بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

دراسة مقارنة بين نموذج مخزون الأمان الثابت والمحاكاة لاتزان مستوى المخزون

(دراسة حالة بيانات أدوية مرض الملاريا بولاية شمال كردفان ٢٠١٣ – ٢٠١٦)

A comparative study between the Static Safety Stock Model and Simulation of Balance of Inventory Level

(A case study of the Pharmaceutical Data of Malaria Disease in North Kordofan State 2013–2016)

بحث مقدم لنيل درجة الدكتوراه في الإحصاء

إعداد الدارس :	المشرف المعاون :	إشراف الـــــدكتور :
علي يسن الإمام	د.خالد رحمة الله خضر	أحمد عبد الله مُحَمَّد حمدي

العام 2019 م

Sudan University of Science & Technology

College of Graduate Studies

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

صفحة الموافقة

اسم الباحث : علي يسن الامام عبد

عنوان البحث : دراسة مقارنة بين نموذج مخزون الأمان الثابت والمحاكاة لاتزان مستوى المخزون (دراسة حالة بيانات أدوية مرض الملاريا بولاية شمال كردفان ٢٠١٢م - ٢٠١٦م)

موافق عليه من قبل :

الممتحن الخارجي

الاسم: د. حمزة ابو العز حمزة

التوقيع: ..... التاريخ: 2019/5/30

الممتحن الداخلي

الاسم: د. مختار هاشم عبد الصديق

التوقيع: ..... التاريخ: 2019/5/30م

المشرف

ع/الاسم: د. حاج بدر رحمة الله حفيز شاوي

التوقيع: ..... التاريخ: 2019/5/30م

ص.ب 407 فاكس/ 83 769363 البريد الالكتروني cgs @ sustech edu.

الآية

بِسْمِ اللّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يقول الله عز وجل في كتابه الكريم ﴿**قالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَأَبًا فَما حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلاَّ قَلِيلًا مِمَّا تَأْكُلُونَ﴿٤٧﴾ ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذلِكَ سَبْعٌ شِدادٌ يَأْكُلْنَ ما قَدَّمْتُمْ لَهُنَّ إِلاَّ قَلِيلًا مِمَّا تُحْصِنُونَ﴿٤٨﴾ ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذلِكَ عامٌ فِيهِ يُغاثُ النَّاسُ وَفِيهِ يَعْصِرُونَ ﴿٤٩﴾**﴾

سورة يوسف الآيات ٤٧-٤٩ .

الإهـــــــــداء

إلى أبي وأمي حباً وتقديراً

إلى أبنائي و زوجتي وأشقائي الأعزاء

إلى كل من ساهم معي في انجاز هذا البحث المتواضع

راجياً من المولى عز وجل أن يجد النجــاح والقبول

راجياً من المولى عز وجل أن يكتب لي ولكم التوفيق دائماً.

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا مُحَمَّد وعلى آله وصحبه أجمعين . أشكر الله سبحانه وتعالى الذي أعانني على إكمال هذا البحث و أحمده حمداً كثيراً إلى يوم الدين ،ثم الشكر موصول إلى إدارة ومنسوبي جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا التي أتاحت لنا فرصة نيل درجة الدكتوراه في الإحصاء. ثم أتقدم بالشكر وعظيم الامتنان إلى الأخ الطيب الذكر المشرف الدكتور / **أحمد مُحَمَّد عبد الله حمدي** ، الذي كان له الفضل الغالي في إنجاز وإكمال هذا العمل ومعاونه الفاضل الدكتور/ **خالد رحمة الله**. كما أتقدم بالشكر والتقدير إلى الدكتور / **عبد الله أحمد الخليفة** بجامعة وادي النيل قسم الإحصاء الذي له القدح المعلى في بداية مشوار هذا البحث أيضاً والشكر موصول إلى عائلتي وخاصة ابنتي التي لها دور كبير في كتابة وتنسيق هذا البحث ، والله ولي التوفيق .

الباحـــث

المستخلص

تمثلت مشكلة الدراسة بأنه ليس هنالك تحديد أمثل لمستوى كمية مخزون الأمان لأدوية وعقاقير الملاريا بولاية شمال كردفان، مما أدى لاستخدام بعض النماذج الكمية لضبط المخزون مثل نموذج الكمية الاقتصادية للطلب EOQ الاحتمالي اعتماداً على أمثلية مستوى الخدمة والتكاليف المتوقعة، تفادياً لفقد العلاج وهدر الموارد. لكن يندر ذلك باعتبار أن الطلب متغير عشوائي بالتالي تم تطبيق أسلوب المحاكاة لحساب معدل الطلب (D) من أجل المقارنة بينهما.هدفت هذه الدراسة لتحديد كمية مستوى المخزون المثلى مما يؤدي إلى مساعدة الإدارة في اتخاذ القرارات المتعلقة بالمشكلات الإدارية.حيث استخدم الباحث المنهج الوصفي والاستقرائي لتحليل بيانات العينة وبإدخال البرامج الحاسوبية مثل الـ WinQSB وبرنامج الـ Minitab كذلك برنامج Excel بالإضافة إلى المنهج التاريخي في سرد الدراسات السابقة. تحتوي الدراسة على خمسة فصول ، أولها تناول الإطار العام للبحث ، الفصل الثاني عرض بحوث العمليات من حيث تاريخ النشأة والمفهوم ومجالات تطبيقاتها الحياتية وأهمها مفهوم المحاكاة لأن إجراء التجربة على النظام نفسه في معظم الأحيان صعباً وباهظ التكاليف ويحتوي على شيء من المخاطرة في زيادة الطلب على الأدوية، الفصل الثالث ناقش نماذج ضبط ومراقبة المخزون بالإضافة إلى الفصل الرابع الذي تناول الجانب التطبيقي الميداني والفصل الخامس كان بخصوص النتائج والتوصيات . وتكمن نتائج الدراسة في استخدام النماذج الكمية التي تمثلت في الأسلوب العلمي الفعال اقتصادياً مما لها أثر كبير في تخفيض ظروف المخاطرة والنماذج الاحتمالية. فإن إيجاد معدل الطلب بالمحاكاة وبطريقة مونت كارلو أدى إلى تقليل الانحراف المعياري لمعدل الطلب ومنها تم الوصول إلى مستوى خدمة معقول مقابل أقل تكاليف متوقعة لتجنب الهدر وتوفير الموارد. ومن أهم التوصيات يجب تحديد العدد الأمثل للطلبيات مما يؤدي إلى تقليل وانخفاض قيمة تكاليف التخزين مقارنة بمستوى المخزون، كذلك الاهتمام بمعدل انخفاض نسبة الفاقد والتالف بسبب التخزين والتداول، بإتباع الأساليب الحديثة من أجل توفير موارد اقتصادية وكادر بشري ذو كفاءة متقدمة لتحسين مستوى مخزون الأمان.

Abstract

The problem of the study was represented in the lack of optimal determination of the level of the amount of safety stock for malaria drugs in North Kordofan State, which led to the use of some quantitative models to control the stock such as the economic quantity model (EOQ) of the potential demand based on the optimum level of service and expected costs in order to avoid loss of treatment and waste of resources, however that does not happen much because the demand is a random variable, therefore, a simulation method has been applied to calculate the rate of demand for comparison. The objective of this study is to determine the optimal level of stock, which helps the administration in making decisions related to administration problems. The researcher used the descriptive and inductive method to analyze the ample data and introduce computer programs such as WinQSB, Minitab and Excel in addition to the historical method in the narrative of previous studies. The study contains five chapters. The first chapter deals with the general framework research, the second chapter presents the operation research in terms of origin and concept of simulation because the experiment on the system itself is often difficult and expensive and contains some risk in increasing the demand for medicine. Chapter Three discussed models of stock control, and chapter four deals with the applied field, and the fifth chapter is related to the conclusions and recommendations. The results of the study

are based on the used quantitative models, which were represented in the economically effective scientific method that has a significant impact in reducing the conditions of risk and probability models. The creation of the demand rate by simulation and the Monte Carlo method led to the reduction of the standard deviation of the demand rate, from which a reasonable level of service was reached for the lowest expected costs in order to avoid waste and save resources. The recommendations include determining the optimum number of orders, which leads to reducing and decreasing the value of storage costs compared to the level of inventory, and also attention should be paid to the rate of low percentage of loss and damage due to storage and circulation. The study also recommends that modern methods should be followed in order to provide economic resources and human efficiency to improve the level of safety stock.

فهرس المحتويات

الرقم	المحتويات	الصفحة
	الآية	i
	الإهداء	ii
	الشكر والتقدير	iii
	المستخلص	iv
	Abstract	v
	فهرس المحتويات	vii
	فهرس الجـــداول	x
	فهرس الأشكال	xi
	الفصل الأول :المقدمة	
(1–1)	تمهيد	١
(2–1)	مشكلة البحث	٢
(3–1)	أهمية البحث	٢
(4–1)	أهداف البحث	٢
(5–1)	أسئلة البحث	٣
(6–1)	منهجية البحث	٣
(7–1)	هيكل البحث	٣
(8–1)	مصادر بيانات البحث	٤
(9–1)	حدود البحث	٤
(10–1)	الدراسات السابقة	٤
	الفصل الثاني : بحوث العمليات وتطبيقاتها	
(1–2)	تمهيد	٧
(2–2)	تاريخ بحوث العمليات وبعض تطبيقاتها	٧
(3–2)	مفهوم بحوث العمليات	٩
(4–2)	استخدام النماذج في بحوث العمليات	١٢
(5–2)	بعض أساليب بحوث العمليات	٢١

(2–6)	مفهوم ونماذج المحاكاة وخطوات عملياتها	٢٣
(2–7)	مزايا وعيوب المحاكاة ومجالات التطبيق	٣٠
(2–8)	توليد الأعداد العشوائية ودورها في المحاكاة	٣٤
(2–9)	أصناف المحاكاة	٣٧
(2–10)	المحاكاة باستخدامات متنوعة	٤١
(2–11)	علاقة اساليب بحوث العمليات بالعلوم الأخرى	٤٣
(2–12)	حدود استخدام بحوث العمليات	٤٧
	الفصل الثالث :نماذج ضبط ومراقبة المخزون	
(3–1)	تمهيد	٤٩
(3–2)	مفهوم المخزون ودوافع الاحتفاظ به ومخاطر الاستثمار فيه	٤٩
(3–3)	طرق تصنيف المخزون	٥٤
(3–4)	معايير كفاءة وفعالية الاستثمار في المخزون	٥٩
(3–5)	دور أهمية المخزون واتخاذ القرارات	٦١
(3–6)	خصائص أنظمة المخزون وإجراءات التخزين	٦٥
(3–7)	هيكلة أنظمة التخزين وتكاليف المخزون	٧٠
(3–8)	نماذج ضبط المخزون	٧٦
(3–9)	النموذج الأساسي للكمية الاقتصادية للطلب	٧٧
(3–10)	نموذج الحجم الاقتصادي للإنتاج	٨٥
(3–11)	نموذج لضبط المخزون مع السماح بالعجز	٨٩
(3–12)	مخزون الأمان الثابت ومستويات الخدمة المستخدمة	٩١
(3–13)	نموذج لضبط المخزون عند مستويات خدمة معينة	٩٣
(3–14)	نظام (نماذج) الدورة الزمنية الثابتة للطلب	٩٦
(3–15)	نموذج التحليل الثلاثي أ.ب.ج لتصنيف المخزون	٩٩
(3–16)	نموذج ضبط المخزون لفترة واحدة مع عدم السماح بالعجز وإهمال تكلفة الطلبية	١٠٤
(3–17)	نموذج التحليل الحدي	١٠٤
	الفصل الرابع : الجانب التطبيقي	

(4–1)	تمهيد	١٠٥
(4–2)	وصف البيانات	١٠٥
(4–3)	تطبيق النموذج	١٠٨
	الفصل الخامس : النتائج والتوصيات	
(5–1)	تمهيد	١٢١
(5–2)	النتـــائـــج	١٢١
(5–3)	التوصـيات	١٢٢
	قائمة المصادر والمراجع	١٢٣
	الملاحق	١٢٨

فهرس الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
(2–1)	خطوات طريقة مونت كارلو لمحاكاة المتغيرات الاحتمالية	٤١
(3 – 1)	العوامل المؤثرة على مستوى المخزون	٧٥
(3 – 2)	المقارنة بين أصناف المخزون الثلاثة ABC	١٠١
(3 – 3)	أساسيات تسيير المخزون المتعلقة بالتحليل الثلاثي	١٠٢
(4–1)	جدول يمثل عدد الوحدات المستهلكة بالآلاف	١٠٥
(4–2)	جدول حساب فروقات التكلفة	١١٣
(4–3)	جدول تكلفة مستويات مختلفة من الخدمة	١١٥
(4–4)	التكاليف المتوقعة لمستويات خدمة مختلفة	١١٧
(4–5)	جدول التوزيع التراكمي للطلبيات	١١٨
(4–6)	جدول حساب النتائج بتنسيق Excel	١١٩

فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل أو الرسم البياني	الصفحة
(2–1)	نموذج القياس الكمي	١٩
(2–2)	مراحل دراسة النظم	٢١
(2–3)	دائرة تغذية ذاتية "feedback" لنظام المحاكاة	٢٦
(2–4)	خطوات عملية المحاكاة	٢٩
(2–5)	دالة الكثافة الاحتمالية للرقم العشوائي في الفترة [0,1]	٣٤
(2–6)	مدخلات ومخرجات محاكاة نظام اقتصادي نموذجي	٤٠
(2–7)	طريقة إيجاد x من دالة التوزيع الطبيعي $F(x)$ بيانياً	٤٢
(3–1)	شبكة دورة المخزون من المنافذ إلى الاستهلاك	٦٢
(3–2)	نظام المعلومات لاتخاذ قرارات المخزون	٦٤
(3–3)	الإجراءات الرئيسية للتخزين	٦٧
(3–4)	إيصال استلام	٦٨
(3–5)	إخطار لقسم الفحص، لفحص مواد مشتراة	٦٩
(3–6)	إذن صرف من المخازن	٧٠
(3–7)	الحالات المختلفة لوصول الطلبية	٧١
(3–8)	نظام كمية الطلب الثابت	٧٨
(3–9)	الدوال T_o،T_h و TCU في نموذج الكمية الاقتصادية للطلب	٨١
(3–10)	الدورات التخزينية وفقاً لنموذج الكمية الاقتصادية للطلب	٨٢
(3–11)	نموذج الحجم الاقتصادي للإنتاج	٨٦
(3–12)	الدورات التخزينية لنموذج ضبط المخزون مع السماح بالعجز	٨٩
(3–13)	مخزون الأمان Ss والتوزيع الطبيعي كتوزيع ل D	٩٤
(3–14)	نموذج الفترة الثابتة	٩٨
(3–15)	متطلبات التوازن الحركي لنظام المخزون	١٠٣
(4–1)	رسم بياني لمدرج و منحنى تكراري	١٠٦
(4–2)	الدورات التخزينية لنموذج الكمية الاقتصادية للطلب	١٠٩
(4–3)	منحنى التكاليف الكلية للطلب	١١٠

(4–4)	مخزون الأمان والتوزيع الطبيعي	١١٤
(4–5)	مستوى الخدمة مقابل تكاليف الحفظ	١١٦

الفصل الأول

المقدمة

يتضمن هذا الفصل النقاط التالية:

تمهيد تعريفي عن أدوية مرض الملاريا وأهميتها وتحديد المستوى الأمثل لها باستخدام نموذج مخزون الأمان والمحاكاة، مشكلة البحث وأهمية وأهداف البحث وبعض الأسئلة كذلك منهجية البحث ومصادر بيانات وحدود الدراسة بالإضافة للدراسات السابقة ومقارنة أوجه التشابه والاختلاف بينها وبين هذه الدراسة.

(1-1) تمهيد Preface

يتعرض ما يقرب 500 مليون فرداً إلى الإصابة بمرض الملاريا في جميع أنحاء العالم، حيث يمثل الأطفال والنساء الحوامل في الدول النامية أكبر نسبة شيوع للتعرض لهذا المرض. ومن جانبه أوضح المدير العام لوزارة الصحة بشمال كردفان أن الملاريا تصنف من أخطر الأمراض التي تؤثر سلبياً على النشاط الاقتصادي والإنتاج لارتباطها بفصل الخريف والموسم الزراعي في الولاية، وتشمل الآثار الاقتصادية لمرض الملاريا انخفاض الإنتاجية في العمل، مع ارتفاع تكلفة العلاج وزيادة الوقت الذي تستغرقه في المستشفيات لتلقي العلاج. يوجد عدد من الأدوية التي تقي من الإصابة بالملاريا ومن أهمها سابقاً وحديثاً الكيناين، الكلوروكين ، الميفلوكين، الدوكسيلين، الفانسيدار والراجمات والكوارتيم ..... الخ. بالتالي يجب دراسة و تخطيط عملي لمستوى المخزون inventory level من العقاقير والأدوية المناسبة لمرض الملاريا فإن تحديد مستوى ملائم وأمثل للمخزون من المشكلات المهمة التي تواجهها عموم المستشفيات والصيدليات بالولاية . فان زيادة حجم المخزون من العقاقير تؤدي إلى خسائر وإفلاس بسبب تلف المخزون أو انتهاء مدة صلاحية التخزين الطويل الأمد، كما أن نقص حجم المخزون من البضائع أو العقاقير والأدوية لدى المستشفيات والمراكز الصحية بولاية شمال كردفان قد يؤدي إلى نقص سد حاجة المستهلكين أو المرضى لخسائر في الأرواح وهدر طاقات القوى العاملة والموارد كذلك لنماذج ضبط المخزون حالات يكون عندها الطلب على المخزون غير محدد لكنه يخضع لتوزيع احتمالي. تقدم بعض أساليب ونماذج بحوث العمليات طريقة ناجحة في حل يوازن بين جميع عناصر مشكلة هذا البحث التي تتمثل في نماذج ضبط المخزون لإيجاد السياسات التخزينية المثلى بالإضافة إلى أساليب المحاكاة للمشكلة المطروحة بعمل صورة تماثل الواقع الفعلي لهذه المشكلة دون المساس بالنظام نفسه بطريقة مونت كارلو وغيرها من الطرق التي تساهم في الاستقرار لإيجاد حلول مثلى تقريبية. وتهدف هذه الدراسة للوصول إلى أفضل طريقة لإدارة الموارد لعقاقير و أدوية الملاريا و التقليل من الهدر بصورة أمثل، مما يوافق [44] نظرية كايزن KAIZEN اليابانية والهدف منها التغير

الافضل والتحسين المستمر (أي نشاط = عمل مفيد + عمل غير مفيد) التي ظهرت في عام 1984 م على يد الخبير ماسكي إهاي .

(1–2) مشكلة البحث Research Problem

مشكلة موضوع هذا البحث من واقع حال وزارة الصحة الولائية بشمال كردفان هي: ليس هنالك تحديد لمستوى كمية المخزون المثلى من حيث الزيادة أو النقصان للأدوية. ما هي أهم قرارات نماذج ورقابة المخزون؟ ما هو حجم مستوى المخزون ومخزون الأمان الأمثل؟ ومتى يتم تحديد الوقت المناسب لطلب الكمية خلال فترة محدودة؟ تفادياً لفقد العلاج وخدمات المرضى وهدر الموارد بالولاية ويكمن حل هذه المشكلة بأساليب بعض نماذج المخزون والمحاكاة بطريقة مونت كارلو.

(1–3) أهمية البحث

تنبع أهمية هذا البحث في تطبيق نماذج المخزون من أجل تقليل التكاليف الكلية ورفع مستوى الخدمة من أجل تقديم أفضل عناية بالمرضى المصابين بمرض الملاريا بولاية شمال كردفان بالإضافة إلى التنمية الاقتصادية من حيث الابتعاد عن هدر الموارد وطاقات القوى العاملة وضياع الأدوية وتلفها والتي لها آثار سلبية بالبيئة، وتأتي أهمية تطبيق نماذج ضبط المخزون في تقليل تكاليف الإنفاق المادي مما يؤدي لمستوى معقول ومناسب من العناية الطبية بصورة متوازنة تؤدي إلى اتخاذ القرارات من جانب الإدارة بصورة علمية وعملية بالنسبة لمستوى المخزون الأمثل تفادياً للعجز والهدر للأدوية والعقاقير الطبية لمرض الملاريا وهذا الشغل الشاغل لأصحاب الاختصاص بالمستشفيات ومراكز العلاج بالولاية.

(1–4) أهداف البحث Research Objectives

١. التعرف على بحوث العمليات كطريقة علمية ومنهجية في البحوث والدراسات .
٢. إيجاد حل يوازن بين عناصر المشكلة في التعرف على كمية مستوى المخزون ببناء نموذج يعتمد عليه في تحديد كمية مستوى المخزون المثلى (optimal) .
٣. تحديد الكمية الاقتصادية للطلب ومخزون الأمان والذي يعرف برصيد الطوارئ من الدواء، مما يساعد الإدارة في اتخاذ القرارات المتعلقة بالمشكلات الإدارية.
٤. تقليل التكاليف الكلية المتوقعة للمخزون باستخدام أفضل الأساليب لبحوث العمليات في نماذج ضبط المخزون والمحاكاة.

(1–5) أسئلة البحث

في ضوء مشكلة هذا البحث التي يتم نقاشها وتحليلها تحليل نظري و كمي يمكن صياغة الأسئلة التالية:

(١) ما هي النماذج الكمية ؟ وهل الابتعاد عن الأساليب العلمية والكمية يؤثر في تحديد الاستراتيجيات المثلى في اتزان مستويات المخزون؟

(٢) ما هي علاقة الارتباط بين مستوى المخزون وتكاليف التخزين؟

(٣) ما هو الفرق بين تحليلات سياسات ضبط المخزون المختلفة باستخدام النماذج التقليدية وأساليب المحاكاة ؟

(1–6) منهجية البحث Research Methodology

من أجل تقديم حلول للمشكلة وتحقيق الأهداف المنشودة لهذا البحث فقد أعتمد على المنهج الوصفي للبيانات من خلال مفاهيم وتطبيقات نماذج المخزون والمحاكاة كذلك الدراسات السابقة المرتبطة بالمشكلة كذلك مقاييس النزعة المركزية (المتوسطات) ومفاهيم التشتت من تباين وانحراف معياري. بالإضافة إلى التوزيع الطبيعي والتوزيعات الاحتمالية.كذلك يستخدم المنهج الإحصائي التحليلي للبيانات باستخدام بعض تطبيقات بحوث العمليات باليد وبرامجها الحاسوبية مثل WinQSB2.0 و Excel و Minitab ومنها الوصول إلى النتائج والتوصيات من أجل صياغة القرارات بالمشكلة.

(1–7) هيكل البحث Research Skelton

يتضمن هذا البحث خمسة فصول، أولها المقدمة أي الإطار العام للبحث الذي يتناول مشكلة البحث في محاور أهمها تحديد حجم مستوى المخزون الأمثل من حيث الندرة والوفرة من الأدوية وأهم قرارات نماذج ورقابة المخزون، بالإضافة إلى أهداف وأهمية و أسئلة البحث وبعض الدراسات السابقة . أما الفصل الثاني يتحدث عن مقدمة تمهيدية في بحوث العمليات (OR) من حيث تاريخ النشأة والمفهوم ومجالات تطبيقاتها الحياتية منها أساليب المحاكاة. وفي الفصل الثالث يتم تناول بعض المفاهيم والنماذج لضبط المخزون بشرح وافٍ ومفصل. أما الفصل الرابع يتحدث عن الجانب التطبيقي. والفصل الخامس يختص بالنتائج والتوصيات كذلك قائمة المصادر و المراجع العربية والأجنبية بالإضافة للملاحق.

(1–8) مصادر بيانات البحث

يمثل مجتمع الدراسة جميع كميات أدوية وعقاقير الملاريا بولاية شمال كردفان داخل القطاع الحكومي والقطاع الخاص "الصيدليات التجارية". أما عينة الدراسة تمثلت في كميات للعلاج من مخزن الإمدادات الطبية الحكومي وبعض الصيدليات التجارية الخاصة التي وضحت القيم المادية.

(1–9) حدود البحث

(١) المكان : ولاية شمال كردفان – السودان.

(٢) الزمان :البيانات من عام ٢٠١٣م إلى ٢٠١٦م .

(1–10) الدراسات السابقة Previous studies

(١) دراسة Alrjoub & Ahmad (2017) بعنوان: "Inventory management, cost of capital and firm performance: evidence from manufacturing firms in Jordan" هدفت هذه الدراسة إلى بيان تأثير أنواع المخزون (مخزون المواد الأولية، مخزون تحت التشغيل، مخزون تام الصنع، المخزون الكلي ...) على آداء الشركة، بالإضافة إلى ذلك تتأثر العلاقة ببعض العوامل مثل تكلفة رأس المال التي لم يتم النظر فيها وتبحث هذه الدراسة في التأثير المعتدل لتكلفة رأس المال على العلاقة بين أنواع المخزون وآداء الشركات حيث جمع بيانات 48 شركة للفترة بين – 2010 2016، وتبين النتائج أن إدارة المخزون مع مراعاة أنواعها تؤثر على أداء الشركة على المدى الطويل، بالإضافة إلى ذلك، وجد أيضاً أن تكلفة رأس المال تعدل العلاقة بين إدارة المخزون وأداء الشركة، ومع ذلك فإن التفاعل بين تكلفة رأس المال وأنواع المخزون له آثار مختلفة، ويوصي الباحث أن تأخذ الشركات بعين الاعتبار تكلفة رأس المال عند اتخاذ قرار بشأن أنواع المخزون وموائمة مراقبة المخزون لتتناسب التغييرات في بيئة أعمالها.

(٢) دراسة بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الإحصاء التطبيقي للباحث (علي يسن الإمام – يوليو 2014 م – جامعة وادي النيل – عطبرة) بعنوان استخدام نظرية القرارات للوصول للتوازن السوقي للمنتجات محدودة الاعمار حالة دراسة : شركة دال للألبان –كابو ، ومن أهم نتائج الدراسة تحديد القيمة المثلى من وحدات كميات الإنتاج التي تؤدي إلى عدم إهدار المنتجات مما ينتج عنه المحافظة على المال وحماية البيئة بولاية الخرطوم من تلوث وخلافه ، ومما يؤدي إلى تحسين الوضع الصحي وتفادي عدم الإصابة بالأمراض الخبيثة الناتجة عن تناول الأطعمة المنتهية الصلاحية . التي أوصت بالابتعاد عن أسلوب الحدث

والتخمين والاعتماد على الطرق العلمية في اتخاذ القرارات الإدارية على وجه الخصوص كذلك أوصت بدراسة تحديد أمثل لمستوى المخزون لاستخدام التكاليف الكلية وهو ما ساعد على تناول هذه الدراسة في حالة ظروف المخاطرة ، حيث تتيح هذه الطرق عدة معايير يمكن الاعتماد عليها ، واختيار الطرق التي تتلائم مع الظروف والمتغيرات المحيطة بعملية اتخاذ القرارات.

(٣) دراسة العتوم وآخرون، (2012) بعنوان إدارة المخزون وأثرها على الاحتفاظ بالزبائن في ظل المنافسة. تبين هذه الدراسة أثر إدارة المخزون على الاحتفاظ بالزبائن في ظل المنافسة مع توضيح أثر المخزون، العنصر البشري، المخازين والمستودعات واستخدم في هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لبيانات عينة الدراسة من جميع الموظفين الذين يعملون بشركات البورصة المستخدمة لنظام إدارة المخزون من المصادر الأولية والمصادر الثانوية الاستبانة حيث اعتمد على قياس ليكرت الخماسي، ومن توصيات الدراسة ضرورة التحكم في المخزون للحد من زيادة تكلفة المخزون والتي يمكن أن تؤدي إلى التساهل في أخطاء زيادة الطلبيات، كذلك يجب تقليل عدد أوامر التوريد وضرورة العمل على تدريب وتطوير كادر الموظفين لتصبح ذات كفاءات عالية في أعمال المخازن وضرورة اهتمام الادارة العليا بإدارة المخزون وباعتبارها كمصدر قوة تنافسية في اسواق الانتاج لإرضاء الزبائن وضمان عدم تحولهم إلى مؤسسات أخرى، مما يساهم في تقليل ما يسمى بالعملاء المفقودين.

(٤) دراسة Williams Zachary (2008) تعرضت لموضوع التوريد في إدارة المخازن والمخاطر التي تكتنفها واثر ذلك في فاعلية سلسلة التزويد، وتحسين رضا العملاء، وتحسين إدارة المخزون، وكانت أهداف هذه الدراسة لإثبات أن الاستثمارات في مجال أمن سلسلة التوريد يمكن أن تحسن أداء منظمات الأعمال وقد تم تحديد المجالات الرئيسية لتحسين إدارة المخزون وخدمة العملاء، الرؤية، الكفاءة المرونة، والعلاقات مع العملاء و في نهاية المطاف له أثر إيجابي على حجم مستوى المخزون واستقرار قاعدة العملاء .

(٥) دراسة ماجستير (ثريا مُحَمَّد مصطفى) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا 2005م بعنوان : أثر الإفصاح عن المخزون السلعي وتكاليف البحوث والتطوير في القوائم المالية . هدفت هذه الدراسة إلى عكس مفاهيم وأهداف القوائم المالية وكيفية العرض والإفصاح فيها بالإضافة إلى عكس مفاهيم المخزون السلعي والطرق المتعددة في تقييمه وأثر ذلك على القوائم المالية كذلك التعريف بتكاليف البحوث.ومن نتائج هذه، أن عدم الثبات FASB في سياسات تسعير المخزون السلعي يصعب عرض المقارنات

الزمانية والمكانية التي تؤدي إلى التضليل . ومن توصيات الدراسة إلزام الشركات المساهمة بمعايير الإفصاح الدولية وضرورة إحكام الرقابة على عناصر المخزون، الثبات في سياسات تسعير المخزون السلعي والإفصاح الكافي إذا تم استبدالها بطريقة أخرى و ... إلخ .

(٦) دراسة محاسب عربي مهني معتمد ACPA (1993) الذي يهتم بالأساليب الكمية والإحصاء للأعمال: جرت الدراسة بخصوص آراء العديد من الشركات بمعرفة الطرق المستخدمة من قبلها لتقييم المخزون السلعي وكانت النتائج : % 56 من الشركات في صناعة الأدوية تستخدم طريقة الوارد أخيراً الصادر أولاً بالإضافة إلى شركات في مجالات أخرى تستخدم نفس الطريقة.

وبمقارنة هذه الدراسة مع الدراسات السابقة نجد أن الدراسات السابقة ناقشت بين أنواع المخزون والمواد الأولية، والمواد تحت التشغيل، والمواد تامة الصنع، وأهمية المخزون اقتصادياً وتجارياً وصناعياً كذلك الاهتمام برأس مال المخزون من الهدر بالإضافة إلى دراسة تقليل التكاليف الكلية للمخزون. أما دراسة هذا البحث تناولت مفهوم احتفاظ واتزان مستوى مخزون أدوية الملاريا. في حين أنه من الصعب تطبيق وتحديد تكلفة نفاذ الكمية. وليكن قد تم فقد الأدوية التي تحفظ حياة المريض وكانت تكلفة الكمية 5 الف ج وقد تصل إلى 50 ألف جنيه وربما تصل الى 5 مليون ج أو أكثر، فما جدوى المال إذا لم يجد المريض دواءه فيفقد حياته بسبب ذلك؟ لذلك تناولت الدراسة تحديد مستوى مخزون الأمان وذلك باستخدام ما يسمى بمستوى الخدمة Service Level وبدلاً من حساب التكاليف الكلية في الدراسات السابقة، تناولت هذه الدراسة حساب التكاليف الكلية المتوقعة بأفضل مستوى خدمة.

الفصـــل الثـــاني

بحوث العمليات وتطبيقاتها

(2–1) تمهيد

هذا الفصل يتناول مقدمة عن موضوع بحوث العمليات Operations Research (OR) أو ما يسمى بعلم القرار وهو فرع من فروع الرياضيات التطبيقية لإعطاء فكرة عن التطور التاريخي لبحوث العمليات و بعض مجالاتها التطبيقية و مفهوم بحوث العمليات، كذلك في هذا الفصل تعرض بعض استخدام الأساليب و النماذج في بحوث العمليات بالإضافة إلى عرض و توضيح علاقة أساليب بحوث العمليات بعلم الإحصـــاء والاحتمالات كذلك تمت مناقشة بعض حدود استخدام بحوث العمليات .

(2–2) تاريخ بحوث العمليات و بعض تطبيقاتها

أولاً التطور التاريخي لبحوث العمليات [21]:

تعتبر بحوث العمليات من العلوم التطبيقية الحديثة التي أحرزت تطبيقاتها نجاحاً واسعاً في مختلف مجالات الحياة. نشأت بحوث العمليات خلال الحرب العالمية الثانية حيث عهدت الإدارة العسكرية في بريطانيا إلى فريق من العلماء و الباحثين مكون من خبراء في الفيزياء و الرياضيات والإحصاء والعمليات العسكرية و الدفاع المدني بقيادة البروفيسور Blackett من جامعة مانشستر و الحائز على جائزة نوبل ، مهمة الفريق دراسة المشاكل الاستراتيجية و التكتيكية الخاصة بالدفاع البري و الجوي عن الدولة ولقد كان هدف ذلك الفريق هو تحديد أفضل استخدام ممكن للموارد الحربية المحدودة بالإضافة إلى دراسة طريقة استخدام الرادار الذي كان قد أكتشف حديثاً في ذلك الوقت وكذلك دراسة فاعلية الأنواع الجديدة من قاذفات القنابل . يعتبر تشكيل هذه المجموعة أول بادرة لنشوء ما يسمى ببحوث العمليات Operations Research مطلع عام 1941م . أتسع تطبيق بحوث العمليات ليشمل جميع قوات الحلفاء (بين الدول) ذلك بسبب النجاح الذي أحرزته الإدارة العسكرية البريطانية في إنزال أقصى الضربات بالقوات المعادية . إن النتائج المشجعة التي توصل إليها فريق العمل الإنجليزي أدت وبعد فترة قصيرة من الزمن إلى قيام السلطات العسكرية الأمريكية بتكوين فريق مماثل بهدف معالجة المشاكل المعقدة بنقل المعدات والمؤن و الذخائر الحربية للقوات الأمريكية والتي انتشرت أثناء الحرب العالمية الثانية في أرجاء متعددة من العالم . كما وقامت الحكومة الكندية بتكوين فريق مماثل للفريق الأمريكي أثناء الحرب العالمية الثانية مهمته إنتاج بعض المعدات العسكرية وذلك من خلال الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة. يرجع [21] السبب في تكوين "فريق" بحوث العمليات بدلاً من الاعتماد على الفرد الواحد إلى أن كثير من المشاكل الاستراتيجية و التكتيكية المرتبطة بالنواحي العسكرية معقدة جداً

لدرجة يتعذر معها على الفرد الواحد الوصول إلى حلول فرضية ، ولذلك كان يتم تشكيل فريق لبحوث العمليات يتكون من عدد من العلماء الموهوبين ذوي اختصاصات مختلفة (تأهيل علمي متنوع) . وبعد الحرب اتجه كثير من العلماء كانوا يعملون في فرق بحوث العمليات والتي كانت مهمتهم بالنواحي العسكرية إلى استخدام أساليب بحوث العمليات في الأغراض المدنية، فقد عاد بعضهم إلى الجامعات وركزوا جهودهم من أجل تأصيل الأساليب التي سبق اكتشافها ، في حين ركز البعض الآخر على اكتشاف أساليب جديدة . كما ركز آخرون على تطبيق أساليب بحوث العمليات في قطاعات ومجالات اقتصادية مختلفة

ثانياً بعض المجالات التطبيقية لبحوث العمليَّات [4]:

أ. المجال العسكري :يرجع تسمية بحوث العمليات بهذا الاسم إلى العمليات الحربية و التي كانت أولى مجالات استخداماتها في الحربين العالميتين و خاصة الثانية منها و الآن تمثل بحوث العمليات أحدث الأساليب العلمية التي تستخدم في اتخاذ القرار العسكري الصحيح مثل إيجاد الخطط المثلى لزرع الألغام و تحركات القوات العسكرية المختلفة و الاستخدام الأمثل للمؤن و الذخائر العسكرية ..... الخ .

ب. الصناعة والزراعة والاقتصاد والتجارة: ويدخل في ذلك

(١) تخطيط الإنتاج: فمن المعروف أن المؤسسات الصناعية والإنتاجية تقوم عادة بإنتاج عدة أصناف من المنتجات لكل صنف أرباح متوقعة وتكاليف إنتاج متوقعة. ويتوافر للمؤسسة عادةً موارد محدودة مثل محدودية عدد العمال والفنيين والأجهزة والميزانية المقررة والمواد الخام وغير ذلك من العوامل الأخرى.

(٢) توزيع الإنتاج المرحلة التي تلي الإنتاج هي توزيعه إلى مراكز الاستهلاك في المناطق المختلفة بحيث تتم تلبية حاجة هذه المناطق.

(٣) مراقبة المخزون وضبطه: من المعروف إن زيادة حجم المخزون من المنتجات أو البضائع أو المواد الخام أو الأجهزة وغيرها، يؤدي إلى تعطيل رأس المال و زيادة في تكاليف المخزون بالإضافة إلى الخسارة التي قد تنتج عن تلف البضائع بسبب التخزين الطويل الأمد . كما أن نقص مستوى المخزون من البضائع قد يؤدي إلى نقص في سد حاجة المستهلكين وخسارة الزبائن في السوق.وتقدم بحوث العمليات طريقة ناجحة في إيجاد حل **يوازن** بين جميع عناصر مثل هذه المشكلة.

(٤) الاستخدام الأمثل للموارد: ترغب الشركات الإنتاجية أو الاستثمارية أو وزارات الدولة في توزيع مواردها (كمحدودية الأجهزة و العاملين و الفنيين و الوقت و المال) بأفضل طريقة ممكنة بحيث تكون

العوائد الناتجة كالأرباح أو المردود الإنتاجي أو المردود الوظيفي ..... الخ أفضل ما يمكن. ويمكن لمثل هذه المشكلات أن تحل بطرق خاصة تقدمها بحوث العمليات.

ج. المواصلات و النقل :

تستخدم بحوث العمليات لتقديم أفضل الحلول لمشكلات المواصلات و النقل مثل تنظيم حركة المرور لجعل الوقت أقل ما يمكن مما ينتج عنه تنظيم الإشارات الضوئية و الطرق في المدن . وتستخدم في تنظيم رحلات الخطوط الجوية بهدف تقليل زمن الرحلات و مسافاتها مما ينتج عنه تقليل تكاليفها بالقدر الذي يتوازن مع تلبية الحاجة من هذه الرحلات .

د. التخطيط :

(١) لبحوث العمليات دوراً كبيراً في تخطيط و تنظيم تسلسل الأعمال الجزيئية لأي مشروع بحيث يكون زمن التنفيذ وتكلفته أقل ما يمكن . بالإضافة إلى تنظيم طاقات القوى العاملة في الوزارات و المؤسسات و الشركات و المستشفيات .

(٢) جدولة الأعمال : كمثال على ذلك عملية تنظيم أوقات طواقم العمل في المصانع و المعامل و المستشفيات و شركات الطيران و الشركات و المؤسسات بحيث يكون مردود العمل أفضل ما يمكن .

(2–3) مفهوم بحوث العمليات [21]

تعريف بحوث العمليات ليس بالأمر السهل نظراً لاتساع المجال الذي يطبق فيه هذا الفرع من فروع العلم هناك عدة مفاهيم لبحوث العمليات فهي باختصار تطبيق الطرق العلمية والعملية لحل المشاكل المعقدة التي تواجه الإدارات العسكرية (الصناعية ، التجارية ، الإدارية ، الهندسية ..... الخ) .

إن الخاصية التي يتميز بها هذا العلم هو إعداد نموذج علمي وعملي لنظام معين يتضمن تحديد العوامل المؤثرة و التنبؤ و مقارنة النتائج لمساعدة الإدارة في قياس دقة النظام المستخدم وبالتالي اتخاذ القرارات المناسبة والسليمة . من أبرز التعاريف التي يعتمد عليها معظم الاختصاصيين في بحوث العمليات التعريف الذي اعتمدته جمعية بحوث العمليات البريطانية فعرفته على أنه : استخدام الأساليب العلمية لحل المشاكل المعقدة في إدارة الأنظمة الكبيرة من المعدات ، المواد الأولية ، القوى العاملة ، الأموال ، و الأمور الخدمية الأخرى في المؤسسات و المصانع العسكرية و المدنية . أما جمعية بحوث العمليات الأمريكية فقدمت تعريفاً مشابهاً للتعريف السابق إلا أنه كان تعريفاً مختصراً حيث عرفت بحوث العمليات على أنها تهتم باتخاذ القرارات العلمية لتصميم و وضع أنظمة المعدات و القوى العاملة وفقاً لشروط معينة

تتطلب تخصيص الموارد المحدودة بشكل أمثل (optimal). أن التعريفين السابقين يركزان على النواحي الأساسية الآتية [4]:

(١) أن بحوث العمليات تستخدم الطريقة العلمية كأساس ومنهج في البحث و الدراسة .

(٢) أن جوهر بحوث العمليات هو بناء النماذج والاعتماد عليها .

(٣) إن الهدف من بحوث العمليات هو مساعدة الإدارة في اتخاذ القرارات المتعلقة بالمشكلات الإدارية الصعبة و المعقدة . عادة ما يكون التحليل نوعياً Qualitative أو كمياً Quantative وهذا الأخير (الكمي) هو أسلوب علمي لصنع واتخاذ القرارات الإدارية على النقيض من أسلوب الحدث والتخمين والعاطفة، وهو يعتمد البيانات كمادة أولية له حيث يقدم بتحويلها إلى معلومات مفيدة وذات قيمة لمتخذ القرار ، وإن معالجة البيانات وتحويلها إلى معلومات هو جوهر عمل التحليل الكمي وإن كانت عوامل مثل الطقس أو القوانين أو التشريعات أو التطور التكنلوجي والتي تؤثر أيضاً في القرارات ، يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار ضمن ما يسمى بالتحليل النوعي أو الوصفي ، أي أن الجمع بين النوعين من التحليل هو حالة شائعة في عملية اتخاذ القرارات . بالتالي يمكن الوصول إلى أحدث مفهوم لبحوث العمليات وهو علم يجمع بين المنهجين النوعي و الكمي يستخدم في اتخاذ القرارات الإدارية و الصناعية المبنية على المنهج العلمي مع الاعتماد بصفة أساسية على أساليب التحليل الكمي في حل المشكلات الإدارية بهدف الوصول إلى البديل الأمثل في حدود الإمكانات المتاحة . و الفرق بين التحليل النوعي و الكمي : أن الأول يعتمد على ذكاء و مهارات الفرد أي على حكم المدير وخبرته الشخصية ، ومن ثم يمكن وصفه بأنه فن أكثر من كونه علم بينما الثاني مهارات تكتسب عن طريق التعلم النظري و التطبيقي في أساليب الإدارة . و لبحوث العمليات عدة سمات رئيسية منها[21]

السمة الأولى :

إنها تستخدم . كما أشرنا في تعريفها . الأساليب والطرق العلمية وذلك بالبدء أولاً بدراسة المشكلة المطروحة وتحديدها بشكل دقيق ومن ثم صياغتها صياغة علمية تشمل جميع جوانب المسألة قيد الدراسة وتمكن هذه الصياغة من بناء نموذج علمي للمسألة وهو غالباً ما يكون نموذجاً رياضياً (Mathematical Model) .ونتوخى من النموذج رياضياً كان أم غير ذلك أن يستوعب روح وجوهر المسألة وأن يمثل خواصها الرئيسة تمثيلاً كافياً وواضحاً بحيث تكون الحلول الناتجة من هذا

النموذج صالحة للتطبيق على المشكلة الحقيقية التي يواجهها . كما نتوخى من النموذج أيضاً أن يعطينا نتائج إيجابية مفهومة لصانع أو صانعي القرارات .

السمة الثانية :

هي شمول وجهة النظر فيما يخص المشكلات التي يواجهها النظام أو التنظيم ككل . فمن المعروف أن ما هو مفيد لأحد فروع تنظيم ما قد يكون ضاراً لواحد أو أكثر من فروعه الأخرى مما يجعل من الصعب على جميع هذه الفروع أن تعمل ضمن أطر وأهداف مشتركة . فعلى سبيل المثال ، كثيراً ما تنشأ في مشكلات التخزين الخاصة بتنظيم ما (شركة ، منشأة ... الخ) تعارضات بين فروع التنظيم المختلفة . ففرعا إدارة الإنتاج والتسويق يهتمان بزيادة الإنتاج وينتج عن ذلك زيادة في عدد الوحدات المخزونة وبالتالي إلى تعطيل جزء من رأس المال والتعرض لانخفاض الأسعار الأمر الذي يضر بالإدارة المالية التي تسعى بدورها إلى تخفيض النفقات مما قد ينتج عنه انخفاض في كمية الإنتاج الأمر الذي يضر بإدارات الإنتاج والتسويق والعمال وقد ينتج عن ذلك أيضاً خسارة للزبائن في الأسواق . وكما بدر في تعريف بحوث العلميات هي أنها تتبنى وجهة النظر التنظيمية بين عمليات وأنشطة النظام فإنها تسعى في الوقت نفسه لإزالة التعارضات بين مختلف فروع أي تنظيم بطريقة تجعل التنظيم ككل أكثر انسجاماً وتناسقاً وبطريقة تقود إلى إيجاد حل يوازن بين متطلبات جميع فروع التنظيم بحيث يكون هذا الحل حلاً أمثل (Optimal Solution) من بين جملة من الحلول الممكنة .

السمة الثالثة :

الاستعانة بخبرات المختصين في الحقول الأخرى . ذلك أنه من غير السهل أن يمتلك شخص واحد مهارة في مختلف المفاهيم التي تتطلبها حل مشكلة ما في بحوث العلميات. كما أنه من غير السهل أيضاً أن يتمكن فرد بمفرده من التوصل إلى حل أمثل لمشكلة. ولذلك يبدو من الأفضل أن يتولى فريق (Team) من المختصين في بحوث العلميات وبمساعدة عدد من المختصين أو الذين يملكون مهارات في الحقول المختلفة التي تقع فيها المشكلة المطروحة كأن يكون أحدهم مختصاً في الرياضيات وآخر في الإحصاء والاحتمالات وثالث في الاقتصاد ورابع في إدارة الأعمال وخامس في علوم الحاسب الآلي والمحاكاة وسادس في العلوم المسلكية وغيرها من التخصصات التي تسهم في تقديم المعلومات اللازمة لفهم وإحاطة المسألة المطروحة بشكل جيد . ومن ثم فإن خبرة هؤلاء جميعاً تذهب إلى فريق بحوث العلميات الذي يقوم بدوره بصياغة المسألة صياغة صحيحة وإيجاد النموذج السليم والملائم لحلها .

السمة الرابعة :

وهي أن بحوث العمليات تهدف بالدرجة الأولى إلى إيجاد حل أمثل أو حلول مثلى أو مثلى تقريبية لمشكلات النظام قيد الدراسة من بين جملة من الحلول الممكنة . ومع أن المشكلات التي تتعرض بحوث العمليات لحلها هي مشكلات قرارية معقدة أحياناً فإن تحسين الأمور الجارية لا يعني حلاً أمثل لهذه المشكلات بل لابد من استعراض جميع الحلول الممكنة أو ما يسمى أحياناً جميع البدائل (alternatives) وإجراء اختبار عليها لمعرفة أفضلها واختياره ثم تنفيذه .

(2–4) استخدام النماذج في بحوث العمليات

أولاً مفهوم النموذج Model concept: النموذج [15] عبارة عن تصوير للواقع يهدف إلى توضيح أحد مظاهر الطريقة التي يعمل بها و النموذج عادة أقل تعقيداً من الواقع ولكنه يجب أن يكون كاملاً بما فيه الكفاية لتقريب مظاهر الواقع و لفهم طبيعة النماذج يجب أن نفحص وظيفة بناء النماذج مهتمين بالعلاقة بين بناء النموذج و مشكلة اتخاذ القرار.

