جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان –

كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير والعلوم التجارية

رسالة لنيل شهادة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية

تخصص إدارة العمليات والإنتاج

# استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم للتنبؤ بأسعار البترول

**إعداد الطالب:**

**ساهد عبد القادر**

**إشراف الأستاذ:**

**أ.د بلقدم مصطفى**

**أعضاء لجنة المناقشة:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| أ.د دربال عبد القادر | أستاذ التعليم العالي | جامعة وهران | رئيساً |
| أ.د بلمقدم مصطفى | أستاذ التعليم العالي | جامعة تلمسان | مشرفاً |
| أ.د بن بوزيان محمد | أستاذ التعليم العالي | جامعة تلمسان | ممتحناً |
| د. بولنوار بشير | أستاذ محاضر | جامعة وهران | ممتحناً |
| د. صوار يوسف | أستاذ محاضر | جامعة سعيدة | ممتحناً |
| د. حساين أمال | أستاذة محاضرة | جامعة تلمسان | ممتحناً |

**السنة الجامعية 2012-2013**

بسم الله الرحمن الرحيم

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ {1} خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ {2} اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ {3} الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ {4} عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ {5}

صدق الله العظيم

**سورة العلق**

**(1-5)**

# الإهداء

**أهدي هذا الجهد إلى ...**
**والدتي الحبيبة ... حفظها الله وأطال عمرها ،**
**أبي الحبيب ... حفظه الله ،**
**أخي وأخواتي وابن أختي يونس ...**
**وإلى كل من ينظر لي بحب وتقدير ...**

# شكر وتقدير

إن الحمد لله نحمده ونستعينه ونستغفره ونعوذ بالله من شرور أنفسنا وسيئات أعمالنا، من يهد الله فلا مضل له ومن يضلل فلا هادي له وأشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له وأشهد أن محمدا عبده ورسوله وبعد:

أود وأنا آتي على ختام جهدي هذا أن أسجل شكري الجزيل وتقديري الذي يعجز عن وصفه اللسان إلى أستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور بلمقدم مصطفي على إشرافه على هذه الأطروحة بدعم متواصل ومتابعة مستمرة وكما عهدته دائماً. أسأل الله العلي القدير أن يمد في عمره ويمن عليه بالصحة والعافية ليفيض علينا علمه.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لرئيس وأعضاء لجنة المناقشة المحترمين لما سوف يبدونه من ملاحظات قيّمة لإغناء هذه الأطروحة.

وأتقدم بوافر الشكر والاحترام والتقدير إلى الأستاذ مكيديش محمد.

# الفهرس


| الموضوع | ر ص |
|---|---|
| الإهداء | III |
| الشكر | IV |
| الفهرس | V |
| قائمة الأشكال | XIV |
| قائمة الجداول | XVII |
| **المقدمة العامة** | **أ- م** |
| تمهيد | أ |
| طبيعة المشكلة | ج |
| أهداف البحث | ه |
| أهمية البحث | ه |
| فرضية البحث | و |
| حدود البحث | و |
| الدراسات السابقة | ز |
| خطة البحث | ك |
| **الفصل الأول: نماذج ARIMA و GARCH** | **42-1** |
| تمهيد | 1 |
| 1-1 نماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك المتكامل ARIMA | 3 |
| 1-1-1 مشكلة الاستقرارية | 3 |
| 1-1-1-1 تعريف السلسلة الزمنية المستقرة | 3 |
| 1-1-1-2 أنواع السلسلة الزمنية الغير مستقرة | 3 |
| 1-1-1-3 اختبار الاستقرارية | 5 |

