自動車株式会社) ، (بالإنجليزية: Toyota Motor Corporation) هي شركة يابانية متعددة الجنسيات لصناعة السيارات يقع مقرها الرئيسي في تويوتا ، آيتشي ، اليابان [8]-[12]. في عام 2017، كانت سادس أكبر شركة في العالم من حيث الإيرادات. اعتباراً من عام 2017، تعد تويوتا أكبر مصنع للسيارات. تويوتا هي أول شركة مصنعة للسيارات في العالم تُنتج ملايين السيارات سنوياً ، وذلك منذ عام 2012 .

iii. عوامل عدم اليقين المؤثرة في بيئة السيارات (Uncertainty factors):

هنا سنسرد أهم ثلاث عوامل ساهمت ولا زالت تُساهم في خلق حالات من الشك وعدم اليقين ضمن بيئات صناعة السيارات.

A. سعر الصرف (exchange rate):

يُقي التضخم واضطراب سلاسل التوريد العالمية بظلال قائمة على تجارة السيارات في العالم مما أدخلها في حالة من الركود ظهرت أعراضه بشكل كبير خلال الآونة الأخيرة [1]-[10]. حيثُ هناك عدّة عوامل تساهم بشكلٍ أو بآخر في تضخم سعر الصرف للعملة المختلفة حول العالم فالحروب مثلاً لها دور كبير في ارتفاع أسعار الصرف وانخفاضها حيث تصاحب الحروب أزمات اقتصادية ، كما أنّ الكوارث الطبيعية و الأمراض و الأوبئة تؤثر في سعر الصرف ، كما شهدنا في الآونة الأخيرة نتج عن جائحة كورونا العديد من الأزمات الاقتصادية و النفسية.

B. سعر الوقود (fuel price):

مُتغيّر من الضروري دراسته والتعمق فيه حيث يلعب دوراً هاماً في عمليات التوريد والتصنيع و النقل كما له تأثير كبير على مبيعات السيارات [11]-[16] ، حيثُ تختلف أسعار الوقود بين بلد و آخر ينتج عن هذا الاختلاف الكثير من الفروقات في المبيعات ، فنلاحظ من خلال البحث أنه يوجد في البلدان التي تشهد ارتفاعاً في أسعار البنزين أو الوقود بشكلٍ عام إقبالاً قليلاً على شراء السيارات خاصّةً غير الاقتصادية منها، وهناك عامل مشترك أيضاً مع غلاء أسعار الوقود و هو دخل الشخص حيث تشهد بعض الدول مثلاً سعراً للوقود يعتبر الأقل بالنسبة لغيرهم من الدول ولكن هناك تدنياً ملحوظاً في دخل الفرد مما يؤدي إلى تدني الإقبال على شراء السيارات بل و الإقبال على السيارات

الموفرة للوقود و الاقتصادية ذات المحركات العادية السعة ، أو السيارات التي تعمل بالطاقة البديلة و طاقة الهيدروجين وهذا يدفع بمصانع السيارات إلى إنتاج المزيد من السيارات من هذا النوع.