ويمكن إضافة مفهوم مرادف بأن النموذج Model هو تبسيط أو تجريد أو تصغير لحقائق كبرى أو كيانات مادية ضخمة في الحياة العملية وذلك باستخدام معادلات أو رموز رياضية وخرائط لكي تمثل النظم تمثيلاً صادقاً . هذا التبسيط أو المدخل الذي يحتفظ بالعناصر الرئيسية للنظام والتي تتم صياغتها أو بناؤها بطرق مختلفة من خلال تحديد العلاقات بين بعض المتغيرات المحددة الأساسية وبعض المعلمات في النظام. وأي نموذج لكي يكون فاعلاً ومحققاً للهدف يجب أن يتوفر فيه شرطان أساسيان :

الشرط الأول : ان يكون ممثلاً للعناصر الرئيسية للنظام المراد دراسته من خلال وجود المتغيرات الرئيسية فيه .

والشرط الثاني : أن تكون العلاقات بين عناصر النموذج صحيحة ، وهذا أمر هام في أي نموذج سواء كان رياضياً أو مجسماً وكذا الحال بالنسبة للشرط الأول. ويمكن استخلاص الحقائق التالية [15] المتعلقة بالنموذج:

(١) هو صورة مصغرة لحقيقة أكبر في الحياة العملية فالنماذج الرياضية ولعب الأطفال والخرائط والمجسمات الهندسية كلها تمثل حقائق كبرى في حياتنا .

(٢) لا يحاول النموذج استنساخ الحقيقة أو النظام بكافة تفاصيله بل أنه ليس من الممكن ذلك فعلاً ، وإنما يركز على المتغيرات والخصائص الرئيسية ، فلو أردنا صياغة نموذج معين متعلق

بإحدى خطوط الانتاج يمكن أن نرسم مخططاً على الورق يوضح المصنع وأجزائه وموقع التجهيزات والعاملين ولكن لا حاجة لتحديد ألوان المكائن واطوال العاملين أو درجة حرارة البناية وغير ذلك من التفصيلات .

(٣) أن صياغة نموذج ما تأتي بهدف تحسين أداء النظام المراد دراسته ، لذا فإن موثوقية النتيجة تعتمد على مدى صدق وصحة النموذج . كذلك فان دراسة التغيرات المحتملة يجب أن لا تعرقل سير العمليات في النظام وأن لا يكون تطبيق النموذج سبباً في خلق إشكالات للعاملين أو الادارة .

(٤) يجب أن يكون النموذج بسيطاً قدر الامكان مركزاً على المتغيرات الأساسية والتي تؤثر في معايير قياس الأداء المحددة ولكن بالمقابل لا يجب أن يكون التبسيط شديداً بحيث يغفل بعض المتغيرات والعلاقات الرئيسية الأمر الذي يؤدي إلى خطأ في النتائج وعدم دقة في إعطاء حلول ناجحة للمشكلة التي تتم دراستها .

وللعلم أن مرحلة صياغة المشكلة رياضياً وهي من أمتع و أصعب الأعمال التي يقوم بها باحث العمليات ، و مرحلة بناء النموذج هي الخطوة التي تلي عملية تعريف المشكلة و تصنيفها ضمن إحدى المشكلات المعروفة (مشكلة تخزين – برمجة خطية – .... الخ) بالنظام . و يجب تحديد متغيرات النموذج وهي المتغيرات القابلة للضبط تعني متغيرات القرار (Decision variables) و المتغيرات غير القابلة للضبط (Uncontrollable variables) و المتغيرات الناتجة (Result‘s variables) . و لتوضيح ذلك نفرض أن النظام هو مصنع لمنتجات العقاقير والأدوية عندئذ يكون عدد الوحدات أو الكميات المنتجة من المصنع بغرض تكبير الأرباح من الناحية المادية أو الاجتماعية أو الصحية هي متغيرات القرار و الأسعار المنافسة لمنتجات المصنع التي تفرضها الأنظمة الأخرى (البيئة) هي مثال لمتغيرات غير قابلة للضبط و من أمثلة المتغيرات الناتجة تلبية احتياج أو قناعات الزبائن من المنتج . وأي صياغة للمشكلة لا تدخل فيها هذه المتغيرات ستقود إلى نتائج خاطئة .

ثانياً مدى فعالية النموذج Model effectiveness:

قدرة النموذج على انجاز الهدف الذي صيغ من أجله يمكن أن نستشفها من خلال العناصر التالية [42]:

(١) صدق النموذج Model Validity: ويقصد به مدى اظهاره للعناصر والمتغيرات الهامة في الموقف أو النظام موضوع البحث والدراسة ومدى قدرته على تمثيلها تمثيلاً واضحاً .

(٢) قيمة النموذج للزبون Model Value : أن النماذج تصاغ لصالح جهة مستفيدة داخل منظمة الأعمال أو خارجها لذا فإن كلفة بناء النموذج والمردود المتوقع منه والوقت اللازم انجازه كلها عوامل مهمة تجعل الزبون أو المستفيد من النموذج يتقبله أو لا .

(٣) القدرة على استخدام النموذج Model Usability : ويقصد بها مدى إمكانية استخدام النموذج والاستفادة منه بشكل سريع للوصول إلى الأهداف المنتقاة (المحددة) .

(٤) إمكانية تعديل النموذج مستقبلاً : Model Modification ويعني هذا مدى امكانية اجراء تعديلات على النموذج عند حصول تطورات مستقبلية حيث أن طبيعة الحياة هي التغير و أن ميدان الأعمال هو أكثر جوانب الحياة سرعة في التطورات والتغيرات .

ثالثاً أنواع النماذج Types Of Model : تنقسم النماذج في بحوث العمليات إلى نوعين:

أولاً : النماذج الفيزيائية (physical models) هي نماذج مجسمة مثل مجسمات الطائرات و السيارات ، ونماذج بديلة مثل نماذج الخرائط الملونة و التعامل معها ليس بالسهل ويحتاج لوقت وجهد كبيرين .

ثانياً : النماذج الرياضية (mathematical models) تعني كتابة المشكلة بمجموعة من العبارات الرياضية كالمعادلات و المتباينات وفقاً للفرضيات و القيود المفروضة . تضم في تكوينها مجموعة من المتغيرات التي يمكن التحكم فيها و تشمل أسعار منتجات الشركة و مدخلات الإنتاج كذلك متغيرات لا يمكن التحكم فيها و تشمل المبيعات و الطلب و التكلفة الإنتاجية .والنماذج الرياضية أكثر النماذج استخداماً لحل المشكلات المختلفة التي تواجهها بحوث العمليات ويعود ذلك للأسباب التالية [4]:

(١) سهولة معالجتها نظريا و عمليا وتدريب المدراء والعاملين في مختلف الاقسام عليها ويمكن حلها في الكمبيوتر كما يمكن استخدامها في الاختبارات العلمية وتوفر وسيلة فعالة للتنبؤ بالمستقبل واستشراقه لأداء النظم والكيانات المختلفة وإجراء تحليل الحساسية لاختبار مختلف الحالات التي قد تحصل مثل تغير الظروف الطبيعية أو ظروف السوق أو غيرها .

(٢) أسهمت النماذج الرياضية في تطوير طرق متعددة لحل المشكلات المختلفة في بحوث العمليات مما أدى بدوره إلى تقدم علمي وتكنولوجي كبيرين في كثير من مجالات الحياة .

(٣) تُمكن النماذج الرياضية من إيجاد عدد كبير بل وغير منتهي أحياناً من الحلول الممكنة و / أو المثلى مما يتعذر إيجاده عن طريق النماذج الفيزيائية.

(٤) إن استخدام النماذج الرياضية يوفر قدراً هائلاً من الوقت ، فما يتطلب عشرات بل و مئات السنين من الحسابات اليدوية يمكن إجراؤه في دقائق معدودة باستخدام النماذج الرياضية القابلة للمعالجة في الكمبيوتر .

(٥) إن إجراء الاختبارات العلمية و التحليل على النماذج الرياضية يعد أسهل بكثير و أقل تكلفة من إجرائها على النظام الحقيقي لأنها مكلفة جداً أو أنها تحتاج الى وقت طويل جداً كما هو الحال في بعض التجارب للمركبات الفضائية والأقمار الاصطناعية .

(٦) تساعد النماذج الرياضية في حساب درجة المخاطرة في كثير من القرارات المتعلقة بمشكلات تتضمن حالات مخاطرة و التي تظهر كثيراً في هذا العصر . ولهذه الأسباب جميعاً فإن اهتمامنا سيكون موجهاً إلى النماذج الرياضية .

رابعاً تصنيف النماذج Model Classification:

يمكن تصنيف النماذج وفق ثمانية أسس مختلفة هي الأكثر شيوعاً في أدبيات بحوث العمليات وهي[11] :

(١) على أساس وظيفي Model Function

- نموذج وصفي Descriptive Model : يصف هذا النوع من النماذج الظروف الماضية أو الحاضرة للموقف فقط دون محاولة استقراء المستقبل أو التنبؤ به و من أمثلتها الخرائط التنظيمية و القوائم المالية .
- نموذج تنبؤي Predictive Model : ويتوقع ما يترتب على الاستراتيجيات المختلفة ويتنبأ بنتائج القرار ومن أمثلتها الموازنات التخطيطية وشجرة القرارات ونظرية صفوف الانتظار.
- نموذج معياري Normative Model : يركز على ما يجب أن يحدث كي يتحقق هدف معين ومن أمثلتها البرمجة الخطية و اللاخطية .

(٢) على أساس طبيعة النموذج Model Nature

- نموذج مجسم Iconic Model : نسخة مادية مجسدة أو مجسمة للشيء (الحقيقة) المراد التعبير عنه وهي تجسيد للواقع ومن أمثلتها لعب الأطفال و المجسمات التي تقدم في المناقصات المتعلقة بتشييد مباني و جسور و غيرها .

- نموذج مناظر Analog Model : يستعير هذا النوع من النماذج خصائص نظام معين للتعبير عن نظام آخر وهي ليست تعبيراً مادياً للشيء ومن أمثلتها المخططات البيانية و المخططات الانسيابية و شبكات الأعمال .
- نموذج رمزي Symbolic Model : يسمى كذلك عندما نستخدم رموزاً للتعبير عن الجوانب المختلفة للنظام الفعلي و من أمثلتها تحليل التعادل ، البرمجة الخطية ، نظرية المباراة و المعاينة الإحصائية و المحاكاة .

(٣) على أساس البعد Model Dimension: ويقصد بالبعد عدد ونوع المتغيرات التي تستخدم في بناء النموذج وبهذا فهي تقسم إلى :

- نماذج ذات بعدين Two Dimensional Model : وهي أسهل النماذج ومن أمثلتها الصور الفوتوغرافية .
- نماذج ذات أبعاد متعددة Multidimensional Models : من أمثلتها نماذج الانحدار المتعدد و الطائرات و المباني .

(٤) على أساس الزمن (الحركية) Model Dynamism

- نموذج ساكن Static Model : يتجاهل هذا النوع عنصر الزمن أي أن العلاقات التي يعبر عنها النموذج لا علاقة لها مع الزمن من أمثلتها تحليل التعادل و التحليل الحدي و الخرائط التنظيمية .
- نموذج متحرك (ديناميكي) Dynamic Model : وهذه تعتبر على درجة عالية من الفعالية عند تناولها للمشاكل التي تعالجها و التي ترتبط فيها المدخلات و المخرجات بعامل الزمن و من أمثلتها نماذج التنبؤ و البرمجة الديناميكية و نماذج النمو.

(٥) على أساس درجة التأكد Model Certainty

- نموذج تأكد Certainty Model : هنا توجد حالة واحدة من حالات الطبيعة و من أمثلتها نماذج القيمة الحالية الأساسية للمخزون و التحليل الحدي .
- نموذج المخاطرة Risk Model : و هي النماذج التي تكون فيها احتمالات حدوث حالات الطبيعة معروفة لمتخذ القرار حيث البديل الذي يعطي أفضل قيمة متوقعة

Expected Value ، ومن أمثلتها شجرة القرارات و الخرائط الإحصائية للرقابة على الجودة ونماذج المعاينة الإحصائية .

- نموذج عدم التأكد Uncertainty Model : وهنا لا يعرف متخذ القرار احتمالات حدوث حالات الطبيعية حيث يتم اللجوء إلى بعض المعايير لغرض اتخاذ القرارات مثل معيار والد ومعيار هيرويتز ومعيار لابلاس ومعيار سافاج (الندم) ومن أمثلتها قرارات الاستثمار المختلفة .
- نموذج النزاع أو المنافسة أو التعارض Conflict Model : حيث تخضع حالات الطبيعة لرقابة أو تحكم شخص آخر منافس ولعل أوضح أمثلتها هو نماذج المباريات .

(٦) على أساس درجة العمومية Model Generality (المدى الذي يمكن تطبق فيه النتائج)

- نموذج عام General Model : وتستخدم لحل نوع واحد من المشاكل و من أمثلتها البرمجة الخطية و التقارير المالية .
- نموذج متخصص Specialized Model : وتستخدم لحل نوع واحد من المشاكل ومن أمثلتها استخدام الحاسوب الالكتروني لمحاكاة موقف أو مشكلة معينة .

(٧) على أساس علاقات المتغيرات بالبيئة المحيطة Model Relationship With The Environment

- نموذج مفتوح Open Model : إذا كان النموذج متضمناً لمتغير واحد أو أكثر تحدد قيمته عن طريق البيئة الخارجية حيث تكون غير خاضعة للرقابة .
- نموذج مغلق Closed Model : جميع المتغيرات فيه تتولد داخلياً وعليه فهي خاضعة للرقابة .

(٨) على أساس إمكانية القياس الكمي Model Quantitative Measurement

- نموذج كمي Quantitative Model : يعتمد القياس الكمي و الرياضي لذلك فأنه أكثر ثباتاً ودقة و إرشاداً ويمكن أن تصنف النماذج الكمية إلى :

- نماذج إحصائية Statistical Models : وهذه تصف بيانات متعلقة بظاهرة معينة بغرض استنباط خصائص معينة عن هذه الظاهرة ومن أمثلتها خرائط الرقابة و سلاسل ماركوف و المعاينة الاحصائية .
- نماذج الأمثلية Optimism Model : تستخدم لغرض تحديد اكثر الاستراتيجيات افضلية عن طريق تعظيم Maximization أو تدنية Minimization مقياس معين للمنفعة (دالة الهدف) ويمكن أن تقسم نماذج الأمثلية إلى :

أ. نماذج تحليلية Analytical Model : تصل إلى الحل الأمثل باستخدام طريقة مباشرة غير متكررة مثل التحليل التفاضلي و الدوال الرياضية و الكمية المثلى لحجم الدفعة المشتراة.

ب. نماذج إجرائية Algorithmic Models : تتوصل للحل الأمثل باستخدام عمليات متكررة حيث يبدأ الحل بجدول أو حل أولي ثم تتكرر عمليات أو إجراءات الحساب إلى أن يتم التوصل إلى الحل الأمثل .

ج. نماذج اجتهادية Heuristic Model : لا يتضمن هذا النوع الوصول إلى حل أمثل إنما يسهل عملية الوصول إلى الحل المقبول وتعتمد على استخدام المنطق و التفكير العقلاني في تفسير مشاهدة معينة .

د. نماذج المحاكاة Simulation Model : تحاول هذه النماذج إعادة مضمون السلوك الذي يتضمنه النظام على مدار الزمن وتحاول هذه النماذج الوصول إلى حل معقول وليس حل أمثل .

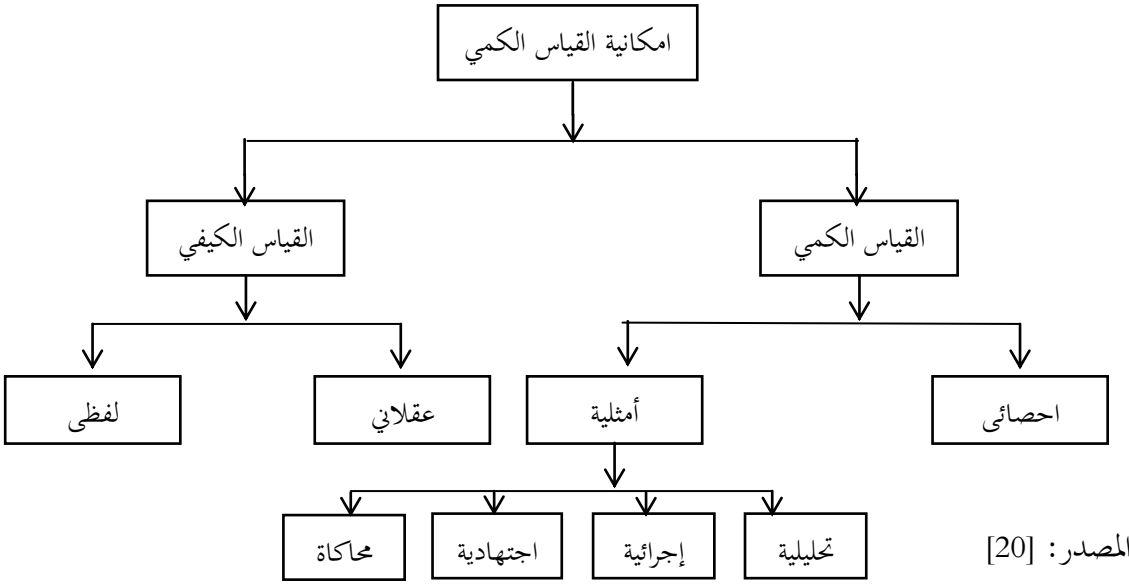
(٩) نماذج كيفية Qualitative Models : تتحاشى الوصف أو القياس الرياضي لذلك فهي أقل النماذج دقة ورشداً وثباتاً وتأخذ بعين الاعتبار العوامل غير الملموسة مثل العوامل السلوكية و الانسانية التي تتجاهلها النماذج الكمية . ويمكن تقسيم الكيفية إلى :

- نموذج عقلاني Mental Models : وهي أول مستوى للتجريد يقوم به متخذ القرار عند التفكير في مشكلة معينة .

- نموذج لفظي Verbal Model : وهي الوصف الشفاهي أو الكتابي لحالة معينة وهي تحاول ايصال النماذج العقلية للآخرين ويمكن تلخيص وتبسيط النقاط السابقة على الشكل التالي.

شكل رقم (2 – 1)

نموذج القياس الكمي



المصدر: [20]

خامساً جمع البيانات Acquiring Data:

لا يكفي ان يكون النموذج مصاغ بشكل دقيق فالبيانات الدقيقة و المناسبة للموقف هي عنصر حاسم في الوصل إلي نتائج صحيحة وإلا فإن النتائج التي تنجم عن البيانات غير الدقيقة ستكون مضللة Misleading ويعبر عن حالة إدخال بيانات غير صحيحة بالرمز GIGO ويعني Garbage in Garbage Out أي ان النتائج ستكون من جنس البيانات .ومن البديهي ان لا تكون عملية جمع البيانات للمشكلات المعقدة والكبيرة مهمة سهلة فربما تكون مصادر البيانات متنوعة و من اقسام مختلفة في منطقة الاعمال مثل التقارير الدورية والوثائق الأخرى او المقابلات مع الأفراد ذوي العلاقة بالمشكلة حيث ان خبراتهم وتقديراتهم الشخصية يمكن ان تقدم معلومات ثمينة ، كذلك فأن سحب العينات و القياس المباشر لحالات مختلفة يعد مصدرا آخر للمعلومات .

سادساً حل النموذج و تحليل الحساسية Model Solving& Sensitivity Analysis:

(١) يعرف حل النموذج بأنه إيجاد مجموعة قيم متغيرات القرار التي تعطي حلاً ممكناً للمشكلة قيد الدراسة و من ثم إيجاد الحل (الحلول) الأمثل (المثلى) من بينها . و يتم الحل باستخدام أساليب مختلفة لنماذج بحوث العمليات من حزم البرامج الجاهزة للكمبيوتر بالنسبة للنماذج المحددة و بعض النماذج الاحتمالية مثل برامج Ampl و Excel و Tora وSolverو WinQSB2.0 .

وللنموذج صلاحية (Validation) وهي خطوة تلي مرحلة حل النموذج وتتمتع بالخواص التالية[4]:

i. أن يكون ذا بناء منطقي سليم .
ii. أن يعكس طريقة عمل النظام الذي يمثله في جميع الحالات التي تقع في الحياة العملية .
iii. ن تكون النتائج المستخلصة منه صحيحة وقابلة للتطبيق عملياً .
iv. أن يكون قادراً على تقديم الحل (الحلول) الأمثل (المثلى) للنظام أو المشكلة قيد الدراسة .
v. أن يكون قابلاً للتطوير بحيث يستطيع استيعاب ما يستجد من طرق ومعدات تكنولوجية حديثة .

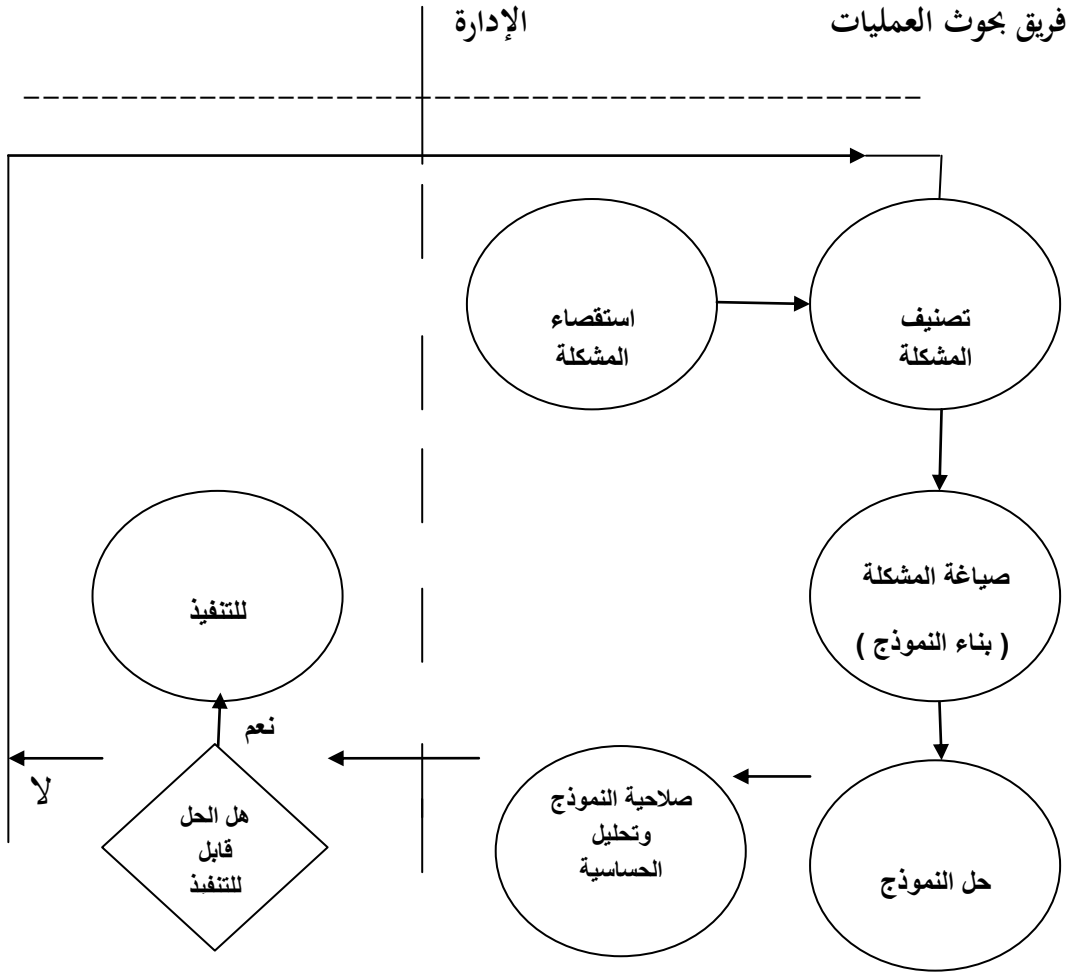
(٢) ومن الأمور التي تساعد أيضاً في دراسة صلاحية النموذج هو إجراء ما يسمى بتحليل الحساسية ، ويهدف تحليل الحساسية إلى معرفة تأثير التغيرات التي نجريها في متغيرات القرار على الحل (الحلول) الأمثل (المثلى) المقترح (المقترحة) ويهدف إلى معرفة ما هو التغير الذي يمكن إجراءه في بعض متغيرات القرار دون أن يحدث تغييراً يذكر في الحل (الحلول) المقترح (المقترحة) . نحصل في هذه الحالة على حلول قريبة من الحلول المثلى Near Solutions optimal ويحظى هذا النوع من الحلول بترحيب كبير في بحوث العمليات في هذه الأيام نظراً لسهولة تنفيذها .

سابعاً التنفيذ Implementation:

كتابة التقرير (كتابة ما تم التوصل إليه من حلول وكيفية تنفيذها) ، وذلك لوجود بعض العقبات التي تحول دون تنفيذ حل النموذج كموافقة الإدارة أو وجود بعض المشاكل المالية و غيرها ..... و يمكن تلخيص مراحل دراسة النظم بالشكل رقم (2-2) أدناه .

الشكـل رقـم (2 – 2)

مراحل دراسـة النـــظـم



المصدر: [4]

(2–5) بعض أساليب بحوث العمليات

توجد كثير من الأساليب والنماذج المختلفة التي تقدمها بحوث العمليات لحل بعض المشكلات و التي تم تطويرها وتطبيقها لحل الكثير من المشكلات المتصلة بالواقع و يقوم الباحث بعرض وشرح بعضاً منها فيما يلي :

(١) البرمجة الخطية

تحتل البرمجة الخطية في الوقت الحاضر مركزاً مرموقاً في مجالات بحوث العمليات وتكمن أهمية البرمجة الخطية في كونها وسيلة لدراسة سلوك عدد كبير من الأنظمة . ويمكن تعريف البرمجة الخطية بأنها أسلوب و أداة رياضية تساعد المدراء على اتخاذ القرارات الإدارية التي تتعلق بالاستخدام الأمثل للموارد المتاحة و

الإمكانيات المحدودة ضمن مجموعة من القيود الثابتة ، بهدف تحقيق أقصى ربح أو أقل تكلفة . هذا ، وغنى عن البيان أن البرمجة الخطية – شأنها شأن الأساليب الرياضية الأخرى المطبقة في ميدان الإدارة – ليس من مهامها اتخاذ القرار ، و إنما تزويد الإدارة بنتائج كمية مبنية على بيانات صحيحة تشير إلى أفضل الحلول ، و لكنها قد تمزج باعتبارات معنوية من أجل اتخاذ القرار السديد بمعرفة الإدارة [21]. من مجالات تطبيق البرمجة الخطية : الصناعة – تخطيط المشروعات – الإنتاج المختلط – التوزيع ونقل البضائع – مسائل المبيعات والإعلانات وتحليل الأوراق و الأسهم التجارية – التسويق – ..... الخ . إن أهم مرحلة في البرمجة الخطية هي مرحلة بناء نموذج البرمجة الخطية والنموذج يعني التعبير عن علاقات واقعية بعلاقات رياضية مفترضة و مبنيَّة على دراسة الواقع وتحليله وتبعاً لصيغة المسألة يمكن تقييم النموذج إما بيانياً أو رياضياً .

(٢) مشاكل النقل

تعتبر طريقة النقل من الأساليب الرياضية ذات الأهمية في عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بتوزيع المنتجات من مصادرها (مراكز الإنتاج) مثل المصانع والمزارع إلى أماكن الاحتياج مثل المخازن و الأسواق بحيث تلبي أكبر قدر ممكن من حاجة المناطق ولا تتعارض بالوقت نفسه مع الطاقة الإنتاجية لمراكز الإنتاج بأقل كلفة ممكنة .

(٣) مشاكل التخصيص

مشاكل التخصيص هي عبارة عن حالة خاصة من مشاكل النقل ، وتتعلق بتوزيع عدد معين من الموارد (أجهزة ، عمال ، شركات ، ..... الخ) لإنجاز عدد من الوظائف وذلك عن طريق تخصيص جهاز واحد أو عامل واحد أو ... لوظيفة واحدة . وهذا يتطلب تساوي عدد الأجهزة مع عدد الوظائف . والمشكلة هنا تتعلق باختيار أفضل تخصيص بحيث يؤدي ذلك إلى تخفيض التكاليف أو تعظيم الأرباح . و من أهم طرق حل مشاكل التخصيص طريقة العد الكامل والطريقة الهنغارية (Hungarian Method) .

(٤) شبكات الأعمال

تعتبر شبكات الأعمال من الأساليب الحديثة و المتقدمة في استخدام التكنولوجيا و خصوصاً تكنولوجيا الحاسوب في الإدارة وخاصة إدارة المشاريع الصغرى و الكبرى منها . ويمكن تعريف شبكة الأعمال بأنها

مجموعة من النقط (Nodes) والخطوط (Arcs) تصل النقاط بعضها ببعض وتسمى النقاط أيضاً بالأحداث أما الخطوط فتسمى بالأنشطة .

(٥) نماذج صفوف الانتظار

يمكن [4] النظر في كثير من الأنظمة التي نصادفها يومياً على أنها أنظمة انتظار مثل صفوف المرضى لانتظار العلاج في المستشفيات والعيادات و الصفوف في الأسواق المركزية التي تحتوي على بضائع كثيرة ومتنوعة لدفع الحساب و مثل انتظار موظف الشباك في أحد البنوك (مقدم خدمة) وعملاء البنك هم طالبي الخدمة وننتظر في الدوائر الحكومية وغير الحكومية لإنجاز أعمالنا .....الخ . و لأنظمة الصفوف ثلاثة عناصر أساسية هي عملية وصول الزبائن إلى محطات الخدمة وصولاً عشوائياً ، وعملية خدمة الزبائن تتم من خلال قناة واحدة أو عدة قنوات للخدمة تكون متوازية ، و طريقة خدمة الزبائن أو مبدأ الخدمة أشهرها الخدمة حسب ترتيب الوصول (First In First Out اختصاراً **FIFO**). وهذا المبدأ هو المبدأ السائد في معظم أنظمة الصفوف.

(٦) نظرية القرارات الحديثة

تطور الإحصاء وتطورت فروع المعرفة الأخرى ، فظهرت كثير من النظريات والأساليب الحديثة لمواجهة الاحتياجات و التحديات القائمة و في الآونة الأخيرة ظهرت محاولات كثيرة لوضع الأساليب الإحصائية لاتخاذ القرار في إطار نظرية شاملة تسمى نظرية القرارات .

(٧) أساليب المحاكاة

تعتبر المحاكاة من أقوى الأساليب الكمية في بحوث العمليات و المستخدمة في اتخاذ القرارات الإدارية ، و تحليل الأنظمة المعقدة . وتستخدم في المحاكاة بشكل فعال عندما تفشل الطرق الكمية الأخرى في تحليل المسائل المعقدة بسبب صعوبة حل النموذج الرياضي الممثل لمشاكل هذه النظم حلاً تحليلياً ، و في مثل هذه الحالات نقوم بمحاكاة (Simulate) المشكلة المطروحة بعمل صورة تماثل الواقع الفعلي لهذه المشكلة دون المساس بالنظام نفسه (مثلاً مصنع). (وفي هذا البحث يتم عرض ونقاش مفاهيم المحاكاة بصورة أوسع في الفقرات التالية) .

(2–6) مفهوم ونماذج المحاكاة وخطوات عملياتها

أولاً مفهوم المحاكاة: للمحاكاة مفاهيم وتعاريف عديدة غير أنها تؤدي إلى هدف واحد ، إذ يمكن استعراض بعض التعاريف التالية:

(i) هي [14] أسلوب رياضي لمعالجة المعضلات وتنفيذها بواسطة الحاسب الآلي و التي تتداخل فيها أنواع معينة من العلاقات الرياضية و المنطقية الضرورية بوصف سلوك وهيئة نظام لعالم حقيقي معقد ولفترات زمنية طويلة .

(ii) أنها أسلوب يمكن بواسطته تقليد و / أو محاكاة عمليات نظام واقعي خلال فترة زمنية معينة.

(iii) يعرف [8] مدخل المحاكاة على أنه أسلوب لتقليد او تمثيل نظام معين واقعي أو مشكلة حقيقية خلال مدة معينة من خلال نموذج يتحدد بجملة من الفرضيات ويتم الربط بين عناصر النموذج بعلاقات رياضية أو بأسس منطقية .

(iv) هي نشاط لإعادة انتاج سلوك نظام معين باستخدام أنموذج معين يصف عمليات النظام . فطالما يطور الأنموذج ، فإن المحلل يستطيع معالجة متغيرات محددة لقياس تأثيرات التغييرات على الخصائص التشغيلية المرغوبة (Krajewski, L.J. and Ritzman , 347) .

(v) المحاكاة هي أكثر من مجرد أسلوب منفرد وذلك بسبب النماذج و الأساليب المتنوعة والواسعة التي يمكن أن تستخدم في دراستها . إنها طريقة أو مدخل لحل المشاكل . لذلك تعرف المحاكاة على أنها عملية تجريب وفق أنموذج معين لنظام أو موقف حقيقي إلى حد ما لأجل فهم أو حل مشكلة ما في العالم الحقيقي . بمعنى آخر أنها أداء أو وسيلة للحصول على تجريب اصطناعي من خلال استخدام أنموذج يعبر عن مظهر أو تأثير الواقع .(Dilworth,96,684).

(vi) هي عملية تمثيل الموقف المعطى بواسطة استخدام مجموعة من العلاقات الرياضية والمنطقية التي توجد في برنامج الحاسوب ، ومن ثم دراسة الموقف تحت شروط مختلفة من خلال مشاهدة سلوك الأنموذج الممثل على الحاسوب . (pidd , 6) .

(vii) هي عملية تصميم أنموذج للعالم الحقيقي وتنفيذ التجارب وفق هذا الأنموذج لغرض فهم سلوك النظام أو لتقييم مختلف الاستراتيجيات (ضمن محددات أو اشتراطات معيار معين أو مجموعة من المعايير) لتشغيل النظام (Smith , 2004 , 1) .

(viii) هي نشاط يمكن من خلاله تحديد الاستنتاجات حول سلوك النظام المعطى بواسطة دراسة سلوك أنموذج مناظر يحوي علاقات مشابهة للعلاقات الموجودة في النظام الأصلي (pidd , 2004 , 20). ويرى الباحثان بأن المحاكاة هي مدخل أسلوب لحل المشاكل

المعقدة ، يعتمد بالدرجة الأساسية على تصميم أنموذج مناظر للنظام الحقيقي أو لجزء من عملياته ، ينفذ على الحاسوب لمدة زمنية محددة ، باستخدام مجموعة من العلاقات الرياضية و المنطقية بهدف تحديد سلوك النظام ضمن شروط ومعايير مختلفة لتشغيله . وبما يساعد على توفير قاعدة واسعة من المعلومات ، تتمثل بمخرجات التجريب مع أنموذج النظام ، تسهل عملية اتخاذ القرار بشأن المشكلة المدروسة .

(ix) التعريف الآتي وفقاً لقاموس اوكسفورد الانكليزي : المحاكاة هي الأسلوب الذي يقلد السلوك لموقف معين أو نظام معين (اقتصادي ، عسكري ، وميكانيكي ... الخ) بواسطة موقف مماثل (قياسي) أنموذج أو جهاز ، إما للحصول على معلومات أكثر ملائمة أو لتدريب الأفراد . في حين يعرفها في مكان آخر بأنها : الأسلوب لبناء أنموذج تجريدي منطقي لنظام معين والذي يعطي وصفاً للسلوك الداخلي لمكونات النظام وتفاعلاتها ، متضمناً إمكانية التغيير التصادفي (Stochastic) ، لغرض التنبؤ بذلك السلوك و الحصول على معلومات أكثر أو لتدريب الأفراد . (Carrie , 1-16).

(x) كما تعرف المحاكاة بأنها "استخدام أنموذج ما في تمثيل السمات الحيوية المهمة للنظام أو العملية قيد الدراسة لفترات زمنية طويلة . أو هي تمثيل سلوك النظام أو العملية على مدى الوقت من خلال إعطاء القيم للشروط الأولية ، المعالم والمتغيرات الخارجية وإدخالها ضمن الأنموذج العددي الذي يمثل هيكل العملية الديناميكية " (Meier and Others , 69 , 2).

(xi) المحاكاة [16] هي أحد الوسائل المهمة لحل المشاكل Problem Solving Techniques وهي الوسيلة الوحيدة و الأخيرة لحل أي مشكلة إذا ما استعصى حلها بالطرق التحليلية Analytic Methodsأو العددية Numerical Methods . وتعتمد المحاكاة على طرق إعادة المعاينة Resampling Methods وتوليد أرقام ومتغيرات عشوائية لها صفات معينة .

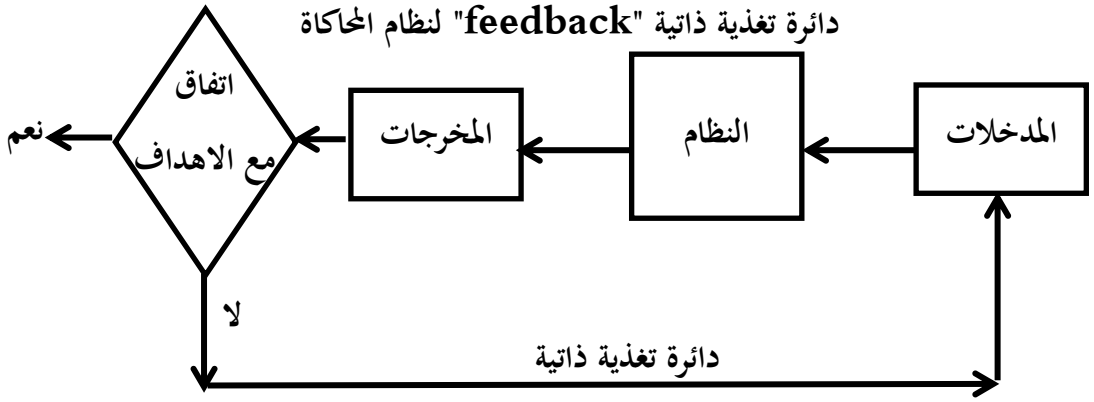
(xii) يمكن تحديد مفهوم المحاكاة ، على الرغم من اختلاف وجهات نظر الكتاب و الباحثين ، بالنظر إليها على أنها : أسلوب أو مدخل يعتمد بالدرجة الأساس على تصميم نموذج مناظر للنظام الحقيقي أو لجزء من عملياته ، ينفذ على الحاسوب لفترات زمنية محددة ، باستخدام مجموعة من العلاقات الرياضية و المنطقية بهدف تحديد سلوك النظام ضمن شروط ومعايير

مختلفة لتشغيله . وبالتالي توفر قاعدة واسعة من المعلومات تتمثل بمخرجات التجريب وفق نموذج النظام ، تسهل عملية اتخاذ القرار بشأن المشكلة المدروسة .

(xiii) المحاكاة بالحاسب الآلي [37]: هي عملية بناء واختبار وتشغيل نماذج تحاكي ظواهر أو نظم عدة باستخدام نماذج رياضية تربط العلاقات بين المتغيرات المختلفة التي تؤثر بالنظام . وتعتبر المحاكاة الفرع التجريبي لعلم بحوث العمليات (OR). وتأتي أهمية المحاكاة من قدرتها في حل النماذج الصعبة حلاً تحليلياً ولبرامج المحاكاة القدرة في تقبل التغييرات ودراسة ردود الفعل باستمرار . ومع تطور قدرات الحاسب الآلي من حيث السرعة في المعالجة والقدرة الهائلة للتخزين الداخلي والخارجي وانخفاض أسعار الحاسبات أصبحت المحاكاة الطريقة المنطقية الوحيدة لإيجاد الحل الأمثل للأنظمة المعقدة التي يستعصي حلها رياضياً . ويتمتع نموذج المحاكاة بعاملين متعارضين : أولهما هو محاكاته للواقع المشهود بدقة وثانيهما هو البساطة . ومنشأ التعارض هنا يتمثل في أنه كلما كان النموذج مقرباً للواقع المشاهد بدقة كلما زادت صعوبة النموذج . وتستخدم المحاكاة لدراسة كفاءة الأنظمة المستخدمة في الإدارة ، ولدراسة كفاءة الخدمات المختلفة . ويمكن تمثيل النظام كالآتي :

شكل رقم (2-3)

دائرة تغذية ذاتية "feedback" لنظام المحاكاة



المصدر: [37]

ويتأثر النظام بالتغيرات التي تطرأ عليه بناءً على المعلومات و التعليمات المشتقاه من المدخلات . ويكون النظام ذو دائرة تغذية ذاتية لمعرفة أثر هذه التغيرات واتفاقها مع أهداف النظام . ويتطلب نموذج المحاكاة وضع فرضيات تتعلق بعمل النظام مصاغة في شكل تعابير رياضية ، أو منطقية ، تربط عناصر ومكونات النظام بعضها بالبعض . ثم يسمح لنموذج المحاكاة بالعمل وفق هذه

الفرضيات لفترة من الزمن تقاس فيه مختلف المؤشرات الممكنة و التي يرغب في قياسها . ثم يجري تغيير الفرضيات بغرض دراسة حساسية هذه الفرضيات ومدى ملائمتها للنظام تحت الدراسة .

ثانياً نماذج المحاكاة: في تعريف المحاكاة استخدمت كلمة نموذج، والنموذج هو تجسيد للنظام الحقيقي لكن بصورة تقريبية، فهو يتخلص من التفاصيل ويحافظ في الوقت نفسه على تجسيد الواقع . وتنقسم نماذج المحاكاة إلى عدة أنواع معروفة منهاالنماذجالمادية مثل المجسمات، والنماذج الرياضية مثل المعادلات والخوارزميات، والنماذج المنطقية مثل نماذج المحاكاة الحاسوبية. وتستخدم نماذج المحاكاة الحاسوبية بشكل واسع باعتبارها وسيلة لدراسة وفهم الأنظمةالمعقدة والكبيرة الحجم في شتى التخصصات من أجل حل مشكلات معينة، أو من أجل اختبار مدى تأثير فرضيات جديدة وإضافات معينة نريد أن نوضحها وندرس تأثيرها على النموذج قبل الشروع في تطبيقه افعلياً على أرض الواقع.

ويرى اخرون من اختصاصي بحوث العمليات خطوات بناء نموذج المحاكاة في الخطوات التالية [37]:

(i) وضع فرضيات النموذج

(ii) بناء العلاقات بين عناصر النظام المحاكي

(iii) وضع المؤشرات المراد قياسها ، وتعيين المتغيرات المراد جمع بيانات عنها

(iv) كتابة برنامج عمل النموذج بالحاسب ، أو استخدام أحد لغات المحاكاة المعروفة مثل برامج SLAM , SIMSCRIPT , GPSS .

(v) تشغيل برنامج المحاكاة لفترة من الزمن لمعرفة مدى محاكاة النموذج للواقع .

(vi) في حالة عدم صلاحية نتائج النموذج نعود للخطوة رقم (ii) .

(vii) تشغيل المحاكاة لفترة زمنية طويلة (دقائق على الحاسب) .

(viii) تحليل صلاحية نتائج المحاكاة Simulation Validation .

(ix) في حالة عدم صلاحية النتائج نعود للخطوة رقم (iv) لتعديل البرنامج .

و يمكن أن تصنف نماذج المحاكاة إلى تصنيفات مختلفة وهي: نماذج ثابتة ونماذج متحركة، أو نماذج عشوائية ونماذج محددة، أو نماذج متصلة ونماذج منفصلة موضحة [3]:

ثالثاً خطوات عملية المحاكاة: يمكن تحديد مدخل المحاكاة بالخطوات [8] التالية:

(١) تحديد المشكلة وصياغة الأهداف :هنا يتم توضيح المشكلة وتحديد أهدافها ، لكي يكون المرشد لتطوير نموذج المحاكاة و الأساس في تقييمه (نجاح أو فشل المحاكة).نستطيع القول بأن هدف المحاكاة

بشكل عام ، هو تحديد كيفية سلوك النظام في ظل حالات معينة ، فكلما كانت المشكلة محددة بشكل دقيق ازدادت الفرصة لتصميم نموذج أفضل ، وعليه لابد لمتخذ القرار من تحديد حجم ومستوى تفاصيل المحاكاة ليؤشر درجة تعقيد النموذج والمعلومات المطلوبة للدراسة .

(٢) بناء أنموذج رقمي للمحاكاة : خطوة تطوير النموذج ويتضمن تقرير هيكل النموذج واستخدام الحاسوب للحصول على المحاكاة . وتعتبر عملية جمع البيانات من أهم أجزاء تطوير النموذج وتقييمه ، إذ أن كمية ونوع البيانات تحدد مستوى تفاصيل وحجم المحاكاة .

(٣) اختبار النموذج لغرض التأكد من أنه يمثل النظام تحت الدراسة :اختبار النموذج من خلال مقارنة نتائج المحاكاة مع مستوى الأداء المتعارف عليه لنظام آخر في نفس الظروف ، وفي حالة صعوبة المقارنة لاستحالة الحصول على البيانات الفعلية ، يكون البديل و اختبار الواقعية من خلال حكم وآراء الأفراد الذين هم على معرفة بالأنظمة المشابهة ، ولا بد من فحص فرضيات النموذج وقيم الثوابت المستخدمة في اختباره .

(٤) تطوير تجربة أو أكثر لاختبار حالات معينة في ظل سلوك النموذج :تصميم التجارب ، إذ تعتبر أساسية في المحاكاة ، فهي تساعد على إجابة السؤال الخاص بالمحاكاة (ماذا لو What if questions؟) ، فمن خلال البت في أنشطة المحاكاة يكسب المحلل القدرة على معرفة سلوك النظام .

(٥) تشغيل نموذج المحاكاة وتقييم النتائج :تشغيل نموذج المحاكاة ، فإذا كان نموذج المحاكاة محدداً وكل الثوابت معروفة وثابتة ففي هذه الحالة يتم التشغيل لمدة واحدة لكل سؤال (ماذا لو ؟) ولكن في حالة كونه احتمالي ويشير إلى التغير العشوائي يتم التشغيل عدة مرات للحصول على نتائج واضحة .

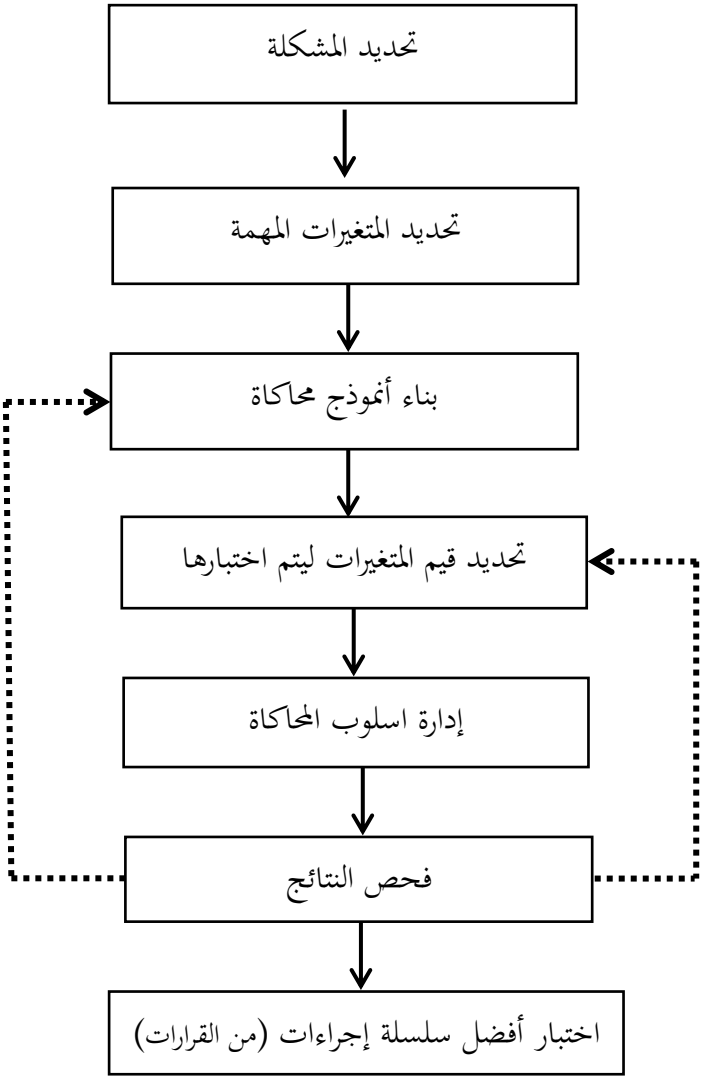
(٦) إعادة الخطوات (٤) و (٥) حتى الوصول إلى مرحلة الاقتناع بالنتائج . يعتبر تحليل وتفسير النتائج الخطوة الأخيرة في المحاكاة ، ويعتمد تفسير النتائج بشكل كبير على مستوى تمثيل النموذج للحقيقة ، فكلما كان التمثيل قريباً من الحقيقة ، قل الاحتياج إلى إجراء تعديل النتائج وقل مستوى المخاطرة في تطبيقه .