| | |
|---|---|
| 1- اختبار Dickey-Fuller (1979) | 5 |
| 2- اختبار Dickey-Fuller Augmentés (1981) | 8 |
| 3- اختبار Phillips et Perron (1988) | 9 |
| 4- إختبار KPSS (1992) | 10 |
| 1-1-1-4 دوال الارتباط الذاتي | 10 |
| 1-1-2 تشكيلة نماذج ARIMA | 13 |
| 1-1-2-1 نموذج الانحدار الذاتي AR(p) | 14 |
| 1-1-2-2 نموذج المتوسطات المتحركة MA(q) | 16 |
| 1-1-2-3 النماذج المختلطة ARMA(p,q) | 18 |
| 1-1-2-4 امتداد إلى النماذج ARIMA و SARIMA | 19 |
| 1-1-3 المراحل الأساسية لنماذج ARIMA | 20 |
| 1-1-3-1 مرحلة التعرف على النموذج | 20 |
| 1-1-3-2 تقدير معالم النموذج | 21 |
| 1-1-3-3 اختبار جودة النموذج | 23 |
| 1-1-3-4 التنبـــؤ باستخدام نماذج ARIMA | 28 |
| 1-2 نماذج الانحدار الذاتي المشروطة بعـدم ثبـات تباينـات الأخطـاء ARCH | 31 |
| 1-3 نماذج تعميم الانحدار الذاتي المشروطة بعدم ثبات تباينات الأخطـاء GARCH | 31 |
| 1-3-1 اختبارات نماذج GARCH | 33 |
| 1-3-1-1 اختبار Ljung-Box | 33 |
| 1-3-1-2 اختبار ARCH | 34 |
| 1-3-2 تقدير معلمات نموذج GARCH | 35 |
| 1-3-3 التنبؤ المستقبلي | 37 |
| 1-3-3-1 التنبؤ بإستخدام نموذج ARCH(p) | 37 |
| 1-3-3-2 التنبؤ بإستخدام نموذج GARCH(p,q) | 37 |

| | |
|---|---|
| 1-4 تقييم واختيار طرائق التنبؤ | 38 |
| 1-4-1 أنواع مقاييس الخطأ | 38 |
| 1-4-1-1 المقاييس المطلقة Absolute measures | 38 |
| 1-4-1-2 المقاييس النسبية Relative measures | 40 |
| خلاصة | 42 |
| **الفصل الثاني: الشبكات العصبية الاصطناعية** | **43-71** |
| تمهيد | 43 |
| 2-1 المفهوم الأساسي للشبكات العصبية الاصطناعية | 44 |
| 2-2 الدراسات السابقة | 47 |
| 2-3 أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية | 49 |
| 2-3-1 شبكة الإدراك العصبية | 49 |
| 2-3-2 الشبكة العصبية ذات التوزيع الخلفي للخطأ | 49 |
| 2-3-3 شبكة الانحدار العصبية المعممة | 50 |
| 2-4 مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية | 52 |
| 2-5 الدوال التفعيل (التنشيط) (Activation Function) | 53 |
| 2-5-1 دالة التنشيط أو التحفيز اللوجيستيكية | 53 |
| 2-5-2 دالة Sigmoid | 54 |
| 2-5-3 دالة Sigmoid ثنائي القطبية | 56 |
| 2-6 التمثيل الرياضي للجزء التشغيلي في الشبكات العصبية | 58 |
| 2-7 تجميع وإعداد البيانات | 60 |
| 2-7-1 التدريب | 60 |
| 2-7-2 التعليم | 61 |
| 2-8 قاعدة الانتشار الخلفي | 62 |
| 2-9 التصميم الهيكلي لبناء الشبكة العصبية الاصطناعية | 63 |

| | |
|---|---|
| 2-10 التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية | 66 |
| 2-11 مميزات وحدود تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية | 69 |
| خلاصة | 71 |
| **الفصل الثالث: نظرية المجموعات المبهمة** | **108-72** |
| تمهيد | 72 |
| 3-1 الاحتمال واللايقين | 73 |
| 3-2 عدم اليقين | 76 |
| 3-2-1 عدم اليقين المعرفي (حقائق غير محددة) | 76 |
| 3-2-2 عدم اليقين اللغوي | 76 |
| 3-3 المعلومات والتعقيد وعدم اليقين | 77 |
| 3-4 الإبهام Fuzzy | 79 |
| 3-5 نظرية المجموعات Set Theory | 80 |
| 3-5-1 المجموعة المحددة Crisp Set | 80 |
| 3-5-2 المجموعات الجزئية The Subset | 81 |
| 3-5-3 المجموعة الشاملة (فضاء العينة) The Sample Space | 81 |
| 3-5-4 المجموعة الخالية The Empty Set | 81 |
| 3-5-5 العمليات على المجموعات المحددة | 82 |
| 3-6 نظرية المجموعة المبهمة Fuzzy Set Theory | 83 |
| 3-6-1 العمليات على المجموعات المبهمة | 86 |
| 3-7 دالة الانتماء Membership Function | 93 |
| 3-7-1 سمات دالة الانتماء | 93 |
| 3-7-2 أنواع دوال الانتماء | 97 |
| 1- دالة الانتماء المثلثية Triangular Membership Function | 97 |
| 2- دالة الانتماء شبه المنحرف Trapezoidal Membership Function | 98 |
| 3- دالة الانتماء شكل الجرس Bell-shaped Membership Function | 99 |