C. انتشار الأوبئة (epidemics spread):

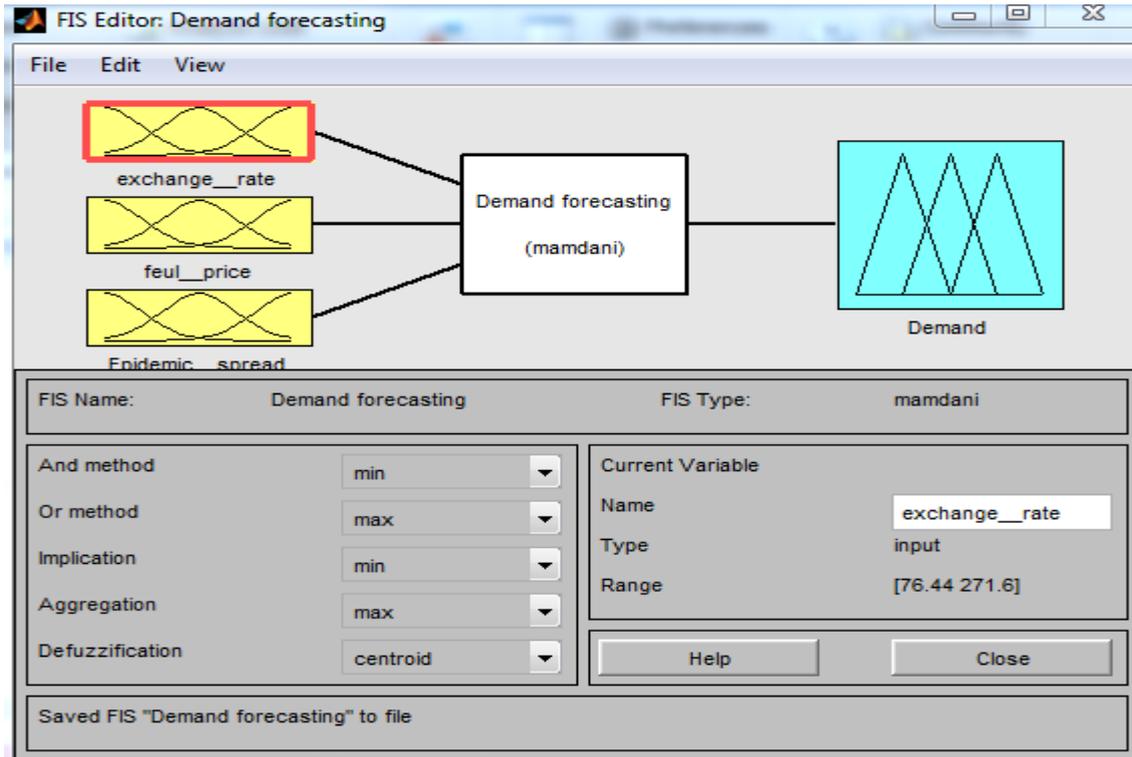
تركت أزمة covid-19 تداعيات هائلة وغير مسبوقه على صناعة السيارات في العالم وشملت أعراض الإصابة تعطل صادرات قطع الغيار الصينية، وانقطاع التصنيع على نطاق واسع في جميع أنحاء أوروبا [13]، مما وضع ضغوطاً شديدة على صناعة تتعامل بالفعل مع تحول في الطلب العالمي في ظل نمو صناعة السيارات، و هذا يشير إلى عامل عدم يقين مهم جداً و مؤثر في مجال صناعة السيارات.

iv. نموذج النظام المقترح:

عندما لا يمكن تلبية طلب العميل بسبب عدم كفاية المخزون ، أو عندما يكون هناك مخزون فائض عن طلب العملاء سينتج خسارة كبيرة للشركة، لذلك لا بد من دراسة دورية لحالة المخزون ودراسة عوامل عدم اليقين المؤثرة على طلب العملاء. يتضمن النموذج المقترح عدة مراحل تبدأ بعملية تسمى عملية التضييب وتتضمن هذه المرحلة تحديد توابع العضوية (توابع انتماء العناصر للمجموعات الضبابية المختلفة) لمتغيرات الدخل والخرج [9] ، تليها عملية توليد قواعد الاستدلال الضبابية تتضمن تحديد نتيجة كل قاعدة ، تليها مرحلة فك التضييب وهي المرحلة الأخيرة تتضمن تحويل النتيجة الضبابية الواحدة لكل قواعد الاستدلال السابقة إلى رقم صحيح غير ضبابي ويتم اتخاذ القرار بناءً على نتيجة هذه المرحلة. وللتذكير هناك نوعين من الطرق لتوجيه سلسلة التوريد:

- 1- يؤثر طلب العملاء بشكل مباشر في سلسلة التوريد ويؤدي للتغيير في مستويات المخزون لدى المستويات المختلفة لسلسلة التوريد .
- 2- يقوم خبير بإحداث تغييرات بشكل دوري في مستويات المخزون حسب خبرته ومعرفته بالسوق وطلبات العملاء.