بناء أنموذج رقمي للمحاكاة و يرى بعض اختصاصي بحوث العمليات والنمذجة يتم بناء أنموذج رقمي للمحاكاة بإتباع الخطوات التالية:

وعليه تطوير النموذج ، ويتضامن تقرير هيكل النموذج واستخدام الحاسوب للحصول على المحاكاة . وتعتبر عملية جمع البيانات من أهم أجزاء تطوير النموذج وتقييمه ، إذ أن كمية ونوع البيانات تحدد مستوى تفاصيل وحجم المحاكاة .

شكل رقم (2-4)

خطوات عملية المحاكاة



المصدر: [11]

(2–7) مزايا وعيوب المحاكاة ومجالات التطبيق

للمحاكاة عدة مزايا وعيوب في حالة استخدامها بالإضافة إلى مجموعة التطبيقات على عدد كبير من المشاكل وفيما يلي يتم نقاش بعضها :

أولاً مزايا المحاكاة Advantages of Simulation: هناك سبعة مزايا [11] لأسلوب المحاكاة تجعله الأسلوب الأكثر شيوعاً واستخداماً بين أساليب التحليل الكمي في الشركات، لذلك أصبح أسلوب المحاكاة من الأساليب المتفق عليها بين المدراء على نحو واسع لأسباب ومزايا عديدة وهي

(i) أنه أسلوب مباشر نسبياً ومرن . إذا تم تطبيقه جيداً ، فإن نموذج المحاكاة يمكن أن يكون من المرونة بحيث يتسع لأخذ العديد من التغيرات في الاعتبار ضمن حوار المشكلة .

(ii) يمكن استخدامه لتحليل الحالات الضخمة والمعقدة في عالم الواقع والتي لا يمكن حلها باستخدام نماذج التحليل الكمية التقليدية .مثلاً ، قد لا يكون بالإمكان بناء وحل أنموذج رياضي لنظام الحكم في مدينة معينة والذي يضم مجموعة من العوامل الاقتصادية ، و الاجتماعية ، و البيئية ، و السياسية المهمة . الا إن أسلوب المحاكاة تم استخدامه بنجاح ليكون أنموذجاً لنظام مديني urban، مستشفيات ، أنظمة تعليمية وتربوية ، أنظمة اقتصادية على المستويين المحلي و الدولي ، أنظمة الغذاء العالمية .

(iii) يسمح أسلوب المحاكاة باستخدام – ماذا – لو ؟ أنماط من الأسئلة . وعندما يرغب المدراء بمعرفة أي الخيارات اكثر جاذبية . وباستخدام الحاسب الآلي يمكن أن يجرب المدراء عدة قرارات سياسية بغضون دقائق قليلة .

(iv) لا يتقاطع أسلوب المحاكاة مع نظام عالم الواقع . بل ربما يكون أكثر تفصيلاً . مثلاً لتجريب سياسات جديدة أو افكار جديدة في مستشفى ، مدرسة ، أو مصنع . نجري التجارب باستخدام المحاكاة على نماذج وليس على النظام ذاته .

(v) يتيح لنا أسلوب المحاكاة القدرة على دراسة التأثير التفاعلي للمكونات الفردية للمتغيرات لتحديد أي منها اكثر أهمية .

(vi) ضغط الوقت يكون ممكناً في أسلوب المحاكاة . إذ يمكن الحصول على تأثير إصدار أوامر الشراء الإعلانات أو السياسات الأخرى لأشهر أو سنوات عديدة من خلال محاكاة الحاسب الآلي وبمدة قصيرة .

(vii) يتيح أسلوب المحاكاة تضمين تعقيدات عالم الواقع بما لا تسمح به معظم نماذج التحليل الكمي الأخرى .مثلاً ، تتطلب بعض نماذج صفوف الانتظار توزيعاً أسياً او توزيع بواسون ، نماذج أخرى مثل نماذج الخزين أو شبكة الأعمال تتطلب توزيعاً طبيعياً . الا أن أسلوب المحاكاة يمكن استخدام أي توزيع احتمالي يحدده المستخدم . أنه لا يتطلب توزيعات معيارية (قياسية) .

(viii) عند إضافة عنصر جديد للنظام ، فإن نموذج المحاكاة يمكن أن يساعد في التكهن بمعرفة خصائص النظام مستقبلاً ، واكتشاف الآثار التي تنجم من إضافة هذا العنصر .

ثانياً عيوب المحاكاة Disadvantages of Simulation :

هناك مجموعة من العيوب لأسلوب المحاكاة منها :

(i) نماذج المحاكاة الجيدة يمكن ان تكون مكلفة جداً . كما إن عملية تطوير أنموذج تعد عملية طويلة ومعقدة . أنموذج التخطيط على مستوى الشركة مثلاً قد يستغرق أشهر او حتى سنوات لتطويرها .

(ii) لا يقدم أسلوب المحاكاة حلولاً مثلى للمشكلات كما هو الحال بالنسبة لأساليب التحليل الكمية الأخرى مثل EOQ، البرمجة الخطية ، أو أسلوب PERT . هو مدخل لاعتماد أسلوب التجربة والخطأ والتي قد ينتج عنها حلولاً مختلفة من خلال تكرار المحاولات .

(iii) ينبغي أن يقدم المدراء كافة الحالات والقيود للحلول التي يرغبون باختيارها وفحصها . إذ أن أسلوب المحاكاة لا يقدم إجابات عنها .

(iv) كل أنموذج محاكاة يكون فريداً من نوعه. إذ أن الحلول التي يقدمها لمشكلة ما و الاستنتاجات غير ممكنة التطبيق على المشكلات الأخرى .

(v) إن النتائج [24] التي يتم التوصل إليها في نماذج المحاكاة هي نماذج تقريبية وليست قاطعة على شكل يقيني .

(vi) هناك الكثير من المشاكل المتعددة الجوانب والمتشابكة الأطراف التي يصعب محاكاتها، إذ أن الإلمام بتفصيلاتها وعواملها وصور الترابط و التشابك بينها كافة يصعب من عملية محاكاتها[29].

(vii) الحاجة إلى خبرات الكترونية وعملية و فنية عالية لكل أفراد فريق العمل القائم بإعداد نماذج المحاكاة ، و هذا الأمر قد لا يتحقق في كثير من الأحيان

(viii) نتائج المحاكاة دائماً متغيرة لأنها تحتوي على متغيرات عشوائية [30]

(ix) صعوبة تطوير واختيار تطبيقات المحاكاة عموماً ، وارتفاع تكلفة تطويرها من الناحية الزمنية والمادية في بعض الأحيان ، بالإضافة إلى كونها وسيلة تقديرية تعطي حلولاً تقريبية للمشكلات المطلوب دراستها ، وليست أداة دقيقة كالنماذج الرياضية و التي لها القدرة (غالباً) على إيجاد الحلول المثلى للمشكلات

ثالثاً مجالات تطبيق المحاكاة A Reas of Simulation Applications:

تم تطبيق المحاكاة [8] على عدد كبير من المشاكل ، وفيما يلي شرح لبعض تلك التطبيقات .

(i) خطوط الانتظار Waiting Lines : نعلم من دراسة أساليب خطوط الانتظار تحلب المعادلات الرياضية ، التي يمكن استخدامها في المشاكل الخاصة لها ولكن في حالة المشاكل المعقدة ، لا يمكن التوصل إلى حل للمشكلة من خلال المعادلات الرياضية عليه يكون مدخل المحاكاة الوسيلة الوحيدة للتحليل. ومن أمثلتها تطبيق مدخل المحاكاة على مشاكل خطوط الانتظار الخاصة بالأسواق الكبيرة ذات خطوط الانتظار المتعددة ، إذ يكون بعضها مخصص لتقديم الخدمات السريعة للزبائن و البعض الآخر مخصص لتقديم الخدمات العادية ، فمن خلال تطبيق المحاكاة يمكن للإدارة تحديد عدد القائمين بالتسجيل ومقدمي الخدمات لتلبية طلبات الزبان .

(ii) إدارة المخزون Inventory Management : إن تحديد كمية الطلب على المنتوج يعتبر أساسياً لتحديد كمية المخزون في المؤسسة . ومن المعروف بأن معظم المعادلات الرياضية التقليدية المستخدمة في تحليل أنظمة المخزون نفترض عنصر التأكد في الطلب ، ولكن في الواقع العملي نادراً ما يحدث ذلك . يعتبر مدخل المحاكاة من أفضل الأساليب في تحليل أنظمة المخزون ، بافتراض أن الطلب عبارة عن متغير عشوائي. تم استخدام مدخل المحاكاة في الأنظمة الإنتاجية الحديثة مثل نظام الانتاج في حينهJust-In-Time (**Jit**) فمن تطبيق المحاكاة تستطيع المنظمة معرفة مدى فاعلية وكلفة نظام (**Jit**) في البيئة التصنيعية التي تعمل فيها قبل شروعها في تطبيق النظام .

(iii) الإنتاج والأنظمة التصنيعية Production and Manufacturing System

يستخدم مدخل المحاكاة لحل المشاكل الإنتاجية الخاصة بتصميم المنتج واختباره ، جدولة الإنتاج ، تتابع العمليات الإنتاجية موازنة خط التجميع (للمخزون تحت الصنع) ، ترتيب المصنع ، تحليل موقع المصنع ، التخطيط الكلي وإدارة المشروع . ويمكن أيضاً تحليل مشاكل الصيانة باستخدام المحاكاة ، إذ غالباً ما تقع عطلات المكائن بموجب التوزيع الاحتمالي . طورت عدة برمجيات في السنوات الأخيرة للحاسبات الشخصية لمحاكاة كل من مظاهر العمليات التصنيعية ومن أمثلة ذلك (SIMFACTORY) و (XCELL) .و يعتبر برنامج (SIMF ACTORY) من البرامج المهمة جداً ، ويستخدم بكثرة ولا يتطلب أية برمجة من قبل المستخدم ، ويحتوي على مخططات بيانية ويطبق بشكل عام في حقلين أساسيين : أولهما تقييم الأنظمة المقترحة (مثل حالة توسيع العمليات أو حالة شراء تسهيلات تصنيعية جديدة) . وثانيهما تقييم التغيرات في السياسات التشغيلية الحالية ، المزيج الانتاجي واستراتيجيات الجدولة والطاقة .

(iv) استثمار رأس المال والموازنة Capital Investment and Budgeting

تتطلب مشاكل الموازنة الرأسمالية تقديرات للتدفقات النقدية والتي غالباً ما ينتج عنها متغيرات عشوائية كثيرة . تم استخدام مدخل المحاكاة في توليد القيم لمختلف العوامل المساهمة في تقدير التدفقات النقدية وفي تحديد مدخلات حساب معدل العائد ، إذ أن المدخلات عبارة عن متغيرات عشوائية مثل حجم السوق ، سعر البيع ومعدل النمو والحصة السوقية .

(v) العمليات الخدمية Service Operations

يمكن وصف العمليات الخدمية بالتعقيد لاحتوائها على متغيرات عشوائية كثيرة وبالرغم من ذلك تم تطبيق مدخل المحاكاة في هذا المجال ومن الأمثلة على ذلك استخدام المحاكاة في تحليل عمليات أقسام الشرطة ، عمليات إطفاء الحرائق ، مكاتب البريد ، المستشفيات ، أنظمة المحاكم ، المطارات والأنظمة الخدمية الاخرى .

(vi) التحليل البيئي والموارد Environmental and Resource Analysis

يعتبر تطبيق مدخل المحاكاة على المشاكل البيئية ، من التطبيقات الحديثة ، إذ تم تطوير نماذج المحاكاة لبيان تأثير مخلفات المصانع والمصانع النووية على البيئة . وقد طورت نماذج اخرى

لمحاكاة أنظمة الطاقة والمتطلبات المالية ، لإيجاد مصادر بديلة للطاقة تحتوي تلك النماذج على مقاييس لتحليل المتطلبات المالية لهذه المشاريع .

(2–8) توليد الأعداد العشوائية ودورها في المحاكاة

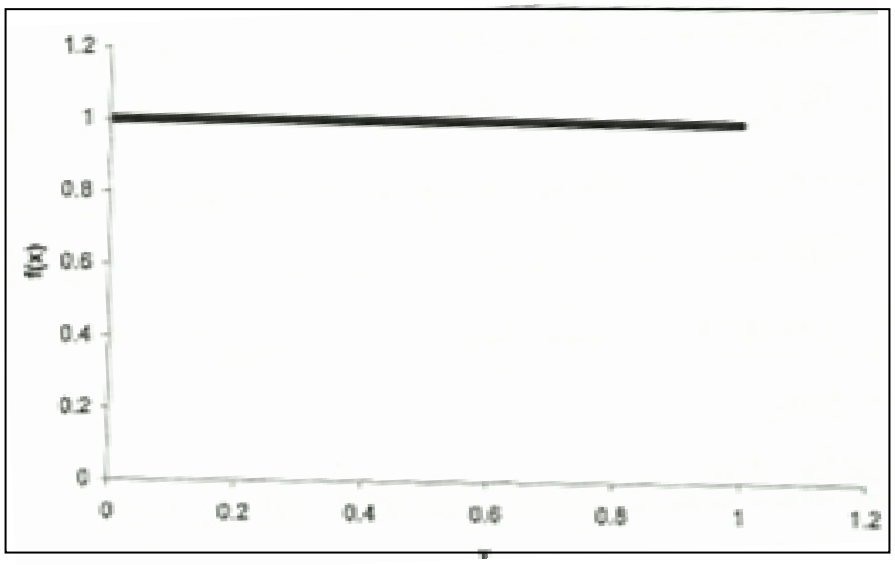
تعتمد تجارب المحاكاة على سحب عينة من التوزيع الاحتمالي الذي يمثل المجتمع قيد الدراسة من خلال استخدام الاعداد العشوائية على الفترة $[0,1]$ كمدخلات لنموذج المحاكاة لأنها تكون شبيهة بالبيانات الحقيقية للنظام وهي دقيقة في وصف الانظمة المعقدة . وتخضع هذه الاعداد العشوائية للشرطين التاليين: الشرط الأول : تتوزع هذه الاعداد على الفترة $[0,1]$ وفقاً للتوزيع المنتظم المتصل بمعنى أن لها جميعاً فرصة الظهور نفسها . والشرط الثاني : الاعداد المتوالدة بشكل متتابع من الفترة $[0,1]$ هي أعداد مستقلة وغير مترابطة بالمعنى الاحصائي . أي [1] متتابعة من الأرقام العشوائية $R_1.R_2.\ldots$ يجب أن تتحقق خاصية إحصائية مهمة وهي التوزيع المتساوي والاستقرار . كل رقم عشوائي R_i هو عبارة عن عينة مستقلة مسحوبة من توزيع متساوي مستقل بين 0 و 1 أي أن دالة الكثافة الاحتمالية p.d.f له تتبع الصيغة التالية :

$$f(x) = \begin{cases} 1. & 0 \le x \le 1 \\ 0. & otherwise \end{cases}$$

والتي لها الشكل التالي :

شكل رقم (2–5)

دالة الكثافة الاحتمالية للرقم العشوائي في الفترة [0,1]



المصدر: [16]

القيمة المتوقعة لكل R_i هي : $E(R) = \int_0^1 x.dx = \frac{x^2}{2}|_0^1 = \frac{1}{2}$

وتباين العدد العشوائي هو :

$$V(R) = \int_0^1 x^2 dx - [E(R)]^2 = \frac{x^3}{3}|_0^1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{4} = \frac{1}{12}$$

من الخواص المهمة للتوزيع المتساوي والاستقلال هي : (١) إذا قسمت الفترة $(0,1)$ إلى n فئة ذات أطوال متساوية فإن عدد المشاهدات المتوقعة في كل فئة هي N/n حيث N عدد المشاهدات الكلي . (٢) واحتمال مشاهدة قيمة في فترة معينة مستقل عن قيمة القيم السابقة . لهذا من المهم جداً إيجاد طرق سريعة يمكن برمجتها على الحاسبات لتوليد اعداد كبيرة من الأرقام العشوائية. احد هذه الطرق هي: طريقة التطابق الخطي Linear Congruential Method هذه الطريقة وتراكيبها تعطي المتتابعة العددية $x_1.x_2.\ldots.$ بين (الصفر و $m-1$) حسب الصيغة التكرارية أدناه :

$$x_{i+1} = (ax_i + c)\ mod\ m\ ,\quad i = 0,1,2\ldots\ldots(2.1)$$

القيمة الأولية x_0 تسمى البذرة (Seed). والثابت a يسمى ثابت التضاعف و الثابت c يسمى الزيادة و m يسمى القياس Modulus جميعها أعداد صحيحة موجبة يتم اختيارها بشكل مناسب بحيث تسمح بظهور كلٌ من القيم الناتجة لx_{i+1} مرة واحدة (m أكبر من كل من a و c). المقدار : $(a = b\ mod\ m)$ يعني أن $(a-b)$ يقسم m بدون باقي. إذا كانت $c \neq 0$ تسمى المعادلة السابقة (2.1) طريقة التطابق المختلط وعندما تكون $c = 0$ تسمى طريقة التطابق التضاعفي . إن اختيار القيم x_0 و a و c و m يؤثر بشكل كبير على الخواص الاحصائية للأعداد المتولدة وكذلك على طول الدورة Cycle Length .

على الأرقام شبه العشوائية المولدة بطريقة التطابق الخطى أو غيرها أن تحقق بالإضافة إلى خاصيتي التوزيع المتساوي و الاستقلال خاصية الكثافة العظمى Maximum Density والتي تعني أن القيم التي تأخذها $R_i.i = 1.2.\ldots$ لا تترك ثغرات كبيرة في الفترة $[0,1]$. وخاصية الدورة العظمى Maximum Period or Cycle التي نفسرها بملاحظة أن الأرقام المولدة يمكن أن تأخذ القيم المحدودة $0.\frac{1}{m}.\frac{2}{m}.\ldots.\frac{m-1}{m}$ فقط فإذا تكرر أي رقم فإن المتتابعة تتكرر من جديد ولهذا فإن أعظم دورة للطريقة السابقة هي m وللحصول على أعظم دورة يجب اختيار قيم x_0 و a و c و m بعناية شديدة ولهذا تؤخذ قيم m على الصيغة $m = 2^{31} - 1$ ومثل هذه القيمة تستخدم في

الحاسبات كما يجب أن تكون c وm (عندما$c \neq 0$) أوليين بالنسبة لبعضهما (أي لا توجد عوامل مشتركة بينهما) . المجال هنا لا يسمح بالتوسع كثيراً في موضوع توليد الأرقام العشوائية ومن أهم الاختبارات التي تجري على الاعداد العشوائية للتأكد من انها تحوي الخواص الاحصائية المناسبة اختبار التوزيع المتساوي : سنوف نختبر الفرضية :

H_0: R_i distributed as U[0.1]
H_1 : R_i is not distributed as U[0.1]

وبالرجوع للإحصاء اللامعلمي وباستخدام اختبار كولموجورف–سيمرنوف– Kolmogrov Smirnov Test أو اختبار مربع كاي Chi – square Test يمكن اختبار هذه الفرضية. أيضاً يستخدم في تحديد نوعية التوزيع الاحتمالي. جدول رقم (الملاحق) يمثل أحد جداول الأعداد العشوائية (يمكن توليد العديد من هذه الجداول) ويحتوي هذا الجدول على قدر كاف من هذه الأعداد يسمح بإجراء عملية محاكاة كاملة قبل أن تُكرر هذه الأعداد نفسها . وقد [4] تم تصميم هذا الجدول بحيث أن جميع الأعداد المتتابعة (سواء بشكل عمودي أو بشكل أفقي أو بشكل قطري) لها فرص الظهور نفسها . وينظر إلى الأعداد في جدول رقم (4–1) على أنها كسور عشرية محصورة بين الصفر و الواحد وقد حذفت الفاصلة العشرية منها لتسهيل الكتابة . فلو أخذنا العدد الأول من العمود الثاني من جدول الأعداد العشوائية وهو 80674 فيمكن أن نأخذ منه الكسور العشرية التالية 0.8 ،0.80 ، 0.806 ، 0.8067 ، و0.80674 كأعداد عشوائية محصورة بين الصفر و الواحد وذلك حسب حاجتنا من الأرقام ما بعد الفاصلة كما سنرى . وتلعب الأعداد العشوائية دوراً كبيراً في عملية المحاكاة التي تطبق بدورها على العديد من المشكلات . وعندما تتضمن مشكلة ما عناصر احتمالية فإنه يتم تطبيق طريقة يطلق عليها ((طريقة مونت كارلو Monte Carlo Method)) . وتعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق و أشهرها استخداماً في المحاكاة بالنسبة للمشكلات ذات العناصر الاحتمالية .ويتم العمل بهذه الطريقة بتوليد عينات أو ملاحظات من التوزيع الاحتمالي النظري للمشكلة المدروسة تحاكي أو تماثل العينات الفعلية لهذه المشكلة وذلك باستخدام عملية السحب من الأعداد العشوائية . فطريقة مونت كارلو هي آلية معينة وليست نموذجاً معيناً للمحاكاة . و مع ذلك أصبح أسمها مرادفاً لعمليات المحاكاة المتضمنة لعناصر احتمالية .وقد تم تطبيق هذه الطريقة بنجاح لحل العديد من المشكلات مثل محاكاة حركة المرور على الطرق ومحاكاة العمليات العسكرية ومحاكاة عملية تبعثر النيترونات وكذلك تصادم الفوتونات بالإلكترونات ومحاكاة الكثير من عمليات ضبط المخزون ومراقبته

ومحاكاة صفوف الانتظار ومحاكاة جدولة الإنتاج وتخطيطه وغيرها كثير من العمليات في المجالات العلمية أو التخطيطية . تعتمد طريقة مونت كارلو كليةً على توليد الأعداد العشوائية التي كانت تولد فيما مضى باستخدام بعض الأدوات الخاصة . أما اليوم فإن توليد هذه الاعداد يتم بواسطة الكمبيوتر الذي يقوم بتوليد مثل هذه الأعداد أثناء قيامه بعملية المحاكاة .

(2–9) أصناف المحاكاة

تصنف نماذج المحاكاة عادة إلى ثلاثة أصناف ، الصنف الأول هو (أنموذج مونت كارلو) ، والذي يستخدم مفاهيم مثل التوزيع الاحتمالي والارقام العشوائية لغرض تقييم استجابة النظام للسياسات المختلفة . و يضم الصنفين الآخرين كلاً من المباراة العملياتية (Operational Gaming) ومحاكاة الأنظمة (Systems Simulation) . وبالرغم من أن هذه الأصناف الثلاثة مختلفة تماماً ، إلا إن تطور المحاكاة المحوسبة ساعدت في خلق أسس عامة في إجراءات استخدامها وجعل الاختلافات بينها غير واضحة .

أولاً نموذج مونت كارلو للمحاكاة Mont Carlo Simulation Model: خلال الحرب العالمية الثانية واجه علماء الطبيعة في معامل Los Alamos حيرة من سلوك النيوترونات (Neutrons). وقد اقترح العالمان الرياضيان فون نيومان (Von Neumann) و ألم (Ulam) حلاً بإحالة المشكلة إلى عجلة الروليت (Roulette wheel) وخطوة بخطوة فإن احتمالات الأحداث المنفصلة اندمجت في صورة متكاملة أعطت حلاً تقريبياً مقبولاً للمشكلة . وقد أعطى العالم فون نيومان للطريقة الاسم الكودي " مونت كارلو" نظراً لسرية العمل الذى كان يجري في معامل Los Alamos . وطريقة مونت كارلو – وهي في الحقيقة دراسة لقوانين العفوية – وجدت نجاحاً في مشكلة انتشار النيترونات ثم عممت حتى شملت مجال بحوث العمليات (OR) . ولو أن طريقة مونت كارلو اعتمدت على عجلة الروليت أو الزهر (Dice) إلا أن الأعداد العشوائية هي التي استخدمت في الواقع ، وهذه الطريقة تستخدم لحل المشاكل التي تعتمد على الاحتمالات حيث يصعب عمل تجارب طبيعية (Physical experimentation) وحيث يكون وضع قانون (Formula) مستحيلاً. وواضح هنا يتم دراسة أحداثاً طويلة متتالية كل منها يتضمن احتمالاً ويمكن كتابة قانون رياضي لكل حدث ولكن لا توجد امكانية كتابة معادلة ذات فائدة لاحتمالات جميع الأحداث . فطريقة مونت كارلو هي عبارة عن محاكاة بواسطة أساليب العينة ، أي أنه بدلاً من أخذ عينات من المجتمع الحقيقي ،

تؤخذ هذه العينات من مجتمع مماثل (نظري) . وتتضمن طريقة مونت كارلو تحديد التوزيع الاحتمالي للمتغير تحت الدراسة ، وبعد ذلك تؤخذ العينة من هذا التوزيع بواسطة الأعداد العشوائية . وتستخدم الأعداد العشوائية لاستخراج مجموعة من القيم التي لها نفس خصائص توزيع النظام الذي نرغب في محاكاته . عندما يتضمن النظام عناصر تظهر الفرصة في سلوكها ، فإنه قد يكون بالإمكان تطبيق طريقة Mont Carlo في المحاكاة . الأساس في انموذج محاكاة Mont Carlo هو التجريب على الفرص (أو الاحتمالات) من خلال استخدام عينات عشوائية . يتكون هذا الأسلوب من خمسة خطوات بسيطة هي :

(١) وضع توزيع احتمالي للمتغيرات المهمة .

(٢) وضع توزيع احتمالي تراكمي لكل متغير من المتغيرات في الخطوة (١) .

(٣) وضع مدى زمني للأعداد العشوائية لكل متغير .

(٤) خلق أرقام عشوائية .

(٥) محاكاة سلسلة من المحاولات فعلياً .

ويمكن تفصيل وشرح الخطوة (١) :بأن الفكرة الرئيسية لأنموذج المحاكاة Mont Carlo هو خلق قيم للمتغيرات المكونة للأنموذج الذي ستتم دراسته . وهنالك عدد كبير من المتغيرات في أنظمة عالم الواقع و التي تكون احتمالية بطبيعتها والتي قد نرغب بمحاكاتها وبافتراض النموذج لمخزون سلعي فإن المتغيرات لهذا المخزون السلعي هي :

(i) الطلب على المخزون على أساس يومي أو أسبوعي أو ... إلخ .

(ii) فترة الانتظار لوصول أوامر الشراء وتخزينها .

(iii) أوقات التوقفات بسبب عطلات المكائن .

(iv) الأوقات المستغرقة للوصول إلى مكان تقديم الخدمة .

(v) الأوقات المطلوبة لتقديم الخدمة .

(vi) الأوقات المطلوبة لإنهاء (استكمال) انشطة المشروع .

(vii) عدد العاملين الذين تغيبوا عن العمل في كل يوم عمل .

أحد الطرق الشائعة لوضع توزيع احتمالي لمتغير معين هو من خلال تفحص النتائج التاريخية بمفهوم الاحتمال أو التكرار النسبي لكل نتيجة محتملة للمتغير يتم إيجادها من خلال قسمة تكرار المشاهدات

على مجموع جميع المشاهدات . ينبغي أن ننتبه إلى أن التوزيع الاحتمالي ، لا يعتمد فقط على المشاهدات التاريخية بل أنه يمكن أن يعتمد كذلك على التقديرات الإدارية المعتمدة على القدرة على الحكم و التجارب والخبرة الماضية للمدراء . أحياناً يتم استخدام عينة من المبيعات ، عطلات المكائن ، أو مستويات الخدمة لخلق احتمالات لتلك المتغيرات . و التوزيعات نفسها يمكن أن تكون مبنية على الملاحظة و الاختبار (التجريب) ، أو تعتمد على النماذج الشائعة المعروفة مثل التوزيع الطبيعي ، بواسون، أو التوزيع الأسي ، أو التوزيع ذي الحدين .

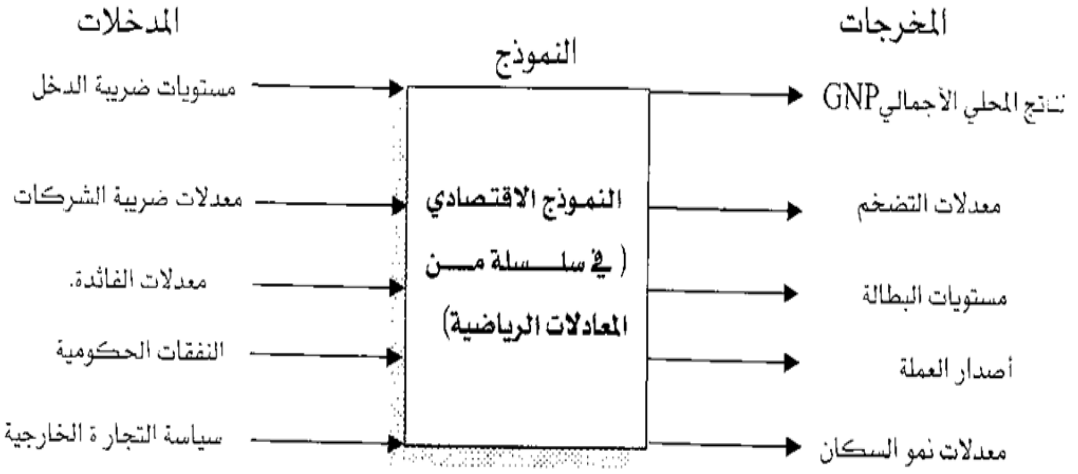
ثانياً المباراة العملياتية [11] Operational Gaming: تشير إلى المحاكاة التي تتضمن لاعبين متنافسين أو أكثر . أفضل مثال عليها هي المباريات العسكرية و المباريات بين منظمات الأعمال . يسمح كلاً النوعين من المباريات بالمشاركة في مقابلة المهارات الإدارية ومهارات صنع القرار الإداري في الحالات الافتراضية من الصراع . تستخدم المباريات العسكرية على نطاق عالمي لتدريب ضباط الجيش الكبار في دول العالم كافة لاختبار الاستراتيجيات الهجومية والدفاعية. ولفحص فاعلية الأجهزة والمعدات العسكرية وتجهيزات الجيش . أما مباريات منظمات الأعمال . فإنها طورت لأول مرة من قبل شركة (BooZ) ، حيث كان كلاً من Allen & Hamilton في الخمسينيات من القرن الماضي متعاونات مع المدراء التنفيذين وطلبة إدارة الأعمال . وقد وفرا فرصة لاختبار المهارات الادارية والقدرة على صنع القرار الإداري في ظل بيئة تنافسية . والشخص أو الفريق الذي ينجز المهمة بشكل أفضل في بيئة محاكاة يكافأ بأنه سيعلم بأن شركته ستكون الأنجح في الحصول على الربح الأعظم ، انتزاع حصة سوقية عالية ، أو ربما تحسين القيمة التجارية للشركة في سوق الأسهم . أثناء فترة المنافسة ، التي قد تكون أسبوعاً أو شهراً او فصلاً ، تستجيب الفرق لظروف السوق عن طريق إدراج قرارتهم الإدارية الأخيرة مع الأخذ بالاعتبار كمية المخزون ، الانتاج ، التمويل ، الاستثمار ، التسويق ، والبحث و التطوير . تتم محاكاة بيئة الاعمال التنافسية باستخدام الحاسب الآلي ، ويتم تقديم ملخص جديد مطبوع يلخص ظروف السوق الحالية للاعبين . وهذا يتيح لفرق العمل محاكاة سنوات الظروف العملياتية يوماً بيوم أو أسبوعياً أو لكل فصل من فصول السنة .

ثالثاً محاكاة الأنظمة Systems Simulation: تشابه محاكاة الأنظمة مباريات الأعمال في أنها تتيح للمستخدمين اختبار سياسات إدارية وقرارات مختلفة لتقييم تأثيرهم على بيئة العمل . هذا التنوع في نماذج المحاكاة يعد المحرك الذي يبعث النشاط والقوة في الأنظمة الكبيرة . تضم هذه الانظمة عمليات

الشركة ، الاقتصاد المحلي (الوطني) ، المستشفيات ، أو الانظمة الحكومية المحلية . في نظام عمليات الشركة ، يتم ربط كلاً من المبيعات ، مستويات الإنتاج ، سياسات التسويق الاستثمارات ، التعاقد مع الاتحادات أو النقابات ، مستويات الاستغلال ، التمويل ، والعناصر الأخرى بسلسلة من المعادلات الرياضية يتم اختبارها باستخدام أنموذج المحاكاة . عند محاكاة حكومة مدنية، ربما يتم استخدام محاكاة الأنظمة لتقييم تأثير ارتفاع الضرائب ، النفقات الرأسمالية على الشوارع والبنايات ، وفرة المساكن ، الأماكن الجديدة لرمي النفايات ، الهجرة الداخلية والخارجية ، مواقع المدارس الجديدة أو مراكز المدن المهمة ، معدلات الولادات و الوفيات ، وقضايا حيوية مهمة كثيرة أخرى . محاكاة الأنظمة الاقتصادية والتي يطلق عليها نماذج الاقتصاد الرياضي، تستخدم من قبل الوكالات المحلية ، المصارف ، والمنظمات الكبرى للتنبؤ بمعادلات التضخم ، توفير الأموال المحلية و الأجنبية ، ومستويات البطالة محاكاة مدخلات ومخرجات نظام اقتصادي نموذجي موضحة في الشكل رقم (2-6) .

شكل رقم (2-6)

مدخلات ومخرجات محاكاة نظام اقتصادي نموذجي



المصدر: [11]

تكمن قيمة محاكاة الانظمة في درجة سماحة لـ ماذا لو ؟ الأسئلة التي تختبر تأثيرات السياسات المختلفة. فمثلاً يمكن أن تقوم مجموعة التخطيط في شركة ما بتغيير قيمة أي واحد من المدخلات مثل ميزانية الاعلان واختبار تأثيرها على المبيعات ، الحصة السوقية ، والتكاليف قصيرة الأمد ، كما يمكن استخدام نموذج المحاكاة لتقييم الأبحاث المختلفة وتطوير المشروعات أو لتحديد أفق التخطيط طويل الأمد.

(2–10) المحاكاة باستخدامات متنوعة

أولاً المحاكاة باستخدام جدول التوزيع المتجمع وتتلخص بالخطوتين التاليتين:

(i) نحدد فئات الأعداد العشوائية المقابلة للاحتمالات المتجمعة في جدول بالاستعانة بهذه الاحتمالات كدليل.

(ii) استخدام الجدول الناتج في الخطوة (i) لإيجاد ملاحظة أو عينة تحاكي نتائج فعلية للمشكلة.

جدول رقم (2–1)

خطوات طريقة مونت كارلو لمحاكاة المتغيرات الاحتمالية

فئات الأعداد العشوائية	الاحتمال المتجمع $F(x)$	الاحتمال $f(x)$	المتغير العشوائي x
١- وضع التوزيع الاحتمالي لكل متغير في النموذج الذي يراد اختياره. ٢- استخدام ارقام عشوائية لمحاكاة قيم التوزيع الاحتمالي لكل متغير في الخطوة السابقة. ٣- كرر العملية لمجموعة من المحاولات.			

المصدر : الباحث

ثانياً المحاكاة باستخدام الرسم البياني للتوزيع المتجمع وتتلخص أيضاً بخطوتين [5]

(i) يتم اختيار عينة من الأعداد العشوائية بحسب الحجم المرغوب ثم نحدد كلاً منها على المحور الأساسي الممثل لـ $F(x)$.

(ii) نقوم بعملية اسقاط عكسية لكل من الأعداد التي حددناها في (i) فنحصل على قيم X المقابلة والتي تمثل نتائج المحاكاة .

و واضح بأن عملية المحاكاة تتم بسهولة باستخدام التوزيع المتجمع طالما كان هذا التوزيع " توزيعاً منفصلاً " . و السؤال الآن : كيف تتم المحاكاة إذا كان التوزيع المتجمع الذي يمثل المشكلة المدروسة توزيعاً متصلا ؟

ثالثاً المحاكاة باستخدام التوزيعات المتجمعة المتصلة نميز في هذا الصدد نوعين من التوزيعات المتجمعة $F(X)$

النوع الأول :$F(X)$ معطى بعبارة تحليلية تمكننا من حساب x بدلالة $F(x)$ في هذه الحالة نعتبر أن $r = F(x)$ يمثل عدداً عشوائياً باعتباره يتوزع بانتظام فوق $[0,1]$ وفقاً للنظرية السابقة ثم نحسب x بدلالة r فتكون x هي نتيجة المحاكاة المطلوبة .

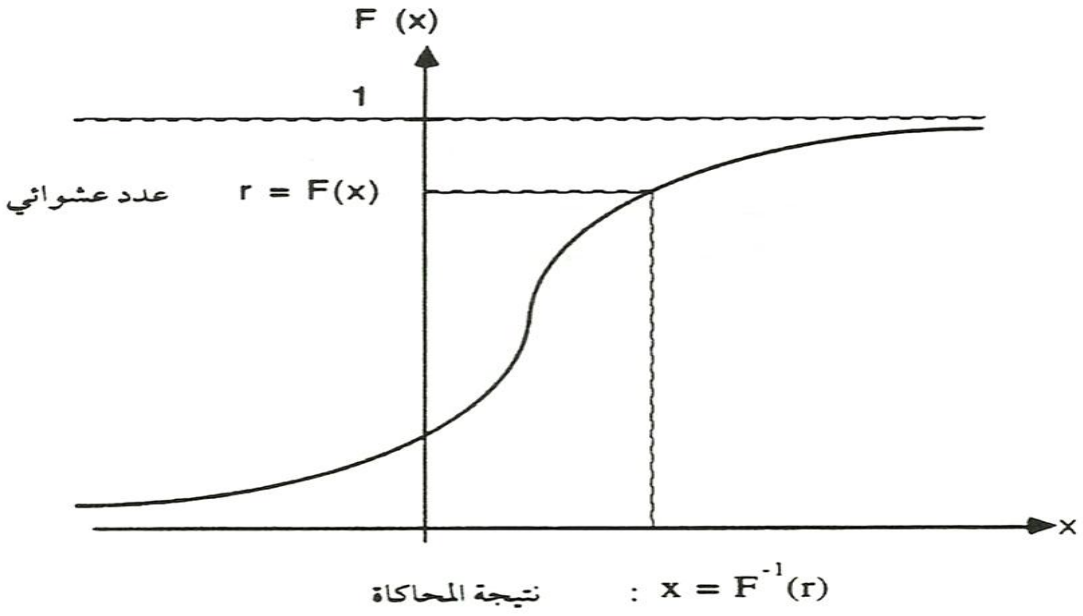
النوع الثاني :$F(X)$ غير معطى بعبارة تحليلية تمكننا من حساب x بدلالة $F(x)$. ومن أمثلة هذا النوع التوزيع الطبيعي بمتوسط μ وانحراف معياري σ . فبما أن

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-1l2(\frac{t-u}{\sigma})^2} dt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

نجد أنه من الصعب إيجاد x بدلالة $F(x)$ من العلاقة (4.2) . أحد الطرق المستخدمة لمواجهة مثل هذه الحالة هي الطريقة البيانية باستخدام الرسم البياني للدالة $F(x)$ كما هو موضح أدناه بالشكل (2-7)

شكل (2-7)

طريقة إيجاد x من دالة التوزيع الطبيعي $F(x)$ بيانياً



المصدر: [4]

وتسمى هذه الطريقة بطريقة المعكوس (Inverse Method) ومع ذلك فإن لهذه الطريقة البيانية محاذيرها الناتجة عن : صعوبة الرسم البياني بالنسبة للتوزيعات ذات المعادلات الصعبة . وعدم دقة النتائج

التي نحصل عليها من الرسم البياني للتوزيعات المتصلة كما هي الحال في التوزيعات المنفصلة . ويعود السبب في ذلك إلى أن نتيجة المحاكاة x من التوزيعات المتصلة هي عدد حقيقي ممثل بنقطة على المحور أما في التوزيعات المنفصلة فإن نتيجة المحاكاة هي أحد قيم المتغير العشوائي قيد الدراسة . ونظراً لمثل هذه المحاذير فإنه كثيراً ما يتم تقريب التوزيعات المتصلة بتوزيعات منفصلة واستخدام أسلوب المحاكاة الجدولي أو البياني .

(2–11) علاقة أساليب بحوث العمليات بالعلوم الأخرى

أولاً: تعتمد أساليب بحوث العمليات في عرضها و استخداماتها على العديد من المفاهيم والأساليب وبعض العلوم الأخرى كعلم الإحصاء وهو علم العلاقات المتبادلة بالعلوم الأخرى فهو يؤثر و يتأثر بها في نطاق تطورها المستمر عبر التقدم التكنولوجي المعاصر مما يجعل من الضروري مستخدمي أساليب بحوث العمليات الإلمام التام بالطرق الإحصائية و نظرياتها المختلفة والتنبؤ. أيضا تتطلب بحوث العمليات عدة مهارات رياضية من أهمها الحساب بالمصفوفات وعلم الاحتمال ونظرية المخططات (graph theory) تحتل نظرية الاحتمالات و التوقع الرياضي (Mathematical Expectation) والتوزيعات الاحتمالية و على الأخص توزيع ذي الحدين و توزيع بواسون في هذا الصدد مكاناً مرموقاً لاعتبارها حساسة في وضع النماذج الرياضية المختلفة لحل المشاكل الإدارية والاقتصادية و تحديد تفسير العلاقات المتشابكة لمتغيرات كل نموذج ثم اتخاذ القرار اللازم لحل المشكلة و التأكد من صحة ذلك .

أ. نظرية الاحتمالات (Probability Theory): تعتبر نظرية الاحتمالات من الأدوات المهمة في علم الإحصاء و الأساليب الكمية و التي تساعد كثيراً في عملية اتخاذ القرار وذلك لاستحالة التنبؤ بالمستقبل على أساس من التأكد التام ، و بصفة خاصة في ظل ظروف المخاطرة . هناك عدة تعاريف للاحتمال ، منها ما هو بسيط ويعتمد على الإدراك الحسي ومنها ما يعتمد على التجريد المبني على النظريات الرياضية المختلفة . إن أحد هذه التعاريف هو التعريف المبني على فكرة التكرار النسبي ، فلو أن تجربة ما أعيدت n من المرات وكان $n(A)$ هو عدد المرات التي حدث فيها الحادث A لكان $n(A)/n$ هو التكرار النسبي للحادث A . نعرف احتمال الحادث A بقولنا [2]:

$$P_r(A) = \lim_{n\to\infty} \frac{n(A)}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

ب. المتغير العشوائي (Random Variable): المتغير العشوائي هو قيمة تتغير مرة بعد مرة في تتابع لا يمكن التنبؤ به ، مثال ذلك حجم المبيعات من زجاجات اللبن لمصنع ألبان في اليوم التالي وعندما لا تكون هناك طريقة لمعرفة حجم هذه المبيعات بالضبط يعتبر العدد الذي يمثل هذا الحجم متغيراً عشوائياً [15].

ج. التنبؤ: يرى (Little child & Shutler): بأن عملية التنبؤ [8] عبارة عن " تخمين يتم من خلاله الاعتماد على البيانات التاريخية والمرتبة بشكل يسهل استخدامها لمعرفة الاتجاهات المستقبلية " . في حين يراه (Render & Heizer) على أنه "فن و علم تخمين الأحداث المستقبلية" . تستند عملية التنبؤ على البيانات التاريخية و تحاول إسقاطها على الأحداث المستقبلية ، من خلال استخدام النماذج الرياضية . و يمكن اعتبار عملية التنبؤ مزيج من استخدام النماذج الرياضية فضلاً عن خبرة و حكم الإدارة في قراءة الأحداث المستقبلية . تعتمد كل القرارات الإدارية على التنبؤات المستقبلية ، مثال ذلك وضع الإدارة تنبؤات بشأن حجم المبيعات تمهيداً لاتخاذ القرارات الخاصة بتحديد الاحتياجات من رأس المال العامل ، حجم قوة العمل ، مستويات المخزون ، جدولة الإنتاج ، متطلبات الطاقة و مدى الحاجة إلى إجراء تغيرات في مستوى الأسعار . و على الرغم من أهمية التنبؤات للإدارة ، إلا أن دقتها لا تصل إلى المستوى الذي يتمناه متخذو القرارات و على كل ، لابد للإدارة من اتخاذ القرارات اليومية في ضوء البيانات المتاحة لديها لمواجهة المشكلات المستمرة .في [5] الواقع العلمي غالباً ما تحتاج المؤسسات إلى معلومات مسبقة حول الاستهلاك (الطلب) باعتباره متغيراً عشوائياً و يتم ذلك باستخدام ما يسمى بنماذج التنبؤ التي تعطينا المتوسط و الانحراف المعياري للاستهلاك . ففي نماذج المخزون المحددة نستخدم فقط متوسط الاستهلاك و نهمل أية معلومة أخرى حول التغيرات أو التذبذبات في الاستهلاك كمعلومة الانحراف المعياري ؛ وذلك يرجع لكون الاستهلاك فرض ثابت في هذه النماذج . إهمال هذا النوع من المعلومات يجعل هذا النموذج أكثر بساطة و سهولة من ناحية الحسابات في حين يجعله أقل واقعية و بعيداً عن الحقيقة . بينما في نماذج المخزون العشوائية نستخدم المعلومات حول التغيرات و التذبذبات في الاستهلاك بطريقة واضحة و ليست ضمنية مما يجعل دراسة هذا النوع من النماذج أكثر صعوبة من ناحية الحسابات لكن القرارات الناتجة عن ذلك تكون أحسن من تلك الناتجة عن النماذج المحددة وخاصة إذا كانت التغيرات و التذبذبات كبيرة جداً. كما أن التنبؤ بالطلب يخضع لتأثير الكثير من العوامل مثل :الحالة الاقتصادية السابقة و الراهنة و المستقبلية و عوامل المنافسة و ردود الأفعال كذلك

القوانين الحكومية المنظمة لذلك بالإضافة إلى عوامل السوق المتغيرة مثل عمر المنتج ونمطه و المبتكرات الحديثة و التي قد تقود إلى التغيير في نوع و / أو كمية الطلب . و من أبرز التقنيات المستخدمة في عمليات التنبؤ تحليل السلاسل الزمنية (Time Series Analysis) و التي تقوم أساساً على التنبؤ بالمستقبل استناداً على بيانات الماضي و تستخدم في ذلك عدة طرق منها :

(١) أن يتم تقدير الطلب بناء على بيانات الفترة الأخيرة حيث يقدر الطلب $\widehat{D_j}$ للفترة بنفس ما كان عليه الطلب في الفترة السابقة $(j-1)$ و التي يرمز لها بـ D_{j-1} أي $\widehat{D_j} = D_{j-1}$.

(٢) أن يتم تقدير الطلب $\widehat{D_j}$ للفترة j بالمتوسط الحسابي له خلال عدد n من الفترات السابقة أي

$$\widehat{D_j} = \frac{D_1+D_2+\cdots+D_n}{n} = \frac{\sum_{k=1}^{n} D_k}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

حيث D_k هو الطلب الفعلي خلال فترة سابقة k بحيث(k = 1.2. …. n) .