| | |
|---|---|
| 3-8 الأعداد المبهمة Fuzzy Numbers | 101 |
| 3-8-1 الأعداد المبهمة الشبه المنحرفة | 103 |
| 3-8-2 تعميم الأعداد المبهمة الشبه المنحرفة (GTrFN) | 103 |
| 3-8-3 الأعداد المبهمة المثلثية | 105 |
| 3-8-4 العمليات على الأعداد المبهمة | 106 |
| خلاصة | 108 |
| **الفصل الرابع: البرمجة بالأهداف** | **149-109** |
| تمهيد | 109 |
| 4-1 الدارسات السابقة | 111 |
| 4-2 عرض موجز لنموذج البرمجة الخطية | 113 |
| 4-2-1 تعريف نموذج البرمجة الخطية | 113 |
| 4-2-2 الشكل الرياضي لنموذج البرمجة الخطية | 113 |
| 4-2-3 شروط استخدام البرمجة الخطية | 114 |
| 4-2-4 طرق حل نموذج البرمجة الخطية | 115 |
| 4-2-5 استخدام برامج الإعلام الآلي في حل نماذج البرمجة الخطية | 115 |
| 4-3 صياغة نموذج البرمجة بالأهداف | 116 |
| 4-3-1 التعريف بنموذج البرمجة بالأهداف | 116 |
| 4-3-2 البرمجة بالأهداف واتخاذ القرار | 117 |
| 4-3-3 أهمية البرمجة بالأهداف | 117 |
| 4-3-4 الفروق بين البرمجة الخطية والبرمجة بالأهداف | 119 |
| 4-3-5 نموذج البرمجة بالأهداف | 120 |
| 4-3-6 مداخل حل البرمجة بالأهداف | 121 |
| 4-3-6-1 مدخل التطبيق العادي لأسلوب البرمجة بالأهداف | 121 |
| 4-3-6-2 تحديد التبادل بين الأهداف | 121 |
| 4-3-6-3 تطبيق البرمجة بالأهداف | 121 |

| | |
|---|---|
| 4-3-6-4 تحديد الأولويات | 122 |
| 4-3-7 صياغة المشاكل القرارية وفقا لنموذج البرمجة بالأهداف | 123 |
| 4-3-7-1 تحديد متغيرات القرار للمشكلة | 123 |
| 4-3-7-2 صياغة دوال أهداف النموذج | 123 |
| 4-3-8 استخدامات نموذج البرمجة بالأهداف | 128 |
| 4-3-8-1 فروض وحدود نموذج البرمجة بالأهداف | 128 |
| 4-3-8-2 نموذج البرمجة بالأهداف في ظل وجود أهداف متعددة | 129 |
| 4-3-9 البرمجة بالأهداف المرجحة | 136 |
| 4-3-10 البرمجة بالأهداف الليكسيكوغرافية Lexicographique GP | 137 |
| 4-3-11 البرمجة بالأهداف بتدنية أعظم انحراف Min Max GP | 138 |
| 4-3-12 استخدام نموذج البرمجة بالأهداف في التقدير المعلمات | 139 |
| 4-3-13 التفسير البياني للبرمجة بالأهداف | 140 |
| 4-3-14 تحليل حساسية نموذج البرمجة بالأهداف | 146 |
| خلاصة | 149 |
| **الفصل الخامس: طرائق الانحدار المبهم** | **173-150** |
| تمهيد | 150 |
| 5-1 الانحدار الخطي | 152 |
| 5-1-1 تقدير معالم نموذج الانحدار | 153 |
| 5-1-1-1 الحصول على بيانات العينة | 153 |
| 5-1-1-2 طريقة المربعات الصغرى | 154 |
| 5-1-1-3 فروض النموذج | 155 |
| 5-1-1-4 الانتقادات الموجهة للانحدار الخطي | 156 |
| 5-2 تعريف الانحدار المبهم | 157 |
| 5-3 أنواع الانحدار المبهم | 157 |
| 5-4 الدراسات السابقة | 159 |