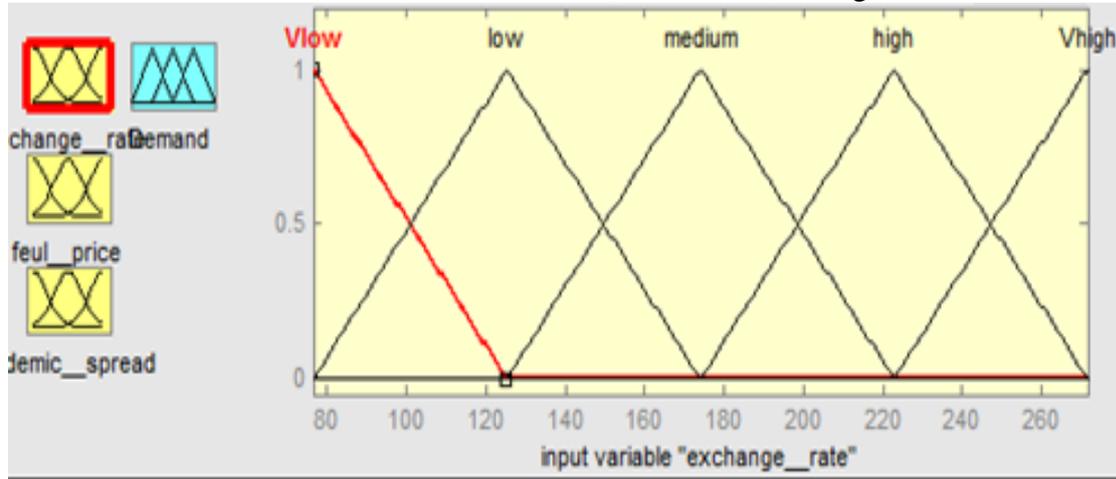
في دراستنا تمّ اعتماد الطريقة الأولى لتوجيه سلسلة التوريد ، ويتكون النظام المقترح من ثلاث مدخلات (تشكل أكثر عوامل عدم اليقين تأثيراً في مجال صناعة السيارات) وهي سعر الصرف (exchange rate) وسعر الوقود (fuel price)، وانتشار الأوبئة (epidemics spread)، وخرج واحد فقط وهو الطلب (demand) ، يوضح الشكل (3) واجهة fuzzy tool وهي أداة تصميم وبرمجة إعدادات النظام الضبابي في برنامج ماتلاب وتتكون هذه الواجهة من عدة أقسام ، القسم الأول هو القسم العلوي يعرض مكونات النظام وفي حالتنا هذه يتكون النظام من ثلاث مداخل وخرج واحد كما ذكرنا، والقسم السفلي يتكون من قسمين الأيسر هو قسم إعدادات النظام ويحتوي على العمليات التي سيتم استخدامها، حيث في هذا القسم يتم تحديد العمليات الضبابية المستخدمة (العمليات المنطقية and , or) وطريقة فك التضييب المستخدمة وهي طريقة المركز centroid ، أما القسم الأيمن فيمكننا من تغيير أسماء المداخل و المخرج .



الشكل (3) - هيكلة النموذج الضبابي المقترح لمعالجة عوامل عدم اليقين

1- توابع العضوية الخاصة بسعر الصرف (Membership functions):

تمّ اعتماد تابع العضوية المثلثي triangular Membership function لتمثيل درجات الانتماء لسعر الصرف حيث يتم تمثيل المجال الخاص بالمجموعات الضبابية ذات توابع العضوية المثلثية الشكل بالصيغة التالية: [Mini value , average value , max value]



الشكل (4) - توابع العضوية للدخل الأول: سعر الصرف

وقد تمّ اختيار مجال سعر الصرف وفقاً لتغير سعر الصرف بالنسبة للعملة اليابانية حيث البلد المنشأ لسيارات تويوتا وهي الين الياباني وبالرجوع إلى البيانات السابقة وفقاً لدراسة أجريتها تبين أن سعر صرف العملة اليابانية (الين الياباني حيث الشركة المصنعة) مقابل الدولار قد تراوح ضمن المجال [76.4, 271.6] خلال السنوات الماضية حتى يومنا هذا كما هو موضّح في الشكل (5)، حيث يحتوي الشكل على دراسة إحصائية لتغير سعر الدولار مقابل الين

لمعرفة أعلى قيمة وصل إليها الين مقابل سعر الصرف منذ عام 1985 حتى عام 2023 و كما هو موضح في الشكل (5) بلغ سعر الصرف 133.21 ين ياباني لكل 1\$ وذلك في الثالث عشر من شهر آذار من العام الحالي، حيث أنّ المحور الأفقي يمثل السنوات السابقة والمحور العمودي يمثل تقسيمات لمجال تغير سعر الصرف مقابل الين الياباني خلال تلك السنوات السابقة.



الشكل (5) - سعر صرف الدولار مقابل الين الياباني [10]

بالعودة لتتابع العضوية نجد أن هناك خمس توابع عضوية (مجموعات ضبابية) وهي:

Very low [76.44 , 125.2]

Low [76.44 , 125.2 , 174]

Medium [125.2 , 174 , 222.8]

High [174 , 222.8 , 271.6]

Very high [222.8 , 271.6]

مع الإشارة إلى أنه تم تقسيم مجالات المجموعات الضبابية في هذا البحث كاملاً بحيث تكون القيمة الأعظمية للمجموعة الضبابية السابقة مساوية للقيمة الوسطية للمجموعة الحالية.