(٣) طريقة المتوسطات المتحركة (Moving Averages) : و ذلك بأخذ متوسط الطلب الفعلي لآخر n فترة عادة ما يتم تقدير n بناءً على الخبرات التجريبية ، و تتميز هذه الطريقة بأنها تأخذ بعين الاعتبار ما يسمى بالتغيرات الموسمية (Seasonal Variations) . و عادة ما تتم مقارنة الطرق الثلاث أعلاه (١) ، (٢) و (٣) بأخذ ما يسمى متوسط الخطأ المطلق (Mean Absolute Deviation) اختصاراً (MAD) و الذي يعطى بالعلاقة

$$MAD = \frac{\sum_{k=1}^{n} |D_k - \widehat{D_k}|}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

حيث $\widehat{D_k}$ هو الطلب الذي تم التنبؤ به في الفترة k و D_k هو الطلب الفعلي للفترة k و n و هو عدد الفترات . و أفضل قيمة لـ $\widehat{D_k}$ من بين القيم المحسوبة في الطرق (١)،(٢)،(٣) هي التي تكون عندها قيمة MAD أقل ما يمكن .

(٤) طريقة الانحدار الخطي (Linear Regression) : و هي أبسط أنواع طرق الانحدار (Regression Analysis) حيث يتم التعبير عن الطلب كدالة خطية في الزمن t أي

$$\widehat{D} = at + b \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

و يتم تقدير كل من a و b باستخدام طريقة المربعات الصغرى . فإذا كانت D_1 ،D_2، ... ،D_n هي الطلب الفعلي خلال الفترات t_1،t_2 ، ... ، t_n على الترتيب ، فإن طريقة المربعات الصغرى Least (square method) تقدر a بالعلاقة التالية :

$$a = \frac{n\sum_{k=1}^{n} t_k D_k - (\sum_{k=1}^{n} t_k)(\sum_{k=1}^{n} D_k)}{n\sum_{k=1}^{n} t_k^2 - (\sum_{k=1}^{n} t_k)^2} \quad \dots\dots (2.7)$$

و عندها تعطى b بالعلاقة التالية :

$$b = \overline{D} - a\bar{t} \quad \dots\dots.. (2.8)$$

حيث $\overline{D}$ و $\bar{t}$ هما القيمتان المتوسطتان لـD_j و $t_j (j = 1.2. \dots . n)$. و بعد حساب كل منها فإننا نحسب الطلب للفترة من العلاقة (2.6) . و الطرق المشار إليها أعلاه بشكل مختصر هي من أبسط الطرق المستخدمة للتنبؤ بالطلب (أو الاستهلاك) . و في هذا الصدد نذكر بأنه توجد العديد من الطرق الأخرى و الأساليب الكمية في عملية التنبؤ التي لا مجال لذكرها في هذا البحث.مثل المعدلات البسيطة ، المعدلات المتحركة ، التعديل الأسي ... إلخ .

ثانياً دور الحاسب الآلي في نماذج المحاكاة: من الطبيعي [11] ، سيكون من الخطر وضع أي استنتاجات سريعة ومهمة اعتماداً على عملية مؤسسة ما من محاكاة قصيرة فقط . كما أنه من غير المحتمل أن يرغب أي شخص اعتماد نموذج محاكاة بسيط جداً مكون من متغير واحد فقط و بالرغم من أنه من الممكن إجراء عملية المحاكاة لمثال صغير بسيط يدوياً الذي يهتم بتوضيح المبادئ المهمة التي يتضمنها أسلوب المحاكاة وربما يكون مفيداً في الدراسات صغيرة الحجم . فإنه من الأنفع إلى حد كبير استخدام الحاسوب في عمليات المحاكاة لسهولة عملية توليد أعداد عشوائية، وباستخدام مولدات الأعداد العشوائية يمكن بسهولة الحصول على قيم محاكاة من توزيعات احتمالية كثيرة باستخدام حزم برامج الحاسوب المستخدمة للتوزيعات، مثل توزيع بواسون أو التوزيع الطبيعي أو توزيع ذي الحدين أو التوزيع الأسي، وتوجد دوال جاهزة في معظم برامج المحاكاة لمثل هذا الغرض.وخلال عملية المحاكاة وبناءً على مدى تعقيد النموذج وطبيعته، قد نحتاج إلى أن نتتبع العديد من بارامترات الإدخال وكذلك المخرجات الإحصائية، ومرة ثانية فإن عمل ذلك يدويا يعتبر شاقا ومملا ومضيعا للوقت، وعلى النقيض من ذلك فإنه من الممكن إجراء الآلاف من محاولات المحاكاة، وتتبع العديد من القياسات اللازمة بسهوله بالغة

من خلال برامج الحاسوب. من كل ما سبق ندرك أن للحاسب لآلي دوراً مهماً في محاكاة المهام المعقدة. إذ يمكن من خلال استخدام الحاسب الآلي خلق الأرقام العشوائية ، محاكاة آلاف الفترات بثواني أو دقائق قليلة وتزويد الإدارة بالتقارير التي تسهل عملية صنع القرار . في الواقع ، مدخل الحاسب الآلي ضروري للوصول إلى نتائج صادقة من خلال المحاكاة و لأننا بحاجة إلى محاكاة عدد كبير منالأعداد ، فإنه من الصعب الاعتماد على الورقة و القلم فقط . وهناك ثلاثة لغات لبرمجة الحاسب الآلي يمكن أن تساعد في محاكاة العملية . النوع الأول ، لغات الغرض العام general – Purpose Language وتتضمن اللغات الأساسية BASIC و C++ وباسكال Pascal . أما النوع الثاني فهي لغات محاكاة الأغراض الخاصة special – purpose Simulation) (Language وتتمتع بثلاثة مزايا هي [40] :

(١) أنها تتطلب وقت لبرمجة أقل لنماذج محاكاة أكبر .

(٢) أنها تكون أكثر كفاءة و أسهل عادة لفحص واختبار الأخطاء .

(٣) إنها قادرة على خلق أرقام عشوائية ومن أنواع لغات البرمجة ذات الأغراض الخاصة: GASP , DYNAMO , SIMSCRIPT , GPSS . وقد برهنت تجارب المحاكاة على أن النوع الثالث شائع الاستخدام تجارياً كونه سهل الاستخدام ويطلق عليه " برامج المحاكاة المكتوبة مسبقاً " Prewritten Simulation Program بعضها يستخدم حالات متنوعة مختلفة ، تتراوح بين صفوف الانتظار إلى نماذج المخزون وتضم كلاً من ... , Minitab , Arena , Excel , ويمكن استخدام جميع هذه البرامج على الحاسب الشخصي (PC) وتتضمن قدرات رسم مخططات بيانية .

(2–12) حدود استخدام بحوث العمليات [11]

١.أنها تتضمن الكثير من الصيغ والمعادلات والتعبيرات الرياضية للبيانات المستخدمة فهناك النماذج الرياضية باختلاف أنواعها والجداول الرياضية والإحصائية التي قد يبدو في معظم الاحيان انها صعبة الفهم والاستعمال.

٢. تفترض ظروفا وشروطا عند صياغة الكثير من النماذج والمعادلات وهذه لا يمكن تطبيقها في كثير من المشاكل الادارية والصناعية ولذا فان تطبق هذه النماذج كما هي يقود الى نتائج خاطئة .

٣. يتطلب تطبيق الاساليب الكمية أو بحوث العمليات الكثير من النفقات و المصاريف حيث هناك حاجة لخدمات الكثير من الخبراء و استخدام أجهزة حاسوب و برمجيات وتحتاج صياغة بعض النماذج

لحل مشكلة معينة في الشركات الكبيرة أو لا تجد في الإدارات جدوى لذا تستبدل الأساليب الكمية بآراء واجتهادات وكذلك الحال في كثير من الشركات الصغيرة ومتوسطة الحجم غالباً ما تلجأ إلى خبرة المدراء و الخبراء وحكمهم الشخصي بدلاً من الاعتماد على بحوث العمليات .

٤. إنها لا تدرس العوامل النوعية التي لا يمكن التعبير عنها كمياً مثل المهارات و القدرات و التصرفات و صدق الإداريين عند اتخاذ القرارات و التي تكون مهمة في كثير من القرارات وبهذا فإن اعتماد الأساليب الكمية لن يكون مفيداً إذا ما كانت هذه العوامل النوعية حاكمة في عملية اتخاذ القرار .

٥. لا يمكن لأساليب بحوث العمليات الحلول في محل الحكم الشخصي للمدير في موقف اتخاذ القرار فهي عبارة عن أدوات تستخدم في تحليل وتفسير المشاكل التي يكون فيها القرار عائد للعقل البشري .

٦. تتطلب أساليب بحوث العمليات معرفة نظرية وعملية في حقوق علمية مختلفة فعند صياغة نموذج معين لابد أن يكون مستخدم الأساليب الكمية على معرفة نظرية واسعة في الرياضيات و الاحصاء وبحوث العمليات وكذلك معرفة عملية بميادين الأعمال وتطبيقاتها ، وغالباً لا يكون هذا الأمر أي الجمع بين المهارتين متاحاً أو متوفراً في شخص واحد .

٧. أن عدم إيمان الإدارة وتعاونها أو وجود قناعة لديها بأن هذه الأساليب طورت في دول متقدمة ولا تصلح إلا لتلك الدول يعرقل كثيراً انتشار تطبيق هذه الأساليب و الاستفادة منها كذلك هناك الكثير من الإدارات التي لا توفر البيانات للباحثين و المحللين الأمر يعقد مهمتهم ويجعل من الصعب عليهم الوصول إلى نتائج وحلول للمشاكل التي يعالجونها .

الفصل الثالث

نماذج ضبط ومراقبة المخزون

(3–1) تمهيد

يمثل المخزون عنصراً أساسياً من عناصر الأصول في أي منظمة أو مؤسسة ومن الطبيعي أن تختلف تلك النسبة من منظمة لأخرى ، بل وفي المنظمة من فترة لأخرى ، وذلك وفقاً لمجموعة من العوامل أهمها طبيعة نشاط المنظمة ، حجم العمليات ، درجة الاستقرار في الطلب على منتجاتها ، حجم الأموال المتاحة لديها للاستثمار في المخزون ، التوقعات المستقبلية المرتبطة بالمواد التي تستخدمها المنظمة ، درجة الاستقرار في الأسواق التي ترد منها أو توزع فيها تلك المواد . وقرار الاستثمار في المخزن أحد القرارات التي تتطلب من إدارة المنظمة دراسة تحليلية شاملة نظراً لارتباط هذا القرار بغيره من القرارات و السياسات و الأهداف الخاصة بالوظائف الرئيسية المختلفة في المنظمة ، و من ثم فإن كفاءة و فعالية الاستثمار في المخزون تأثر و تتأثر بكفاءة و فعالية قرارات و سياسات تلك الوظائف و هو الأمر الذي يستدعي ضرورة تحقيق نوع من التنسيق و التكامل فيما بينها حتى يتم اتخاذ القرار السليم .ومن خلال هذا الفصل نحاول عرض وتوضيح بعض المفاهيم الأساسية حول مفهوم المخزون و أسباب الاحتفاظ به و مخاطر الاستثمار فيه و طرق تصنيفه و معايير كفاءة الاستثمار فيه و التكاليف المرتبطة به . كذلك تم تناول بعض تطبيقات المخزون فيما يعرف بنماذج المخزون ومن أهمها نموذج الكمية الاقتصادية الثابتة للطلب EOQ والتحليل الثلاثي A,B,C بالإضافة إلى نماذج أخرى على طيات هذا البحث .

(3–2) مفهوم المخزون ودوافع الاحتفاظ به ومخاطر الاستثمار فيه

هناك العديد من التساؤلات [33]: ما لمقصود بالمخزون وما هي أنواعه ؟ وهل كل ما يتم الاحتفاظ به من مخزون يعد غير مرغوب فيه أم أن هناك دوافع تدفع المؤسسات إلى الاحتفاظ بقدر معين من المخزون؟ ولماذا كل الاهتمام بقضية المخزون وما هي الآثار المترتبة على الاحتفاظ بالمخزون ؟

أولاً مفهوم المخزون: يعرف المخزون inventory بأنه ما يتم تخزينه من مواد أو بضائع للانتفاع بها أو استهلاكها مستقبلاً كالمواد الخام و البضائع المنتجة و المواد الغذائية أو الأموال أو المياه خلف السدود أو الدم في بنوك الدم ... إلخ . و قلما تخلو الأنظمة الاقتصادية أو التجارية أو الصناعية الصغيرة منها أو الكبيرة من حاجة إلى المخزون . ويوجد تعريف شامل آخر وضعته الجمعية الأمريكية للرقابة على المخزون والإنتاج وهو : إجمالي الأموال المستثمرة في وحدات من المادة الخام Raw material و الأجزاء Parts والسلع الوسطية Intermediate وكذلك الوحدات تحت التشغيل Work-in-process بالإضافة إلى المنتجات النهائية Finished Goods المتاحة للبيع . ويتميز هذا التعريف

بأنه يوضح أن المخزون ما هو إلا أموال مستثمرة ، وعلى ذلك فإن المخزون الزائد ما هو إلا رأس مال معطل . كذلك فإن التعريف يتصف بالشمولية نظراً لأنه يتضمن المجموعات المختلفة للمخزون بما فيها قطع الغيار والمنتجات الوسطية . ولا شك أن التعريف يقدم تقسيماً علمياً لمجموعات المخزون يمكن الاعتماد عليه في وضع الأساليب التي تهدف إلى تخفيض وضبط المخزون في كل مجموعة أو لأكثر من مجموعة في نفس الوقت .تجدر الإشارة أن هناك اختلافاً جوهرياً بين كل من مصطلح المخزون والتخزين والمخزن. فتعريف مصطلح التخزين هو الوظيفة التي يناط إليها بمهمة الاحتفاظ بالمواد والمعدات وقطع الغيار أما تعريف مصطلح كلمة المخزن تعني المكان الخاص باستلام وحفظ المواد والعمل على تداولها وصرفها والاحتفاظ بها ويشمل مختلف الأماكن المسقوفة والمكشوفة المستعملة لهذا الغرض. [27] ونعلم بأن لكل مؤسسة اقتصادية اهتمام بالمخزون من بضائع ومواد تساعدها على استمرار نشاطها دون توقف ، الأمر الذي يتطلب وجود مخزون وتظهر أهمية المخزون بأنه يمثل نسبة مرتفعة من إجمالي حجم الأموال المستثمرة في المشروع فأنه يأثر على اقتصاديات المشاريع ما يؤدي إلى ارتفاع تكلفة الاحتفاظ وعندما تكون هناك سياسة واضحة للمخزون مبنية على أسس علمية فإن هذا من شأنه تخفيض حجم الاستثمارات في موجودات المخازن الى الحد الذي يسمح باستمرار العملية الانتاجية ولا يكون هناك فائض في المخزون أي تحقيق التوازن بين متطلبات العملية الانتاجية وبين ما هو موجود بالمخازن . ونظراً لأن المخزون أقل الأصول سيولة فإن الأخطاء المتعلقة بإدارته لا يمكن معالجتها بسرعة وسوء الإدارة إذا زاد عن حده في هذا المجال فقد يؤدي ذلك إلى نهاية المشروع . ولتجنب ذلك يجب تطبيق المفاهيم الكمية في ما يعرف بقرارات المخزون .

ثانياً دوافع الاحتفاظ بالمخزون: على الرغم من تفاوت الأهمية النسبية لأسباب الاحتفاظ بالمخزون من منظمة لأخرى ومن صنف لآخر، فإنه يمكن إجمالها في النقاط التالية :

(١) التأمين والحماية ضد المخاطر Protection Against Risk: وطبقاً لهذه المجموعة من الأسباب تظهر الحاجة إلى الاحتفاظ بالمخزون نتيجة رغبة المنظمة في الاحتياط للظروف غير المتوقعة أو تلك التي لم تؤخذ في الحسبان عند إعداد خططها الإنتاجية و التسويقية . و من أهم الأسباب التي تدخل ضمن هذه المجموعة ما يلي [35]:

i. احتمالات زيادة حجم الطلب الفعلي من بعض الأصناف على حجم الطلب المتوقع عليها . و قد تنشأ الزيادة في حجم الطلب عن المتوقع نتيجة مجموعة من الأسباب ، من بينها عدم دقة

الأسلوب المستخدم في التقدير ، التغير المفاجئ في اتجاهات المستهلكين نحو الصنف ، فاعلية الجهود التسويقية في جذب عملاء جدد أو فتح أسواق جديدة ، كما قد تحدث تلك الزيادة نتيجة تغيرات فجائية في أسعار أو مواصفات المنتجات البديلة و غيرها من الأسباب .

ii. احتمالات طول فترة التوريد (وقت الانتظار) Lead – time عن المتوسطات المتوقعة لها مما يؤدي إلى تأخير وصول المواد المطلوبة عن المواعيد المحددة لها . و قد يحدث هذا التأخير نتيجة ظروف خارجة عن إرادة المنظمة. و من أمثلة ذلك تعطل وسائل النقل فنياً أو إجرائياً ، و الإضرابات العمالية لدى الموردين ، و بطء عمليات الإفراج الجمركي أو عمليات التفريغ في حالة الاستيراد ، و توقف بعض أو كل خطوط الإنتاج لدى المنظمات الموردة و غيرها من الأسباب التي تؤدي إلى عدم الوفاء بمواعيد التوريد المتفق عليها .

iii. تغير الاحتياجات من المواد من فترة لأخرى نتيجة بعض المشكلات الفنية في التصنيع مثل الكسر و التلف أو نتيجة لعدم التساوي بين معدلات الإنتاج بين المراحل الإنتاجية المختلفة ، و تظهر هذه الحالة بوضوح في المنظمات الصناعية عنها في المنظمات التجارية و وحدات الخدمات .

iv. احتمالات تلقى المؤسسة لطلبيات طارئة أو اوامر مستعجلة من عملائها و رغبة المؤسسات في تجنب ما قد يترتب على عدم الوفاء بتلك الطلبيات في مواعيدها من آثار غير مرغوب فيها .

(٢) الاستقرار والاستمرار Stability and Continuity: وتظهر هذه المجموعة من الأسباب بوضوح أكثر في المنظمات الصناعية عنها في المنظمات التجارية و الخدمية . و تتعلق تلك المجموعة من الأسباب برغبة المؤسسة في استغلال الطاقات الإنتاجية المتاحة لديها بأكبر كفاءة ممكنة و تحقيق نوع من الثبات أو الاستقرار النسبي في عملياتها . و من أهم الأسباب التي تشملها تلك المجموعة ما يلي[26]:

i. المرونة في التخطيط و جدولة العمليات الإنتاجية من خلال توفير المواد اللازمة لمقابلة التوسعات المرتقبة و بالقدر المناسب .

ii. الموازنة بين معدلات الإنتاج بين المراحل الإنتاجية المختلفة ، وذلك عن طريق الاحتفاظ بالكميات المناسبة من المواد تحت التشغيل .

iii. تحقيق الثبات أو الاستقرار النسبي في كل من حجم العمالة و معدلات الإنتاج ، و ذلك من خلال الإنتاج بمعدلات ثابتة و الاحتفاظ بالكميات الإضافية لحين الحاجة إليها .

iv. تحسين مستوى خدمة العملاء و كسب ثقتهم عن طريق السرعة في مواجهة التغيرات في طلباتهم دون تأخير أو أرتباك العمل بالمنظمة .

(٣) تحقيق وفورات اقتصادية Economic Benefits [22]: وتتمثل تلك المجموعة من الأسباب في رغبة المنظمة في تحقيق بعض المنافع الاقتصادية ، سواء في شكل أرباح أو في صورة تخفيض للتكاليف و الأضرار المرتبطة بالمخزون . و من أهم الأسباب التي تنتمي إلى هذه المجموعة ما يلي :

i. الاستفادة من خصم الكمية Quantity Discount. فكثيرا ما يقوم بعض الموردين بتخفيض أسعار البيع في حالة قيام المشتري بشراء كميات كبيرة . و في مثل هذه الحالة قد تجد المنظمة أنه من الأفضل الشراء بالكميات المطلوبة للاستفادة من الخصم لحين الحاجة إليها مستقبلاً . ولا شك أن هذا القرار يتطلب الموازنة بين الوفورات الناتجة من الخصم و التكاليف التي ستتحملها المنظمة مقابل الاحتفاظ بالكميات الزائدة .

ii. الاستفادة من تقلبات الأسعار ، و غالباً ما يشار إلى هذا الدافع من دوافع التخزين باسم المضاربة speculation و مضمونها قيام المنظمة بشراء كميات معينة من بعض المواد في اوقات انخفاض أسعارها و تخزينها بقصد إعادة بيعها مستقبلاً توقعاً لارتفاع أسعارها . و رغم أن بعض الدول تحظر التخزين بهدف المضاربة فإننا نلاحظ أن الكثير من المنظمات التجارية و الصناعية تتبع هذا الأسلوب ، و خاصة بالنسبة للحاصلات الزراعية و غيرها من المواد الموسمية أو تلك التي تتصف بالندرة النسبية .

iii. الاستفادة من الوفورات الناتجة من تحسين مستوى الجودة Quality improvement و في هذه الحالة يعتبر التخزين جزءاً من العملية الإنتاجية ، حيث يؤدي إلى اكتساب الأصناف المخزونة قيمة أو منفعة أكبر عما إذا بيعت فوراً إنتاجها . و من امثلة الأصناف التي يؤدي التخزين إلى تحسين مستوى جودتها الأجبان ، العطور ، الاخشاب ، إطارات السيارات ، ... إلخ و يعرف هذا النوع من المنافع باسم " منفعة مضمونية السلعة " .

(٤) عدم التأكد Uncertainty [8]: يلعب عامل عدم التأكد في حجم الطلب المستقبلي دوراً كبيراً في احتفاظ المنظمة بكميات من المخزون ، فقد تواجه المنظمة حالة ارتفاع في مستوى الطلب ولا

تكون لديها إمكانية تلبية طلبات الزبائن مما يجعلهم يتجهون إلى منظمات أخرى لإشباع احتياجاتهم وقد لا يعود الزبون إلى المنظمة مرة ثانية ، وعليه يوفر المخزون عامل الأمان لمواجهة حالات عدم التأكد في مستوى الطلب .وهناك حالات عدم التأكد والتي تحفز المنظمة للاحتفاظ بالمخزون مثل وقت الانتظار Lead time. تحتاج المنظمة للاحتفاظ بكمية من المخزون (مخزون الأمان) ، حتى وأن كان في استطاعتها التنبؤ الدقيق بحجم الطلب المستقبلي لتأمين الانسيابية الجيدة للخطوط الإنتاجية . اما الحالة الأخرى من حالات عدم التأكد ، فهو التجهيز The Supply وخير مثال على هذه الحالة هي حالة حظر البترول . ويمكن ذكر حالات أخرى من حالات عدم التأكد والتي من شأنها أن تدفع بالمنظمة للاحتفاظ بالمخزون مثل عدم التأكد من تجهيز العمالة ، أسعار الموارد وكلفة رأس المال وغيرها .

(٥) النقل Transportation: يكون من الأفضل في حالة بعد المسافة بين مصدر وجود المادة ومكان استلامها مثل نقل البترول من الشرق الأوسط إلى الولايات المتحدة الأمريكية ، إنشاء الأنابيب لاستخدامها في عملية النقل ومن ثم سيكون هناك مخزون من البترول في هذه الأنابيب بشكل دائم .

(٦) التغييرات في نماذج الطلب: غالباً ما تواجه المنظمة نوعين من التغييرات في نماذج الطلب على منتج ما ، فقد يكون ثابتاً ومعروفاً مثل التغيرات الموسمية أو قد تكون غير متوقعة وهذا ما يطلق عليه بالتغيرات العشوائية ، مما ينتج عنها انحرافات عشوائية وهذا من شأنه يجعل المنظمة تحتفظ بكميات من المخزون لمواجهة التغييرات في معدلات الإنتاج . وبشكل عام يمكن القول بأن سبب تواجد المخزون هو الاختلاف في التوقيت بين معدل التجهيز والطلب ، فإذا استطاعت المنظمة تجهيز أي مادة حين الطلب إليها فسوف لا يكون هناك ضرورة لتخزين المادة .

ثالثاً مخاطر الاستثمار في المخزون : و من أهم مخاطر الاستثمار في المخزون ما يلي :

(١) التقادم Obsolescence: ويقصد به عدم توافق مواصفات المواد المخزونة مع احتياجات راغبيها سواء بسبب تغير الرغبات و الاحتياجات أو نتيجة ظهور مواد بديلة تحظى بقبول أكبر من جانب العملاء أو وحدات الإنتاج . و في هذه الحالة قد تتعرض المنظمة إلى تحمل خسائر توازي تكاليف الأصناف المتقادمة بالكامل أو جزء من هذه التكاليف إذا أمكن لها التصرف في تلك الأصناف بأسعار أقل من تكاليفها .

(٢) التلف او عدم الصلاحية Deterioration: و غالباً ما يحدث التلف أو عدم صلاحية المواد المخزونة للاستعمال نتيجة الفشل في توفير متطلبات التخزين من تهوية و تدفئة و تبريد و غيرها ، كما

قد يحدث نتيجة طول فترة التخزين لبعض الأصناف كما في الأدوية والعقاقير (تجاوز فترة الصلاحية) أو تباع أسلوب خاطئ في صرف تلك الأصناف بالكامل أو جزء منها إذا أمكن إعادة تشغيلها .

(٣) السرقة أو الفقد Pilferage / spoilage [18]: بالإضافة إلى الخسائر المادية الناتجة عن سرقة بعض الأصناف أو فقدان البعض الآخر ، سواء أثناء عمليات النقل أو التخزين ، فهناك من التكاليف ما قد تتحمله المنظمة في سبيل تعويض الأصناف المفقودة ، و ما قد يترتب عليها من نفاذ المخزون و فقدان ثقة العملاء .

(٤) تغيرات الأسعار Price Change: سلاح ذو حدين ، فإذا كان ارتفاع الأسعار يحقق للمنظمة بعض الوفورات من الاحتفاظ بالمخزون ، فإن انخفاض هذه الاسعار سوف يلحق بالمنظمة بعض الخسائر .

(٥) المخاطر المرتبطة بالاستثمار في المخزون: بأقل أو أكثر من القدر المناسب ، وتدور تلك المخاطر في مجموعها حول عنصرين أساسين هما مستوى الخدمة و التكاليف المرتبطة بالمخزون .

(٦) تجميد جزء معتبر من الأموال على شكل سلع غير مباعة: وهو ما يؤدي إلى تسجيل خسائر في المحاسبة والحل الوحيد هو بيعها بتخفيضات معتبرة ، ومن المخاطر أيضاً انقطاع المخزون (العجز) وهو ما يؤدي إلى فقدان الزبائن (التجار والمؤسسات) أو توقف عمليات الإنتاج .

(3–3) طرق تصنيف المخزون

تختلف الأسس التي يمكن الاعتماد عليها في تصنيف أو تقسيم الأصناف المخزونة من مؤسسة لأخرى، وأحياناً في المؤسسة الواحدة من وقت لآخر ، تبعاً لطبيعة عمليات المؤسسة ونوعية الأصناف التي تتعامل فيها ، والغرض من الاحتفاظ بتلك الأصناف ومدى حركتها ، ومتوسط رأس المال المستثمر في المخزون أو معدلات استخدامه ، وأيضاً طبيعة الطلب على تلك الأصناف . كذلك توجد تصنيفات أخرى [7] على المواد المخزنية وفق أسس مواد مختلفة لتلبية أغراض مختلفة وهذه الأساليب منها تصنيف المواد المخزنية حسب سرعة الحركة للسلعة وحسب هذه الطريقة تصنف المواد الى سريعة الحركة وبطيئة ومتوسطة وفي ضوء هذا التصنيف توضع المواد في اماكن بحيث يؤدي الى اقل جهود في حالة تداولها وهذا التقسيم يستخدم كثيراً في الاسواق الكبيرة (السوبر ماركت) ومخازن الأدوية والصيدليات البشرية والحيوانية و حسب أهمية درجة المادة تصنف المواد النتائج المترتبة على فقدانها فالمادة الحرجة (critical) إذا كان فقدانها يؤدي إلى ضرر كبير كتوقف مصنع او حصول ازدحام في

الشارع أو حصول ازمة ، أو مواد اخرى والتي يكون نقصانها ذا تأثير قليل ويمكن الانتظار للحصول عليها فترة أطول تسمى مواد غير حرجة (non – critical) و الملاحظ أن الاقتصاديين يستخدمون هذا التصنيف لإدارة المواد في البلدان و وضع السياسات الجمركية فهناك مواد أساسية واخرى كمالية لديها وبالإضافة إلى ذلك تصنف المواد حسب قيمة الاستهلاك (Consumption value ID).

فعلى هذا الأساس تكون بعض المواد ذات قيمة استهلاكية عالية ومواد اخرى ذات قيمة واطئة وما يقع بين هذين الصنفين ذو قيمة استهلاكية متوسطة ونتيجة البحث وجد ان اغلب المخازن إن لم يكن جميعها تخضع لقاعدة التحليل الثلاثي والتي يتم نقاشها في الفقرات القادمة بالبحث . ومن أهم طرق تصنيف المخزون ما يلي :

أولاً التصنيف على أساس نوع المخزون Type of Inventory: يعد تقسيم المخزون على أساس نوعية المواد المخزونة من أكثر الطرق شيوعاً في الحياة العملية . وطبقاً لهذا الأسلوب غالباً ما يتم تقسيم المخزون إلى عدة أصناف منها [22]:

i. المواد الخام Raw Materials ويوجد هذا النوع من المواد على المنشآت الصناعية ، حيث يتم تحويلها من خلال بعض العمليات الصناعية إلى أسلع أو أجزاء قابلة للاستهلاك المباشر أو للاستخدام في إجراء عمليات صناعية أخرى .

ii. المواد تحت التشغيل In Process Inventory ويقصد بها المواد التي أجريت عليها عملية أو أكثر من العمليات الصناعية ، ولكنها لا تزال في حاجة إلى إجراء عمليات صناعية أخرى حتى تستكمل مقوماتها منتج نهائي أو كجزء من الأجزاء المكونة له . ويرجع السبب الاساسي في وجود هذا النوع من المخزون إلى عدم التوازن بين المراحل الإنتاجية المختلفة نتيجة تفاوت الطاقات الإنتاجية أو سرعة الأداء فيما بين هذه المراحل .

iii. مواد الإصلاح والصيانة يتضمن هذا النوع من المخزون أنواع العدد والأدوات اليدوية والميكانيكية المختلفة التي تحتاج إليها المنشأة لإجراء عمليات الإصلاح والصيانة والعمرات الدورية للآلات والمعدات المستخدمة في أعمال التصنيع و وسائل النقل ومناولة المواد ، بالإضافة إلى أعمال الصيانة الخاصة بالأثاث والمباني وغيرها من الأصول التي تمتلكها المؤسسة . وبالإضافة إلى مواد الإصلاح والصيانة فإن هذا النوع من المخزون يشمل ما يعرف بالمواد

المساعدة أو مواد التشغيل . ومن أمثلة المواد المساعدة الوقود والزيت والشحومات و الأدوات الكتابية والمكتبية و المكاتب و دواليب حفظ المستندات ، وغيرها من المواد التي لا غنى عنها في تسهيل قيام المنشأة بمهامها المختلفة .

iv. مواد التعبئة والتغليف عبارة عن وعاء لاحتواء السلعة أو كمية محددة منها والمحافظة عليها ووقايتها. أما الغلاف فهو الشكل الخارجي أو الصورة المرئية للسلعة ، وعادة ما يستخدم الغلاف في تميز السلعة وإيضاح البيانات الخاصة بها كافة.

تحتاج معظم الشركات التجارية والصناعية بلا شك إلى الاحتفاظ بمخزون من مواد التعبئة والتغليف لتسهيل عمليات نقل وتداول منتجاتها من ناحية ، وتروج تلك المنتجات وتميزها عن المنتجات المنافسة من الناحية الأخرى.

v. المنتجات النهائية أو تامة الصنع Finished Products ويقصد بها السلع الجاهزة أو المعدة للبيع أو الاستخدام مباشرة للعملاء والمستهلكين سواء عن طريق المؤسسة المنتجة أو من خلال مراكز التوزيع التي تتعامل معها . ومن الجدير بالذكر أن كلمة المنتج النهائي لفظ نسبي يختلف مفهومه من وجهة نظر المستهلك عنه من وجهة نظر المنتج ، وأيضاً فيما بين المؤسسات المنتجة وبعضها البعض . وبمعنى أن ما يعتبر منتجاً نهائياً من وجهة نظر مؤسسة معينة قد لا يعتبر سوى خام أو مادة نصف مصنوعة من وجهة نظر مؤسسة أخرى .

vi. المخلفات والمواد الغير صالحة للاستخدام كثيراً ما تخصص بعض المؤسسات مخازن خاصة لاحتواء الفضلات الصناعية الزائدة والمواد التالفة أو المنتجات المعيبة وبواقي الإنتاج ومواد التعبئة والتغليف والآلات والمعدات والأثاث غير الصالح للاستعمال ، وغيرها من الأصناف التي ترغب المؤسسة في التخلص منها بالبيع كنفاية أو "كهنة" .

ثانياً التصنيف على أساس الغرض من المخزون Purpose of Inventory [36]: في تصنيف المخزون على أساس الغرض من الاحتفاظ به يمكننا التمييز بين نوعين هما:

النوع الأول :المخزون التشغيلي (Operating Inventory) يتضح من التسمية أن هذا النوع من المخزون يشمل الأصناف الضرورية كافة لتشغيل النظام الإنتاجي و الأصناف التي تتولد منه ، وتلك التي تنتج عنه في ظل الظروف العادية للتشغيل ، ويحتوي هذا النوع من المخزون على الأصناف كافة المشار إليها في تصنيف المخزون حسب النوع ، غير أن الفكرة الأساسية هنا هي أن الكميات التي

تحتفظ بها المؤسسة من هذه الأصناف يتم تحديدها في ضوء المتوسطات العامة لكل من حجم الطلب وفترة التوريد وأن الكميات المتاحة من هذا المخزون تتغير بمرور الزمن نتيجة عمليات السحب والإضافة التي تتم خلال كل دورة من دورات الشراء وهو الذي يدفع بعض الكتاب إلى تسمية هذا النوع من المخزون باسم المخزون الدوري أو الحركي .

النوع الثاني: مخزون الأمان (Safety stock) يقصد به الكميات الإضافية التي تحتفظ بها المؤسسة من بعض أو كل أصناف المخزون المشار إليها سابقاً ليس بهدف التشغيل وإنما بهدف مواجهة الظروف غير العادية التي تواجه المؤسسة . وكما هو واضح من التسمية فإن هذا النوع من المخزون يستخدم كوسيلة لتأمين المؤسسة ضد حالات زيادة الطلب أو معدلات الاستخدام عن المتوسطات العامة أو طول فترة التوريد عما كان متوقعاً من الناحية الأخرى. وبمقارنة مخزون الأمان بالمخزون التشغيلي يتضح أن الأول يتميز بالثبات النسبي في حين يتصف الثاني بالحركة والتغير المستمر ، كما أن كمية مخزون الأمان عادة ما تمثل جزءاً محدوداً إذا ما قورنت بكمية المخزون التشغيلي .

ثالثاً التصنيف على أساس طبيعة الطلب Nature of Demand [41]: يهتم تصنيف المخزون على أساس هذا المعيار بالتعرف على طبيعة الطلب على المواد المخزونة ، ويمكننا في هذا المجال التمييز بين نوعين من الطلب هما الطلب المستقل والطلب التابع أو المشتق.

النوع الأول الطلب المستقل Independent demand ويقصد به الطلب على صنف أو أكثر من أصناف المخزون بالشكل الح إلى لها من جانب بعض الأفراد أو المؤسسات من خارج المؤسسة التي تمتلك هذه الأصناف. وقد تشمل الأصناف ذات الطلب المستقل منتجات نهائية تطلب بهدف إعادة بيعها كما هي ، مواد الإصلاح والصيانة وقطع الغيار ، والأجزاء والمكونات التي تطلبها مؤسسات أخرى بهدف تجميعها مثل أجراء عمليات صناعية إضافية عليها . وبعبارة أخرى فإن الطلب المستقل هو الطلب على المنتجات النهائية للمؤسسات الأخرى، وطالما إن الطلب المستقل يأتي من خارج المؤسسة المنتجة ، فإن كمية هذا الطلب لا تكون معروفة على وجه الدقة ، ومن ثم فلابد من تقدير توقعها بأسلوب أو أكثر من أساليب التوقع المتعارف عليها.

النوع الثاني التابع (المشتق) Dependent demand ويعرف أحيانا باسم الطلب المشتق فيقصد به الطلب على بعض الأصناف التي يرتبط استخدامها بأصناف أخرى. وبمعنى آخر فإن الطلب التابع يمثل الطلب على المواد والأجزاء والمكونات التي تستخدم في تصنيع منتجات أخرى تختلف في الشكل أو

الهدف من الاستخدام أو هما معا.وقد تجدر الإشارة إلى أن هناك بعض الأصناف التي يكون الطلب عليها مزدوجا أي تابعا ومستقلا في الوقت نفسه. ومثال ذلك أن تقوم بعض شركات إنتاج السيارات بالاحتفاظ بمخزون من الأجزاء أو المكونات المختلفة التي تصنع منها السيارة بهدفين: أولهما استخدام تلك الأجزاء أو المكونات في تصنيع السيارات (طلب تابع) ، وثانيهما إعادة بيع تلك الأجزاء أو المكونات المختلفة كما هي ، كقطع غيار للعملاء أو المستهلكين (طلب مستقل)وفي هذه الحالة تعامل الأصناف ذات الطلب المزدوج معاملة الأصناف ذات الطلب المستقل. وإذا ما حاولنا إيضاح الفروق الأساسية بين الأصناف ذات الطلب التابع والأصناف ذات الطلب المستقل فإنه يمكننا إيجاز أهم هذه الفروق فيما يلي:

i. تستخدم الأصناف ذات الطلب المستقل إشباع الطلب الذي يأتي من خارج المؤسسة التي تمتلك المخزون ، في حين تستخدم الأصناف ذات الطلب التابع في إشباع الطلب من داخل المؤسسة ذاتها .

ii. بالنظر إلى مكونات النظام الإنتاجي في المؤسسة (مدخلات– تحول – مخرجات) يمكننا التمييز بين الطلب المستقل والطلب التابع على أساس أن الأصناف التي تطلب ضمن مرحلة المدخلات ، وتلك التي تتوافر أو تطلب أثناء مرحلة التحول تعتبر من الأصناف ذات الطلب المستقل .

iii. يتم تقدير الاحتياجات من الأصناف ذات الطلب المستقل باستخدام أسلوب أو أكثر من أساليب التوقع ، ومن ثم فإن تلك التقديرات تكون عرضة للزيادة أو النقص حسب دقة الأسلوب المستخدم في التقدير . أما الاحتياجات من الأصناف ذات الطلب التابع فإنها تحسب مباشرة من أرقام الطلب على الأصناف التي ترتبط بها . وعلى سبيل المثال كم سيارة ننتجها هذا العام ؟ الطلب هنا مستقل ويتم تقديره ، فإذا انتهى الأمر إلى وضع خطة لإنتاج ألف سيارة فإن احتياجاتنا من الإطارات (طلب تابع) لت تعد في حاجة إلى التقدير بل تحسب مباشرة بواقع خمسة إطارات لكل ، ويكون إجمالي الاحتياجات من الإطارات خمسة آلاف إطار .

iv. إن الأساليب المستخدمة في تخطيط ومراقبة المخزون من الأصناف ذات الطلب المستقبل تختلف عن الأساليب المناسبة للأصناف ذات الطلب التابع .فبينما يعتبر أسلوب تخطيط

الاحتياجات من المواد (Materials Requirement Planning MRP) هو الأسلوب الأكثر ملائمة للأصناف ذات الطلب التابع فإن الأساليب المناسبة لحالة الطلب المستقل تتنوع حسب درجة ثبات هذا الطلب .

(3–4) معايير كفاءة وفعالية الاستثمار في المخزون

من المتفق عليه أن اتخاذ قرار بتخصيص مبلغ من المال للاستثمار في المخزون أو توزيع هذا المبلغ على الأصناف المختلفة من المواد المخزونة ليس هدفاً في حد ذاته [40]، وإنما الهدف هو تحقيق النتائج المرجوة من هذا القرار . ومن ثم يتطلب الأمر الاستعانة بمجموعة من المعايير أو المؤشرات التي يستدل منها على درجة النجاح في تحقيق النتائج المستهدفة ، ومن هنا كان عنوان هذه الفقرة " كفاءة وفعالية الاستثمار في المخزون "

أولاً الفعالية Effectiveness: تعني [48] جودة أو درجة سلامة قرار الاستثمار في المخزون، من حيث استناده إلى الأسس العلمية والتجارب السابقة والتوقعات المستقبلية لاحتياجات المؤسسة من المخزون وحجم الاستثمارات المالية اللازمة وتوزيعات هذه الاستثمارات على الأصناف المختلفة من المواد.

ثانياً الكفاءة Efficiency: فتعني [23] جودة الأداء أو حسن تنفيذ القرار ، من حيث عناصر الكمية والوقت والتكلفة والمواصفات بما يضمن الوفاء بالاحتياجات ، وفي الوقت نفسه عدم إساءة استخدام الأموال المخصصة للاستثمار في المخزون . ومن أهم المعايير التي يمكن الاسترشاد بها في الحكم على مدى نجاح الاستثمار في المخزون ما يلي :

(١) عدد مرات توقف الإنتاج أو تأخيره وتعطله نتيجة نقص المواد ومستلزمات الإنتاج أو نتيجة نقص قطع الغيار اللازمة لإصلاح وصيانة الآلات والمعدات المستخدمة في الانتاجية ، ثم قيمة الخسائر و الأضرار الناتجة عن التوقف أو التأخير .

(٢) عدد المرات التي لجأت فيها المؤسسة إلى تأجيل مواعيد الوفاء باحتياجات عملائها من المنتجات المختلفة أو جزء من هذه الاحتياجات .

(٣) متوسط طول فترة الانتظار بين مواعيد التسليم المتفق عليها مع العملاء ومواعيد التسليم الفعلية إليهم إذا كان التباين في هذه المواعيد راجعاً إلى نقص المخزون من صنف أو أكثر .

(٤) عدد المرات التي لجأت فيها المؤسسة إلى الشراء الطارئ أو الفوري لبعض المواد لمواجهة تغيرات جدول الإنتاج و بأسعار تزيد عن أسعار شراء تلك المواد من قبل ، وأيضاً قيمة الزيادة في التكاليف الناتجة عن هذا الشراء الطارئ .

(٥) عدد العملاء الذين تركوا التعامل مع المؤسسة إلى غيرها نتيجة ثقتهم بالمؤسسة من حيث عدم قدرتها على الوفاء باحتياجاتهم في مواعيدها وما يترتب على ذلك من تخفيض في الأرباح أو إضعاف المركز التنافسي للمؤسسة .

(٦) حجم الخسائر الناجمة عن ارتفاع أسعار بعض الأصناف التي تحتاجها المؤسسة ، ولم تحتفظ بمخزون كاف منها .

(٧) حجم الخسائر الناجمة عن انخفاض أسعار بعض الأصناف التي تحتاج إليها المؤسسة ، وتحتفظ منها بكميات كبيرة تفوق احتياجاتها الفعلية .

(٨) حجم الخسائر الناجمة عن المخزون الراكد ، والذي يحدث عادة نتيجة سوء تخطيط الاحتياجات من المواد . ومن أمثلة هذه الخسائر تكلفة الأموال المعطلة في الأصناف الراكدة وقيمة الأضرار التي تلحق بهذه الأصناف نتيجة التقادم أو التلف وغيرها . ومن الواضح أن المؤشرات السابقة تدور في مجموعها حول فكرة أساسية مؤداها أن تحقيق مستوى جيد من الخدمة سواء للمؤسسة أو للعملاء يتطلب من متخذ قرار الاستثمار في المخزون مراعاة ثلاثة جوانب أساسية هي :

i. ضرورة توفير الاحتياجات من المواد بالمواصفات المطلوبة ، إذا أن الاحتفاظ بمواد ذات مواصفات أقل أو أعلى من المطلوب له أضراره . فإذا كانت أقل فإن ذلك قد يؤدي إلى فقدان بعض العملاء نتيجة عدم ملائمة مستوى الجودة لاحتياجاتهم ، أو أن المؤسسة قد تلجأ إلى تخفيض أسعار البيع عن الأسعار المحددة وذلك يفقدها جانباً من الأرباح المخططة أو المستهدفة . وبالمثل فإن الاحتفاظ بمواد ذات مواصفات أعلى قد يحقق النتائج السابقة نفسها ، حيث تزداد تكلفة الانتاج ومن ثم أسعار البيع وبالت إلى احتمال فقدان بعض العملاء الذين لا يناسبهم ذلك .

ii. ضرورة توفير الاحتياجات من المواد بالكميات المناسبة إذ أن الاحتفاظ بكميات أقل من الحاجة يعني عدم تزويد العمليات الانتاجية بمتطلباتها ومن ثم توقفها أو حدوث ما يعرف باسم نفاد المخزون stock out وفقدان جانب من الأرباح كان من الممكن تحقيقه إذا

توافرت الكميات المطلوبة . وبالمثل فإن الاحتفاظ بكميات أكبر من الحاجة يعني تعطيل أو تجميد جزء من رأس المال ، بالإضافة إلى الأضرار الأخرى من تلف وتقادم وخسائر انخفاض الأسعار .

iii. ضرورة توافر المخزون في الوقت المناسب وفي حقيقة الأمر فإن عنصر الوقت هو الوجه الآخر لعنصر الكمية ، بمعنى أن توافر المواد قبل الحاجة إليها يعني كميات زائدة أو أكبر من الحاجة كما توافرها في وقت لاحق يعني نقصها عن الحاجة ، وللحالتين الأضرار نفسها .