| | |
|---|---|
| 5-5 طرائق الانحدار المبهم | 161 |
| 5-5-1 طريقة Tanaka (1982) | 161 |
| 5-5-2 طريقة Tanaka (1987) | 164 |
| 5-5-3 طريقة Peters (1994) | 165 |
| 5-5-4 طريقة Ozelkan (2000) | 166 |
| 5-5-5 طريقة Hojati et al (HBS1) (2005) | 167 |
| 5-5-6 طريقة Hassanpour et al (FRGP) (2009) | 168 |
| 5-6 تقييم أداء طرائق الانحدار المبهم | 171 |
| خلاصة | 173 |
| **الفصل السادس: دراسة ميدانية للتنبؤ بأسعار البترول** | **223-174** |
| تمهيد | 174 |
| 6-1 لمحة تاريخية حول تطور أسعار البترول | 176 |
| 6-1-1 تطور أسعار النفط للفترة ما قبل عام 1970 | 176 |
| 6-1-2 تطور أسعار البترول للفترة ما بعد عام 1970 | 178 |
| 6-2 آثار التغيرات في أسعار البترول على الاقتصاد العالمي | 181 |
| 6-2-1 الآثار المترتبة على الاقتصاد العالمي في حالة ارتفاع الأسعار | 182 |
| 6-2-2 الآثار المترتبة على الاقتصاد العالمي في حالة انخفاض الأسعار | 183 |
| 6-2-3 العرب وتقلبات أسعار البترول | 183 |
| 6-3 العوامل المؤثرة على الأسعار | 185 |
| 6-4 استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بأسعار البترول | 189 |
| 6-4-1 التمثيل البياني لأسعار البترول | 189 |
| 6-4-2 اختبار الإستقرارية KPSS | 189 |
| 6-4-3 إرجاع الإستقرارية لسلسلة أسعار البترول | 191 |
| 6-4-4 إختبارالإستقرارية KPSS لسلسلة الفروق | 191 |
| 6-4-5 تحديد الدرجات p,q للنموذج ARMA (p , q) | 192 |

| | |
|---|---|
| 6-4-6 اختبار جودة النموذج المقدر | 193 |
| 6-4-7 التنبؤ باستخدام نموذج *ARIMA*(2,1,0) | 194 |
| 6-5 استخدام نماذج GARCH للتنبؤ بأسعار البترول | 197 |
| 6-5-1 إختبار نموذج ARCH | 197 |
| 6-5-2 تقدير النموذج GARCH | 199 |
| 6-5-3 إختبار جودة النموذج المقدر | 200 |
| 6-5-4 التنبؤ باستخدام نموذج GARCH(1,1) | 201 |
| 6-6 تقيم أداء التنبؤ باستخدام نموذج ARIMA(2,1,0) و GARCH(1,1) | 205 |
| 6-7 استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية ANN للتنبؤ بأسعار البترول | 206 |
| 6-8 استخدام تحليل الانحدار المبهم (FR) للتنبؤ بأسعار البترول | 210 |
| 6-8-1 طريقة Tanaka (1982) | 210 |
| 6-8-2 طريقة Ozel (1994) | 211 |
| 6-8-3 طريقة Pet (2000) | 212 |
| 6-8-4 طريقة HBS1 (2005) | 213 |
| 6-8-5 طريقة FRGP (2009) | 214 |
| 6-9 النتائج وتحليل الأخطاء | 215 |
| 6-9-1 المقارنة بين طرائق الانحدار المبهم | 215 |
| 6-9-2 المقارنة بين طرائق التنبؤ | 218 |
| خلاصة | 223 |
| **الخاتمة العامة** | **229-224** |
| **المراجع** | **242-230** |
| أولا: المراجع باللغة العربية | 230 |
| ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية | 237 |
| **الملاحق** | **246-243** |