٢ - توابع العضوية الخاصة بسعر الوقود:

قمنا بتمثيل توابع العضوية للدخل الثاني وهو سعر الوقود، حيث تم اعتماد triangular Membership function أيضاً لتمثيلها واشتملت كذلك على خمسة توابع عضوية تتراوح قيم مجالاتها الفرعية ضمن المجال الرئيسي [0.022, 2.9] حيث تم اشتقاق توابع العضوية وفقاً للدراسة والبحث حيث توصلنا إلى مجموعة من قيم سعر الوقود الموجودة سابقاً في مختلف البلاد و ذلك لمراعاة أمور التصنيع و التوريد و النقل و الأزمات ، مع الإشارة إلى أنه من الممكن أن يتواجد الموردون في بلاد مختلفة عن بلد التصنيع. والمجموعات الضبابية ممثلة كالآتي:

Very cheap [0.022 , 0.7415]

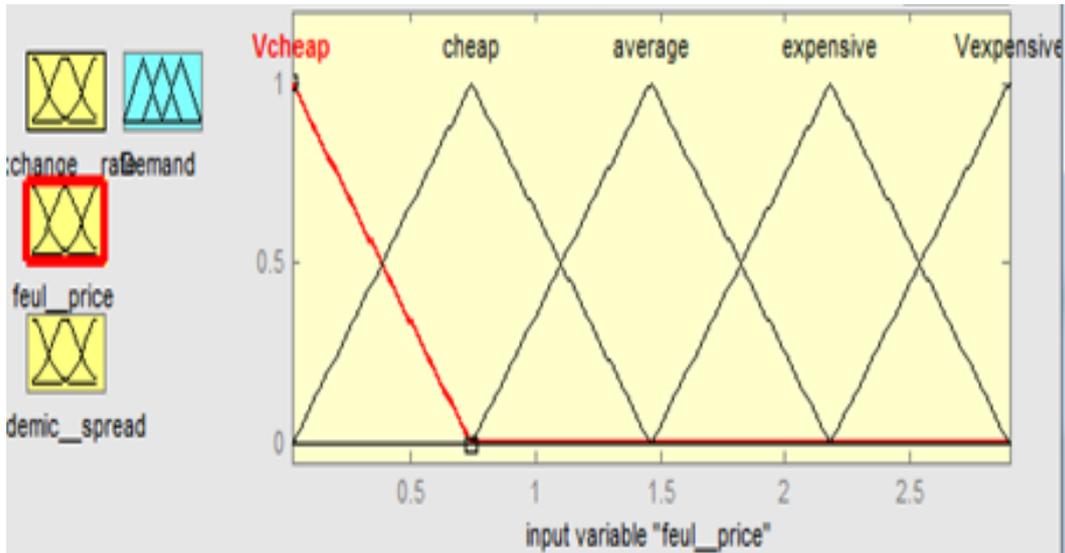
Cheap [0.022 , 0.7415 , 1.461]

Average [0.7415 , 1.461 , 2.181]

Expensive [1.461 , 2.181 , 2.9]

Very expensive [2.181 , 2.9]

الشكل (6) يوضح مجالات المجموعات الضبابية الخاصة بسعر الوقود.



الشكل (6) - توابع العضوية للدخل الثاني: سعر الوقود

٣- توابع العضوية الخاصة بانتشار الأوبئة:

قمنا أيضاً بتمثيل توابع العضوية للدخل الثالث وهو انتشار الأوبئة، حيث تم اعتماد trapezoidal Membership function أيضاً لتمثيلها واشتملت على ثلاثة توابع عضوية وهي انتشار خفيف ومتوسط وكبير تتراوح قيم مجالاتها الفرعية ضمن المجال الرئيسي $[0,1]$ ، و تمّ اعتماد المجال $[0,1]$ لتمثيل المجموعات الضبابية الخاصة بانتشار الأوبئة لتقدير احتمال (نسبة) انتشار الأوبئة عالمياً خلال السنوات السابقة من كوفيد-19 و الكوليرا وجذري القرد... الخ، حيث يتم تمثيل المجال الخاص بالمجموعات الضبابية ذات توابع العضوية ذات الشكل شبه المنحرف بالصيغة التالية:

[Min , first average , last average , max]