(3–5) دور أهمية المخزون واتخاذ القرارات

أولاً دور المخزونات: يلعب المخزون دور مهم في تحقيق أهداف المؤسسة حيث يمكن تلخيصها فيما يلي :

i. الموازنة بين العرض والطلب : يعتبر المخزون وسيلة لموازنة العرض مع الطلب ، ففي حالة زيادة الطلب عن العرض يلجأ إلى سد العجز عن طريق المخزون ، ويحدث العكس في حالة إذا ما انخفض الطلب عن العرض حيث يلجأ إلى إحالة الفائض على المخزون ويستغل في مراحل لاحقة .

ii. إرضاء المستهلك : بسبب التواجد المستمر للسلع في السوق وبأسعار معقولة ، كذلك باجتناب الانتظار والازعاج للمستهلكين وتأخر مدة الإنتاج أو التوقف ، هذا ما ينعكس من جهة على سمعة المؤسسة ومن جهة أخرى على راحة رضا المستهلك .

iii. تقديم خدمات تخزينية لمؤسسات أخرى مقابل أجور محددة وذلك للاستغلال الأمثل لمخازنها .

iv. حماية المؤسسة من حالات عدم التأكد [47]: نظراً للتغير الطارئ في الذي تتفاعل معه المؤسسة فإن المخزون يقوم بحمايتها من الحالات الغير أكيدة من فترة حالية إلى فترة مستقبلية وبذلك نستطيع ذكر نوعين من حالات عدم التأكد :

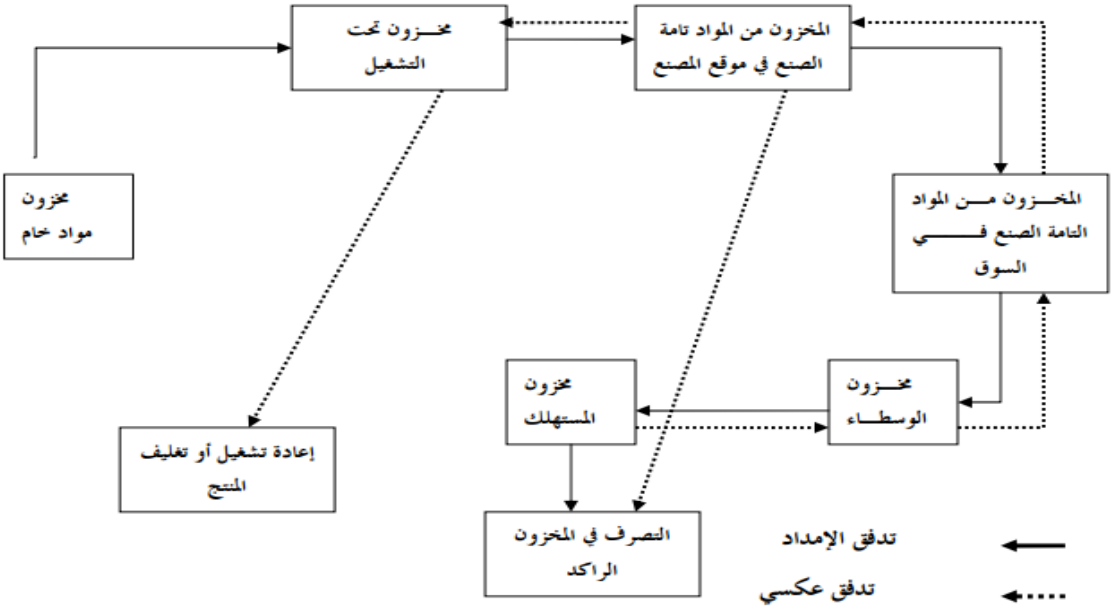
النوع الأول : عدم التأكد للطلب : إن الطلب على المنتوج النهائي لا تتضح رؤيته بسبب ميزتين هما طلب الزبائن الحاليين وذلك من خلال سياسة المحافظة عليهم بتلبية طلباتهم في الوقت المناسب وبالكمية المناسبة و طلب الزبائن المستقبليين وذلك من خلال سياسة الجذب المكلفة من ناحية الإشهار مثلاً لذا قيام المؤسسة بتكوين مخزون خاص بطلبات الزبائن المستقبليين .

النوع الثاني : عدم التأكد للدورة الإنتاجية : إن عملية الإنتاج تتعرض لنكسات تحدث بسبب تقلبات في سيرها ، مما يؤدي إلى اختلاف كبير في تعهدات المؤسسة الممنوحة إلى الزبون ، لهذا يجب تكوين مخزون لمواجهة مختلف الاختلالات الطارئة على العملية الانتاجية .

v. التعامل مع منافذ التوزيع المختلفة : يساعد المخزون على التعامل مع منافذ التوزيع كما يظهر في الشكل التالي :

شكل رقم (3 – 1)

شبكة دورة المخزون من المنافذ إلى الاستهلاك



المصدر [36]

ثانياً اتخاذ القرارات في مجال التخزين : لا تختلف عملية اتخاذ القرارات في مجال التخزين كثيراً عن اتخاذ القرارات في المجالات الوظيفية الأخرى ، فعملية اتخاذ القرارات هي عملية الاختيار بين البدائل المتاحة ، حيث أن البديل المختار هو ذلك البديل الذي يمكنه أن يحقق الهدف المطلوب ، و الطريقة المتبعة في هذه العملية لا تتوقف فقط على طبيعة المشكلة المعروضة لكن أيضاً على طبيعة ظروف البيئة المحيطة .

(١) ظروف بيئة القرارات : يمكن اتخاذ القرارات الإدارية تحت ظروف مختلفة أمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع هي [12]:

i. قرارات في حالة التأكد حيث يمكن أن يتوافر لصانع القرار معلومات كاملة عن البدائل وعوائدها

ii. قرارات في حالة المخاطرة ويفترض في هذه الحالة توفر معلومات جزئية Partial Information أو معلومات غير كاملة Perfect Information ويعبر عن درجة التأكد من البيانات بدالة كثافة احتمال Probability Density Function على شكل احتمالات البدائل المختلفة تعبر عن خبرة أو تحسب من بيانات تاريخية.

iii. قرارات في حالة عدم التأكد تعرف حالة عدم التأكد بأنها تلك الحالة التي توجد فيها أكثر من حالة من حالات الطبيعة ، ولكن يكون من الصعب على متخذ القرار أن يقدر احتمال حدوث كل منها . وتتميز هذه الحالة بعدم وجود احتمالات معروفة حول حدوث حالات الطبيعة ولا يوجد معيار محدد للمفاضلة بين البدائل المتاحة .

iv. ظروف التعارض : تشير إلى وجود طرفين أو أكثر في مواقف تنافسية بحيث يسعى كل طرف إلى تحسين موقفه على حساب الآخرين .

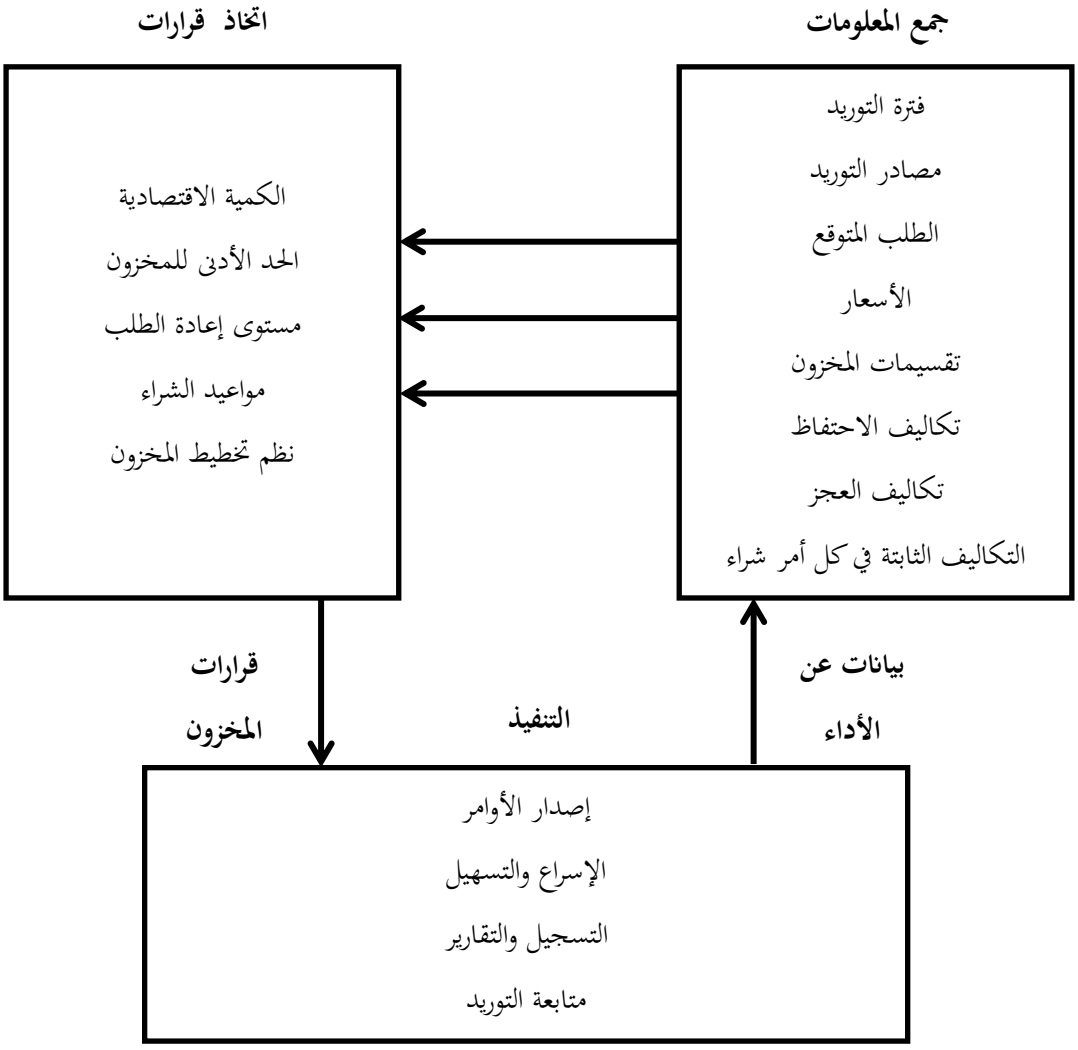
(٢) اتخاذ قرارات مقدار الكمية و وقت الطلبية إن اختيار سياسة التخزين يتطلب اتخاذ قرارين أساسيين للمخزون وهما :

i. يتعلق بمقدار الكمية التي تطلب دفعة واحدة ، فقد تكون كبيرة أو صغيرة كما هو معلوم فإن الطلب بكميات كبيرة يكون بهدف تخفيض تكاليف الطلب ، وكلما كانت كمية الطلب كمية الطلب كبيرة كلما كانت مدة الطلب أو إعادة الطلب طويلة ، وعلى العكس من ذلك فإن الطلب بكميات صغيرة يكون بهدف تخفيض تكاليف التخزين ، وكلما كانت كمية الطلب صغيرة كانت مدة الطلب صغيرة ، وعليه فإنه لكل من هذين الاتجاهين أثره السيء على التكاليف الكلية للمؤسسة ، ومن تم على الأرباح ويمثل الحل الوسط الاتجاه الحل الأمثل من بين الاتجاهين السابقين ، ويمكن تحقيق ذلك باللجوء إلى استخدام مفهوم الكمية الاقتصادية للطلب ، وهي تسمح لنا بتخفيض إجمالي التكاليف الكلية للمؤسسة ، ومن ثم زيادة الأرباح وبذلك يجب توافر نوع من المستوى الأمثل للمخزن بناءاً على مسيرة الانتاج ، إلا أنه يجب أخذ العوامل الاقتصادية بعين الاعتبار ، فقد تؤدي هذه الأخيرة بمؤسسة ما إلى مزيد من التخزين فوق هذا المستوى أو أنها تخفضه إلى أقل مستوى ممكن .

ii. يتعلق بوقت الطلب أي متى تطلب هذه الكمية ، فقد تكون المدة طويلة أو قصيرة ، حيث توجد علاقة طردية بين كمية الطلبية ومدتها ، فكلما كانت كمية الطلبية كبيرة كانت مدة الطلبية طويلة والعكس صحيح يمكن تصوير مكونات ومعلومات اتخاذ قرارات المخزون في الشكل التالي:

شكل رقم (3-2)

نظام المعلومات لاتخاذ قرارات المخزون



المصدر [33]

(٣) عائد قرارات التخزين : إن قرار الإدارة بشراء المواد للتخزين قبل الحاجة إليها ينتج عنه أرباح أو خسائر ، وهو مؤشر على مدى نجاح الإدارة أو فشلها في التنبؤ بأحداث المستقبل ، ومدى مقدرتها على الاستفادة من هذه التوقعات وكما هو معروف فإن لجوء الإدارة إلى اتخاذ قرار الاحتفاظ بالمخزون معناه الإقرار ضمنياً بقبول تحمل تكلفة التخزين ، ويكون ذلك بتوقع ارتفاع الأسعار في المستقبل لدرجة أن فرق السعر سيؤدي إلى تغطية تكلفة حيازة المخزون على الأقل إن لم ينتظر أن يزيد ذلك . على

الرغم من أننا سوف نتعرض فيما بعد لمجموعة من النماذج الرياضية التي تستخدم في تحديد الكمية الاقتصادية للشراء ونقطة إعادة الطلب في ظل ظروف تشغيلية مختلفة، إلا أننا نرى مع Buffa , Miller أن عملية إدارة نظام للمخزون هي أكبر من مجرد أساليب الرقابة الكمية . فيجب النظر إلى نظام المخزون على أنه عملية مستمرة تتكون من عدة جوانب أهمها: اتخاذ القرارات الخاصة بالمخزون وتنفيذها و وجود نوعاً من البيانات المرتجعة feedback ليتضح منها أثر تلك القرارات كذلك وجود نظام للمعلومات يضمن التسجيل الفوري لعمليات استخدام المخزون أو الإضافة إليه. ثم وضع مجموعة من القواعد المحددة مسبقاً التي توضح بدقة كيف يتم اتخاذ القرارات الخاصة بالمخزون في حينها ويمكن تصوير تلك المكونات في شكل نظام المعلومات أعلاه.

(3–6) خصائص أنظمة المخزون وإجراءات التخزين

أولاً خصائص أنظمة المخزون [8] Characteristics of Inventory Systems:

(١) الطلب Demand : إن نقطة البداية في إدارة المخزون هو تحديد مستوى الطلب ، إذ يتواجد المخزون لتلبية احتياجات زبائن المنظمة ، وقد يتواجد الزبون داخل المنظمة مثل حالة انتظار العام .المشرف على تشغيل الماكنة للجزء أو للمنتج نصف المصنع ليقوم بإكمال العمليات التصنيعية عليه أو قد يتواجد الزبون خارج المنظمة و هو الذي يقوم بشراء المنتج و في كلتا الحالتين ، لابد من التنبؤ الدقيق بمستوى الطلب . و بشكل عام قد يكون الطلب على المواد المخزونة طلباً معتمداً Dependent ، أو قد يكون طلباً مستقلاً Independent ، ومن الأمثلة على الطلب المعتمد المكونات أو المواد المستخدمة لغرض إنتاج المنتج النهائي ، فإذا أعدت منظمة مختصة بصناعة السيارات خطة لتصنيع ألف سيارة فهي تحتاج في هذه الحالة إلى خمسة ألاف عجلة (بضمنها العجلة الاحتياطية) . وعليه فإن الطلب على العجلات هو طلب معتمد على إنتاج السيارات ، أي أن الطلب على مادة معينة تعتمد على الطلب على المادة الأخرى . أما المواد ذات الطلب المستقل فهي المنتجات النهائية التي لا تعتمد على أنشطة إنتاجية داخلية مثل السيارات .فالطلب المستقل هو خارجي ، وخارج السيطرة المباشرة للمنظمة . إن الافتراضات الخاصة حول نماذج وخصائص الطلب غالباً ما تكون الأهم في تحديد نموذج السيطرة ، و تستند أبسط نماذج المخزون على افتراض ثبات معدل الطلب مثل نموذج كمية الطلب الاقتصادية . ويمكن أن يكون معدل الطلب ثابتاً و بتوقيت عشوائي و بشكل عام فإن نماذج الطلب العشوائية تكون أكثر تعقيداً من نماذج الكمية الثابتة.

(٢) وقت الانتظار Lead Time : يمكن تعريف وقت الانتظار في حالة قيام المنظمة بطلب المواد من خارجها على أنه الوقت المستغرق بين إطلاق الأمر واستلام المواد . أما في حالة إنتاج المواد داخل المنظمة ، فإن وقت الانتظار هو مقدار الوقت اللازم لإنتاج الدفعة الإنتاجية من المواد واستلامها .

(٣) وقت المراجعة Review Time : تستخدم بعض المنظمات نظاماً معيناً ، إذ يكون مستوى المخزون المتداول لديها معروفاً في أي وقت ، ومن الأمثلة على هذا النظام هو استخدام المتاجر الحديثة لجهاز الفحص المرئي A visual Scanning Device عند نقاط التفتيش و المرتبطة بقاعدة البيانات المتواجدة في المخزن ، إذ أن المادة التي تمر من خلال جهاز الفحص يتم تسجيلها وتخفيض مستوى مخزونها بمقدار وحدة واحدة .

(٤) الزيادة في مستوى الطلب : هناك خاصية أخرى من خصائص أنظمة المخزون وهي كيفية سلوك النظام تجاه الزيادة الحاصلة في مستوى الطلب و التي لا تستطيع المنظمة تلبيتها حالياً من المخزون المتواجد لديها . إذ يكون أمام المنظمة التصرف بإحدى الحالات التالية : تأجيل تلبية احتياجات الزبائن للمستقبل و فقدان الزبون ، إذ يقوم بإشباع طلبه من منظمة أخرى و تأجيل جزء من الطلب للمستقبل وفقدان الجزء الآخر.

ثانياً إجراءات التخزين : المنظمات بصفة عامة [10] تهدف من وجودها إلى تحقيق أهداف معينة وذلك عن طريق مجموعة من السياسات التي تحدد معالم الطريق للوصول إلى الأهداف وهذه السياسات تتدرج في شكل هرمي من أعلى إلى أسفل وتزداد مدى احتوائها على التفصيلات كلما اقتربنا من المستويات التشغيلية . أي أنه يمكن القول أن الإجراءات هي " مجموعة الخطوات التفصيلية اللازمة لأداء الأعمال " أو هي مجموعة مختارة من خطوات العمل التي تطبق على الأعمال المستقبلية وتبين بشكل المحدد الطريقة التي يتم بها تنفيذ العمل [42] . ويقصد بإجراءات التخزين تحديد الخطوات اللازمة للتعامل مع المخزون من لحظة استلامه ووصوله إلى المؤسسة مروراً بعملية نقله وتداوله بين المخازن والإدارات و بالعكس وكيفية التعامل مع التالف منه وانتهاء بعملية الصرف .وإذا كانت تلك الإجراءات توضح التصرفات الواجب اتباعها لتوفير الخدمات التخزينية المناسبة إلا أن المشكلة التي يواجهها الإداري هنا هي تحديد درجة اعتماده على هذه الوسيلة في التخطيط . ولا سيما أن هذه الوسيلة تحقق المزايا الآتية :

(١) توفير جهود الإداريين حيث أن وجود مثل تلك القواعد تغني الموظف عن الرجوع إلى رئيسه كلما برزت مشكلة معينة ورد ذكرها في القواعد العامة .

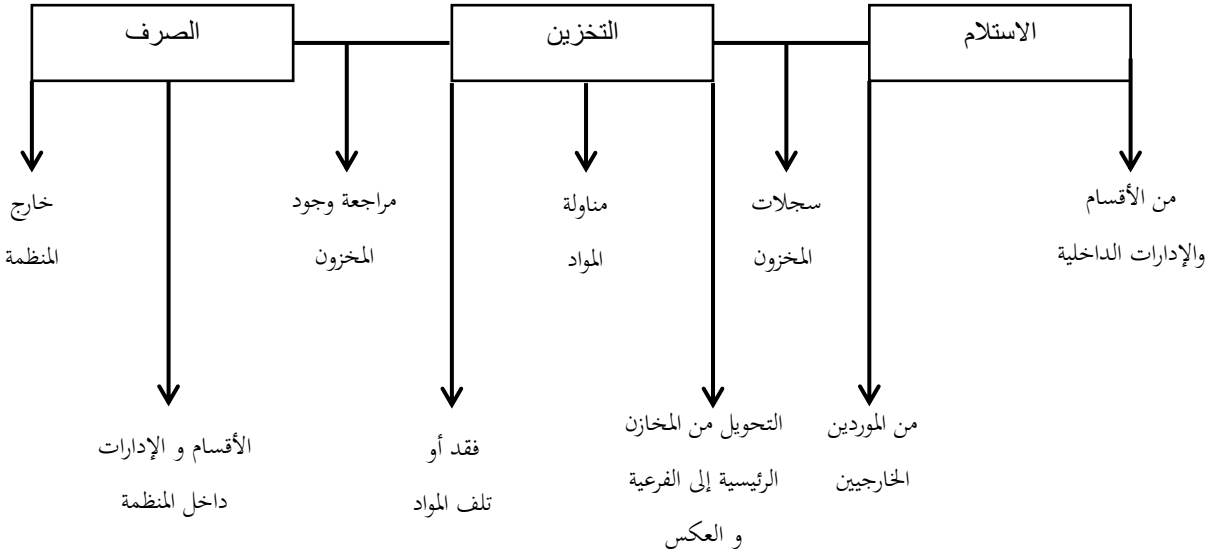
(٢) يمكن بواسطة تلك القواعد التوسع في تطبيق مبدأ تفويض السلطة حيث يمكن للمدير الاعتماد على مرؤوسيه في تصريف الأمور دون الرجوع عليه إلا في الحالات الاستثنائية .

(٣) تصبح هذه القواعد بمثابة مستويات نموذجية للأداء يمكن مراقبة القائمين بالعمل بموجبها .

(٤) إمكانية الاعتماد على موظفين أقل مهارة وخبرة نسبياً لأن العمل في هذه الحالة يقتصر على مجرد تنفيذ الخطط الموضوعة دون تحمل مسؤولية وضع هذه الخطط .يوضح الشكل التالي الإجراءات الرئيسية للتخزين :

شكل رقم (3 –3)

الإجراءات الرئيسية للتخزين



المصدر [6] :

ومن أنواع الإجراءات للتخزين [6]:

i. الاجراءات المتعلقة بالاستلام : والاستلام هو قبول المواد أو البضاعة الداخلة إلى المخازن من جميع المصادر سواء الداخلية أو الخارجية وترتبط عملية الاستلام بالفحص لأن القبول النهائي لا يتم إلا بعد الفحص وذلك للاطمئنان على مستوى الجودة وعند وصول طلبات الشراء تقوم إدارة الشراء بإخطار إدارة التخزين بوصول الطلبات لإجراء اللازم لاستلامها وتخزين الاصناف في الأماكن المخصصة لها وفيما يلي نموذج للمستندات المتعلقة بعملية الاستلام .

شكل رقم (3 – 4)

إيصال استلام

إيصال ستلام رقم .....

اسم المورد: ..... التاريخ / /

رقم أمر التوريد: ..... تاريخه .....

تاريخ الاستلام: .....

باين بالأصناف المسلمة من السيد: .....

اسم الصنف	الكمية	الوحدة	ملاحظات

التوقيع: .....

المصدر [34]

ii. الإجراءات المتعلقة بالصرف من المخازن : في أغلب الحالات تجرى عملية الصرف بموجب مستند رسمي يسمى أمر صرف موقع عليه من له سلطة في السحب من المخزن ويكون أمين المخزن على علم بأسمائهم ولديه نماذج من توقيعهم وفيما يلي نموذجاً لأمر صرف رسمي. أن إحكام الرقابة على المخزون [13] يقتضي استخدام وحدة واحدة سواء للصرف من المخازن أو التوريد لها وتختلف هذه الوحدة بدرجة كبيرة تبعاً لنوع المخزون وظروف التشغيل فقد تكون كيلو جرام أو دستة أو جالون ... إلخ . ويجب التأكد من أن فحص التوريدات قد تم على أساس سليم وبمستوى الجودة وفي المواعيد المحددة ثم يجب أن تقوم إدارة المخازن بأسلوب تنظيمي ومستقر وفيما يلي بيان بمستند الفحص.

iii. الإجراءات في حال فقدان الأصناف أو تلفها : تهتم بإبلاغ الجهة المختصة فور حدوث التلف أو الفقدان بالإضافة إلى عملية الجرد لتحديد مقدار الكمية المفقودة أو التالفة .

شكل رقم (3 – 5)

إخطار لقسم الفحص ، لفحص مواد مشتراة

إخطار ورود مواد رقم ..... التاريخ: .....

اسم توريد رقم : ..... بتاريخ: .....

اسم المورد: .....

اسم الصنف	الكمية	الوحدة	المواصفات المطلوبة	نتيجة الفحص

ملاحظات:

.....

.....

التوقيع: .....

المصدر [25]

iv. الإجراءات في حالة إرجاع لمواد من الإدارات المختلفة إلى المخازن : عند إرجاع مخلفات العمليات الصناعية وبواقي الإنتاج من الإدارات المختلفة إلى المخزن يتم تحرير مستند خاص بها يتضمن كافة المعلومات عنها ثم يتم استلامها والاحتفاظ بها في أماكن لحين دراسة مدى إمكانية الاستفادة منها .

ومن الواضح أن لعملية الاحتفاظ بالمخزون هيكلة وتكاليف خاصة بها وتتكون هذه التكاليف عادة من تكاليف طلب البضائع أو المواد وتكاليف وضعها وترتيبها والاحتفاظ بها في المخازن المخصصة بالإضافة إلى تكاليف تعطيل رأس المال وخلافه.

شكل رقم (3 – 6)

إذن صرف من المخازن

إذن صرف من المخازن رقم: .....

التاريخ: .....

اسم القسم طالب الصنف : .....

الغرض المطلوب من أجله: .....

اسم الصنف	رقمه	الكمية	الوحدة	ملاحظات

استلمت الأصناف المبينة أعلاه — التوقيع: .....

وظيفة المستلم: ..... — توقيع المستلم: .....

المصدر [15]

(3–7) هيكلة أنظمة التخزين وتكاليف المخزون

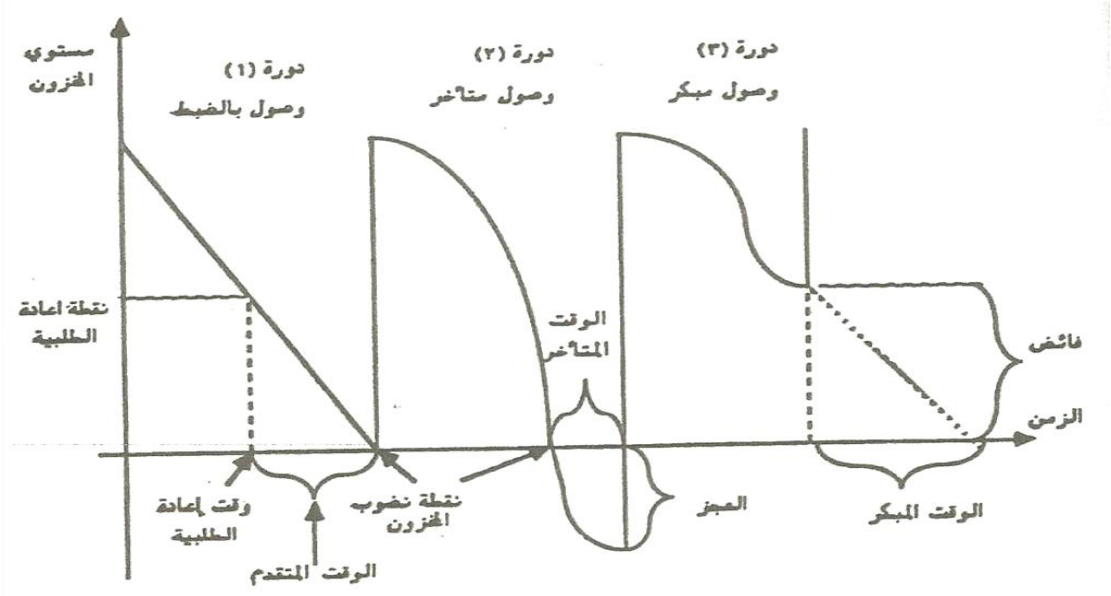
قد يتصور البعض أن المخزون هو وسيلة مساعدة للإنتاج ولذلك فينبغي توفير اكبر قدر من المخزون . هذا التفكير لا يلمس الحقيقة فهناك تكاليف كثيرة مرتبطة بالمخزون . هذه التكاليف تشمل تكلفة حفظ المخزون وتكلفة أوامر التوريد وتكلفة عدم استثمار رأس المال وتكلفة نقصان المخزون وغيرها. لابد من دراسة هذه التكاليف بعناية لمعرفة كيفية التعامل مع المخزون من حيث الكمية و وقت التوريد .

أولاً هيكل أنظمة التخزين [4]: كما عرفنا بأن المادة أو البضاعة التي نضعها في المناطق التخزينية كالمخازن والمستودعات ومراكز التوزيع اسم "المخزون" . ونطلق على كمية هذا المخزون مقاسة بمقياس معين كالوزن أو الحجم أو عدد الوحدات اسم "مستوى المخزون Inventory level" . ومع الطلب (demand) المتزايد على المخزون فإن مستواه يتراجع تدريجياً حتى يصل إلى نقطة معينة نقوم عندها بإعادة طلب كمية جديدة من المخزون نطلق عليها اسم "طلبية order" لرفع مستواه إلى ما كان عليه

أو إلى أي مستوى موجب مناسب . وتسمى مثل هذه النقطة عادة "نقطة إعادة الطلبية" أو "نقطة إعادة الطلب recorder point" . كما نسمي الوقت الذي ينقضي بين إعادة الطلبية و وصولها إلى المنطقة التخزينية اسم "الوقت المتقدم lead time" . وقد تفرض بعض النماذج الرئيسية لضبط المخزون أن وصول الطلبية من المخزون هو بالضبط عند نضوب (depletion) المخزون أي وصول مستواه إلى الصفر . ويتحقق ذلك عندما يكون كل من "معدل الطلب" (وهو عدد الوحدات المطلوبة أو المستهلكة من المخزون في وحدة الزمن) والوقت المتقدم ثابتان . أما إذا كان كلاً هذين الأخيرين أو أحدهما متغيراً بتغير الزمن فإن الطلبية قد تصل مبكرة حيث يحصل عندها فائض (surplus) في مستوى المخزون أو قد تصل متأخرة حيث يحصل عندها عجز (shortage) في مستوى المخزون . ويتم تجنب الوقوع في مثل هذا العجز عادة بتخزين كمية احتياطية تسمى "مخزون الأمان safety stock" . ويعطي الشكل (3 – 7) توضيحاً للحالات الثلاث المشار إليها أعلاه .

شكل رقم (3 – 7)

الحالات المختلفة لوصول الطلبية



المصدر [4]

وكما نلاحظ فإن الشكل (3–7) يعبر عن ثلاث دورات (زمنية) غير متساوية للعملية التخزينية . وعموماً فإن عملية التخزين تستمر بمرور الزمن وفقاً لدورات زمنية متساوية أو غير متساوية . ويتضح من ذلك أن الطلبيات قد تتم دورياً (periodic) (يومياً ، أسبوعياً ، شهرياً ، ... إلخ) في مطلع كل دورة حيث يعتمد حجم الطلبية على مستوى المخزون وبعض الشروط الأخرى عند نقطة إعادة الطلب

ويطلق على هذا النوع من أنظمة التخزين اسم " أنظمة تخزين دورية " . وقد تتم الطلبيات بصورة غير دورية أي في أي لحظة زمنية حيث نقوم في مثل هذه الحالة بمراقبة مستوى المخزون باستمرار وتتم إعادة طلبية جديدة عندما يصل مستوى المخزون إلى حد معين لا يسمح بتجاوزه ويطلق على أنظمة التخزين التي من هذا النوع " انظمة تخزين مستمرة " . ومن الواضح أن مستوى المخزون يتعلق بصورة رئيسية بما أسميناه " الطلب " على المخزون . وقد يكون هذا الطلب معروفاً أو معطى بشكل محدد ونطلق على أنظمة التخزين عندئذ اسم " أنظمة تخزين محددة deterministic inventory systems " وبالإضافة إلى ذلك فإن الطلب – بالنسبة لهذا النوع من الأنظمة – قد يكون ثابتاً كما هي الحال في الدورة (١) من الشكل (3–7) ويسمى النظام عندئذ " نظام تخزين محدد وساكن " أو قد يكون الطلب متغيراً بتغير الزمن كما هي الحال في الدورة (٢) والدورة (٣) من الشكل (3–7) ويسمى النظام عندها " نظام تخزين محدد وديناميكي " . وبالمقابل فإن الطلب على المخزون قد لا يكون معطى بشكل محدد بل يعطى لنا توزيعه الاحتمالي ونحصل عندها على ما يسمى " أنظمة تخزين احتمالية " والتي تنقسم بدورها إلى قسمين : " أنظمة تخزين احتمالية مستقرة " وذلك عندما يكون الطلب على المخزون ثابتاً و " أنظمة تخزين احتمالية غير مستقرة " وذلك عندما يكون الطلب متغيراً بتغير الزمن . ونظراً لأن صياغة مشكلات التخزين التي يكون فيها الطلب على المخزون متغيراً بتغير الزمن هي صياغة صعبة ومعقدة فإننا لن نتعرض لها في هذا البحث . وسنكتفي بما يهمنا في هذا البحث بمعالجة النماذج الرئيسية من النماذج المحددة الساكنة وأحد النماذج البسيطة من النماذج الاحتمالية المستقرة .

ثانياً تكاليف المخزون [5]: من المعروف أن لعملية الاحتفاظ بمخزون تكاليفها الخاصة بها كتكاليف طلب البضائع و تكاليف و ضعها و ترتيبها و صيانتها في المخازن و التكاليف الناتجة عن تعطيل رأس المال الذي دُفع ثمناً للمادة المخزونة و غيرها من التكاليف الأخرى . بالإضافة إلى هذه التكاليف التي تصل أحياناً إلى نسبة كبيرة من أثمان المواد المخزنة فإن زيادة حجم المخزون قد تؤدي إلى خسارة و إفلاس كبيرين للنظام صاحب الشأن لما يترتب عليها من تعطيل لرؤوس الأموال و تكاليف كبيرة للاحتفاظ بالمخزون و تلف لنسبة من المخزون . كما أن نقص حجم المخزون لدى نظام قد يؤدي إلى خسارة حصة النظام و زبائنه في السوق و إلى هدر طاقات القوى العاملة فيه و هدر موارده مما قد يترتب عليه أيضاً خسارة كبيرة للنظام .إن أنظمة التخزين تسعى لجعل التكاليف الكلية للمخزون أقل مما يمكن ،أي أن تكاليف المخزون هي في النهاية عملية موازنة بين عدد من عناصر التكلفة بحيث تتحمل المؤسسة في

النهاية أقل تكلفة إجمالية ممكنة . ولذلك فإن معالجة هذه المشكلة يتطلب فهماً لعناصر التكلفة الفرعية التي تكون منها التكلفة الكلية للمخزون والغرض من كل عنصر منها وأثره على التكلفة الكلية وعلاقته بها وتنقسم تكاليف المخزون الرئيسية إلى أربعة أقسام وستعالج على النحو التالي:

(١) تكاليف الشراء : وهو الثمن الذي ندفعه لشراء وحدة واحدة من المادة التي نرغب بتخزينها . ولا يدخل هذا الثمن عادة ضمن التكاليف المباشرة للمخزون ولكنه يتأثر بالقرار المتعلق بحجم المخزون . فمن المعروف أن موردي المواد يعطون خصماً معيناً على البضاعة المشتراة يزداد بازدياد حجم هذه البضاعة.ويعني ذلك أن سعر الوحدة من المخزون ينقص بازدياد حجم الطلبية من هذا المخزون أو هو دالة متناقصة في مستوى المخزون. ويطلق على هذا النوع من التكاليف أيضاً اسم " تكاليف الخصم discount cost" .

(٢) تكاليف الطلب (ordering cost) [4]: ويطلق عليها أيضاً " تكاليف التجهيز set-up cost " وهي التكلفة الناتجة عن طلبية واحدة وتشمل ما يلي :

i. تكاليف إعداد المستندات اللازمة للطلبية : وتتضمن تكاليف الورق والموظفين و المتابعة ... إلخ وتتكرر هذه التكاليف عند كل طلبية .

ii. تكاليف التجهيز للإنتاج : فقد تكون الطلبية منتجة مسبقاً وقد لا تكون كذلك وعندئذ لابد للجهة المنتجة (المصنع مثلاً) من إعداد الأجهزة وتعييرها (تحميلها) لإنتاج الكمية المطلوبة . ولتحميل الأجهزة تكلفته الخاصة به تتكرر في كل مرة نحمل فيها هذه الأجهزة أي في كل طلبية . والتكاليف في (i) و (ii) تزداد في فترة زمنية معينة بازدياد عدد مرات تكرارها في هذه الفترة . وهذا يكافئ أن هذه التكاليف تزداد بنقصان مستوى المخزون لأن هذا الأخير يؤدي إلى زيادة عدد الطلبيات اللازمة وهي بالتالي دالة متناقصة في مستوى المخزون .

(٣) تكاليف التخزين (holding cost) وتشمل ما يلي :

i. تكاليف رأس المال المدفوع ثمناً للمخزون من حيث انه رأس مال عاطل مالم يتم استهلاك المخزون . والتكلفة هنا ناتجة من أن رأس المال بأرباح فيها لو استثمر في مجالات أخرى أو من الفوائد التي تدفع على هذا المال في حال اقتراضه من المؤسسات المالية الربوية .

ii. تكاليف صيانة المخزون وأجور المخزن والتدفئة والتبريد والحراسة ... إلخ .

iii. تكاليف ناتجة عن " تلف المخزون " نتيجة لطول مدة التخزين أو لأسباب أخرى .

iv. الضرائب والتأمين المدفوعة للمخزون .

v. تكاليف وضع وترتيب المخزون في المخزن وتكاليف السجلات وإدخال البيانات اللازمة لذلك ... إلخ .

vi. تكاليف إدارة المخازن كالتي تنتج عن عملية المراجعة المتصلة أو المراجعة الدورية للمخزون .

ويتم التعبير عن تكاليف التخزين عادة إما بالتكلفة العائدة لكل وحدة من المخزون ضمن فترة زمنية محددة أو كنسبة مئوية من قيمة المخزون . ومن الواضح أن تكاليف التخزين تزداد بازدياد مستوى المخزون ويعني ذلك أن تكاليف التخزين هي دالة متزايدة في مستوى المخزون .

(٤) تكاليف العجز (shortage cost) في المخزون [5] : وتشمل التكلفة الناتجة عن تدني الدخل الذي ينتج عادةً عن فقدان المبيعات والعملاء والوقت الضائع للأجهزة و القوة العاملة . ومن الواضح أن مثل هذه التكاليف تنقص بازدياد مستوى المخزون فهي بالتالي دالة متناقصة في مستوى المخزون . وللعجز آثار سلبية على التكاليف الاجمالية للنظام ومنها ضياع الأرباح التي كان يمكن الحصول عليها لو توافرت البضاعة عند الطلب وضياع بعض الزبائن وعدم عودتهم مرات أخرى لاقتناء البضاعة ثم تشويه السمعة التجارية للمؤسسة أو العلاجية في المستشفيات وينتج عن هذا آثار سلبية كثيرة . وتعتبر تكلفة العجز من أصعب التكاليف من ناحية القياس والتقدير وذلك يرجع لاختلاف طرق تعامل المؤسسات مع الزبائن في حالات العجز .أما التكلفة الكلية بالنسبة لوحدة الزمن Per Unit Time **T**otal **C**ost والتي يرمز لها بالرمز **TCU** للمخزون ، تساوي مجموع دوال التكاليف الأربعة الموضحة أعلاه (تكاليف الشراء ، تكاليف الطلب ، تكاليف التخزين و تكاليف العجز في المخزون) . فإذا كانت جميع التكاليف في البنود الأربعة معطاه كتكاليف في وحدة الزمن فإن التكلفة الكلية **TCU** تعبر أيضاً عن التكلفة الكلية للمخزون في وحدة الزمن .

وبعد تناول وعرض هذه التكاليف يجب مراعاة النظر لمستويات المخزون من وجهة اهتمامات الإدارات المعنية قد تختلف إدارات المؤسسة الواحدة في تقدير المستويات الكافية لمختلف أصناف المخزونات التي يجب توافرها إلا أن المستوى الأمثل للمخزون قد ينطوي على التوفيق بين اتجاهات الإدارات المعنية ويمكن توضيح ذلك كما يلي [10]:

i. إدارة المبيعات : تميل إدارة المبيعات إلى تشجيع مستويات أعلى من المخزون ، خاصة المخزون التام وذلك لتقديم خدمة أفضل للزبائن .

ii. إدارة الإنتاج : تشجع ارتفاع مستوى المخزون ، حيث يجنبها مشكلات التوقف (العجز) في حالة تأخر التوريد أو رفض بعض الكميات الواردة ، ويمكنها أيضاً من زيادة معدل الانتاج إذا اقتضت ذلك ظروف طارئة .

iii. الإدارة المالية : إن اتجاه الإدارة المالية يمثل عامل ضغط من أجل تخفيض مستويات المخزون ويرتكز هذا الاتجاه على أن احتياجات المؤسسة من الأموال تفوق الامكانات المالية المتاحة باعتبار أن تخفيض مستوى المخزون من شأنه تحرير قدر كبير من الأموال لمواجهة احتياجات الانشطة الأخرى ، كذلك أن تخفيض مستوى المخزون معناه بالنسبة للإدارة المالية تخفيض تكاليف الاحتفاظ بالمخزون .

iv. إدارة المشتريات : تتخذ إدارة الشراء موقفاً وسطاً ، وذلك بحكم مسؤوليتها عن خفض تكلفة الاستثمار في المخزون وأيضاً إسهامها في خفض خسائر المخزون بسبب التقادم أو التلف أو الضياع ، ومع ذلك فإن ميلها نحو خفض تكرار أوامر التوريد ، والشراء بكميات كبيرة هذا يؤدي إلى ارتفاع مستويات المخزون ، وتبرر هذا الاتجاه بميلها لخفض تكلفة المشتريات ودعم كفاءة نشاط الشراء .

جدول رقم (3–1)

العوامل المؤثرة على مستوى المخزون

عوامل تؤدي إلى تخفيض مستويات المخزون	عوامل تؤدي إلى زيادة مستويات المخزون
–تخفيض الاستثمار في المخزون . – تعرض المخزون للتقادم . – التلف والاختلاس الذي يصيب المخزون . – تكاليف التخزين والمناولة . – قيود المساحة التخزينية . – الضرائب .	– تسهيلات ومعدات الجدولة والانتاج . – الرغبة في تقديم خدمات للمستهلك . – استمرار الانتاج . – التنوع في الانتاج . – رغبات انتاجية أخرى . – رغبات تسويقية أخرى .

المصدر [22]

v. إدارة الرقابة على المخزون :تتشجع هذه الإدارة في المستوى المتوازن من المخزون الذي يحقق أهداف المؤسسة بكفاءة عالية وبأقل تكلفة ممكنة ، حيث أن تحقيق الكفاءة في الرقابة على المخزون يعني الاحتفاظ بمخزون كافي للتشغيل العادي للمؤسسة من جهة ، وبما يساهم في

تحقيق أكبر عائد ممكن من الأموال المستثمرة في المخزون من جهة أخرى . وهذا لا يمكن أن يتحقق إلا باستخدام وتطبيق النماذج الكمية لضبط المخزون.

(3-8) نماذج ضبط المخزون

تهدف نماذج المخزون الى تحديد مستوى الخامات و المنتجات التي يجب أن تحتفظ بها المؤسسة المعينة حتى تضمن استمرار عملياتها دون توقف. ويعتمد [48] اتخاذ القرار في هذا الشأن على النموذج الذي يوازن بين تكلفة رأس المال الناتجة من الاحتفاظ بمخزون أكثر مما يجب ، مقابل تكلفة الجزاءات (الخسارة) الناتجة من وجود عجز في المخزون . فإذا نظرنا للخسارة الناتجة عن زيادة حجم المخزون أو نقصانه و إلى التكاليف الخاصة بالعملية التخزينية و لبعض التكاليف الأخرى كالتي تنتج عن التلف الكلي أو الجزئي للسلع المخزنة على أنها تكاليف كلية للمخزون فإن نماذج ضبط المخزون تبحث في إيجاد السياسة أو السياسات التخزينية المثلى و التي تجعل هذه التكاليف الكلية أقل ما يمكن .وتعتبر طبيعة الطلب هي العامل المؤثر الأساسي ، حيث يكون الطلب إما محدداً ساكناً أو احتمالياً . وغالباً ما يكون الطلب في الواقع العملي احتمالياً على الرغم من إمكانية تقريب النماذج الاحتمالية ، و التعامل معها على أنها نماذج محددة ساكنة . لا يوجد نموذج عام يمكن استخدامه للتعامل مع كل حالات المخزون نظراً لصعوبة وتعقيد مشكلة المخزون . وحل هذه النماذج يحتاج إلى طرق مختلفة للحل مثل الحساب و البرامج الخطية وغير الخطية والديناميكية و أياً كان النموذج أو طريقة الحل المستخدمة .و تتمكن الأنظمة من خلال ذلك ان تصل إلى الإجابة على سؤالين مهمين بشأن كمية المخزون المثلى والتي تعرف بقرارات المخزون لدى الإدارة باتخاذ ومتابعة القرارات الأساسية التي ستؤثر على مستوى خدمة المخزون وتكلفته. (و هي التي تجعل التكاليف الكلية للمخزون أقل ما يمكن) هما : ما هو حجم الكمية التي نطلبها ؟ ، متى نطلب هذه الكمية ؟ ومن أهم نماذج ضبط المخزون الآتي:

أولاً بعض أنظمة التخزين المحددة الساكنة: بعض النماذج المحددة الساكنة لضبط المخزون والتي يكون فيها الطلب على السلع معروفاً ويتم بشيء من الثبات أو الانتظام بمرور الزمن لمادة أو سلعة بمفردها أو مجموعة من السلع . هذا النوع من النماذج يفترض أن الطلب على المخزون معروف او محدد ومع ان هذا الافتراض لا ينطبق تماماً على حالات تقع في الحياة العملية إلا أنه ينطبق بشكل تقريبي على بعض الحالات كبعض أنواع الأطعمة مثل الخبز و الحليب وبعض الأجهزة و الأدوات الكهربائية كمصابيح الإضاءة وبعض الأجهزة المستخدمة في عمليات الصيانة والإصلاح وغيرها من الأمثلة المشابهة التي تتميز

بثبات معدل الطلب على السلعة خلال فترة زمنية معينة و بعدم خضوع هذا المعدل لما يسمى بالتغيرات الموسمية (Seasonal fluctuations) التي تعبر عن تغير حجم الطلب بالزيادة تارة والنقص تارة من فصل إلى آخر . وهذه التغيرات تكون معروفة البداية و النهاية.كما يقع بالنسبة لأنواع معينة من السلع حيث يزداد الطلب عليها في بعض المواسم ويقل في بعضها الآخر.

ثانياً النماذج الاحتمالية (Probabilistic Models) المستقرة لضبط المخزون: من الصعب [33] في الحياة العملية قبول الفرض الخاص بثبات رقم الطلب على سلعة أو صنف معين أو فرض التأكد التام من عملية التوريد للكمية المتفق عليها ففي أحيان كثيرة يكون معدل الاستخدام للصنف مختلف من فترة لأخرى كما أن التوريد قد يتم بكميات أقل من المتفق عليها – خاصة إذا أدخلنا عملية الرقابة على جودة المواد الموردة في الحسبان . أضف إلى ذلك فترة التوريد ذاتها نادراً ما تتطابق مع الفترة المتفق عليها . ويطلق على مثل تلك الحالات : حالة الطلب المتغير Variable demand وحالة فترة التوريد المتغيرة Variable lead time . وفي هذا النوع من النماذج يفترض أنه يمكن تقدير كل معدل الاستخدام وفترة التوريد في شكل توزيع احصائي محدد ولذلك يطلق عليها النماذج الاحتمالية Probabilistic models و تهتم هذه النماذج بإيجاد طرق لضبط المخزون في الحالات التي يكون فيها الطلب على المخزون غير محدد ولكنه يخضع لتوزيع احتمالي حيث نتعامل عندها مع القيمة المتوقعة لتكاليف المخزون بدلاً من التكاليف نفسها . ويكون الهدف عندئذ هو جعل هذه القيمة المتوقعة أقل ما يمكن . و نتناول عرض النماذج المناسبة لبيانات هذا البحث ونمهد للنماذج الاحتمالية بمفهومي مستوى الخدمة ومخزون الأمان المستخدم عندئذ لمعالجة العجز في المخزون في معظم الدورات التخزينية .