# قائمة الأشكال


| الرمز | العنوان | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| شكل (1-1) | إستراتيجية اختبار Dickey-Fuller البسيط | 7 |
| شكل (1-2) | رسم بياني لدالة الارتباط الذاتي للنموذج AR(1) | 15 |
| شكل (1-3) | رسم بياني لدالة الارتباط الذاتي للنموذج MA(1) | 17 |
| شكل (1-4) | مراحل منهجية Box & Jenkins | 20 |
| شكل (1-5) | مخطط لسيرورة منهجية Box-Jenkins | 30 |
| شكل (1-2) | الأجزاء الرئيسية للخلية العصبية الحيوية | 46 |
| شكل (2-2) | بنية الشبكة العصبية الاصطناعية (طريقة التوزيع للخلف) | 51 |
| شكل (3-2) | دالة التنشيط اللوجستيكية | 54 |
| شكل (4-2) | دالة Sigmoid | 55 |
| شكل (5-2) | دالة Sigmoid ثنائي القطبية | 57 |
| شكل (6-2) | وحدة تشغيل الشبكة العصبية | 58 |
| شكل (7-2) | خطوات تصميم الشبكة العصية الاصطناعية | 65 |
| شكل (8-2) | خوارزمية تدريب شبكة الانتشار العكسي | 68 |
| شكل (1-3) | المجموعة المبهمة والمجموعة المحددة | 85 |
| شكل (2-3) | التقاطع | 86 |
| شكل (3-3) | الاتحاد | 87 |
| شكل (4-3) | المجموعة المرافقة | 88 |
| شكل (5-3) | النواة والحامل والحدود للمجموعة المبهمة | 94 |
| شكل (6-3) | المجموعات المبهمة التي تكون: a) نظامية، b) شبه نظامية | 95 |
| شكل (7-3) | مجموعة مبهمة نظامية محدبة (a) ومجموعة مبهمة نظامية غير محدبة (b) | 96 |

| | | |
|---|---|---|
| شكل (3-8) | ينتج تقاطع مجموعتين مبهمتين محدبتين مجموعة مبهمة محدبة | 97 |
| شكل (3-9) | الدالة المثلثية | 98 |
| شكل (3-10) | دالة شبه المنحرف | 99 |
| شكل (3-11) | دالة شكل الجرس | 100 |
| شكل (3-12) | دالة مستمرة متزايدة عند (1) ومتناقصة عند (0) بشكل الدالة المثلثية | 102 |
| شكل (3-13) | الأعداد المبهمة المثلثية | 105 |
| شكل (1-4) | خطوات صياغة نموذج البرمجة بالأهداف وحله وتطبيقه | 127 |
| شكل (2-4) | قيود الهدف | 141 |
| شكل (3-4) | هدف أول أولوية: تدنية $d_1^-$ | 142 |
| شكل (4-4) | هدف ثاني أولوية: تدنية $d_2^-$ | 142 |
| شكل (5-4) | هدف ثالث أولوية: تدنية $d_3^+$ | 143 |
| شكل (6-4) | هدف رابع أولوية: (تدنية $d_1^+$)، والحل | 145 |
| شكل (7-4) | منهجية بناء واختيار نموذج البرمجة بالأهداف | 148 |
| شكل (1-5) | نموذج الانحدار المفترض للعلاقة بين X، Y | 155 |
| شكل (2-5) | الفرق بين دوال الانتماء | 171 |
| شكل (1-6) | رسم بياني لسلسلة أسعار البترول | 189 |
| شكل (2-6) | بيان الارتباط الذاتي لسلسلة الفروق الأولى لعملية البواقي | 192 |
| شكل (3-6) | رسم بياني للتنبؤ بأسعار بالبترول باستعمال النموذج $ARIMA(2,1,0)$ | 195 |
| شكل (4-6) | بيان السلسلة الأصلية لأسعار البترول والمتنبأ بها | 196 |
| شكل (5-6) | بيان الارتباط الذاتي لسلسلة مربع البواقي لعملية التقدير | 197 |
| شكل (6-6) | بيان الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي | 200 |
| شكل (7-6) | رسم بياني للتنبؤ بأسعار البترول باستخدام نموذج $GARCH(1,1)$ | 202 |