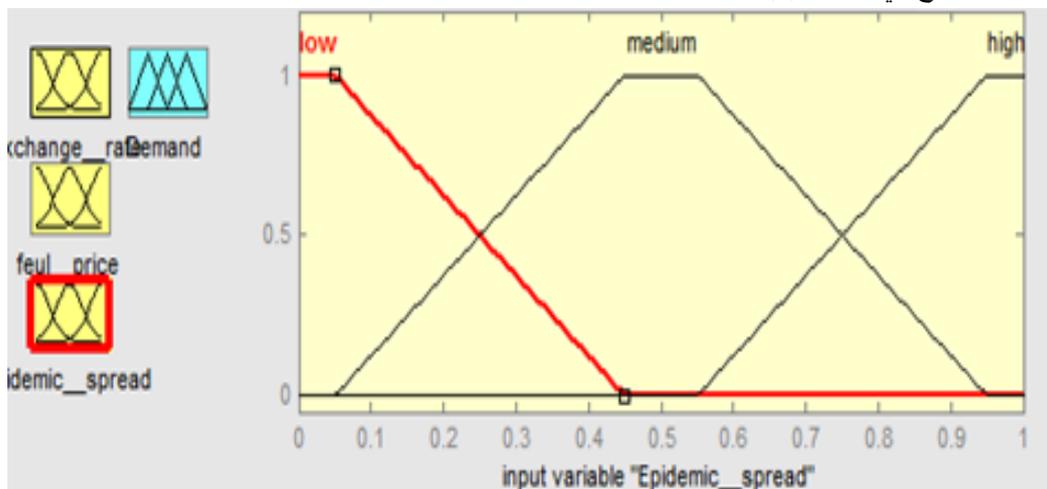
وبذلك تكون المجالات الضبابية الخاصة بانتشار الأوبئة كالتالي:

Low [0 , 0.05 , 0.45]

Medium [0.05 , 0.45 , 0.55 , 0.95]

High [0.55 , 0.95 , 1]

كما هو موضح في الشكل (7)، حيث يبين المجموعات الضبابية الخاصة باحتمال انتشار الأوبئة:



الشكل (7) - توابع العضوية للدخل الثالث: انتشار الأوبئة

٤- -توابع العضوية الخاصة بطلب العملاء

تمّ تمثيل توابع العضوية للخرج الوحيد وهو الطلب ، و يتراوح الطلب بين قليل ومنخفض و متوسط و مرتفع وكثيف، حيث تم افتراض أن أقل عدد من السيارات المنتجة هي $500000(5e+5)$ و أعظم قيمة هي $2000000(2e+6)$ ، اعتماداً على القيم التاريخية الموجودة سابقاً لعدد السيارات المنتجة سنوياً من قبل شركة تويوتا، حيث تبيّن من خلال البحث أنه يمكن لتويوتا تصنيع وبيع ما يصل إلى أكثر من مليوني سيارة سنوياً. و ذلك وفقاً للمجالات التالية:

Little [500000, 875000]

Low [500000 ,875000 , 1250000]

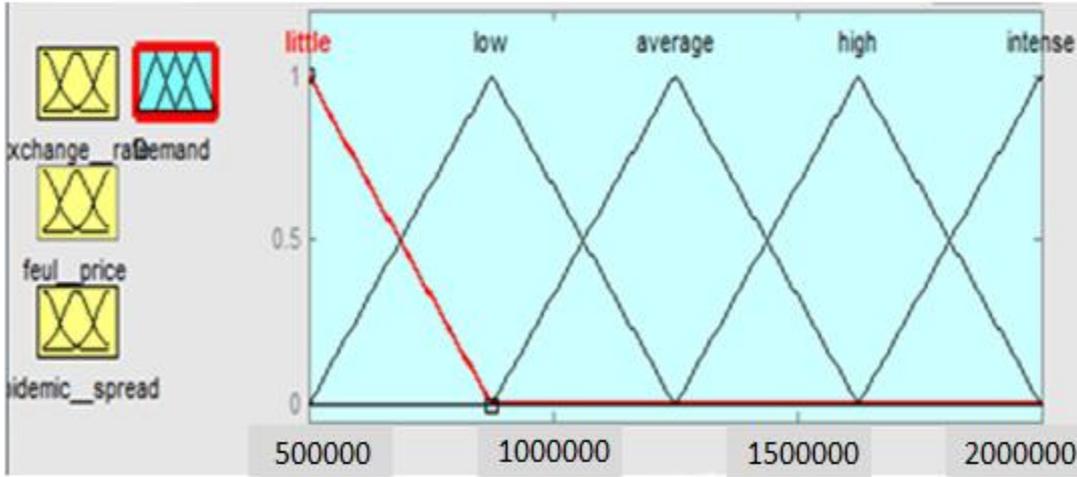
Average [875000 , 1250000 , 1630000]

High [1250000 , 1630000 , 2000000]

Intense [1630000 , 2000000]

الشكل (8) يوضح المجموعات الضبابية (توابع العضوية) للخرج ، حيث تم اختيار المجال الكلي للخرج

بين 500000 و 2000000 سيارة.