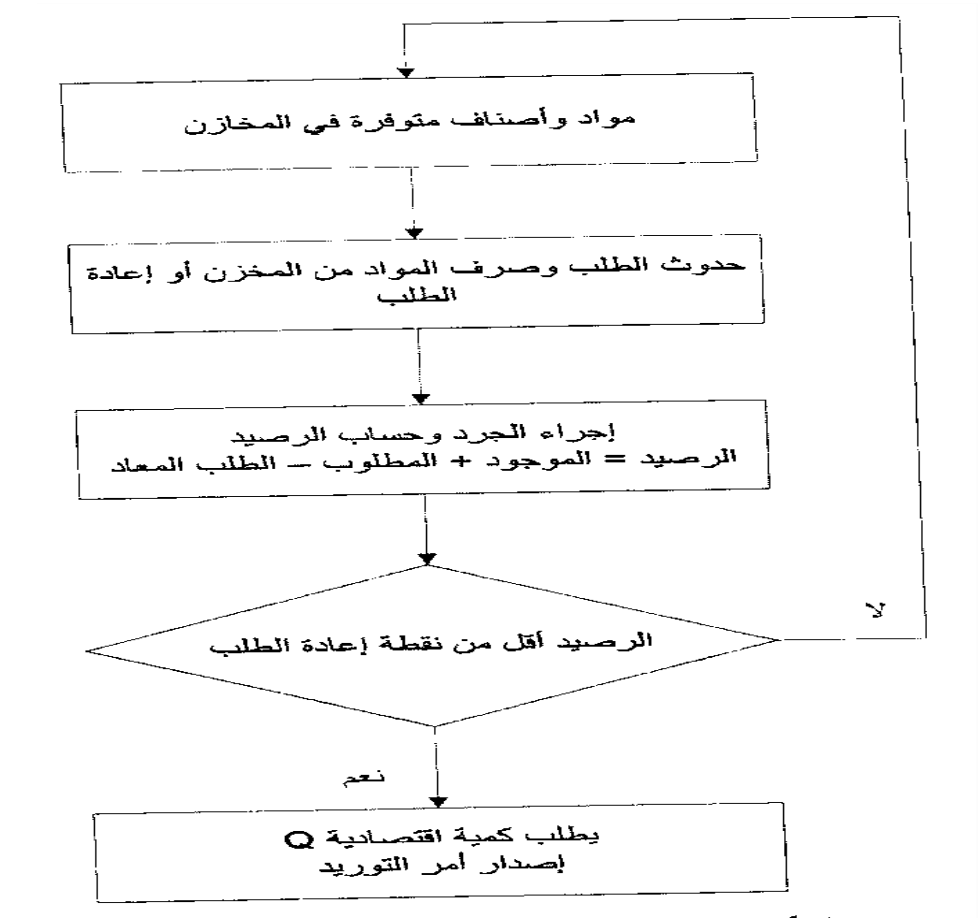
(3–9) النموذج الأساسي للكمية الاقتصادية للطلب EOQ

(١) أبسط أنواع النماذج المحددة و الساكنة لضبط المخزون النموذج المشهور باسم نموذج الكمية الاقتصادية للطلب " The Economic Order Quantity EOQ ". ويساعد هذا النموذج في ايجاد بعض النماذج الأخرى (المحددة و الساكنة) لضبط المخزون . الهدف الرئيس في هذا النموذج [5] هو إيجاد حجم الطلبية الأمثل الذي يجعل مجموع التكاليف ذات الصلة أقل ما يمكن ونسمي هذا الحجم للإجابة على كثير من الأسئلة المتعلقة بالنظام ، فعلى سبيل المثال نستخدمه لمعرفة متى نقوم بطلب الكمية ، أو لمعرفة المستوى الأمثل للمخزون ... إلخ . ويعود تاريخ وضع ودراسة هذا النموذج إلى سنة ١٩١٥م عن طريق الباحث هاريس (Harris) لكن الباحثين ينسبون هذا النموذج

إلى ولسن (Wilson) الذي قام بنشره و توزيعه في ١٩٣٠م بطريقة مستقلة ودون أن يكون على علم بنتائج أبحاث هاريس.

شكل رقم (3 – 8)

نظام كمية الطلب الثابت



المصدر [37]

ويمتاز هذا النموذج بالتالي [37]:

i. كمية الطلب (EOQ) ثابتة وفي كل مرة يتم فيها إعادة الطلب .

ii. يتم إعادة الطلب (R) عندما تهبط الكمية الموجودة إلى مستوى نقطة إعادة الطلب .

iii. يتم الجرد مع كل عملية سحب للمواد ، أو استلام كمية شراء ، أو استرداد أو استرجاع أي مادة من الإدارات التي صرفت لها المواد سابقاً .

iv. حجم المخزون التشغيلي أقل بالقياس بأنظمة المخزون الأخرى ، وبخاصة نظام الدورة الزمنية الثابتة .

وتستخدم نماذج الكمية الثابتة في تحديد الحجم الأمثل لكمية الشراء أو الإنتاج من صنف معين في كل مرة تحتاج فيها المنظمة لهذا الصنف . ويقوم هذا النموذج على عدد من الشروط (الفرضيات) التالية :

(ش١) ثبات الطلب (معدلالاستهلاكDaily usage) على المنتج وتحديده ضمن فترة زمنية معينة ومعدل الطلب على المخزون معروف وثابت .

(ش٢) ثبات فترة التوريد أي الطلبية من المخزون تصل بالضبط عندما ينضب المخزون (لا وجود لحالة العجز) أي أن الوقت المتقدم " Lead Time "يساوي الصفر ..

(ش٣) يتعامل مع المخزون المتعلق بسلعة واحدة وبالتالي فإن الطلبات على سلع أخرى لا تتأثر ببعضها (مستقلة)

(ش٤) كمية الطلب الاقتصادية تسلم إلى المخازن دفعة واحدة .

(ش٥) ثبات سعر الوحدة للمنتج (شراء ، إنتاج) وبدون خصم على الكمية .

(ش٦) تكلفةالتخزين(التي تحسب على أساس متوسط المخزون) لكل وحدة بضاعة في وحدة الزمن وتكلفة الطلبية الواحدة تكون ثابتة ومستقلة عن حجم الكمية المطلوبة (Q^*). ولبناء النموذج [4]: يقتضي الشرط (ش٢) ألا يقع العجز في المخزون مطلقاً وبالتالي فليس له تكاليف . ويفترض هذا النموذج أيضاً ثبات تكاليف الشراء بمعنى أنه لا توجد تكاليف خصم حتى ولو كان حجم الطلبية كبيراً . ويمكن تبرير ذلك بالنظر إلى أن حجم الطلبية ثابت في جميع الدورات التخزينية في هذا النموذج . وإذا وجد مع ذلك خصم للطلبيات ذات الحجم الكبير فإن التكاليف الناتجة عنه تدمج ضمن تكاليف التخزين .وباختصار فإن هذا النموذج يعتبر نوعين فقط من التكاليف هي تكاليف الطلب (ordering cost) لطلبية واحدة وتتكرر هذه التكاليف في كل طلبية (دورة واحدة) لأن عدد الطلبيات في الدورة الواحدة يساوي الواحد وسنرمز لها بالرمز K. وتكاليف التخزين (holding cost) لكل وحدة من المخزون في وحدة الزمن (سنة مثلاً) وسنرمز لها بالرمز H . فإذا رمزنا بالرمز D لمعدل الطلب (معدل الاستهلاك) وبالرمز Q لحجم الطلبية (وهو أعلى مستوى للمخزون) فإن عدد مرات الطلبيات (الدورات) في وحدة الزمن هو N بحيث:

$$N = \frac{D}{Q} \ldots\ldots\ldots (3.1)$$

فإذا رمزنا بالرمز T_o لتكاليف الطلب (**o**rdering cost) في وحدة الزمن فان :

$$T_o = N \times K = \frac{D}{Q} \times K \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.2)$$

أما تكاليف التخزين في وحدة الزمن فتساوي H مضروبة بمتوسط المخزون (معدل المخزون) خلال دورة تخزينية علما بأن متوسط المخزون $\bar{I}$ يســـاوي : $\bar{I} = \frac{Q+0}{2} = \frac{Q}{2}$

فإذا رمزنا بالرمز T_h لتكاليف التخزين (holding cost) العائدة للمخزون في وحدة الزمن لكان :

$$T_h = H \times \frac{Q}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.3)$$

وبالتالي فأن التكلفة الكلية للمخزون في وحدة الزمن (Total Cost per Unit of time) والتي يرمز لها عادة بالرمز TCU تعطى كدالة في حجم الطلبية Q (باعتبار أن كلا من D ، K و H هي مقادير معطاة) بالعلاقة التالية :

$$TCU(Q) = \frac{D}{Q} \times K + H \times \frac{Q}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.4)$$

وللوصول الى سياسة تخزينية مثلى في هذا النظام يكفي ايجاد قيمة Q التي تجعل الدالة $TCU(Q)$ أصغر ما يمكن . ولما كانت هذه الدالة هي مجموع T_o و T_h فمن المعروف رياضياً أن هذا المجموع يبلغ أقل قيمة له عندما تكون تكاليف الطلب مساوية لتكاليف التخزين، أي : $T_o = T_h$

$$\frac{D}{Q} \times \mathrm{K} = \mathrm{H} \times \frac{Q}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.5)$$

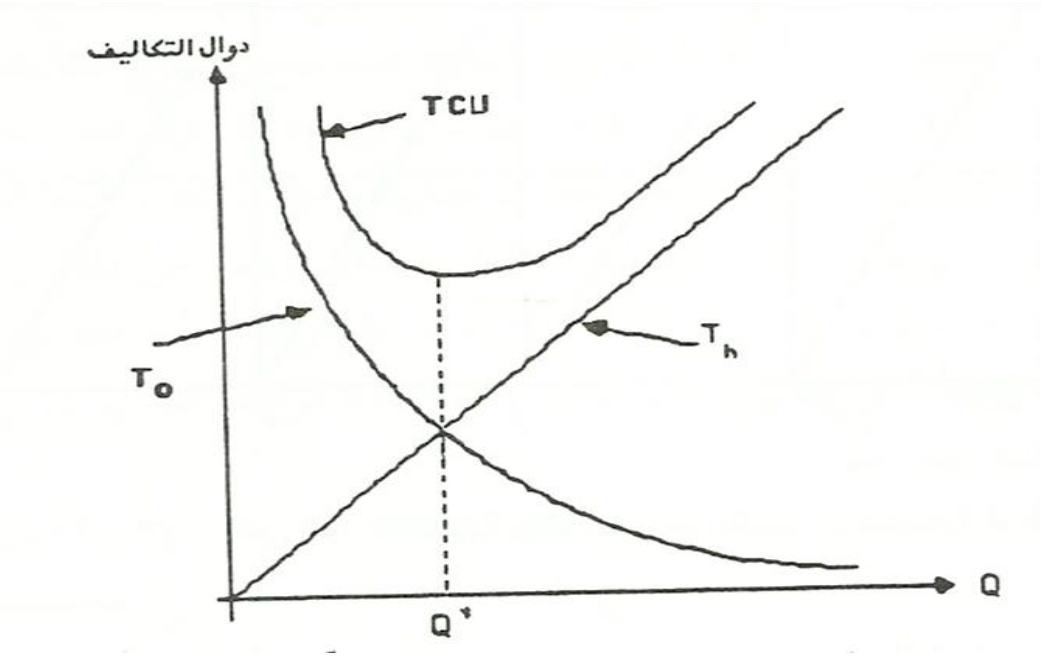
وتنتج قيمة Q المثلى والتى سنرمز لها بالرمز Q^* من العلاقة (3.5): $(Q^*)^2 = \frac{2DK}{H}$ أو :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DK}{H}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.6)$$

ويعطي الشكل (3 – 9) توضيحا للدوال $TCU.T_h.T_o$ كدوال في Q . وكما نلاحظ فإن أقل قيمة لـ $TCU(Q)$ تقع عند قيمة Q المقابلة لتقاطع الدالتين T_O و T_h أي عندا تتساوى هاتان الدالتان كما بالشكل أدناه :

شكل رقم (3 – 9)

الدوال T_o،T_h و TCU في نموذج الكمية الاقتصادية للطلب



المصدر [4]

وقيمة Q^* هذه هي التي تجعل $TCU(Q)$ أصغر ما يمكن . ويطلق على Q^* اسم الكمية الاقتصادية للطلب (ومن هنا جاء اسم النموذج) . ويمكننا أيضاً أن نصل إلى النتيجة (3.6) باشتقاق الدالة$TCU(Q)$ بالنسبة لـ Q كمتغير وجعل هذا المشتق يساوي صفراً في الخطوات التالية:

$$TCU(Q) = \frac{D}{Q} \times K + H \times \frac{Q}{2}$$

$$\frac{d}{dQ}[TCU(Q)] = -\frac{D \times K}{Q^2} + \frac{H}{2} = 0$$

$$i.e \qquad \frac{H}{2} = \frac{D \times K}{Q^2}$$

$$Q^2 = \frac{2DK}{H}$$

وبأخذ الجذر التربيعي الموجب للطرفين نتحصل على نفس معادلة الكمية الاقتصادية للطلب EOQ وهي:

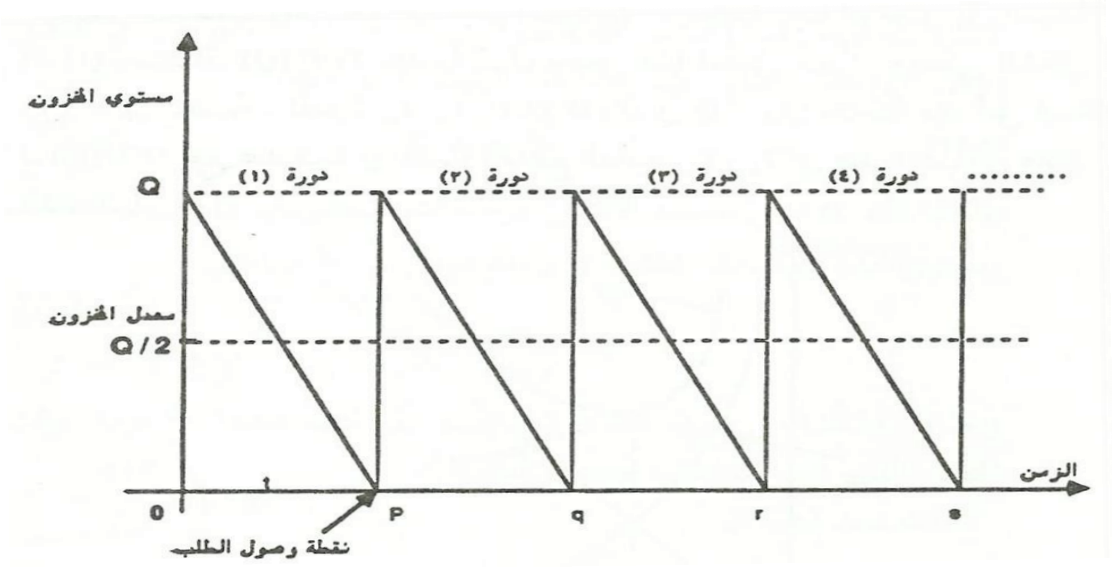
$$Q^* = \sqrt{\frac{2DK}{H}}$$

و واضح أن الدالة T_h هي دالة خطية و متزايدة في Q وهذا واضح أيضاً من العلاقة (3.3) بينما الدالة T_o هي دالة غير خطية (دالة مقلوب) ومتناقصة في Q وهو ما يمكن ملاحظته أيضاً من العلاقة (3.2) وبالتالي نجد أن أقل قيمة للتكلفة الكلية للمخزون في وحدة الزمن هي :

$$TCU(Q^*) = \frac{D}{Q^*} \times K + H \times \frac{Q^*}{2} \dots\dots\dots (3.7)$$

شكل رقم (3 – 10)

الدورات التخزينية وفقاً لنموذج الكمية الاقتصادية للطلب



المصدر [5]

وبالإضافة إلى الكمية الاقتصادية للطلب Q والتي تجيب على أسئلة قرارات المخزون وهي : ما هو حجم الكمية التي يجب أن نطلبها كل مرة ؟ و الجواب هو Q^* . ومتى نطلب هذه الكمية ؟ وقت طلبهذه الكمية يتحدد من الزمن t الفاصل بين الدورات التخزينية [الزمنt الفاصل بين النقاط$o.p.q.r.s.\dots$ في شكل] (3 – 10) لهذا النظام . فإذا رمزنا لهذا الوقت بالرمز t^* فإن :

$$t^* = \frac{Q^*}{D} = \sqrt{\frac{2DK}{H}} \times \frac{1}{D} = \sqrt{\frac{2K}{HD}} \dots\dots\dots\dots (3.8)$$

وذلك لأن Q^* تمثل العدد الأمثل للوحدات المطلوبة ،D معدل الطلب ويساوي عدد الوحدات المطلوبة في وحدة الزمن أي $\frac{Q^*}{t^*}$ وبالتالي :

$$\frac{Q^*}{D} = \frac{Q^*}{Q^*/t^*} = t^*$$

ومعرفة t^* تمكننا من معرفة النقاط التي يجب أن نطلب عندها إذا عرفنا الوقت المتقدم الذي يجب أن ننتظره لوصول الطلبية .كذلك نجد أيضاً أن المعدل الأمثل للمخزون (وهو$\frac{Q^*}{2}$) و المستوى الأعلى الأمثل للمخزون (وهو Q^*) . كذلك يمكن حساب العدد الأمثل للطلبيات (وهوN^*)بالعلاقة:

$$N^* = \frac{1}{T^*} = \sqrt{\frac{HD}{2K}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.9)$$

لم تتعرض شروط (فرضيات) نموذج الكمية الاقتصادية للطلب إلى إمكانية وجود ما أسميناه الوقت المتقدم " Lead Time " .فإن نموذج EOQ يمكن تطبيقه حتى لو وجد هذا الوقت المتقدم ولكن باشتراط أن الوقت المتقدم لا يزيد على t^* (طول الدورة التخزينية) لئلا يتعرض نظام التخزين للعجز .نشير أخيراً إلى أن فعالية النظام (وهي مقدار ما يحققه النظام من أهداف) في هذا النظام تقاس بدالة الهدف $TCU(Q)$.

(٢) تحليل الحساسية المتعلق بنموذج EOQ: قد لا يكون [17] في الإمكان اتباع سياسة كمية الأمر للطلب الاقتصادية (Q^*) تماماً ، للعديد من الاعتبارات العملية (متطلبات حمولة الشاحنة ، أو قيود فراغ التخزين ..... الخ) . ومن الواضح أن أي انحراف عن السياسة المثلى تزيد من التكلفة التفاضلية الكلية للمخزون$TCU(Q)$، فالغرض من تحليل الحساسية Sensitive Analysis (وهو يقيس درجة التغير في مقدار الكمية الاقتصادية نتيجة لتغير أي من المتغيرات الثلاث التي توجد في معادلة تحديد الكمية الاقتصادية ، وكذلك درجة التغير في بنود التكلفة نتيجة للتغير في كمية الشراء)_ أو ماذا إذا _ هو تحديد حجم الزيادة المصاحبة في التكلفة التفاضلية الكلية للمخزون .وبالتدقيق من شكل رقم (3 – 9 ص لمنحنى دالة التكاليف التفاضلية الكلية الذي يأخذ شكل البانيو (فهو مستوى flat تقريباً في النقاط الموجودة على جانبي نقطة الشراء الاقتصادية) ولهذا فإن التكاليف تزداد تدريجياً حول كمية الامر الاقتصادية للطلب . وبالمثل يمكن تقدير مدخلات (معلمات) نموذج EOQ وهي$K.H.D$ من خلال مدى معين فقط .فيمكن لتحليل الحساسية كشف أي خطأ في $TCU(Q)$ يرجع إلى التقدير . وعادة وبسبب تشدد النموذج ، فإن الاخطاء المعتدلة في التقدير تنتج فقط في زيادات صغيرة في دالة التكاليف الكلية $TCU(Q)$. وحيث أن النموذج بسيط فيمكن إجراء أنواع مختلفة من تحليلات الحساسية بتنفيذ النموذج باستخدام برنامج صفحة انتشار (Excel) أو

المحاكاة على جهاز الحاسوب . والنتيجة العامة أن الأداء الأمثل القريب للنموذج لا يكون حساس لتقديرات التكلفة والطلب أو لافتراض الطلب الثابت ، أو لاختيارات الدفعة Q بالقرب من كمية الطلب الاقتصادية EOQ. لهذا فإن النموذج البسيط أكثر جاذبية تماماً للتطبيقات العملية.يتضح من متغيرات هذا النموذج أنه لا يوجد سوى متغير قرار وحيد هو Q . أما المتغيرات Kو D ، H فهي من نوع المتغيرات غير القابلة للضبط وبالتالي فهي تعطى على شكل مقادير معلومة أو معالم يجب تقديرها . واهم هذه المتغيرات الثلاث هو معدل الطلب Dالذي يمكن أن يتغير تغيرات غير طفيفة من الناحية العملية خلافاً لـ Hو Kالتي تبقي ثابتة بشكل تقريبي ولذا فإننا نميز من التحليل ما يلي [4]:

(i) المتعلق بـ D : لو افترضنا أن الطلب على المخزون تضاعف مرتين عما كان عليه فماذا تكون الكمية الاقتصادية للطلب عندئذ ؟ إن الإجابة على ذلك لا تكون بمضاعفة هذه مرتين أيضا كما يفعل بعض متخذي القرار لأول وهلة . ويمكن ملاحظة ذلك من العلاقة (3.6) التي تدل على أنه لو استبدلنا Dبـ $D_1 = 2D$ ورمزنا للكمية الاقتصادية الناتجة بالرمز Q_1^* فإن

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2D_1K}{H}} = \sqrt{\frac{2(2D)K}{H}} = \sqrt{2}\,Q^* \cong 1.41Q^* \dots\dots (3.10)$$

أي علينا في مثل هذه الحالة أن نضاعف الكمية المثلى السابقة بمقدار $\sqrt{2} = 1.41$ فقط وليس مرتين . وبشكل عام ، إذا تغير معدل الطلب على المخزون من Dإلى $D_1 = C.D$ فإن الكمية المثلى للطلب تتغير من Q^* إلى $Q_1^* = \sqrt{C}Q^*$.

(ii) أحياناً [33] لا يعادل الجهد المبذول في الوصول إلى الكمية الاقتصادية للشراء (Q^*) العائد المحقق خاصة إذا استلزم ذلك جهداً كبيراً . ففي مثل هذه الحالات سوف يفي التقدير التقريبي للكميات المشتراة بالغرض لأن أثر الاختلاف على التكاليف سوف يكون محدود .

(iii) المتعلق بـ Q: فلو فرضنا في احدى المؤسسات أنه لا يمكن شراء الكمية المثلى (قد يفضل استخدام كميات شراء غير الكمية الاقتصادية) إما لاعتبارات أخرى غير مالية غير مأخوذة في الحسبان في معادلة الكمية الاقتصادية أو بسبب القيود التي لم تراعى عند تقدير الكمية الاقتصادية . ومثال ذلك مدى توافر العملة الأجنبية اللازمة للشراء بالنسبة للأصناف المشتراة من الخارج. ويتم قياس العلاقة بين أثر التغير في تقديرات المتغيرات الموجودة في معادلة الكمية الاقتصادية والتكاليف الاضافية المترتبة على هذا التغير باستخدام المعادلة التالية :

$$\left[\frac{1+n}{2\sqrt{n}} - 1\right] 100 = \text{التغير النسبي في التكاليف} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.11)$$

حيث : $n = \frac{\text{القيمة المقدرة للمتغير}(Q)}{\text{القيمة الحقيقية للمتغير}(Q^*)}$ وهذه العلاقة صحيحة لأي متغير موجود في معادلة الكمية الاقتصادية للشراء وهو الطلب السنوي ، التكاليف الثابتة في كل أمر شراء ، وتكاليف الاحتفاظ (التخزين) بوحدة من المخزون لمدة عام . وباستخدام هذه العلاقة يمكن التوصل إلى نتيجة هامة عند التطبيق العملي وهي أن التكاليف الكلية $TCU(Q)$ أكثر حساسية للتقليل من قيمة المتغير عنها في حالة المبالغة في قيمة المتغير .

إن الشرط (ش١) في النموذج EOQ يحتمل أحد معنيين الأول [4]: هو أن يتم طلب المخزون من طرف ثان غير الطرف الذي يقوم بالعملية التخزينية (كالمصانع أو الموردين ... إلخ). و الثاني : هو أن المخزون يتم تخزينه من قبل الطرف نفسه الذي يقوم بإنتاجه ومن ثم بيعه لطرف ثان لاستهلاكه . و عندئذ فإن مستوى المخزون يساوي الفرق بين مستوى الانتاج ومستوى الاستهلاك . ولضمان إيصال الإنتاج بصفة مستمرة إلى الجهة المستهلكة لابد وأن يكون معدل الانتاج أعلى من معدل الاستهلاك وإلا لحدث عجز . ومن جهة ثانية ، فإن كون معدل الانتاج أعلى من معدل الاستهلاك سيؤدي أيضاً إلى زيادة كبيرة في المخزون وبالتالي إلى زيادة تكاليفه مما قد يضطر الجهة المنتجة عندئذ إلى وقف الإنتاج لحين نضوب الكمية المتوافرة من المخزون . ومع ذلك فإن الإنتاج بكميات كبيرة له محاسنه وهي أنه يقلل من عدد مرات (تحميل) الأجهزة المستخدمة في عملية الإنتاج الأمر الذي يؤدي إلى نقصان ما أسميناه (تكاليف التجهيز) . وكذلك فإن الإنتاج بكميات كبيرة سيقلل من تكاليف إنتاج الوحدة ويكافئ ذلك التقليل مما أسميناه (تكاليف الخصم) و النموذج التالي و الذي يسمى (الحجم الاقتصادي للإنتاج The Economic Lot Size) يعالج مشكلة ضبط المخزون الخاضعة لمثل الشروط التي تقدمت آنفاً . وهذا النموذج في الحقيقة ليس إلا امتداداً لنموذج الكمية الاقتصادية للطلب فهو بالتالي أحد النماذج المحددة الساكنة . ويطلق على هذا النموذج أيضاً اسم نموذج لضبط المخزون لنظام إنتاج وبيع (أو تصدير) معاً .

(3–10) نموذج الحجم الاقتصادي للإنتاج EOP

(١) إن الدورة التخزينية في هذا النموذج تتألف من مرحلتين الإنتاج و الاستهلاك ومرحلة الاستهلاك

أولاً مرحلة الانتاج و الاستهلاك : فإذا رمزنا بالرمز P لأعلى معدل ممكن للإنتاج (لاحظ أن هذا المعدل يختلف عن معدل الإنتاج) وبالرمز L للحجم الاقتصادي للإنتاج وبالرمز T_1 لطول دورة الإنتاج لكان:

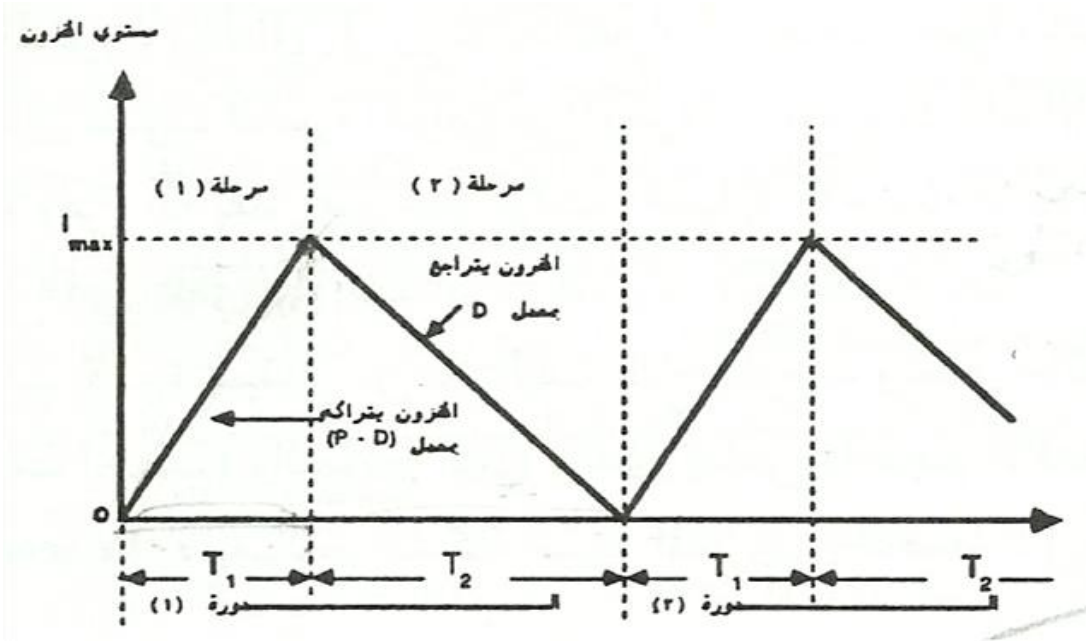
$$T_1 = \frac{L}{P} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.12)$$

ومادام الإنتاج والاستهلاك يعملان معاً فمن الواضح أن أعلى مستوى للمخزون يقع عند نهاية المرحلة أي في نهاية T_1 . لنرمز عندئذ بالرمز I_{max} لأعلى مستوى للمخزون . فإذا فرضنا أن معدل الاستهلاك (وهو معدل الطلب على المخزون) هو D فإن المخزون يتراكم خلال هذه المرحلة بمعدل $(P - D)$ وبالتالي فإن $I_{max} = (P - D)T_1 = (P - D) \times \frac{L}{P} \dots\dots (3.12)$

وذلك بافتراض أن Pو Dمقدارين ثابتين ومعلومين كما في نموذج الكمية الاقتصادية للطلب .

شكل رقم (3 – 11)

نموذج الحجم الاقتصادي للإنتاج



المصدر [4]

ثانياً مرحلة الاستهلاك : وهي مرحلة توقف الانتاج مع استمرار الاستهلاك مما وصل إليه المخزون في نهاية مرحلة الإنتاج و الاستهلاك أعلاه . أي استهلاك للكمية I_{max} بمعدل D. فإذا رمزناT_2 لطول هذه المرحلة فإن

$$T_2 = \frac{I_{max}}{D} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.13)$$ وبالتعويض من (3.12) نحصل على

$$T_2 = \frac{(P-D)\times L}{D\times P} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.14)$$

وفي هذه المرحلة فإن المخزون يتراجع من أعلى مستوى له I_{max} حتى يصل إلى المستوى صفر في نهاية المرحلة . و بمراجعة شكل رقم (3 – 11) يكون طول الدورة التخزينية:

$$T = T_1 + T_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.15)$$

وكما رأينا في نموذج الكمية الاقتصادية للطلب معدل المخزون و الذي سنرمز له بالرمز I_a يعطى بالعلاقة :

$$I_a = \frac{I_{max}}{2} = \frac{(P-D)\times L}{2\times P} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.16)$$

وكذلك فإن عدد الدورات التخزينية في وحدة الزمن (سنة مثلاً)

$$N = \frac{D}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.17)$$

حيث L هنا تقابل Q في نموذج الكمية الاقتصادية للطلب . وفي الفقرات التالية ننتقل إلى الحسابات المتعلقة بالتكاليف .

(٢) تكاليف التخزين في وحدة الزمن :

وتساوي تكاليف تخزين الوحدة من المخزون في وحدة الزمن (ونرمز لها بالرمز H) مضروبة بمعدل المخزون . فمن العلاقة (3.16) نجد أن تكاليف التخزين في وحدة الزمن تساوي

$$\mathrm{H}\times\frac{(\mathrm{P}-\mathrm{D})\times\mathrm{L}}{2\times\mathrm{P}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.18)$$

(٣) تكاليف الطلب :

تنحصر تكاليف الطلب في هذا النموذج في تكاليف التجهيز فقط للأسباب التي تصدر من أن الجهة المنتجة هي نفسها التي تقوم بعملية التخزين . وفي مثل هذه الحالة فإن تكاليف التجهيز هي نفسها في كل مرة تقوم فيها الجهة المنتجة بتحميل أجهزتها لإنتاج كمية جديدة . أي أن هذه التكاليف ثابتة في كل دورة تخزينية . لنرمز إذاً بالرمز U لتكاليف التجهيز في دورة تخزينية عندئذ تكاليف التجهيز في وحدة الزمن تساوي $U\times N = U\times\frac{D}{L}$ وبالتالي فإن التكاليف الكلية للمخزون في وحدة الزمن ولتكن TC تعطى كدالة في L كما يلي :

$$TC(L) = \frac{H(P-D)L}{2\times P} + \frac{U\times D}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.19)$$

والكمية الاقتصادية للإنتاج المثلى هي L^* التي تجعل $TC(L)$ أصغر ما يمكن . وكما ذكر سابقاً فإن مجموع مقدارين يكون في نهايته الصغرى عندما يتساوى المقداران . أي أن $TC(L)$ تبلغ نهايتها الصغرى $\frac{H(P-D)L}{2\times P} = \frac{U\times D}{L}$ ومنها نجد أن ... ... (3.20)

$$(L^*)^2 = \frac{2\times P\times U\times D}{H(P-D)} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.21)$$

أو $$L^* = \sqrt{\frac{2\times P\times U\times D}{H(P-D)}} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.22)$$

أي أن على الجهة المنتجة أن تنتج الكمية L^* خلال زمن طوله T_1 ثم تتوقف عن الانتاج خلال زمن طوله T_2 لتحصل بذلك على أقل تكاليف ممكنة للمخزون في وحدة الزمن . وبالتالي لا يمكن أن يحصل تراكم للمخزون في المرحلة الأولى (مرحلة الانتاج والاستهلاك) ما لم يكن معدل الإنتاج P أكبر من معدل الاستهلاك D في هذه المرحلة أي

$$P - D > 0 \Leftrightarrow 1 - \frac{D}{P} > 0 \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.23)$$

إذاً لو كان $1 - \frac{D}{P} \leq 0$ لما أمكن إيجاد حل لهذا النموذج ولتوضيح ذلك نقسم البسط و المقام في المعادلة (3.21) على P نجد أن $(L^*)^2 = \frac{2\times U\times D}{H\left(1-\frac{D}{P}\right)} < 0$

إذا كان $1 - \frac{D}{P} < 0$. وهو أمر غير ممكن لأن $(L^*)^2$ هو مقدار غير سالب . كما أن $(L^*)^2$ يصبح غير معين عندما $1 - \frac{D}{P} = 0$ والخلاصة أنه لا يوجد حل لهذا النموذج ما لم يتحقق الشرط أو المعادلة (3.23) . في حالة تحقق الشرط أو المعادلة (3.23) فإن

$$L^* = \sqrt{\frac{2\times U\times D}{H\left(1-\frac{D}{P}\right)}} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.24)$$

كما هو ملاحظ فإن كلاً من النموذجين السابقين (3-9) و (3-10) يفترض عدم وجود عجز في مستوى المخزون وذلك بافتراض أن التعويض عن المخزون يكون في اللحظة التي يصل فيها مستواه إلى الصفر . وكما تم شرحه في الفقرة السابقة فإن لحدوث عجز في المخزون تكاليفه الخاصة التي تنتج في أحسن الأحوال عن خسارة في المبيعات في الفترة التي يقع فيها العجز فقط وتنتج في أسوأها عن خسارة

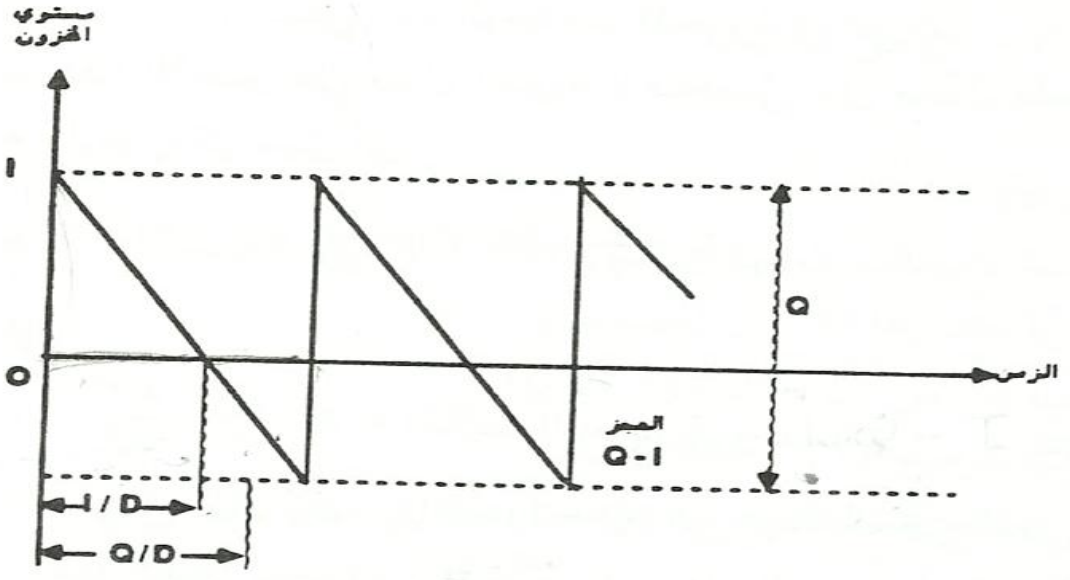
الزبائن في السوق بالإضافة إلى خسارة في المبيعات .وتلجأ المؤسسات في مثل هذه الحالات إلى تخزين كمية احتياطية أطلقنا عليها اسم مخزون الأمان Ss من شأنها أن تمنع وقوع عجز في المخزون . إلا أن الأنظمة قد لا تفضل اللجوء إلى هذا الحل الأخير لأنه يؤدي إلى ارتفاع مستوى المخزون طيلة كل الفترات التي لا يقع فيها العجز ويؤدي ذلك بالتالي إلى ارتفاع كبير في تكاليف التخزين . فالنظام يفضل عندئذ السماح بوقوع عجز في المخزون ، مع ما لذلك من تكاليف على الاحتفاظ بمخزون أمان لأنه يتسبب في تكاليف أكبر . وفي الحالتين فإن النظام يهدف إلى جعل تكاليف المخزون الكلية أصغر ما يمكن وهذا ما سنعالجه في النموذج التالي :

(3–11) نموذج لضبط المخزون مع السماح بالعجز

وسنفترض في هذا النموذج كما في سابقيه أن معدل الطلب D ثابت و معلوم . وكما سبق فنستخدم الرموز Q لكمية الطلبية ،K لتكاليف الطلب الواحد ، H لتكاليف التخزين في وحدة الزمن لوحدة من المخزون . وما دمنا نسمح بالعجز فإن لذلك تكاليف لكل وحدة من المخزون في وحدة الزمن وسنرمز لها بالرمز G . كما أن السماح بالعجز سيجعل أعلى مستوى للمخزون – والذي سنرمز له بالرمز له بالرمز I في هذه الحالة – أقل من كمية الطلبية Q . ويوضح الشكل (3 – 12) الدورات التخزينية لمثل هذا النموذج :

شكل رقم (3 – 12)

الدورات التخزينية لنموذج ضبط المخزون مع السماح بالعجز



المصدر [4]

ويتضح من هذا الشكل أن طول الدورة التخزينية هو

$$T = \frac{Q}{D} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.25)$$

فإذا رمزنا بالرمز T_1 لطول الفترة التي لا يقع فيها عجز (مستوى المخزون موجب) وبالرمز T_2 لطول الفترة التي يقع فيها عجز فإن :

$$T_1 = \frac{I}{D} \ . T_2 = \frac{Q-I}{D} \ . T = T_1 + T_2 \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.26)$$

ويمثل المقدار ($Q - I$) قيمة العجز . أما تكاليف المخزون في هذا النموذج فهي على ثلاثة أنواع :

النوع الأول تكاليف الطلب : وكما ذكر سابقاً تساوي $\frac{KD}{Q}$.

النوع الثاني تكاليف التخزين : في هذه الحالة فإن معدل التخزين ليس $\frac{Q}{2}$ وليس $\frac{I}{2}$ ولكنه يحسب كما يلي : نحسب أولاً المعدل الفعلي للوحدات في الدورة ويساوي $\frac{I}{2}$ ونضربه بطول الفترة التي لا يقع فيها عجز أي بـ T_1 فنحل على المقدار (ويمثل عدد الوحدات المخزونة في دورة) :

$$\frac{I}{2} \times \frac{I}{D} = \frac{I^2}{2D} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.27)$$

ثم نقسم هذا الأخير على طول الدورة T فنحصل على معدل المخزون الذي سنرمز له بالرمز I_a كما سبق أي

$$I_2 = \frac{I^2}{2D} \div \left(\frac{Q}{D}\right) = \frac{I^2}{2Q} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.28)$$

وعندئذ فإن تكاليف التخزين في وحدة الزمن تساوي

$$H \times I_a = \frac{H \times I^2}{2 \times Q} \dots\dots\dots\dots\dots (3.29)$$

النوع الثالث تكاليف العجز في المخزون : بما أن ($Q - I$) هي قيمة العجز الفعلي في الدورة و G هي تكلفة العجز لوحدة من المخزون في وحدة الزمن فبطريقة مماثلة لما رأيناه في النوع الثاني بالنسبة لتكاليف التخزين نجد أن تكاليف العجز في وحدة الزمن تساوي

$$\frac{G(Q-I)^2}{2Q} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.30)$$

وبذلك فإن التكلفة الكلية للمخزون في وحدة الزمن كدالة في Q و I وهي :

$$TC(Q.I) = \frac{KD}{Q} + \frac{HI^2}{2Q} + \frac{G(Q-I)^2}{2Q} \quad \dots\dots\dots\dots\dots (3.31)$$

ونحصل على القيم المثلى لكل من Q و I بوضع المشتقات الجزئية للدالة (علم التفاضل) الأخيرة بالنسبة لكل من Q و I مساوية للصفر

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = \frac{-KD}{Q^2} - \frac{HI^2}{2Q^2} + \frac{G\left(Q^2-I^2\right)}{2Q^2} = 0$$

$$\frac{\partial TC}{\partial I} = \frac{HI}{Q} - \frac{G\left(Q-I\right)}{Q} = 0$$

وبحل المعادلتين الأخيرتين نجد أن القيم المثلى Q^* و I^* تعطى كما يلي :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{H}\left(\frac{G+H}{G}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.32)$$

$$I^* = \sqrt{\frac{2KD}{H}\left(\frac{G}{G+H}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.33)$$

ومما يهمنا أيضاً حساب الطول الأمثل للدورة التخزينية و القيمة المثلى للعجز وهما

$T^* = \frac{Q^*}{D}$ و $Q^* - I^*$ على الترتيب .

(3–12) مخزون الأمان الثابت ومستويات الخدمة المستخدمة

يستخدم [4] هذا النوع في حالة عدم التأكد Uncertainty ، حيث أن الطلب متغير من يوم لآخر وغير معروف. ولهذا فإن هناك مخاطر لنفاذ المخزون (وجود عجز في المخزون) ، سيرفع التكاليف الكلية للمخزون لدرجة كبيرة فأول ما يفكر به هذا النظام هو محاولة تجنب الوقوع في مثل هذا العجز من خلال مخزون احتياطي أو ما أسميناه (مخزون الأمان) و هو جزء زائد من المخزون يتم الاحتفاظ به لمواجهة الطلب غير متوقع خلال فترة التوريد في حالة زيادة معدل الاستخدام خلال تلك الفترة عن متوسط الاستخدام المتوقع . أو بسبب تأخر التوريد عن موعد التوريد المتفق عليه . ويعرف [38] بالحد الأدنى للمخزون ، حد الأمان Safety stock ، مخزون الحماية buffer stock . أو مخزون مواجهة التقلبات Fluctuation stock . ويهدف أساساً إلى تقليل احتمال نفاذ المخزون stock outs وزيادة قدرة المؤسسة على مواجهة الطلب في حالات عدم التأكد . وفي الحقيقة فإن كلاً من حالتي تجنب الوقوع بالعجز كلياً وتكرار وقوع العجز كثيراً يؤدي إلى ارتفاع كبير في تكاليف المخزون .

وما قد يكون مناسب للنظام في مثل هذه الحالات هو الموازنة بين هاتين الحالتين كأن لا يسمح مثلاً بحدوث عجز إلا لمرة واحدة في السنة (أو في وحدة الزمن بشكل عام) في نظام مكون من عشر دورات تخزينية في السنة (أو في وحدة الزمن) ونقول عندها إن مستوى الخدمة يساوي

$\frac{9}{10}$ = 90% ولما كانت هذه النسبة تمثل احتمال عدم وقوع عجز فإن احتمال وقوع عجز (π) يساوي 0.1 . وبشكل عام [37] فإن (مستوى الخدمة Service Level) أو معامل الأمان المرغوب فيه "الاحتمال المكمل" يعرف بالعلاقة $(1 - \pi)$ مستوى الخدمة = ١ – إحتمال وقوع عجز أي :

Service Level = 1-Probability of Stock Out ..... (3.34)

وهكذا نلاحظ وجود عنصر احتمالي بالنسبة لحادث وقوع عجز . وفي الحقيقة فإن وجود العنصر الاحتمالي لحادث وقوع عجز يعني أن الطلب على المخزون خلال (الوقت المتقدم) ذو صفة احتمالية أيضاً أي أنه يتبع توزيع احتمالي . ولذلك فإن النموذج الذي يعالج هذه الحالة يقع ضمن أنظمة التخزين الاحتمالية والتي يتم عرضها في الفقرة (3-13). ويجب عرض ملاحظة بخصوص نقطة إعادة الطلبية Reorder Point في حالة السماح بمخزون أمان ونموذج لضبط المخزون في حالة وجود تكاليف الخصم .

ملاحظة Remark: بافتراض [37] أن في جميع النماذج السابقة عدم وجود مخزون أمان وقد افترضنا في حالة السماح بالعجز أن نقطة إعادة الطلبية تقرر من خلال ما اسميناه الوقت المتقدم بطريقة تضمن وصول الطلبية لحظة نضوب المخزون تماماً . فإذا لم يتحقق مثل هذا الضمان (وهو وصول الطلبية بالضبط عند نضوب المخزون) فإن العجز واقع لا محالة . فلو افترضنا أن النظام لا يرغب بتجنب وقوع العجز من خلال السماح بمخزون أمان فإن نقطة إعادة الطلبية هي النقطة التي يبلغ فيها مستوى المخزون القيمة R المعطاة بالعلاقة التالية :

$$R = D.LT + Ss \dots\dots\dots\dots\dots (3.35)$$

حيث D معدل الطلب (ويفترض أنه ثابت) ، LT وهو الوقت المتقدم و Ss هو مخزون الأمان .

ويتم حساب D كما يلي :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{n} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.36)$$

حيث n عدد الأيام

ويحسب الانحراف المعياري لمتوسط D كما يلي :

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(D_i - D)^2}{n}} \dots\dots\dots (3.37)$$

وإذا كان الوقت المتقدم يزيد عن بضعة أيام فإننا نستخدم قاعدة إحصائية تقوم على الانحراف المعياري وذلك لحساب الانحراف المعياري لفترة التوريد (الوقت المتقدم) وهي :

$$\sigma_l = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \cdots + \sigma_i^2} \dots\dots\dots (3.38)$$

(3–13) نموذج لضبط المخزون عند مستويات خدمة معينة

تم نقاش وشرح العجز في المخزون قد يقع نتيجة لعدم معرفة مؤكدة عما سيكون عليه الطلب وخاصةً خلال ما أسميناه (الوقت المتقدم) . وبعبارة أخرى فإن الطلب على المخزون خلال الوقت المتقدم يتبع توزيعاً احتمالياً . وسنفترض هنا أن التوزيع معروف (أو يمكن معرفته) وبمتوسط وانحراف معياري معروفين . وسنحاول من خلال هذا الافتراض إيجاد نموذج يمكننا من إيجاد ضبط مخزون الأمان عند مستوى معقول من التكاليف ومستوى معقول من الخدمة . ويتضح من ذلك أن التكاليف ذات الصلة هي تكاليف العجز وتكاليف تخزين مخزون الأمان[4] .

(١) تكاليف العجز

لنفترض أن π هو احتمال العجز ويساوي عدد مرات وقوع العجز في عدد من الدورات التخزينية مقسوماً على عدد هذه الدورات . ويرتبط هذا الاحتمال أيضاً بمستوى الخدمة وفقاً للعلاقة (11.33) لنفترض أن الطلب D في وحدة الزمن يتبع توزيعاً معيناً متوسطهμوانحرافه المعياري σ و أن B ترمز لمعدل التكاليف المقابلة لوقوع عجز مرة واحدة . ولنفترض أخيراً أن Q ترمز للكمية المطلوبة فيمثل $N = \frac{D}{Q}$ عندئذ عدد مرات الطلب في وحدة الزمن وعندئذ تكون :

تكاليف العجز في وحدة الزمن = عدد مرات وقوع العجز × معدل تكلفة العجز لمرة واحدة . وبما أن

$$\pi = \frac{\text{عدد مرات وقوع العجز}}{N} \dots\dots\dots (3.39)$$

لذا فإن

$$\text{عدد مرات وقوع العجز} = \pi \times N = \pi \times \frac{D}{Q}$$

ومنها نجد أن :

$$\frac{\pi \times D \times B}{Q} = \text{تكاليف العجز في وحدة الزمن} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.40)$$

(٢) تكاليف تخزين مخزون الأمان

لنفترض كما سبق أن H تمثل تكاليف تخزين وحدة من المخزون في وحدة الزمن .