| | | |
|---|---|---|
| شكل (6-8) | رسم بياني للتنبؤ بالتباين الشرطي باستعمال نموذج $GARCH(1,1)$ | 203 |
| شكل (6-9) | بيان السلسلة الأصلية والمتوقعة لأسعار البترول باستخدام نموذج $GARCH(1,1)$ | 204 |
| شكل (6-10) | رسم بياني للتنبؤ بأسعار البترول باستخدام نموذج الشبكة العصبية | 209 |
| شكل (6-11) | رسم بياني للمقارنة بين التنبؤات والقيم الفعلية | 216 |
| شكل (6-12) | رسم بياني للمقارنة بين التنبؤات والقيم الفعلية | 219 |

# قائمة الجداول


| الرمز | العنوان | ر ص |
|---|---|---|
| جدول (1-1) | خصائص الرسم البياني لدوال الارتباط الذاتي | 18 |
| جدول (1-3) | مختلف أنواع GTrFN | 104 |
| جدول (1-4) | أنواع القيود | 119 |
| جدول (2-4) | تعظيم أو تدنية دالة الهدف | 131 |
| جدول (1-6) | نتائج اختبار KPSS للإستقرارية | 190 |
| جدول (2-6) | نتائج إختبار KPSS للإستقرارية سلسلة الفروق | 191 |
| جدول (3-6) | نتائج عملية تقدير النموذج $ARIMA(2,1,0)$ | 193 |
| جدول (4-6) | إختبار Jarque-Bera لسلسلة بواقي عملية التقدير | 194 |
| جدول (5-6) | القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية | 195 |
| جدول (6-6) | تقييم جودة التنبؤ باستعمال النموذج $ARIMA(2,1,0)$ | 196 |
| جدول (7-6) | نتائج اختبار نموذج $ARCH$ | 198 |
| جدول (8-6) | نتائج عملية تقدير النموذج $GARCH(1,1)$ | 199 |
| جدول (9-6) | يوضح نتائج إختبار Jarque-Bera | 201 |
| جدول (10-6) | القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية | 202 |
| جدول (11-6) | تقييم التنبؤ باستعمال نموذج $GARCH(1,1)$ | 204 |
| جدول (12-6) | تقيم أداء التنبؤ باستخدام نموذج $ARIMA(2,1,0)$ و $GARCH(1,1)$ | 205 |
| جدول (13-6) | نماذج الشبكة العصبية | 207 |
| جدول (14-6) | دالة التنشيط للطبقة المخفية والإخراج | 207 |
| جدول (15-6) | التنبؤ بأسعار البترول باستخدام الشبكة العصبية من جانفي إلى ديسمبر 2012 | 208 |
| جدول (16-6) | القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية | 215 |
| جدول (17-6) | مقياس دقة التنبؤ APE و MAPE لطرائق التنبؤ | 217 |

| | | |
|---|---|---|
| جدول (6-18) | القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية | 219 |
| جدول (6-19) | مقياس دقة التنبؤ APE و MAPE لطرائق التنبؤ | 221 |

# المقدمة العامة

**تمهيد:**

يُعدُ البترول احد أهم مصادر الطاقة في العالم، ويشكل سلعة إستراتيجية دولية تتضمن قيمة اقتصادية عالية. وتتأتي أهمية البترول من الوفرة النسبية وتركيزه للطاقة وكفاءته وسهولة نقله وتوزيعه، فضلا عن وجود بدائل في نفس مستوى النوعية والسعر كونها بدائل محدودة وبعضها يعد أكثر المصادر تلوثا للبيئة في حين يلاقي الأخر معارضة كبيرة بسبب الكلفة العالية وخطر الإشعاعات المنبعثة منها.

وتخضع السوق العالمية للبترول إلى مجموعة من التطورات المهمة قادت إلى حدوث اختلاف كبيرة في ميزان العرض والطلب، حيث أن السوق البترولية ذو طبيعة خاصة تأخذ خصوصية من تداخل العوامل الاقتصادية مع العوامل السياسية، والتي تتفاوت أهميتها ودرجة تأثيرها على أسعار البترول الخام في السوق.