الشكل (8) - توابع العضوية للخرج: طلب العملاء

بالاعتماد على الخبرة البشرية تمّ كتابة مجموعة القواعد الضبابية rules حيث بلغ عدد القواعد 75 قاعدة وذلك لأنّ عدد القواعد يحسب من خلال جداء عدد المجموعات الضبابية لكل مداخل النظام ، حيث لدينا دخلين (سعر الصرف و سعر الوقود) بخمس مجموعات ضبابية ، والدخل الثالث وهو انتشار الأوبئة بثلاث مجموعات ضبابية ، وفقاً لذلك ينتج لدينا التالي:

$$\prod \text{all of input membership functions} = \text{The number of fuzzy rules}$$

نعوض عدد توابع العضوية (المجموعات الضبابية):

$$\prod 5 * 5 * 3 = 75 \text{ rules}$$

وكانت القواعد كالتالي (عينة من القواعد):

1. If (exchange rate is Vlow) and (feul price is Vcheap) and (Epidemic spread is low) then (Demand is intense) (1)
2. If (exchange rate is Vlow) and (feul price is Vcheap) and (Epidemic spread is medium) then (Demand is high) (1)

3. If (exchange rate is Vlow) and (feul price is Vcheap) and (Epidemic spread is high) then (Demand is average) (1)
4. If (exchange rate is Vlow) and (feul price is cheap) and(Epidemic spread is low) then (Demand is intense) (1)
5. If (exchange rate is Vlow) and (feul price is cheap) and (Epidemic spread is medium) then (Demand is high) (1)
6. If (exchange rate is Vlow) and (feul price is cheap) and (Epidemic spread is high) then (Demand is average) (1)

٧. النتائج:

تحليل نتائج النظام المقترح ومقارنتها مع النتائج الحسابية وحساب النسبة المئوية للخطأ :

في الجدول-1 نستعرض النتائج التي قمنا باختبار النظام من خلالها ، حيث قمنا بإعطاء قيم حقيقية لمداخل النظام بحيث تقع هذه القيم ضمن المجالات المحددة للمداخل الثلاثة (سعر الصرف ، سعر الوقود ، انتشار الأوبئة)، بناءً على دراسة قمنا بها لمعرفة القيم الممكنة للمداخل حيث تتضمن هذه القيم أرقاماً حقيقية لمداخل النظام ، وذلك لاختبار النظام عند عدة قيم حقيقية موجودة تم الحصول عليها من الإحصائيات السابقة بحيث يقوم النظام بالتنبؤ بعدد السيارات اللازم إنتاجها في ظل جميع الظروف المدروسة ، و تم ترتيب تسلسل الجدول تصاعدياً اعتماداً على السنوات السابقة من الأقدم إلى الأحدث و ذلك باختيار قيم حقيقية مختلفة لسعر الصرف بما فيها قيمة تقريبية حقيقية لسعر الصرف الحالي (133 ين) [الشكل(5)] ، مع قيمة حقيقية لسعر الوقود و احتمال وجود الأوبئة و الأمراض السارية في تلك السنة المحددة ، مع مراعاة تغير سعر الصرف خلال السنة الواحدة في بعض الأحيان ، فكانت لدينا النتائج التالية المبينة في الجدول أدناه لاختبار قدرة النظام على إعطاء قيمة حقيقية للخروج و هو الطلب في ظروف مختلفة و بذلك مساعدة الشركة على اتخاذ القرار بشأن عمليات التوريد الخاصة بصناعة السيارات اللازمة لإنتاج العدد المطلوب من السيارات، مع حساب نسبة الخطأ ومعدل الخطأ الكلي لاختبار النظام.

الجدول-1 يوضح نتيجة (خرج) النظام بناءً على عينة من القيم المختلفة و الحقيقية (الموجودة سابقاً) للدخل ويحتوي الجدول على قيمة خرج النظام المقترح (استجابة النظام للمداخل) ، و قيمة الخرج المحسوب الحقيقي (المحسوب فعلياً) ، و لاختبار دقة النموذج المقترح قمنا باعتماد النسبة المئوية للخطأ وذلك لحساب النسبة المئوية للفرق بين خرج النظام المقترح و الخرج المحسوب الحقيقي عند نفس القيم المستخدمة لمداخل النظام.