ومنها نعرض الحالتين أدناه :

الحالة الأولى D يتبع التوزيع الطبيعي :

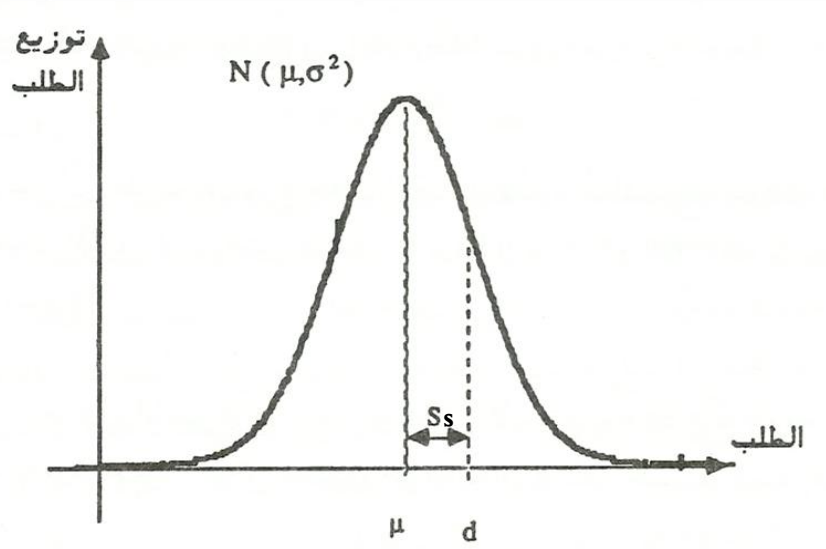
لنفترض أن D التوزيع الطبيعي بمتوسط μ وانحراف معياري σ . ويعني ذلك أن مخزون الأمان وليكن Ss هو الكمية التي تزيد على μ كما في الشكل (3 – 15) .واضح أن مستوى الخدمة يزداد بازدياد Ss . ومن منظور احتمالي نجد من الشكل (3 –15)أن مستوى الخدمة ليس إلا المساحة تحت منحنى التوزيع الطبيعي$N\ (\mu, \sigma^2)$ و إلى يسار النقطة d ولكن

$$d = \mu + Ss \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.41)$$

لذا فإن مستوى الخدمة المقابلة لمخزون أمان قيمته Ss يعطى بالعلاقة :

شكل رقم(3–13)

مخزون الأمان Ss والتوزيع الطبيعي كتوزيع لـ D



المصدر [28]

مستوى الخدمة = المساحة تحت المنحنى الطبيعي إلى يسار النقطة ($\mu + Ss$) ولكي نحصل على مخزون الأمان Ss نقوم بإيجادالنقطة (المعيارية) z المقابلة لـ D من العلاقة

$$z = \frac{d-u}{\sigma} \Leftrightarrow d = \sigma\, z + \mu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.42)$$

ونجد أن العلاقة (3.42) هي العلاقة التي تنقلنا من قيم المتغير العشوائي الطبيعي بمتوسط μ وانحراف معياري σ إلى المتغير العشوائي الطبيعي المعياري بمتوسط 0وانحراف معياري 1 .والعلاقة هي التي تساعد في الانتقال من d إلىzوبالعكس . ولهذا السبب فقط تم وضع جداول عن $\Phi(z)$ توزيع z والذي نسميه " التوزيع الطبيعي المعياري standard normal distribution " فإذا قارنا قيمتي d من العلاقتين (3.41) و (3.42) نجد أن

$$\mathrm{Ss} = \sigma\, \mathrm{z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.43)$$

ولكي نجد مخزون الأمان المقابل لمستوى خدمة معين وليكن p يجب إيجاد النقطة z التي تحقق ما يلي :

$p = z$ .... المساحة تحت منحنى التوزيع الطبيعي المعياري إلى يسار (3.44)

ومن (3.44) يتم حساب مخزون الأمانSs. ومن تعريف H وقيمة Ss من (3.43) يمكن حساب تكاليف تخزين مخزون الأمان بالعلاقة :

$H\, \sigma\, z \ldots\ldots$ = تكاليف تخزين مخزون الأمان مقابل مستوى الخدمة p المقابل لـ z (3.45)

ومجموع التكاليف في (3.40) و (3.45) يمثل التكاليف الكلية ذات الصلة من أجل مستوى معين p من الخدمة . فلو رمزنا لهذه التكاليف الكلية بالرمز TCR لكان

$$TCR = \frac{\pi D.B}{Q} + H\, \sigma\, z \ldots\ldots\ldots\ldots (3.46)$$

و من أجل مستوى خدمة معين أي قيمة معينة لـ z فإن D هو المتغير العشوائي الوحيد الذي يظهر في (3.46) . وبالتالي فإننا نحصل على القيمة المتوقعة للتكاليف TCR عند مستوى خدمة معين باستبدال D في العلاقة (3.46) بمتوسطه μ . والهدف من هذا النموذج هو إيجاد أفضل مستوى لمخزون الأمان من بين المستويات المقابلة لعدة مستويات الخدمة (أي عدة قيم لـ z) .

الحالة الثانية D يتبع توزيع ما f:

بموجب العلاقتين (3.37) و (3.40) وبالرجوع إلى شكل (3 – 15) نجد أن احتمال العجز π المقابل لمستوى خدمة معين ليس إلا المساحة تحت المنحنى f و إلى يمين النقطة d . وينطبق هذا

الكلام سواء كان $\boldsymbol{f}$ هو التوزيع الطبيعي أو أي توزيع آخر .فإن المحافظة على اعتبار LT يرمز للوقت المتقدم فإننا نحدد حجم مخزون الأمان Ss المقابل لمستوى الخدمة p من العلاقة (pr تدل على الاحتمال) :

$$\text{pr}\{D \geq Ss + LT.\mu\} \leq 1 - p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.47)$$

حيث D هو متغير عشوائي له توزيع احتمالي دالة كثافته أو كتلته الاحتمالية هي f ومتوسطه μ وتمثل الكمية

$$R = Ss + LT.\mu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.48)$$

عندئذ ما يسمى نقطة إعادة الطلب وتعبر هذه النقطة عن قيمة مستوى المخزون الذي نطلب عنده طلبية جديدة لتحقيق مستوى الخدمة p . أما كيفية إيجاد Ss من (3.47) فتتم أولاً بإيجاد R بحيث إن :

$$pr\{D \geq R\} \leq 1 - p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.49)$$

ونحصل على الاحتمال في الطرف الأيسر من العلاقة (3.49) بمكاملة الدالة f من R إلى اللانهاية إذا كانت f دالة متصلة ($\int_R^\infty f$) أو بتجميع قيم $f\ (d)$ على قيم d الأكبر أو تساوي R إذا كانت دالة منفصلة ($\sum_R^\infty f(d)$). ومن خلال معرفتنا لكل من LT ، μ ، R . نحصل على Ss من (3.48) ويمكن إيجاد أفضل حجم لمخزون الأمان مقابل مستويات مختلفة للخدمة وذلك باعتبار أن الدالة f ، التي تمثل دالة الكثافة الاحتمالية للطلب D خلال الوقت المتقدم ، هي دالة التوزيع الطبيعي وهي دالة متصلة ويمكن إيجاد أفضل مخزون أمان عندما تكون f دالة منفصلة حيث يطلق عليها عندئذ اسم دالة كتلة احتمالية.

(3–14) نظام (نماذج) الدورة الزمنية الثابتة للطلب [37] **fixed time period Models**

يقوم هذا النظام على نماذج الدورة الزمنية الثابتة لإعادة الطلب Fixed – time period reordering System ، ويشار إلى هذا النظام بنظام الطلب الداخلي الثابت ونموذج (P) .

(أ) كمية الطلب متغيرة من وقت لآخر وبعد كل عملية جرد .

(ب) يتم إعادة الطلب دورياً (T) .

(ج) يتم الجرد دورياً (المراجعة الدورية) .

(د) حجم المخزون التشغيلي أكبر بالقياس بنظام (Q) .

ويستخدم نموذج الدورة الزمنية الثابتة بكفاية في الحالات التالية :

i. عندما يقوم الموردون بتنظيم زيارات بيعية ثابتة الموعد (أسبوعياً ، شهرياً) لتجميع طلبات العملاء .

ii. في الشركات التي ترغب بتجميع احتياجاتها من الأصناف المختلفة من مورد واحد أو أكثر من مورد في نفس المنظمة للاستفادة من وفورات النقل .

iii. في حالة استخدام الجرد الدوري للمخزون في الشركات .

تستخدم هذه النماذج لتحديد طول الفترة الزمنية المثلى لمراجعة أرصدة المخزون من الأصناف المختلفة بهدف إعادة مستوياتها إلى المستويات المخططة مسبقاً . تتم إدارة المخزون وفق هذا النموذج بمراجعة (جرد) المخزون دورياً (أسبوعياً ، شهرياً ، أو أكثر أو أقل) . و حساب الرصيد بمقارنة مستوى الخدمة (مستوى المخزون) المرغوب فيه تحديد الكمية الواجب توفرها عن طريق الشراء أو الإنتاج .

تتكون هذه النماذج من الآتي :

نموذج الفترة الثابتة مع مستوى الخدمة Fixed – Time period Model with specified Service Level ويتطلب استخدام هذا النموذج تحديد ما يلي :

i. مخزون الأمان Safety Stock : يتحدد مخزون الأمان على اساس z أي عدد الانحرافات المعيارية المقابلة لمستوى الخدمة المرغوب فيه $Ss\ (L+T)$ ، أي الانحراف المعياري لكل من فترة التوريد L وفترة المراجعة T . ويحسب مخزون الأمان وفق المعادلة التالية :

$$Ss = z\sigma_{T+L} \dots\dots\dots\dots (3.50)$$

حيث أن : Ss = مخزون الأمان Safety Stock

T = فترة المراجعة The time of review

L = فترة التوريد Lead time

ii. كمية الطلب Order Quantity: يتم تحديد كمية الطلب في هذا النموذج على الشكل التالي :

$$q = d(T+L) + z\sigma_{T+L} - I \dots\dots\dots (3.51)$$

حيث أن : q = كمية الطلب Quantity to be ordered

T = عدد الأيام بين المراجعات the number of days between reviews

d = معدل الطلب اليومي Forecasted average daily demand

z = عدد الانحرافات المعيارية عن مستوى الخدمة Number of standard deviations for specified service Level

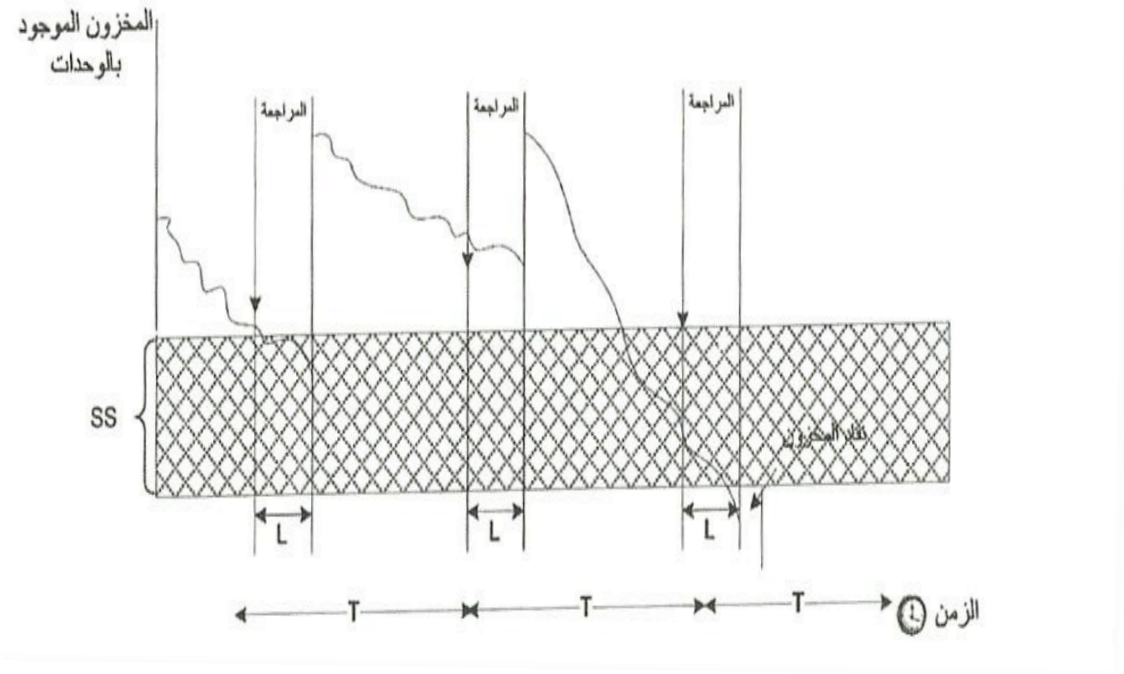
σ_{T+L} = الانحراف المعياري للطلب عن فترة المراجعة Standard deviation of demand over review and lead time

I = مستوى المخزون الحالي Current inventory Level

والشكل (3– 14) التالي يوضح نموذج الفترة الثابتة :

شكل رقم (3 – 14)

نموذج الفترة الثابتة



المصدر [37]

ويحسب الانحراف المعياري خلال فترة التوريد وفترة المراجعة على الشكل التالي :

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T+L)(\sigma^2 d_1)} \ \ldots\ldots\ldots (3.52)$$

وتحسب القيمة المتوقعة لـ (Z) على الشكل التالي :

$$E(Z) = \frac{dT(1-P)}{\sigma_{T+L}} \dots\dots\dots\dots\dots (3.53)$$

حيث أن :σ =1

P = مستوى الخدمة المرغوب Service Level desired

dT = الطلب أثناء فترة المراجعة حيث أن d هي الطلب اليومي و T هي عدد الأيام .

(3–15) نموذج التحليل الثلاثي أ.ب.ج لتصنيف المخزون ABC Analysis

في أي عمل أو نشاط هناك دائماً القلة الهامة ، والكثرة غير الهامة . ففي مجال المبيعات تتركز النسبة الأكبر من قيمة المبيعات في عدد قليل من العملاء ، وفي مجال الإنتاج يتسبب عدد قليل من الآلات في وقوع النسبة الأكبر من الأعطال ، وفي مجال الشراء تتركز النسبة الأكبر من قيمة المشتريات في عدد قليل من المواد ، بل وفي لعبة كرة القدم يسجل عدد قليل من اللاعبين النسبة العظمى للأهداف . وفي مجال المخازن ، يستحيل مراقبة عشرات الآلاف من أصناف المخزون ، لذا يجب تصنيف المخزون إلى أصناف. أي إن تعدد أو اختلاف أنواع البضاعة في المخزون والتي تكون تكاليفها متفاوتة القيم تستجوب استعمال تقنيات وطرق مختلفة لدراسة أنظمة المخزون لكل بضاعة فمثلاً مخازن المستشفيات تحوي أنواع متعددة من البضائع ذات قيم تتراوح من ريال واحد كحقنة التطعيم إلى ٢٠٠٠ ريال أو أكثر كالأسرة . كما يقول المفكر الاقتصادي (باريتو) : " دائماً وأبداً تستحوذ نسبة صغيرة من أفراد الشعب على النسبة الأكبر من الدخل القومي للدولة ، بينما نسبة كبيرة من أفراد هذا الشعب تستحوذ على نسبة صغيرة منه " . وبعد نقاش وشرح بعض النماذج الكمية لضبط المخزون التي تتعلق بمخزون لسلعة واحدة فقط وأنه في حال الحاجة لضبط المخزون لعدة سلع فإن النموذج المناسب يطبق لكل سلعة على حدة . إلا أن تطبيق نموذج ضبط المخزون على كل سلعة يصبح غير عملي عندما يكون عدد السلع . وعند وقوع مثل هذه الحالات فإن الأنظمة تقوم أحياناً بتصنيف هذه السلع إلى ثلاثة أصناف من حيث قيمتها ترمز لها بالأصناف A ،B و C كما يلي [41]:

i. الصنف A : يمثل كمية صغيرة جداً (من 5% إلى 10%) من المخزون إلا أن قيمته تمثل نسبة كبيرة من القيمة الإجمالية للمخزون لجميع السلع كأن تكون قيمته مثلاً مساوية من 75% إلى 80% من هذه القيمة الإجمالية .

ii. الصنف B : ويمثل كمية قليلة (من 20% إلى 30%) من المخزون كما أن قيمته تمثل نسبة قليلة (من 10% إلى 15%) من القيمة الإجمالية للمخزون .

iii. الصنف C : ويمثل باقي الكمية (من 60% إلى 75%) من المخزون وتمثل قيمته نسبة قليلة (من5% إلى 15%) من القيمة الإجمالية للمخزون .

والأمر الطبيعي في مثل هذه الحالة أن يولي النظام صاحب الشأن عناية كبيرة للصنف A أي أنه يقوم بضبط كل سلعة من سلع هذا الصنف وفق أحد نظم ضبط المخزون المناسبة كلما تغيرت البيانات .

خطوات تطبيق تحليل A.B,C [50]:

الخطوة الأولى : تحديد الأصناف التي سيتم استخدامها سنوياً بإعطاء رمز حرفي أو رقم كودي للصنف على جدول .

الخطوة الثانية : حساب قيمة الاستخدام السنوي لكل صنف من المخزون بالعلاقة :

قيمة الاستخدام السنوي = معدل الاستخدام السنوي × تكلفة الوحدة ... (3.54)

الخطوة الثالثة : ترتيب الأصناف ترتيباً تنازلياً وفقاً لقيمة الاستخدام السنوي مع الاحتفاظ بالرمز الحرفي أو الرقم الكودي لكلصنف كما بالخطوة الأولى .

الخطوة الرابعة : تسجل الاصناف تنازلياً وفقاً الاستخدام السنوي في الجدول .

الخطوة الخامسة : استخراج القيم الإجمالية للاستخدام السنوي أي "التكرار المتجمع الصاعد" للأصناف وفقاً للترتيب المحدد بالخطوة الرابعة .

القيمة المتجمعة المسجلة أمام صنف ما =
القيمة المتجمعة للأصناف السابقة + قيمة الاستخدام السنوي للصنف . .... (3.55)

الخطوة السادسة : استخراج النسب المئوية المتجمعة لعدد الأصناف من واقع القيم المتجمعة التي نحصل عليها من الخطوة الخامسة .

استخدام نظام التصنيف (التحليل الثلاثي) سوف يؤدي إلى التحسن في عملية التنبؤ بالاحتياجات ، وتحقيق رقابة أدق على الأصناف ، والاعتماد على موردين لديهم مصداقية في التعامل ، بالإضافة إلى تخفيض ملحوظ في كميات المخزون الاحتياطي اللازم للأصناف .

جدول رقم (3 – 2)

المقارنة بين أصناف المخزون الثلاثة ABC

م	الوحدات من نوع A ، ذات قيمة استهلاكية عالية	الوحدات من نوع B ، ذات قيمة استهلاكية متوسطة	الوحدات من نوع C ، ذات قيمة استهلاكية ضعيفة
١	السيطرة على المخزون تامة ومحكمة	السيطرة على المخزون معتدلة	السيطرة على المخزون مفقودة (غير ضرورية)
٢	لا يوجد احتياط المخزون أو قليل جداً	احتياطي المخزون قليل	احتياطي المخزون بأعلى مستوياته
٣	الطلبيات متكررة أو تجهيز اسبوعي	تقارير السيطرة شهرية	الطلبيات تكون على شكل مجاميع من مجموعة من السلع ولكل ستة أشهر
٤	تقارير السيطرة اسبوعية	الطلبية تعاد كل ثلاثة أشهر او فترة تجدها الشركة ملائمة لها	تقارير السيطرة على المخزون كل ثلاثة أشهر
٥	اعظم ما يمكن من المتابعة	المتابعة لاحتياطي المخزون فصلية	المتابعة لاحتياطي المخزون استثنائية
٦	تعدد المصادر لكل مادة قدر الإمكان	توفر اكثر من مصدرين معتمدين للتجهيز	توفر مصدرين معتمدين لكل سلعة من السلع
٧	اقل ما يمكن من التلف	بناء التوقعات حول احتياطي المخزون تعتمد على البيانات السابقة	التخطيط للمخزون بتوقعات عامة
٨	التنبؤ و التخطيط للمخزون	التخطيط و التنبؤ الدقيق للسيطرة على التالف من الخزين	مراجعة التالف من المخزون السنوي
٩	طريقة الخزن المنفرد	المخزون يكون على شكل مجاميع صغيرة	الخزن على هيئة مجاميع
١٠	عملية شراء الوحدات من هذا النوع وخزنها يكون بأوامر مركزية من أعلى مستوى إداري	عملية الشراء وخزن الوحدات من هذا النوع تكون في بعض الاحيان مركزية أو غير مركزية	عملية الشراء وخزن هذا النوع من الوحدات لامركزية
١١	أقصى جهود لتقليل وقت الانتظار عند توريد هذا النوع من السلع	جهود معتدلة لتقليل وقت الانتظار عند توريد هذا النوع من السلع	إعطاء الصلاحيات إلى المستويات الدنيا من الموظفين مع عدم تكثيف الجهود في تقليل وقت الانتظار عند توريد هذا النوع من السلع
١٢	اعطاء الصلاحيات لأصحاب المستويات الوظيفية المتقدمة	تدار أمور هذا النوع من السلع من قبل موظفين ذوي درجة وظيفية متوسطة	يمكن تفويض إدارة هذا النوع من السلع إلى الأقل بالكامل

المصدر [7]

إن الهدف من التحليل الثلاثي (ABC) في أي مجال إداري ، هو تحديد النطاق الذي يجب أن تتركز فيه الجهود التي تحقق أعلى النتائج . وفي مجال مراقبة المخزون يمكن تحديد وتبسيط أساسيات تسيير المخزون المرتبطة بهذا التحليل أعلاه في الجدول التالي :

جدول رقم (3 –3)

أساسيات تسيير المخزون المتعلقة بالتحليل الثلاثي

الفئات	A	B	C
العدد الإجمالي للأصناف %	10 إلى 20 %	30 إلى 40 %	40 إلى 50 %
القيمة التراكمية لأصناف المخزون %	70 إلى 80 %	15 إلى 20 %	5 إلى 10 %
مستوى المراقبة	قصوى	متوسطة	دنيا
مخزون الأمان	منخفض	متوسط	هام
تكرار قرارات الجودة	مرتفع	خفيف	ضعيف
معدل دوران المخزون	مرتفع	متوسط	ضعيف
إجراءات تسيير المخزون	عناية ودقة مراجعة متكررة	عادية	دورياً مرة أو مرتين في السنة

المصدر [50]

على ضوء ما سبق يمكن للمؤسسات أن تستفيد من هذا النظام من خلال [38] توجيه جهودها الإدارية والرقابية القصوى للفئة (A) و توجيه جهودها الإدارية و الرقابية المتوسطة للفئة (B) و توجيه جهودها الإدارية و الرقابية الأدنى للفئة (C) . نشير أخيراً إلا أن بعض الأنظمة يقوم بتصنيف مخزونها لصنفين أو لأربعة أو لأكثر بحسب قيم المخزون من كل صنف . وتتدرج أوليات ضبط المخزون للأصناف المختلفة عندئذ حسب تدرج قيم مخزونها من المخزون الإجمالي . وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذه النسب الواردة في الجدول ليست ثابتة ولكنها قد تتغير مع تحقيق المبدأ الأساسي وهو انخفاض نسبة العدد وارتفاع نسبة القيمة أو العكس للمجموعات المختلفة .

شكل رقم (3 – 15)

متطلبات التوازن الحركي لنظام المخزون

المصدر [39]

(3–16) نموذج ضبط المخزون لفترة واحدة مع عدم السماح بالعجز وإهمال تكلفة الطلبية

يقوم هذا النموذج على فرضيتين أساسيتين هما [5] :

الفرضية الأولى: إهمال تكلفة الطلبية.

التعهد والالتزام بإيصال الطلبية في مطلع وبداية الفترة.

الفرضية الثانية: عدم السماح بالعجز ويعود ذلك لأمرين أولهما تلافي تكاليف العجز وثانيهما تبسيط النموذج.

وحسب ما تم افتراضه اعلاه لدينا إمكانيتين:

١) أن يزيد استهلاك السلعة عن الكمية المطلوبة أي معدل الطلب أو الاستهلاك لكامل الفترة أكبر من عدد الوحدات المطلوبة أو المنتجة (مقدار الطلبية) لكامل الفترة.

٢) ألا يزيد استهلاك السلعة عند الكمية المطلوبة منها. والهدف الرئيسي هو إيجاد القيمة المتوقعة والتي تجعل الربح أكبر ما يمكن. باستخدام العلاقات الرياضية للنموذج.

(3–17) نموذج التحليل الحدي

يفترض في هذا النموذج أن الطلب غير ثابت وله توزيع احتمالي منفصل ، ويعتمد التحليل فيه على قاعدة التوازن المعروفة في الاقتصاد (توازن المستهلك ، توازن المنتج .... الخ) ، وتحدد الكمية الاقتصادية (Economic Quantity (EQ عند النقطة التي يتساوى عندها الربح الحدي مع الخسارة الحدية ، وفي حالة اتخاذ القرار في ظروف المخاطرة فإن الكمية الاقتصادية تتحدد عند النقطة التي يتساوى فيها الربح الحدي المتوقع مع الخسارة الحدية المتوقعة . وإذا رمزنا للربح المتحقق من بيع الوحدة الواحدة بالرمز R والخسارة التي تحدث من عدم بيع الوحدة الواحدة بالرمز Lواحتمال بيع الوحدة الحدية بالرمز πوعدم البيع بالرمز $1 - \pi$وباستخدام قاعدة التوازن فإن :

$$R \times \pi = L\,(1-\pi) \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.56)$$

وبحل المعادلة (3.56) بالنسبة إلى π نجد أن [12]:

$$\pi = \frac{L}{R+L} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.57)$$

الفصل الرابع

الجانب التطبيقي

(4–1) تمهيد

تعتبر مخازن الصندوق القومي للإمدادات الطبية (إدارة المبيعات) بالإضافة إلى بعض الصيدليات التجارية بولاية شمال كردفان والتي يتواجد مركزها في مدينة الأبيض أهم المراكز لتوفير وتخزين أدوية وعقاقير الملاريا بالولاية. طلبية علاج الملاريا تصل من الصندوق القومي للإمدادات الطبية في فترة غير محدودة وبكميات غير ثابتة حسب الحوجة وحسب التقارير من الولاية أو الصندوق القومي الولائي الذي بدوره يستلم التقارير من ثمانية محليات وهي: محلية شيكان، محلية أم دم، محلية شرق بارا، محلية غرب بارا، محلية سودري، محلية جبرة الشيخ، محلية أم روابا و محلية الرهد. وبالرجوع إلى السجلات والفواتير مع أصحاب الشأن بمركز مباني الصندوق القومي للإمدادات الطبية فرع شمال كردفان تم الحصول على بيانات البحث المرفقة بالملاحق جدول رقم (4) وبخصوص تذبذب وعدم توافر الكميات المثلى المطلوبة من أدوية الملاريا عند لحظة الطلب وهذا يؤدي إلى حدوث حالة نفاذ المخزون (العجز) بسبب تغيرات الطلب في فترات الوقت المتقدم أو الاستهلاك غير المنظم بالنسبة للمخزون وخاصة في فصل الخريف (أثناء هطول الأمطار) مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية واجتماعية ومنها البشرية "كالوفيات".

(4–2) وصف البيانات

مدة العلاج بالكوارتيم Coartem خلال ثلاثة أيام لمريض الملاريا والدواء يتوفر في شكل حبوب قابلة للذوبان، (20 mlg Artemether و 120 mlg Lumefantrine) للأطفال كما يتوافر في شكل حبوب (80 mlg Artemether و 480 mlg Lumefantrine) للكبار. ويلخص الجدول التوزيع التكراري (4–1) أدناه بيانات العينة المرفقة بجدول رقم (4) بالملاحق خلال أربعة سنوات في حدود 22 طلبية مضاعفة أي 44 طلبية خلال الأربع سنوات .

جدول رقم (4–1)

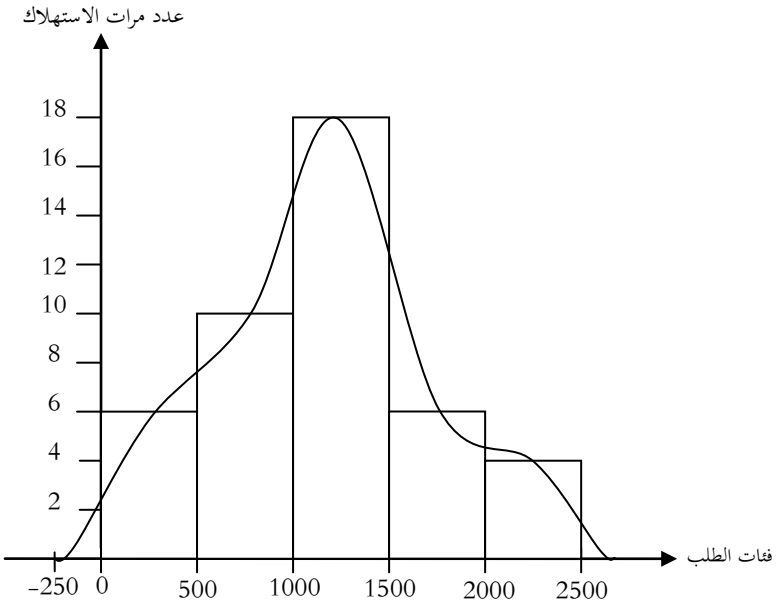
جدول يمثل عدد الوحدات المستهلكة بالآلاف

الفئات	0→500	500→1000	1000→1500	1500→2000	2000→2500	sum
عدد مرات الاستهلاك	6	10	18	6	4	44
التكرار النسبي	0,14	0,23	0,40	0, 14	0,09	1

وبعد عرض وتبسيط هذه البيانات وتمثيلها بجدول التوزيع التكراري أعلاه ، يتم تمثيلها بأشكال وبعض الرسومات البيانية لتسهيل طبيعة سلوكها وفهمها أكثر ، وتم تمثيلها بمدرج تكراري ومنحنى تكراري معا كما يلي:

شكل رقم (4-1)

رسم بياني لمدرج و منحنى تكراري



وبعمل تقييم مبدئي لبيانات العينة المستخدمة في تحديد نوع التوزيع محل الدراسة مع توزيعات أخرى نجد أن من خلال مقارنة دالة الكثافة الاحتمالية pdf وتمثل تقريباً (بالمنحنى التكراري) الناتجة من البيانات العملية مع دالة pdf الخاصة بالتوزيع النظري المعروف للتوزيع الطبيعي بالشكل الجرسي فإنه يوجد توافق الى حد كبير بين التوزيعين. ويمكن تدعيم اختبار طبيعة البيانات بحساب مقاييس النزعة المركزية للطلب D في ما يلي:

أولاً متوسط الطلب $\overline{D}$:

$$\overline{D} = \frac{\sum D_i . f_i}{\sum f_i} = \frac{250(6)+750(10)+1250(18)+1750(6)+2250(4)}{44}$$

$$\overline{D} = \frac{51000}{44} \approx 1159.\overline{09}$$

ثانياً وسيط الطلب $\widetilde{D}$:

$$\widetilde{D} = \tilde{L} + \frac{\frac{\sum f_i}{2} - (\tilde{F} - \tilde{f})}{\tilde{f}} . C = 1000 + \frac{22-(34-18)}{18} . 500 \approx 1166.\overline{6}$$

ثالثاً منوال الطلب $\widehat{D}$:

$$\widetilde{D} = \hat{\mathrm{L}} + \frac{\mathrm{d1}}{\mathrm{d1+d2}} . \mathrm{C} = 1000 + \frac{(18-10)}{8+(18-6)} . 500 \approx 1200$$

و بما أن المتوسطات متقاربة $\overline{D} \approx \widetilde{\mathrm{D}} \approx \widehat{\mathrm{D}}$ وعليه التوزيع يقارب الطبيعي

وبتوضيح أكثر و باستخدام اختبار Kolmogorov – Smirnov Test / Shapiro-Wilk Test في برنامج Spss :

فرض العدم H_0 : البيانات المتعلقة بالطلبيات تخضع للتوزيع الطبيعي

الفرض البديل H_A : البيانات المتعلقة بالطلبيات لا تخضع للتوزيع الطبيعي

وبعد تحليل الطلبيات من جدول الـ Test of Normality الناتج أدناه

	Kolmogorov – Smirnov			Shapiro-Wilk Test		
	statistic	dff	Sig	statistic	dff	Sig
الطلبيات	.246	.44	.315	1.28	44	0.266

ونلاحظ ان قيمة مستوى المعنوية sig أكبر من 0.05 وعليه نقبل فرض العدم (H_0) أي أن البيانات تخضع للتوزيع الطبيعي.

وعليه فإن توزيع الطلب D يخضع للتوزيع الطبيعي $N(\mu,\sigma^2)$ بالإضافة الى قيم ومقادير بقية المعالم من أصحاب الشأن (مصدر البيانات) وعليه فقد كانت كما يلي:

الطلب السنوي المتوقع $D = 5437800$ باكو (أي وحدة)

تكاليف نفاذ المخزون (تكاليف العجز) ج $B = 850000$

تكاليف تخزين الوحدة ج $H = 5.88$

تكاليف الطلب ج $K = 385850$. وحسب أصحاب الشأن مطلوب مستوى للخدمة لا يقل عن 90%.

(3–4) تطبيق النموذج

وبتطبيق برنامج WinQSB المستخدم لحل أهم مسائل بحوث العمليات وبالتحديد" Inventory Theory and System" أدخلت البيانات أعلاه $D, H \ \& \ k$ كما بشكل (2) بالملاحق .

ونعلم أن وحدة الزمن سنة وعليه نحسب الكمية الاقتصادية المثلى للطلب كما يلي :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DK}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(5437800)(385850)}{5.88}} \ = \ 844786.9614$$

وقيمة Q^* هذه هي التي تجعل التكاليف الكلية (Grand Total Cost) أقل قيمة للتكلفة الكلية للمخزون في وحدة الزمن عند التعويض في المعادلة أدناه :

$$TCU\ (Q^*) = \frac{D}{Q^*} \times K + H \times \frac{Q^*}{2}$$

وعليه

$$TCU\ (Q^*) = \frac{5437800}{844786.9} \times 385850 + \frac{5.88(844786.9)}{2} \approx 4967348 \text{ ج}$$

وهذه أقل تكلفة سنوية للمخزون. أما العدد الأمثل لمرات الطلبيات من العلاقة:

$$N^* = \frac{\text{D(معدل الاستهلاك)}}{\text{Q*(حجم الطلبية)}} = \frac{5437800}{844786.9} \approx 6$$

أي علينا أن نطلب 6 طلبيات في السنة الواحدة أما الطول الأمثل لكل دورة تخزينية هي (t^*) ويساوي

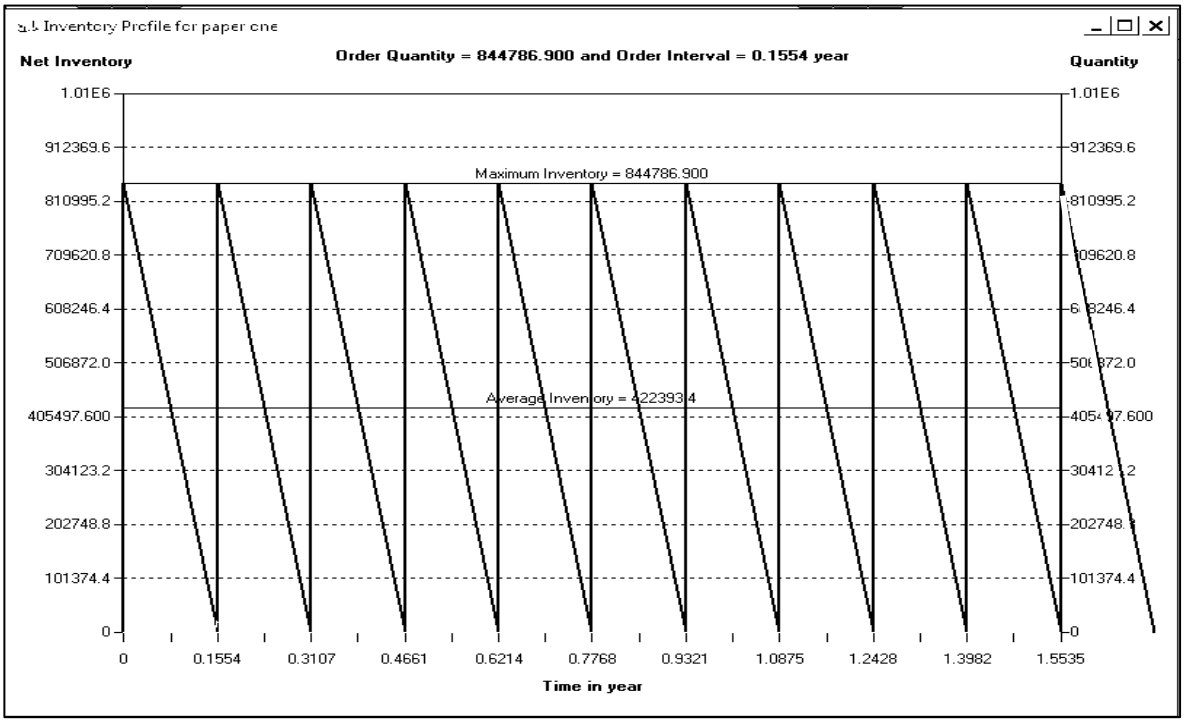
$$t^* = \frac{\text{Q}^*(\text{حجم الطلبية})}{\text{D}(\text{معدل الاستهلاك})} = \frac{1}{6}$$

أي طول كل دورة تخزينية خلال العام هي $12 \times \frac{1}{6} = 2$ أي شهرين.

وللحصول على منحنى تغيرات مستوى المخزون مع تغيرات الزمن نحصل على الشكل التالي:

شكل رقم (4-2)

الدورات التخزينية لنموذج الكمية الاقتصادية للطلب



المصدر: الباحث (ببرنامج WinQSB)

ويتضح من الشكل رقم (4-2) أن الحد الأقصى للمخزون هو كمية الطلب الاقتصادية $Q^* = 844786.9$ وحدة و يوضحها الخط الافقي عند قمة المنحنى (الذي يشبه شكل أسنان المنشار). أما معدل مستوى المخزون يساوي متوسط مستوى المخزون في بداية ونهاية أي دورة تخزينية ويساوي:

$$\frac{Q}{2} = \frac{Q^*+0}{2} = \frac{844786.9+0}{2} = 422393.45$$

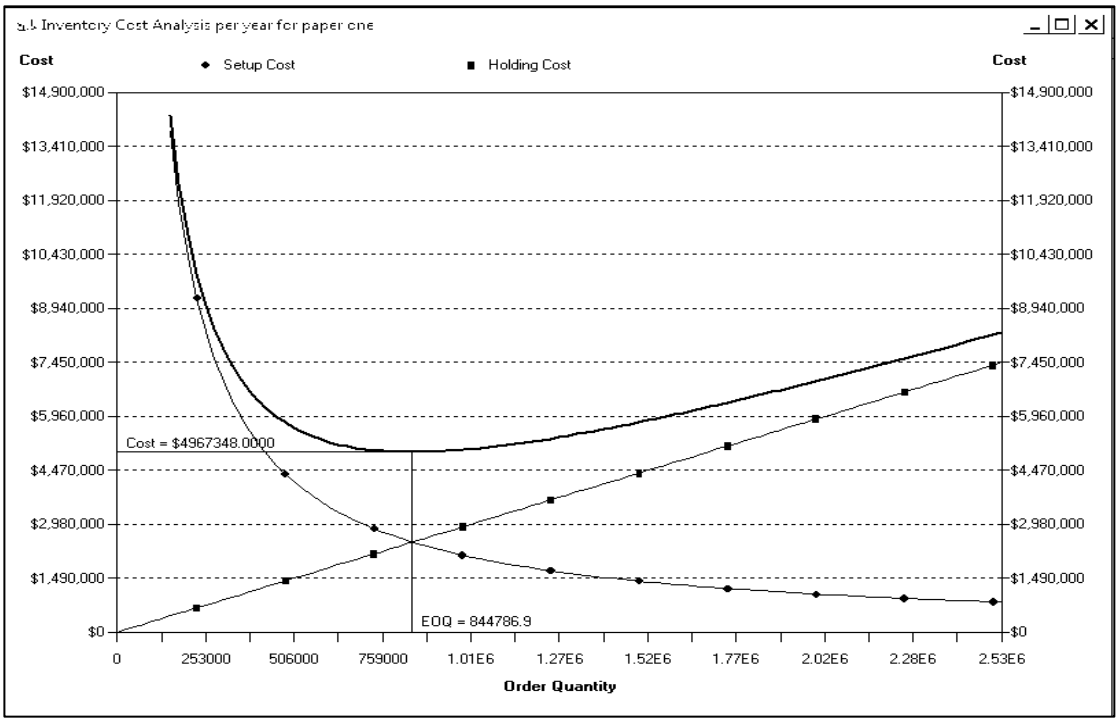
ويمكن حساب تكلفة القيمة المتوسطة للمخزون بواسطة ضرب قيمة المخزون المتوسط في ثمن شراء القطعة الواحدة أي أن :

$$\frac{Q^*}{2} \times H = \quad 422393.45 \times 5.88 \quad \approx \quad 2483673.5 \text{ ج}$$

وباستخدام برنامج الـ Win QSB تحصلنا على شكل منحنى تغيرات التكاليف مع تغير حجم الطلبية بالشكل التالي:

شكل رقم (4–3)

منحنى التكاليف الكلية للطلب



المصدر: الباحث (ببرنامج WinQSB)

نجد أن منحنى التكاليف الكلية للطلب يعطي توضيحاً للدوال التالية:

i. دالة تكاليف الطلب في وحدة الزمن هي $T_\circ = NK = \frac{D}{Q} \times K$

$$T_\circ(Q) = \frac{5437800}{Q} \times 385850 = \frac{2 \times 10^{12}}{Q}$$

$$T_{\circ}(Q) = f(x) = \frac{a.....(constant)}{x.....(variable)}$$

بالتالي من الصيغة الجبرية و المنحنى البياني هي دالة مقلوب مقعرة لأعلى و متناقصة على مداها [0, Q] (أي كلما زادت كمية الطلب D قلت التكلفة المادية).

ii. دالة تكاليف التخزين في وحدة الزمن $T_h = H \times \frac{Q}{2} \Rightarrow f(x) = mx$ وهي دالة خطية تمر بنقطة الأصل ولها ميل (slope) يساوي $(\frac{H}{2} = 2.94)$ بمتغير $(Q = x)$.

iii. دالة التكاليف الكلية للمخزون في وحدة الزمن تعطى كدالة في حجم الطلبية وتمثل بمنحنى مقعر لأعلى له نقطة نهاية صغرى محليه والعمود النازل من تلك النقطة يمر بنقطة تقاطع دالتي الطلب والتخزين والتي يتحدد عندها حجم الكمية الاقتصادية المثلى التي نطلبها كل مرة ، أي أن تكون التكلفة الإجمالية أقل ما يمكن عندما تتساوى كل من تكلفة الطلب وتكلفة التخزين وبمعنى رياضي اخر عند نقطة التقاطع لمشتقة دالة التكاليف وعند تلك النقطة المماس يساوي صفرا وهي :

$$Q^* = EOQ = 844786.9 \text{ وحدة}$$

أيضاً من الشكل تظهر القيمة المالية للكمية الاقتصادية المثلى أي قيمة كل التكاليف وهي 4967348 من الجنيهات. وللعلم أن الفعالية في هذا النظام تم قياسها بدالة الهدف $TCU(Q)$.

تحليل الحساسية :

في نموذج الـ EOQ للطلب نجد متغيرات ومعالم المعادلة هي K,D,H, and Q فإذا تغيرت أي قيمة من تلك المتغيرات فإن القيمة المثلى Q^* يمكن أن تتغير أيضاً ويسمى تحديد مقدار التغير وتأثير هذه المتغيرات على Q^* بتحليل الحساسية Sensitivity Analysis. المتغيرات K, D, H فهي من المتغيرات غير قابلة للضبط (Uncontrollable Variables) لا يستطيع صانعو القرار التحكم فيها لأن قيم تلك المتغيرات تتأثر بعناصر خارجة عن النظام (البيئة) كالأسعار التي يفرضها الموردون على الدواء. وأهم هذه المتغيرات الثلاث معدل الطلب D الذي يمكن أن يتغير تغيرات غير طفيفة وعليه أن نميز أهم نوعين من التحليل هما :

أولاً: عندما يتغير مقدار الطلب D على المخزون، وليكن $D_N = CD$ فإن:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D_N \times K}{H}} = \sqrt{\frac{2CD \times K}{H}} = \sqrt{C} \times \sqrt{\frac{2DK}{H}} = \sqrt{C}.\,Q^*$$

فنلاحظ تضاعف الطلب بمقدار الثابت C بينما الكمية المثلى لم تتضاعف بمقدار C لكن تغيرت إلى المقدار $\sqrt{C}.\,Q^*$. مثلا حررت طلبية بأربعة أضعاف الطلب السنوي أي تساوي (4D) *فماذا تكون* الكمية الاقتصادية للطلب عندئذ ؟ فإن الإجابة على ذالك ، بأن الكمية الاقتصادية المثلى لا تساوي كذالك أربعة أضعاف كما يفعل بعض متخذي القرار لأول وهلة .. فقط تساوي مثلي الوضع الطبيعي للكمية المثلى أي ($2Q^*$) .

ثانياً: عندما تتغير Q من المصدر المورد بدلاً من $Q^* = 84478609$ ، ثم تتغير الطلبيات على شكل طرود (هذا الموجود عند المورد) وبفرض عبواتها 400000 ، 800000 ، 1600000 ، 2400000 .....الخ

وبالتعويض في علاقة حساب التكلفة الكلية

$$TCU(Q) = \frac{D}{Q}.H + H.\frac{Q}{2}$$

نجد أن:

$$TCU(Q^*) = 4967348$$

وبالتعويض في علاقة التكاليف الكلية نحصل على :

$$TCU(400000) \approx 6421437.8$$
$$TCU(800000) \approx 4974718.9$$
$$TCU(1600000) \approx 6015359.5$$
$$TCU(2400000) \approx 7930239.6$$

وعليه يمكن تلخيص حسابات فروقات التكلفة الكلية في الجدول التالي:

جدول رقم (4–2)

جدول حساب فروقات التكلفة

كميات الطلب	التكلفة الناتجة	الفرق المالي بين Q^* وبقية التكاليف
	4967348	0
400 ألف	6421437.8	1454089.8
800 ألف	4974718.9	7371
1600 ألف	6015359.5	1048011.5
2400 ألف	7930239.6	2962891.6

وهذه الكميات إفتراضا يتحكم فيها المركز الأساسي لتوريد الطلبيات فهي تخص المنتج (حسب تغيراته). فيجب طلب الطرد 800 ألف لأن فرق التكلفة بينها و EOQ أقل فرق يساوي 7371 ج ، بدلاً عن الطرود الأخرى من الطلبيات .

ثالثاً: أحيانا لا يعادل الجهد المبذول في الوصول إلى الكمية الاقتصادية للشراء أو الطلب

Q^*	4967348 وحدة

المعني العائد المحقق خاصة إذا استلزم ذالك جهدا كبيرا ، ففي مثل هذه الحالات سوف يفي التقدير التقريبي للكمية المطلوبة بالغرض لأن اثر الإختلاف على التكاليف سوف يكون محدود .