ومنذ مطلع السبعينيات والبترول يلعب دروا محوريا في آلية تطور الدولة والمجتمع. ومع أن قطاع البترول يعتمد على إنتاج وتصدير البترول إلى الخارج، فإن آثاره الاقتصادية تتجاوز النشاط الإنتاجي إلى أهمية دوره المالي لتمويل الخزينة العامة للدولة.
إن تسارعت الأحداث على الصعيد البترولي في الفترة الأخيرة الممتدة منذ أواخر سنة 1973 إلى درجة بات من الصعب معها استيعاب كل الحقائق والتطورات في آن واحد اللهم إلا حقيقة واحدة وشاملة تقول: (بدأت شمس الدول المنتجة بالبزوغ).

وإن قضية الأسعار هي أكثر قضايا البترول حساسية وأهمية في البنية الحالية لهذه الصناعية لان إمكان تحرك الغرب في هذا المضمار محدودة من حيث اصطدامه بإرادة الدول المنتجة والوعي الصحيح لأهمية الثروة البترولية. فبإمكان الدول المستهلكة أن تحدد استهلاكها من الطاقة البترولية ضمن معطيات اقتصادياتها، وأن تسعى لتطوير مصادر جديدة للطاقة وذلك خلال فترة من الزمن. إلا أنها لا تستطيع تأجيل دفع ثمن البترول الضروري لاستمرارها في الحياة وفي التطور.

وإن البترول ليس سلعة عادية يتساوى سعرها في ظروف المنافسة بالتكلفة الحدية للإنتاج لان البترول سلعة إستراتيجية وأصل قابل للنضوب، وإن عرضه في العالم محدود وبدائله مكلفة. إن الجدل حول أسعار البترول لا يتوقف عند مقوله العرض والطلب فثمة من يتحدث في أوساط اقتصاديي البترول عن قيمته بدلا من التحدث عن سعره.

إن تاريخ تطور أسعار البترول لم يخضع لوتيرة ثابتة وإنما كان يتم وفقا لمصالح الاحتكارات البترولية. لذلك لم يظهر سعر واحد له وإنما ظهر بأشكال متعددة حسب الهدف الذي تقتضيه مصلحة الشركات العليا.

تعتبر الجزائر من بين الدول التي يعتمد اقتصادها اعتمادا كبير على البترول حيث يشكل البترول حوالي 98% من الصادرات لهذا فإن أي انخفاض في أسعار هذه السلعة تنجر عنه عواقب قد تكون وخيمة، ذلك لان رسم السياسة الاقتصادية في الجزائر يعتمد على الأسعار المرجعية للبترول وهذا ما يؤكد أهمية التنبؤ بأسعار هذه السلعة الإستراتيجية.

ويعد علم الإحصاء من العلوم التي نمت وتطورت في القرن الحالي إذ أصبح لهذا العلم أهمية بالغة في هذا العصر بوصفه وسيلة وأداه للطريقة العلمية في جميع مجالات العلوم المخلفة. ومما لاشك فيه أن عملية تقدير السلوك المستقبلي لأية ظاهرة أو متغير تعد من الأهداف الأساسية للعلوم الإحصائية، وذلك لما لهذه العملية من أهمية كبيرة في عملية التخطيط للظاهرة أو المتغير قيد الدراسة وان التخطيط هو المفتاح لعملية اتخاذ القرار السليم، لقد أولت الحكومات والمؤسسات المختلفة اهتمامات كبيرة لتقدير السلوك المستقبلي للعديد من الظواهر الطبيعية والصناعية والاقتصادية والذي تولد عنه إنشاء المراكز والوحدات المختلفة لهذا الغرض لذا نجد أن موضوع تقدير السلوك المستقبلي في استخدام تحليل الانحدار يعد محورا رئيسا أولى الباحثون فيه اهتمامات كبيرة[1].