جدول-1 حساب دقة النموذج بمقارنة خرج النظام المقترح مع الخرج المحسوب الحقيقي وحساب النسبة المئوية للخطأ

النسبة المئوية للخطأ لحساب دقة النموذج	الخرج المحسوب الحقيقي	خرج النظام المقترح(الطلب)	احتمال انتشار الأوبئة	سعر الوقود	سعر الصرف	السنة
2%	833333	815000	0.6	1.6	223	1984
3%	1032894	999000	0.6	1.7	200	1/1986
1.6%	1250000	1230000	0.5	1.5	176	3/1986
2%	875000	850000	0.5	1.8	250	1988
0.08%	915178	916000	0.7	2	210	1990
0.2%	1122682	1120000	0.4	2.2	206	1991
0.4%	1394000	1400000	0.5	1.2	166	1995
0.00%	1579988	1.580000	0.2	0.6	140	1998
3%	1962444	1900000	0.1	1.3	120	2002
3%	1854400	1790000	0.2	0.9	118	2006
0.3%	1693742	1700000	0.1	1.3	128	2007
2%	1410000	1440000	0.3	1.9	99	2008
4%	1890000	1810000	0.05	0.5	96	2011
1%	1870000	1840000	0.1	0.5	86	1/2012
1%	1890000	1860000	0.1	0.6	86	9/2012
0.6%	1430000	1420000	0.6	1.6	100	2014
1.7%	1303333	1280000	0.7	1.2	108	2019
1%	1000100	988000	0.95	1.2	104	2020
4%	1488125	1270000	0.9	1.3	110	2021
4%	1692333	1620000	0.4	1.2	136	2022
3%	1504857	1460000	0.5	1.2	133	2023
1.8%						معدل الخطأ الكلي

نلاحظ من الجدول (1) أن النظام المصمم قد أعطى قيم مختلفة للخرج عند قيم مختلفة حقيقية (موجود

سابقاً) للدخل.

٤. مناقشة النتائج والاستنتاجات:

تقترح هذه الدراسة نموذج ضبابي لمعالجة عوامل عدم اليقين التي تؤثر سلباً على اتخاذ القرارات ضمن سلاسل التوريد وتنظيم المخزون في المنظمات الصناعية، في هذا العمل تم تطوير نموذج لتصميم سلسلة التوريد في صناعة السيارات، هذا النظام قادر على اتخاذ القرار والتنبؤ بعدد محدد من السيارات في ظل تأثير عوامل عدم اليقين على بيانات صناعة السيارات حيث أن استخدام أدوات ذكاء الأعمال لها دور فعال في بناء أنظمة لدعم القرار لمساعدة المؤسسات في تحسين مستوى المنافسة في ظل ظروف البيئة المتغيرة و تم دمجها مع تقنيات المنطق الضبابي لإدارة سلسلة التوريد وذلك لإعطاء نتائج أفضل من سلاسل التوريد التقليدية في إدارة المخاطر الناتجة عن مجموعة من عوامل عدم اليقين. ونلاحظ من النتائج التي بيّناها في الجدول-1 أن النظام أعطى قيم للخروج (الطلب) متقاربة من القيم المحسوبة الحقيقية مع فارق بسيط أحياناً، حيث تراوحت قيمة النسبة المئوية للخطأ بين 0.0% كأدنى قيمة للخطأ و 4% كأعلى قيمة للخطأ و بمعدل خطأ كلي مساوٍ إلى 1.8% وهو معدل جيد جداً في هذا النوع من الأنظمة وهذا الخطأ صغير جداً بالمقارنة مع هذا العدد الضخم من السيارات المنتجة، وذلك من خلال إعطاء قيم حقيقية واقعية لسعر الصرف وسعر الوقود وتحديد احتمال حقيقي لانتشار الأوبئة في سنة محددة سابقة حيث نلاحظ من القيم المدخلة لعام 2020 أن النظام توقع قيمة 988000 سيارة وهي قيمة تعتبر قليلة بالمقارنة مع عدد السيارات المتوقعة للسنوات الأخرى و ذلك بسبب الانتشار الكبير لوباء كورونا في ذلك العام وبذلك يكون النظام قد ساعد المدراء على اتخاذ قرار بعدد السيارات اللازمة للمخزون بدون زيادة مما يضمن ربح الشركة وزيادة قيمتها التنافسية، أما للعام الحالي 2023 فقد تنبأ النظام بما يقارب المليون سيارة ونصف المليون وذلك اعتماداً على القيم الحالية لسعر الصرف والوقود في البلد المنشأ وانتشار الأوبئة عالمياً حيث تم إعطاء قيمة وسطية لاحتمال انتشار الأوبئة.