,و هنا نقوم بإعطاء الصيغة الاحتمالية لنموذج الحجم الاقتصادي للطلبية EOQ المحدد أعلاه والذي يقوم على وجود طلب احتمالي يستخدم مخزون اضافي يسمى مخزون الامان. ومن قيمة حساب الطلب السنوي من البيانات راجع الملاحق شكل رقم (4) نجد أن متوسط الطلب السنوي

$$D = \frac{\text{مجموع الطلبيات}}{4} = \frac{21751200}{4} = 5437800 \text{ وحدة}$$

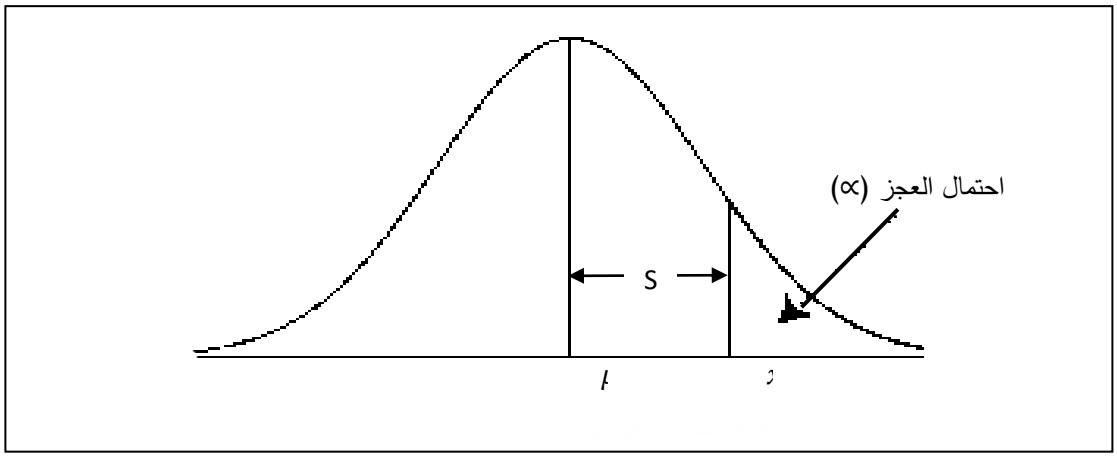
فإن قيمة المتوسط الشهري خلال السنة يساوي:

$$\frac{D}{12} = \frac{5437800}{12} \Longrightarrow \mu = 453150 \text{ وحدة}$$

وبانحراف معياري وحدة $\sigma_d = 8000$ فإن مخزون الأمان S يضاف إلى متوسط μ ليصل الى النقطة x كما بالشكل التالي رقم (4–4) :

شكل رقم (4–4)

مخزون الأمان والتوزيع الطبيعي



المصدر: [20]

ومن شكل رقم (**4–4**) نجد أن:

$x =$ مخزون الأمان (S) + متوسط الطلب (μ) ..... (1)

أي أن : $x = S + \mu$

ومن خصائص منحنى التوزيع الطبيعي المعياري نحصل على قيمة z بدلاً عن x بقاعدة الدرجة المعيارية $z = \frac{X-\mu}{\sigma}$ ومنها نحصل على المعادلة:

$$x = \mu + \sigma z \dots\dots\dots (2)$$

ومن المعادلتين (1) و (2) فإن مخزون الأمان

$S = \sigma z$ ومن أجل مستوى خدمة معين

أي قيمة معينة لـ z فإن D هو المتغير العشوائي الوحيد الذي يظهر في المعادلة (3.46) للتكاليف الكلية المتوقعة :

فإن تكلفة حفظ مخزون الأمان هي $\sigma z \times H$

وعليه يمكن حساب تكلفة مخزون الأمان لقيم مختلفة من مستويات الخدمة كما في العمود الأخير بالجدول التالي رقم (**3–4**) :

جدول (4–3)

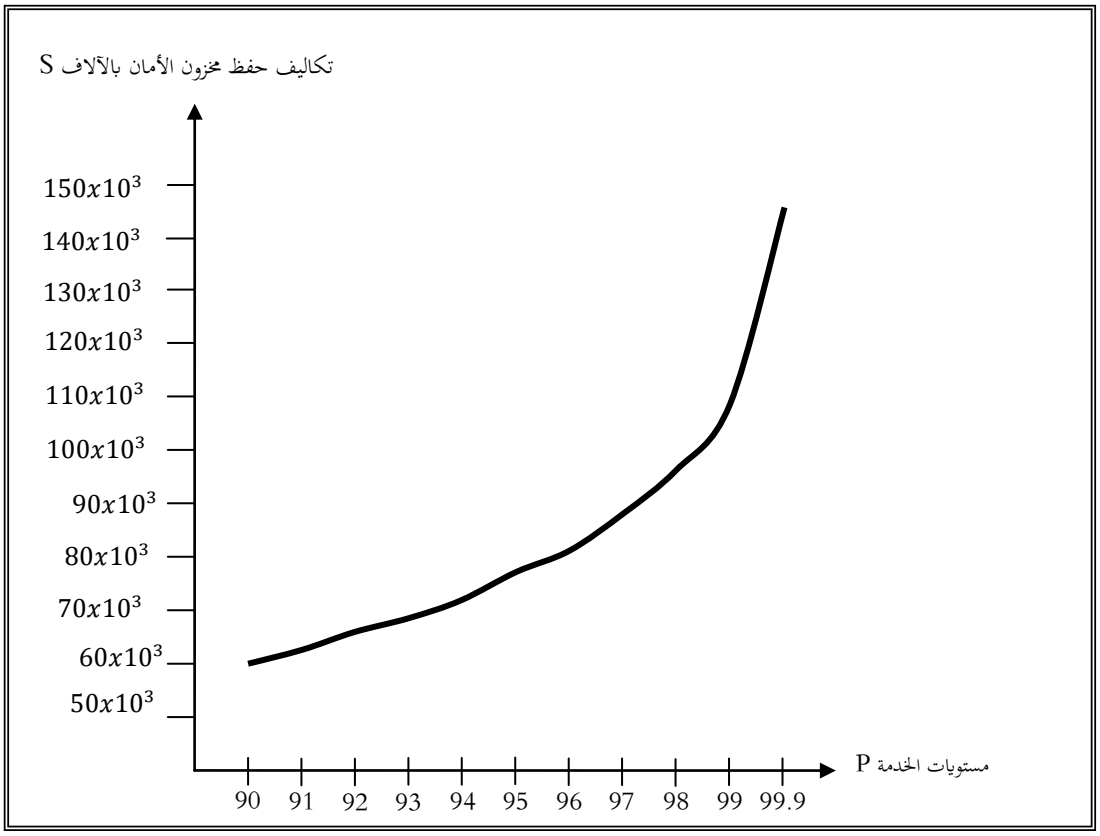
جدول تكلفة مستويات مختلفة من الخدمة

احتمال مستوى الخدمة $p\%$	احتمال العجز $\alpha\%$	قيم z من جدول التوزيع الطبيعي	مخزون الامان	تكاليف المخزون بالآلاف
90	10	1.28	10240	60211.2
91	9	1.34	10770	63033.6
92	8	1.41	11280	66326.4
93	7	1.48	11840	69619.2
94	6	1.56	12400	72912
95	5	1.65	13200	77616
96	4	1.75	14000	82320
97	3	1.88	15040	88435.2
98	2	2.06	16480	96902.4
99	1	2.33	18640	109603.2
99.9	0.1	3.09	24720	145353.6

وبتمثيل بيانات الجدول رقم (4–3) بتناول العمودين الأول (احتمال مستوى الخدمة p) والعمود الأخير (تكاليف الحفظ بالآلاف) نحصل على الشكل التالي رقم (4–5) :

شكل رقم (4-5)

مستوى الخدمة مقابل تكاليف الحفظ



المصدر: [20]

ويوضح هذا الشكل (4-5) رسماً بيانياً لإجمالي تكلفة الحفظ كدالة لمستوى الخدمة ونلاحظ أن الدالة متزايدة، أي كلما زاد مستوى الخدمة تزداد أيضاً تكلفة الاحتفاظ بمعدل زيادة متزايد وحقيقة فإن مستويات الخدمة العالية تكون تكلفة الحفظ فيها كبيرة جداً. ويجب علينا حساب تكاليف العجز

$$TCR = \frac{\alpha DB}{Q} \Longrightarrow \frac{\alpha.\mu.\beta}{Q^*}$$

وبإضافات تكاليف الحفظ إلى تكاليف العجز نحصل على معادلة التكاليف الكلية المتوقعة بالقاعدة:

$$TCR = \frac{\alpha.\mu.B}{Q^*} + H.(\sigma.Z)$$

وبالتطبيق عليها نتحصل على القيمة المتوقعة للتكاليف TCR (في العمود الرابع) عند مستوى خدمة معين باستبدال معدل الطلب D في العلاقة (3.46) بالمتوسط μ كما بالجدول التالي رقم (4-4):

جدول رقم (4-4)

التكاليف المتوقعة لمستويات خدمة مختلفة

احتمال مستوى الخدمة $p\%$	احتمال العجز $\alpha\%$	قيم z من جدول التوزيع الطبيعي	القيمة المتوقعة لتكاليف المخزون TCR بالجنيهات
90	10	1.28	105805.8364
91	9	1.34	104068.7711
92	8	1.41	102802.1077
93	7	1.48	101535.4442
94	6	1.56	100739.1807
95	5	1.65	100413.3173
96	4	1.75	100557.8538
97	3	1.88	102113.5904
98	2	2.06	106021.3269
99	1	2.33	114162.6635
99.9	0.1	3.09	145809.5463

والهدف من هذا النموذج هو إيجاد أفضل مستوى لمخزون الأمان من بين المستويات المقابلة لعدة مستويات خدمة (أي عدة قيم لـ z) لأن زيادة مستوى الخدمة يزيد بزيادة كمية مخزون الأمان كما في الجدول رقم (3-4) لكن للتكاليف الكلية المتوقعة شأن آخر.ومن نتائج الجدول رقم (4-4) نجد أن بعض مستويات الخدمة كلما ارتفعت من 90% الى 95% أن التكلفة الكلية المتوقعة تقل وهذا هو هدف النموذج المرغوب فيه ، لكن في مستويات الخدمة من 96% مع زيادتها وارتفاعها الى أن وصلت 99.9%. زادت معها التكاليف الكلية المتوقعة وعليه فإن أقل تكلفة تساوي 100413.3173ج والتي يقابلها أفضل مخزون أمان.$s = \sigma z = 13200$ ومستوى خدمة يساوي 95% ونحصل على نقطة إعادة الطلب من العلاقة :

$ROP = \mu + S$ فنجد أن :

وحدة $\mathrm{ROP} = 453150 + 13200 = 466350$ أي يتم إعادة طلبية جديدة قدرها $\mathrm{Q}^* = 844786.9$ من الدواء عندما يصل مستوى المخزون منه إلى 466350 وحدة. وباستخدام برنامج الـ Minitab-18 لمحاكاة البيانات بمفهوم التوزيع الطبيعي وإدخالها على شكل رقم (3) بالملاحق . وبتكرار المحاكاة من أجل عينات ذات حجم اختياري (مع تسجيل النتائج في كل مرة) وحساب متوسطات معدلات الطلب وانحرافاتها المعيارية تم التوصل إلى حالة تقارب متوسطات $(\bar{x})$ الطلب وتتناقص فيها قيم الانحرافات المعيارية (s) الناتجة مع زيادة حجم العينة n ومنها الوصول إلى حالة الاستقرار شبه الفعلية. وبأخذ عدد متعدد من العينات كان الأنسب باختيار حجم العينة $n = 150000$ وكانت النتائج بخصوص الطلب في جدول رقم (5) بالملاحق.

ومنها يمكن إيجاد متوسط معدلات الطلب بالوحدات علماً بأن التكرار 150000 وعليه

$$\bar{x} = \frac{453013+453013+\cdots+453477}{20} = 453164.15$$

ويجدر ملاحظة أن الانحراف المعياري لتوزيع معدل الطلب يعتبر أحد القياسات الهامة لنوعية المخاطرة ونجد أن الانحراف المعياري أقل بكثير عن الانحراف المعياري لمعدل الطلب الأساسي . وهذا يحتوي على مخاطرة أقل بالنسبة للمخزون. وبما أن النظام يظهر حالة سلوكيات معينة نستخدم طريقة "مونت كارلو" للمحاكاة وللعلم أن الأساس الذي قامت عليه هذه الطريقة فهو اختبار لعناصر الفرصة المتاحة أو الاحتمالية من خلال العينة العشوائية للبيانات في الجدول التالي:

جدول (4-5)

جدول التوزيع التراكمي للطلبيات

كمية وحدة الطلبيات	عدد مرات الاستهلاك	الاحتمال	الاحتمال التراكمي
250	6	0.14	0.14
750	10	0.23	0.37
1250	18	0.40	0.77
1750	6	0.14	0.91
2250	4	0.09	1
	44	1	

وتستخدم الاحتمالات التراكمية في المساعدة على اختبار وتعيين الارقام العشوائية. طبقاً لدينا متغيري قرار هما الطلب ونقطة اعادة الطلب ويتم الربط بينهما للوصول لأقل تكلفة اجمالية مع ارتفاع مستوى الخدمة. وباستخدام برنامج الـ Excel 2013 في المحاكاة يمكن اتباع النموذج التالي:

- ادخال عدد الاشهر بالعمود A
- العمود B يوضح الارقام العشوائية باستخدام دالة $= RAND( )$ لإنتاج قيمة عشوائية في الفترة $(0,1)$

$$= NORMINV(RAND( ), \mu, \sigma)$$

- يستخدم العمود B الارقام العشوائية في دالة

$$= VLOOKUP(RAND( ), \mu, \sigma)$$

لمحاكاة الطلبيات والاحتمالات وفروقات الاعداد العشوائية.

جدول رقم (4–6)

جدول حساب النتائج بتنسيق Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3	الشهر	Random Number	الاستهلاك	Stockout ? (1=Yes)				كمية وحدة الطلبات	عدد مرات الاستهلاك	الاحتمال	الاحتمال التراكمي
4	1		250					250	6	0.14	0.14
5	2		750					750	10	0.23	0.36
6	3		1250					1250	18	0.41	0.77
7	4		1250					1750	6	0.14	0.91
8	5		1750					2250	4	0.09	1.00
9	6		2250								
10	7		250								
11	8		250								
12	9		250								
13	10		750					المتوسط			1,159.09
14	11		1250								
15	12		1750					الانحراف العياري			563.14
16	13		2250								
17	14		2250					نسبة النفاذ			0.003
18	15		750								
19	16		750								
20	17		750								
21	18		2250								
22	19		750								
23	20		250								
24	21		1250								
25	22		750								
26	23		1250								
27	24		1250								
28	25		1250								

ومن النتائج بهذا الجدول للمحاكاة رقم (4–6) أعلاه نجد متوسط الطلبيات خلال 44 شهراً يساوي 1159.09 ويمكن أن يتغير مقدار متوسط الطلبيات قليلاً وهذا بسبب استخدام الأرقام العشوائية في معادلة الطلبيات. وباستخدام التوزيع الاحتمالي نجد أن القيمة المتوقعة للطلبيات

$$E(D) = \sum D_i \,.\, P_i = 250(0.14) + 750(0.23) + 1250(0.40) + 1750(0.14) + 2250(0.09) = 1155$$

وبمقارنة متوسط الطلب للمحاكاة 1159.09 الذي حسب على أساس الطلب الشهري يقارب القيمة المتوقعة (المتوسط) وهي 1155 وحدة فإن كلتا القيمتين ليس بالضرورة أن تكونا متساويتين ويمكن أن تتقارب القيمتان أكثر فأكثر بمزيد من طول لمحاكاة.

ولبحث ومقارنة نتائج المعادلات الكمية لنماذج المخزون نتبع اختبارات الفروض التالية:

١- صياغة فرض العدم والفرض البديل $H_o : \mu = 1159.09$

$H_A : \mu \neq 1159.09$

٢- وبما أن الانحراف المعياري (σ) غير معلوم ، وحجم العينة $n = 150000 >$ أكب من 30) نحسب الاحصاءة كما يلي :

$$z = \frac{\bar{x}-\mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{1159.09-1155}{\frac{563.14}{\sqrt{150000}}} \approx 2.82$$

٣- وبمعلومية مستوى المعنوية 95% (مستوى مخزون خدمة الأمان) من الحسابات الكمية لنماذج المخزون من جدول رقم (**4-4**). نجد أن $1 - \alpha = 95\% \Rightarrow \alpha = 5\%$

وبالتالي (من جدول التوزيع الطبيعي المعياري) نجد أن: $z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$

٤- وعليه فترة قبول الفرض هي : $(-z_{\frac{\alpha}{2}}, z_{\frac{\alpha}{2}}) = (-1.96, 1.96)$.

٥- نجد أن قيمة z المحسوبة خارج فترة القبول أي أن $2.82 \notin (-1.96, 1.96)$ فإن القرار الإحصائي رفض فرض العدم H_o وقبول الفرض البديل H_A . وبالتالي نجد أن قيمة الاحتمال التي تقابل قيمة $z \approx 2.82$ من جدول التوزيع الطبيعي المعياري تساوي 99.76% فإن هذه النسبة تمثل مستوى الثقة أي ارتفاع مستوى الخدمة بزيادة 4.76% لمخزون الأمان في حالة استخدام نماذج المحاكاة . وعليه فان نماذج المحاكاة تعطي تحليلات ونتائج لا تعارض النماذج الكمية الرياضية بل أقوى وأفضل بالنسبة للمعالم الإحصائية وهذا يؤكد أهمية وقوة نماذج المحاكاة مقارنة بالنماذج الرياضية الكمية الأخرى.

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

(5–1) تمهيد

من خلال الإطار النظري واستخدام الإحصاء الوصفي والاستدلالي لتحليل البيانات و باستخدام برنامج الـ WinQSB ، Minitab-18 و Excel خصصت محاور هذا الفصل لمناقشة النتائج و التوصيات التالية لهذه الدراسة :

(5–2) النتائج

١) توصلت هذه الدراسة إلى أن نماذج ضبط المخزون الرياضية تقدم الكثير لحل المشكلات تفادياً لهدر الموارد و حققت لمؤسسة الدواء ضماناً بعدم وقوع عجز في المخزون باحتمال 95% و بتكلفة أقل نسبياً بالمقارنة مع التكاليف المقابلة لمستويات الخدمة الأخرى ، كما بالجدول رقم (4–4) .

٢) زيادة مستوى الخدمة service level تؤدي إلى زيادة مخزون الأمان أما النموذج الكمي الرياضي الذي تم تطبيقه أدى إلى رفع مستوى الخدمة 95% بأقل تكاليف من تكاليف مستويات الخدمة الأخرى من 90% الى ما دون 95% .

٣) أن استخدام الأساليب الكمية في بحوث العمليات لدى النماذج الاحتمالية من قبل المدراء وأصحاب المؤسسات المنتجة للبضائع المحدودة الأجل لها أثر كبير في تخفيض ظروف المخاطرة .

٤) تحديد القيمة الاقتصادية للطلب يؤدي إلى عدم إهدار الدواء مما ينتج عنه المحافظة على المال وحماية البيئة بالولاية من تلوث وخلافه، مما يؤدي إلى تحسين الوضع الصحي وتفادي عدم الإصابة بالأمراض من ملاريا وغيرها .

٥) تحظى أساليب المحاكاة بترحيب كبير في بحوث العمليات نظراً لسهولة تنفيذها لإيجاد حلول مثلى تقريبية للمشكلات و التي لا تخلوا من بعض الصعوبات أثناء إيجاد العينات أو البيانات باعتبار أن عملية المحاكاة ما هي الا عبارة عن تجربة إحصائية.

٦) أهمية وأفضلية أساليب المحاكاة مقارنة بنماذج المخزون الكمية الرياضية أدت إلى ارتفاع مستوى الخدمة بنسبة 4.76% زيادة عن النماذج الرياضية ، *أي ارتفعت الى* 99.76 % وهذا يدل على أن المحاكاة أقوى من الأساليب الكمية الأخرى بكثير .

٧) *تكرار المحاكاة آلاف* المرات فأنه من المحتمل جداً يكون متوسط طلب المحاكاة قريباً من الطلب المتوقع وعليه لا يمكن وضع نتائج محاكاة قصيرة .

٨) توصل الباحث عندما يصل مستوى مخزون العقار والدواء إلى 466350 وحدة يتم إعادة طلبية جديدة قدرها 844787 وحدة مما تؤدي إلى توازن المخزون. و بتطبيق اختبارات الفروض أكدت نتائج نماذج المحاكاة قوتها و أهميتها فيما توصلت اليه النماذج الكمية الرياضية ، والدليل زيادة ورفع مستوى الخدمة .

٩) نلاحظ أن الفعالية في جميع النماذج الساكنة تقاس بالتكاليف الكلية أما فعالية النماذج الاحتمالية تعتمد على التكاليف الكلية المتوقعة لها.

(5-3) التوصيات

١) ليس بالضرورة معالجة بعض مسائل المخزون بشكل مستمر أو دوري بسبب طبيعة الطلب فيجب طلبها أو انتاجها دفعة واحدة في بداية الفترة. وهنا يتم التوصية باستخدام نموذج فترة واحدة مع عدم السماح بالعجز وإهمال تكلفة الطلبية.

٢) يجب التحكم في عدد مرات وكمية الطلبيات (التوريد) بالطريقة المثلى مما يؤدي إلى تقليل التكاليف المتوقعة بمستوى خدمة معقول وهذا لا يتم الا بإستخدام نماذج المخزون وأسلوب المحاكاة

٣) يجب تطبيق نظرية كايزن اليابانية في إدارة مؤسسات الدولة عامة قد تكون حل لبعض لمشاكل لأنها تعتمد على التحليل والتطبيقات العملية في ميدان الأعمال أو الصناعات وهدفها الرئيسي الوصول إلى أفضل طريقة لإدارة الإنتاج والتقليل من الهدر.

٤) يجب توفير وتطبيق أحدث البرمجيات القادرة على تحليل البيانات وحل النماذج الرياضية لمتخذي القرار ومعالجتها بالمحاكاة على أجهزة الحاسوب.

٥) في حالة فشل فرضيات وشروط الكمية الاقتصادية للطلب من الضرورة استخدام نماذج أكثر تعقيدا مثل نموذج كمية الإنتاج الاقتصادي ونموذج الخصم على الكمية خلاف مخزون الأمان .

قائمة المصادر والمراجع

أولاً المراجع العربية:

[1] إبراهيم، هندي، محمود مُحَمَّد، سلطان، سلمان خلف سلمان، (١٤٢٥)، مفاهيم لطرق التحليل الإحصائي، مكتبة الرشد ـ ناشرون، الرياض.

[2] أبو صالح، مُحَمَّد صبحي، عوض، عدنان مُحَمَّد، (١٩٨٣)، مقدمة في الإحصاء، دار جون وايلي وأبنائه، نيويورك.

[3] البشير، رامي الطيب مصطفى، كتاب نمذجة و محاكاة ، جامعة أفريقيا العالمية ، الخرطوم ، السودان .

[4] البلخي، زيد تميم، (١٤٢٨) مقدمة في بحوث العمليات، إدارة النشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود الرياض.

[5] البلخي، زيد تميم، وآخرون، (١٤٢٦ / ٢٠٠٥) مدخل إلى نظم ضبط ومراقبة المخزون، جامعة الملك سعود، النشر العلمي والمطابع، الريا، المملكة العربية السعودية.

[6] الزغبي، هيثم وآخرون، (٢٠٠٠)، إدارة الموارد مدخل حديث للشراء والتخزين، الطبعة الأولى، دار الفكر للطباعة والنشر، عمان.

[7] الشمرتي، حامد سعد نور، (٢٠٠١)، بحوث العمليات " مفهوماً و تطبيقاً "، مكتبة الذاكرة ، بغداد ، العراق.

[8] الصفار، أحمد عبد إسماعيل، التميمي، ماجدة عبد اللطيف، (١٤٢٧ / ٢٠٠٧)، بحوث العمليات تطبيقات على الحاسوب ، دار المناهج للنشر و التوزيع ، عمان – الأردن.

[9] الصمادي، أحمد مُحَمَّد الهزاع، (٢٠٠٧)، أساسيات بحوث العمليات، دار قنديل للنشر و التوزيع، عمان ، الأردن.

[10] الصيرفي، مُحَمَّد، (٢٠٠٧)، التخزين الإلكتروني، دار الفكر الجامعي، الإسكندرية ج.م.ع.

[11] العامري، صالح مهدي محسن، الحداد، عواطف إبراهيم، (٢٠٠٩)، تطبيقات بحوث العمليات في الإدارة، إثراء للنشر والتوزيع، الأردن.

[12] العتوم، شفيق، (٢٠٠٨/١٤٢٨)، طرق الإحصاء تطبيقات اقتصادية وإدارية باستخدام Spss، الطبعة الثانية، دار المناهج للنشر والتوزيع.

[13] العلي، عبد الستار مُحَمَّد، (٢٠٠٦)، الإدارة الحديثة للمخازن والمشتريات: إدارة سلسلة التوريد، دار وائل للنشر، عمان، الاردن.

[14] الكبيسي، موقف مُحَمَّد، (١٩٩٩)، بحوث العمليات: تطبيقات وخوارزميات، ط١، دار ومكتبة الحامد.

[15] المعزاوي، علي عبد السلام، (١٩٩١/١٤١١)، بحوث العمليات في مجالات الاستثمار، الإنتاج. النقل. التخزين، دار الشروق.

[16] بري، عدنان ماجد عبد الرحمن، (١٤٢٣/ ٢٠٠٢)، النمذجة والمحاكاة، جامعة الملك سعود.

[17] بفـــا ، الـــوواس، سارن، راكشكى، تعريب: الشواربي، مُحَمَّد محمود، (١٤٢٠ / ١٩٩٩) إدارة الإنتاج و العمليات (مدخل حديث)، دار المريخ للنشر الرياض، جامعة الملك سعود، القصيم.

[18] بلاكورد، جيمس، تعريب يوسف، موسى، (٢٠٠٨)، البضاعة الراكدة في الشركات التجارية (أسبابها وطرق التخلص منها) دار زهران للنشر، الأردن.

[19] توفيق، جميل أحمد. (١٩٧٨)، إدارة الأعمال، دار النهضة العربية، القاهرة.

[20] جمعة، علي يسن ، (٢٠١٤)، استخدام نظرية القرارات للوصول للتوازن السوقي للمنتجات محدودة الأعمار حالة دراسة: شركة دال للألبان—كابو، الخرطوم.

[21] حمدان، فتحي خليل، مرعي، رشيق رفيق، (٢٠٠٤)، مقدمة في بحوث العمليات، دار وائل للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

[22] حيدر، مُحَمَّد، محيلان، صادق، (٢٠٠٢)، إجراءات التخزين، الطبعة الأولى، دار صفاء للنشر، الأردن.

[23] رمضان، حسام بن مُحَمَّد، الضلعان، عبدالله بن مُحَمَّد، (٢٠٠٣)، تطبيقات المحاكاة المحاسوبية في التخطيط والتدريب على ادارة الكوارث والازمات، العدد ٢٢، مجلة البحوث الأمنية.

[24] رندر، باري، رالفستير، الاكريشان، ناجراجب، (٢٠٠٧)، نمذجة القرارات وبحوث العمليات باستخدام صفحات الانتشار الالكترونية، تعريب: موسى، مصطفى، دار المريخ للنشر، الرياض المملكة العربية السعودية.

[25] زويلف، مهدي حسن، (١٩٩٨)، إدارة الشراء والتخزين ، مدخل كمي، دار الفكر، عمان.

[26] زين الدين، فريد عبد الفتاح ، (١٩٩٧)، تخطيط ومراقبة الإنتاج (مدخل إدارة الجودة)، جامعة الزقازيق، مصر.

[27] سلطان، إبراهيم، تركي، (١٩٨٤)، التحليلات الكمية في اتخاذ القرارات، عمادة شؤون المكتبات بجامعة الملك سعود، الرياض.

[28] طه، حمدي، (١٤٣٥ / ٢٠١٤)، مقدمة في بحوث العمليات الجزء الثاني : النماذج الاحتمالية، دار المريخ للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[29] عبد المطلب، صلاح الدين عبد الحميد، (٢٠٠٧)، كيفية الاستفادة من المحاكاة الحاسوبية في أعمال البحث والتحقيق الجنائي، العدد ٢٨، مجلة البحوث الأمنية،.

[30] عبد النبي، امين بابكر، عبدالله، احمد صلاح الدين، (٢٠١٠)، النمذجة والمحاكاة، الطبعة الاولى، منشورات جامعة السودان المفتوحة.

[31] عبيدات، ذوقان وآخرون ، (١٩٩٢)، البحث العلمي، مفهومه أدواته أساليبه، ط٤، دار الفكر للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

[32] عقيلي، عمر وصفي وآخرون، (٢٠٠٤)، إدارة الموارد: الشراء والتخزين من منظور كمي، دار وائل للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

[33] ماضي مُحَمَّد توفيق ، إدارة وضبط المخزون ، الدار الجامعية ، الابراهيمية – الاسكندرية ج.م.ع .

[34] مُحَمَّد، أحمد سرور وآخرون ، (١٩٨٩)، الإدارة العلمية للمشترات والمخازن ، مكتبة عين شمس، القاهرة.

[35] مخيمر، عبد العزيز جميل، (١٩٩٣)، إدارة المشتريات والمخزونات ،الدار الجامعية، السعودية.

[36] مصطفى، نهال فريد ، إدارة الإمداد ، دار الجامعة الجديدة ، مصر ، ١٩٩٧ م .

[37] مندورة، سعود محمود، المنصور، كاسر نصر، (٢٠١١/١٤٣٢)، بحوث العمليات واتخاذ القرارات الإدارية (مفاهيم وطرائق كمية)، خوارزم العلمية للنشر والتوزيع.

[38] نجم، نجم عبود، (٢٠٠١م)، إدارة العمليات – النظام و الأساليب والاتجاهات الحديثة، الإدارة العامة المملكة العربية السعودية.

[39] مرجان، مُحَمَّد سليمان ، (٢٠٠٢)، بحوث العمليات ، دار الكتب الوطنية ، ط١ ، بنغازي – ليبيا.

[40] والبريكي، إسماعيل، (٢٠٠٩)، اتخاذ القرار في ظل عدم التأكد و المخاطرة لنيل درجة الماجستير، طرابلس.

ثانياً المراجع الأجنبية:

[41] Allan, Carri, (1989), Simulation of manufacturing systems, John Wileyand Sons, New Work.

[42] A.M, Law, and D.W, Kelton, (2000), Simulation Modeling and Analysis, Second Edition, McGraw-Hill, Inc., New Work.

[43] T.B, Dilworth, (1996), Operation Management, Second Edition, Mcgraw-Hill, New York.

[44] Duffy, G, (2014), Monder Kaizen Continuous and Breakthrough Improvement, P61, Quality Press, USA.

[45] Jacobs, F. Robert, (2012), Operations and Supply Chain Management The Core, Mc Graw Hill, Indiana University.

[46] Jacques, Plante, (1999), et Tchokogue Andre: la gestion des stocks pour un fabricant auxgrandeschaines, direction des communications, Quebe c.

[47] Medan, Gratacap. A, (2001), P, Management de la production, Dunod, France.

[48] M, Pidd, (2004), Computer Modeling For Discrete Simulations, 5th Edition, John Willey and Sons, Ltd., New York.

[49] M, Pidd, (2010), Tolls For Thinking: Modeling in Management Science, 3rd Edition, John Willey and Sons, Ltd., New York.

[50] R,S, Russell, and, B,W Taylor, (2008), Production and Operations Management, Prentice – Hall, Inc., New Jersey.

[51] S.B, Smith, (2004), Computer – Based Production and Inventory control, Prentice – Hall International, Inc.

جدول رقم (1)

جدول الاعداد العشوائية

04433	80674	24520	18222	10610	05794	37515	48611	62866	33963	14045	79451	04934	45576
60293	47829	72648	37414	75755	04717	29899	78812	03509	78673	73181	29973	18664	04555
67884	59651	67533	68123	17730	95862	08034	19472	63971	37271	31445	49019	49405	46925
89512	32155	51906	61662	64130	16688	37275	61266	11569	08697	91120	64156	40365	74297
32653	01895	12506	88535	36553	23757	34209	55806	96275	26130	47949	14877	69594	83041
95913	15405	13772	76538	48423	25018	99041	77527	81360	18180	97421	55541	90275	18213
55864	21694	13122	44115	01601	50541	00147	77680	58788	33016	61173	93049	04694	43534
35334	49810	91601	40617	72876	33967	73830	15404	96554	88265	34537	38526	67924	40474
57729	32196	76487	11622	96297	24160	09903	14054	22917	68718	66487	46346	30949	03173
86486	13697	63677	70119	94739	25875	38829	68376	43918	77653	04127	69930	43283	35766
30574	47609	07967	32422	76791	39725	53711	93385	13421	67957	20384	58731	53396	59723
81307	43694	83580	79974	45929	85113	72268	09858	52104	32014	53115	03727	98624	84616
02410	54905	79007	54939	21410	86980	91772	93307	34116	49516	42148	57740	31198	70336
18969	75274	52233	62319	08598	09066	95288	04794	01534	92058	03157	91758	80611	45357
87863	82384	66860	62297	80198	19347	73234	86265	49096	97021	92582	61422	75890	86442
68397	71708	15438	62311	72844	60203	46412	65943	79232	45782	67055	39024	57383	44424
28529	54447	58729	10854	99058	18260	38765	90038	94209	04055	27393	61517	23002	96560
44285	06372	15867	70418	57012	72122	36634	97283	95943	78363	36498	40662	94188	18202
86299	83430	33571	23309	57040	29285	67870	21913	72958	75637	99936	58715	07943	23748
84842	68668	90894	61658	15001	94055	36308	41161	37341	81838	19389	80336	46346	91895
56970	83609	52098	04184	54967	72938	56834	23777	98392	31417	98547	92058	02277	50315
83125	71257	60490	44369	66130	72936	69848	59973	08144	61070	73094	27059	69181	55623
55503	52423	02464	26141	68779	66388	75242	82690	74099	77885	23813	10054	11900	44653
47019	76273	33203	29608	54553	25971	69573	83854	24715	48866	65745	31131	47636	45137
84828	32592	79526	29554	84580	37859	28504	61980	34997	41825	11623	07320	15003	56774
68921	08141	79227	05748	51276	57143	31926	99915	45821	97702	87125	44488	77613	56823
36458	96045	30424	98420	72925	40729	22337	48293	86847	43186	42951	37804	85129	28993
95752	59445	36847	87729	81679	59126	59437	33225	31280	41232	34750	91097	60752	69783
26768	47323	58454	56958	20575	76746	49878	06846	32828	24425	30249	78801	26977	92074
42613	37056	43636	58085	06766	60227	96414	32671	45587	79620	84831	38156	74211	82752
95457	30566	65482	25596	02678	54592	63607	82096	21913	75544	55228	89796	05694	91552
95276	17894	63564	95058	39750	64059	46379	51666	10433	10945	55306	78562	89630	41230
66954	52324	64776	92345	95110	59448	77249	54044	67942	24145	42294	27427	84875	37022
17457	18481	14113	62462	02798	54977	48349	66738	60184	75679	38120	17640	36242	99357
03704	36872	83214	59337	01695	60666	97410	55064	17427	89180	74018	44865	53197	74810

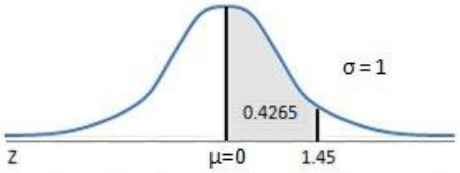
جدول رقم (2)

جدول التوزيع الطبيعي المعياري

من أجل القيم الموجبة لـ z

Areas Under the One-Tailed Standard Normal Curve

This table provides the area between the mean and some Z score.
For example, when Z score = 1.45 the area = 0.4265.



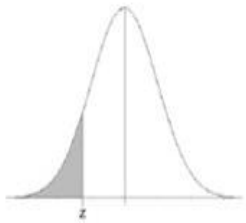
Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998
3.5	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998
3.6	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.7	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.8	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.9	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

جدول رقم (3)

جدول التوزيع الطبيعي المعياري

من أجل القيم السالبة لـ z

Standard Normal Cumulative Probability Table



Cumulative probabilities for NEGATIVE z-values are shown in the following table:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

جدول رقم (4)

بيانات البحث

تاريخ / العام	كمية المخزون المطلوبة بآلاف الوحدات				ملاحظات
	2013	2014	2015	2016	
يناير	510 , 510 Coartem4	210 , 210 Coartem4	-	118.2 , 118.2 Artemether80 mlg	Artemether\ Lumefantrin والاسم التجاري Coartem: هو مزيج من دوائين وهما Artemether و Lumefantrin. يؤخذ هذا الدواء لعلاج الملاريا التي تحدث بسبب بكتيريا المتصورة المنجلية التي لا تُعالج بواسطة المضاد الحيوي.
فبراير	-	-	600 , 600 Lumefantrine 480 mlg	-	
مارس	-	1010 , 1010 Coartem6	-	279 , 279 Lumefantrine 480 mlg	
ابريل	1010 , 1010 Coartem6	-	1500 , 1500 Lumefantrine 120 mlg	-	
مايو	-	-	-	-	
يونيو	1000 , 1000 Coartem4	-	-	500 , 500	
يوليو	-	1000 , 1000 Coartem4	-	1500 , 1500 Artemether20 mlg	
اغسطس	1310 , 1310 Coartem6	2400 , 2400 Artemether20 mlg	2000 , 2000 Artemether20 mlg	-	
سبتمبر	-	-	-	1174 , 1174 Artemether80 mlg	
اكتوبر	1000 , 1000 Coartem4	1020 ,1020 Artemether480 mlg	-	-	
نوفمبر	-	-	1550 , 1550 Artemether120 mlg	510 , 510 Artemether80 mlg	
ديسمبر	1040 , 1040 Coartem6	-	510 , 510 Lumefantrine 480 mlg	-	
متوسط تكلفة الطلبيات	62500 ج	85000ج	112350ج	126000ج	

جدول رقم (5)

Descriptive Statistics: C1; C2; C3; C4; C5; C6; ……; C24; C25

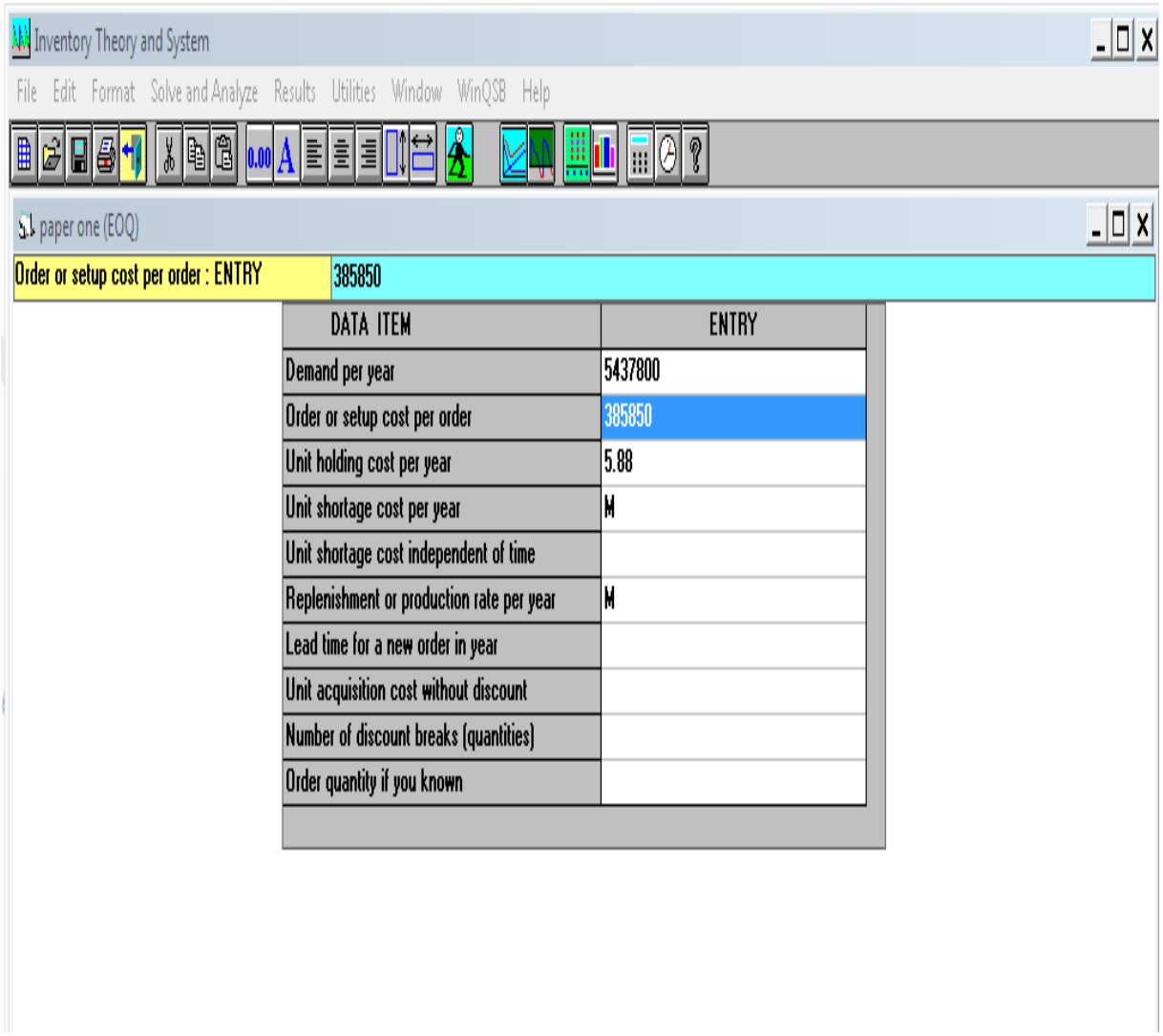
Variable	N	N *	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
C1	1500	0	453202	207	8021	424175	447694	452929	458722	479846
C2	1500	0	453013	203	7863	430515	447656	452932	458181	482338
C3	1500	0	453388	206	7977	425178	448147	453255	458692	480792
C4	1500	0	452926	203	7872	427804	447684	453086	458389	480678
C5	1500	0	453286	207	8012	427571	447696	453215	458752	480370
C6	1500	0	453187	200	7752	426574	448047	453136	458357	479543
C7	1500	0	453208	207	8009	429973	448049	453004	458704	484957
C8	1500	0	453355	203	7869	426504	448090	453479	458756	480840
C9	1500	0	452964	203	7876	428480	447796	452743	458417	487432
C10	1500	0	453087	207	8017	428188	447360	453403	458504	479778
C11	1500	0	453094	210	8132	421577	447783	453199	458814	474157
C12	1500	0	453020	208	8074	427651	447576	452993	458423	480824
C13	1500	0	453208	211	8168	423130	447722	453188	458709	475000
C14	1500	0	452937	200	7743	429942	447700	452688	458266	475314
C15	1500	0	452968	209	8088	426417	447323	452983	458547	478174
C16	1500	0	453394	205	7944	424375	448260	453360	458439	480345
C17	1500	0	453133	205	7941	428277	447756	453139	458641	479507
C18	1500	0	453087	205	7925	428212	447941	453137	458157	477023
C19	1500	0	453355	209	8077	427584	448120	453343	458799	477696
C20	1500	0	453477	201	7800	427203	448127	453317	458843	476815

البرامج الحاسوبية:

برنامج الـ WinQSB هو واحد من مجموعة البرامج المستخدمة لحل أهم مسائل بحوث العمليات مثل البرمجة الخطية، ونماذج الشبكات، ونظرية الصفوف، ونظرية المخزون، ... الخ. وفي هذا الملحق يظهر في شكل رقم ... وشكل رقم .... .

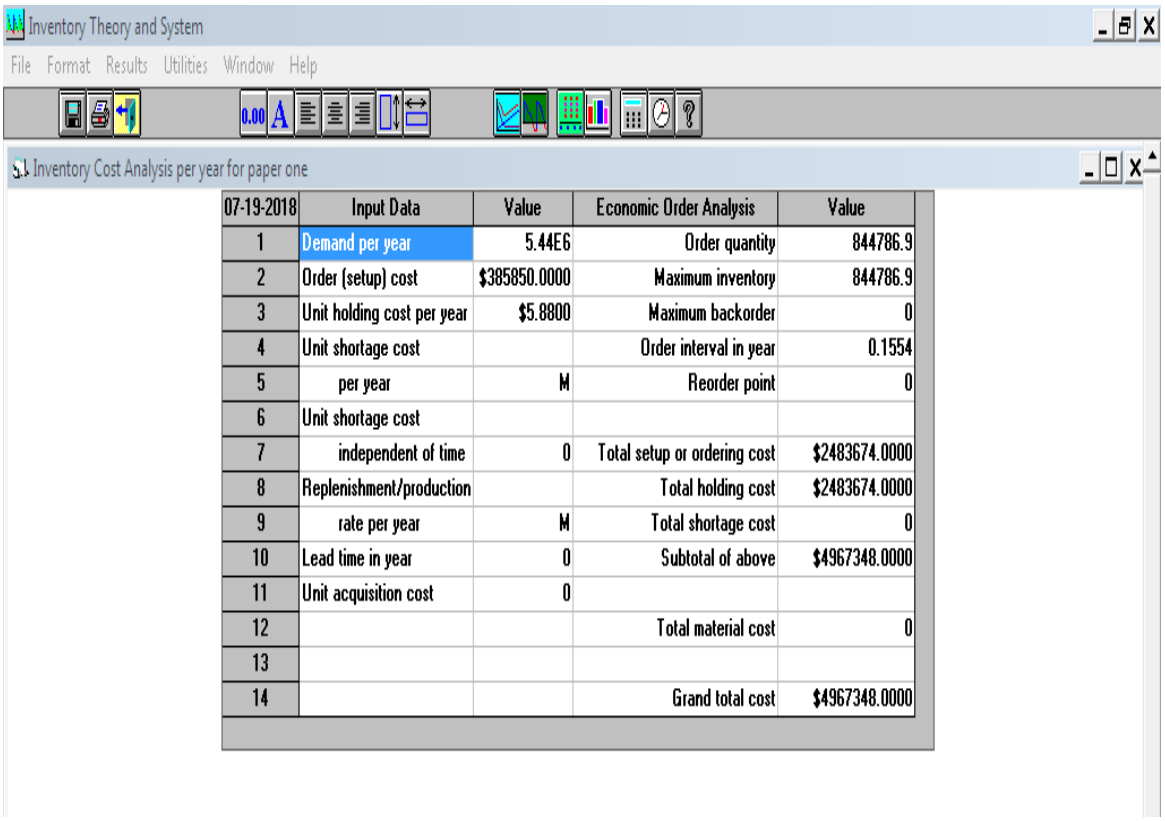
شكل رقم (1)

إدخال قيم البيانات ببرنامج الـ WinQSB



شكل رقم (2)

حساب نتائج المدخلات



07-19-2018	Input Data	Value	Economic Order Analysis	Value
1	Demand per year	5.44E6	Order quantity	844786.9
2	Order (setup) cost	$385850.0000	Maximum inventory	844786.9
3	Unit holding cost per year	$5.8800	Maximum backorder	0
4	Unit shortage cost		Order interval in year	0.1554
5	per year	M	Reorder point	0
6	Unit shortage cost			
7	independent of time	0	Total setup or ordering cost	$2483674.0000
8	Replenishment/production		Total holding cost	$2483674.0000
9	rate per year	M	Total shortage cost	0
10	Lead time in year	0	Subtotal of above	$4967348.0000
11	Unit acquisition cost	0		
12			Total material cost	0
13				
14			Grand total cost	$4967348.0000

شكل رقم (3)

مربع حوار لتوليد عينات عشوائية تتبع التوزيع الطبيعي