ويهدف هذا النظام إلى دعم اتخاذ القرارات الإستراتيجية، ويغطي مجموعة من الميزات المختلفة للبيانات الواقعية والعملية، مثل آفاق التخطيط المستقبلي للأسواق بناءً على نتائج التنبؤ بالطلب على المنتجات وهذا ما يميز عملنا عن الدراسات السابقة التي تم ذكرها (حيث لم يتم معالجة عوامل عدم اليقين المؤثرة على الطلب)، حيث يتم من خلال هذا النهج المقترح معالجة عوامل عدم اليقين التي تؤثر على الطلب، مثل انتشار الأمراض و الأوبئة، والقضايا الدولية مثل أسعار الصرف و أسعار الوقود وربطها مع بعضها وهذا ما لم يتم معالجته في الدراسات السابقة (وبالتالي النظام المقترح أفضل حيث تم التحسين بنسبة جيدة عن الدراسات السابقة)، كما أن هذا البحث مبني على حالة واقعية وبالتالي مساعدة الخبراء والمدراء في قطاع السيارات على التنبؤ بطلبات العملاء وتحديد المستوى الأمثل للمخزون. وهذا النموذج الذي تم اقتراحه يمكن تطويره و استخدامه للعمل في كافة الشركات ليساعد على اتخاذ القرار في ظل ظروف عدم اليقين. حيث في الوضع الاقتصادي الحالي، و مع محاولة الصناعة التعافي من الانكماش العميق، تبدو أهداف هذه الرسالة أكثر جدوى حيث تناولت هذه الدراسة عوامل وبيانات عدم اليقين بطريقة مختلفة عن سابقتها فقد عالجت مجموعة من معاملات عدم اليقين مع بعضها البعض ليتم اتخاذ القرار اعتماداً على جميع مؤشرات عوامل عدم اليقين التي تم ذكرها.

٥. التوصيات و الآفاق المستقبلية:

- إضافة عوامل عدم يقين أخرى تؤثر بشكل أو بآخر على الطلب و العرض في صناعة السيارات العالمية.
- دراسة تأثير عوامل عدم يقين أخرى مع الطلب غير المؤكد على المخزون النهائي.

٦. المراجع والمصادر:

- [1] ALAMI,L; Rao,F.2008, *Exchange rate risk in Automobile Industry*,70.
- [2]Cheng,Ch.2006,*Fuzzy Inventory control of a supply chain*,www.researchgate.net,Tamkang University,7.
- [3]DIWAN,V;Verma,D,S.2013,*Analysis of supply chain management distructive situations*.2229-712x,Elixir Mgmt,4.
- [4]Georgiadis, D. Vlachos; E.2020. *Iakovou, A system dynamics modeling framework*.
- [5] SAROHA,P.2013.*Supply chain management tool of business process Integration*. Delhi,24.
- [6] Su, R.-H., Yang, D.-Y., & Pearn, W. L. (2011), *Decision-making in a single-period inventory environment with fuzzy demand*. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1909 1916
- [7]PHRUKSAPHRANRAT,B.2012,*Fuzzy inventory control system for uncertain demand and supply*, www.researchgate.net,IMECS,7.
- [8] Toyota Motor Corporation. (2018a). *Business Insights: Global*.
- [9]<https://www.mathworks.com/help/fuzzy/fismf.html>,2023.
- [10]<https://www.google.com/search?q=hg%5D%2Cghv+lrhfg+hgdk&oq=hg%5D%2Cghv+lrhfg+hgdk&aqs=chrome..69i57j0i1i512l2j0i1i10i512j0i1i10i512l2.5397j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> , last visit 3/2023.
- [11]https://ar.globalpetrolprices.com/gas/oline_prices ,last visit 4/2023.
- [12] <https://www.toyota.com>,2023.
- [13]https://scholar.google.fr/scholar?q=epidemic+spread+affect+on+vehicle+industry&hl=ar&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart,2022.
- [14]https://www.researchgate.net/publication/259751254_Fuzzy_Inventory_Modelshttp://b.i.galegroup.com.huaryu.kl.oakland.edu/global/article/GALE,2021.
- [15] https://www.researchgate.net/publication/228765967_Business_Intelligence,2023.
- [16] investopedia.com/articles/personal-finance/062515/do-oil-prices-affect-auto-industry.asp,2022.