وإن من أوسع الأساليب الإحصائية استخداما في مختلف العلوم هو أسلوب تحليل الانحدار فهو تحدد ويوضح العلاقة بين المتغيرات على شكل علاقة دالية يعبر عنها بهيئة معادلة ويستدل من تقدير معلماتها على أهمية العلاقة وقوتها واتجاهها، لهذا الأمر أهمية كبيرة في التخطيط واتخاذ القرارات الرصينة قيد البحث، ولما كان تحليل الانحدار يحدد العلاقة الدالية بين المتغيرات على هيئة معادلة وأن النجاح والفشل للنموذج المقدر يعتمد على طريقة تقدير معلمات هذا النموذج فقد وضعت العديد من الطرائق لتقدير هذه المعلمات أهمها طريقة المربعات الصغرى. كما ظهر أسلوب جديد في منتصف القرن الماضي ولكنه نشط في أواخره أطلق عليه نظرية المجموعات المبهمة إذ استخدم هذا

[1] د عائدة يونس محمد المراد " مقارنة بين الانحدار الكلاسيكي والشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بمستويات نتائج بحوث طلبة كلية التربية الرياضية" المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (21) 2012 ص ص 286-303.

الأسلوب في العديد من المجالات الإحصائية ومنها تقدير معلمات نماذج الانحدار الخطية. وفي هذا البحث تم تقدير معلمات نموذج الانحدار الخطي المبهم.

ويعالج الإحصاء التقليدي الظواهر الحياتية والمتغيرات التي تعتمد العشوائية منهاجا في التحليل والنتائج ، والقرار عليها ، هذه الظواهر تكون ذات قياسات جازمة ، محددة ومعلومة (القياسات النقطية) والأخطاء الناجمة عنها تكون متغيرات عشوائية يمكن السيطرة عليها من خلال دراسة سلوكها فقد تكون مثلا تتبع احد التوزيعات المعروفة. إما الإحصاء المبهم Fuzzy statistic فقد ظهر حديثا بعد نشوء نظرية المجموعات المبهمة ليهتم بالظواهر التي لا يمكن قياس متغيراتها نقطيا وإنما تقاس بفترات، أو ما يوصف بالحالات ذات البيانات المبهمة لما تتصف به من صفات تجعلها غير واضحة كالمتغيرات التي تنتمي بنسب معينة إلى مجاميعها وليس لها انتماء تام، وكذلك المتغيرات اللغوية التي لا يمكن قياسها عدديا، وهناك متغيرات تقاس بشكل تقريبي إلا أنها في الحقيقة فيها إبهام[1].

**طبيعة المشكلة:**

يبدو أن إشكالية تحديد أسعار البترول تعتمد في جزء أساسي منها على ما تحدثه عوامل العرض والطلب في السوق العالمية، فضلا عن وجود قوى محركة أخرى لها تأثيرها في الأسعار منها التوقعات المستقبلية والمضاربة وسعر صرف الدولار....

يعدُّ تحليل الانحدار من أهم الأدوات التي يلجأ إليها الباحث لقياس معلمات أو مرونات الظواهر الاقتصادية المدروسة، يوفر الشكل العام إمكانية قياس أثر كل متغير من المتغيرات المستقلة في المتغير التابع، لكن هذا الشكل لا يبين مدى أثر المعلمات المبهمة والمتغير التابع المبهم على جودة النموذج. بالطبع هذا النوع من الدراسة مازال غير شائع بين الاقتصاديين لمعرفة أثر استخدام نظرية المجموعات المبهمة على جودة النموذج.

تتبلور مشكلة البحث في محاولة الوصول إلى أساس كمي مناسب للتنبؤ بأسعار البترول، فعدم وجود نموذج إحصائي مناسب للتنبؤ الدقيق بأسعار البترول المستقبلية ينعكس بدوره على رسم السياسات المالية والاقتصادية في المستقبل مما يكون له أثارا سلبية على عملية التخطيط بشكل عام.

[1] د محمد طه أحمد الغنام، هبة على طه الصباغ، " دراسة في المتغيرات المضببة والانحدار المتعدد المضبب " مجلة تكريت للعلوم الادارية والاقتصادية، المجلد 5، العدد 14، 2009، 166-180

من هنا ارتأينا طرح الإشكالية التالية كنقطة رئيسية يعالجها موضوعنا:

**كيف يمكن استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم للتنبؤ بأسعار البترول ومدى أثر المعلمات المبهمة والمتغير التابع المبهم على جودة النموذج؟**

وبعد الاطلاع على الدارسات السابقة لهذا الموضوع فإن معالجة إشكالية هذا البحث تتمثل في اختبار النموذج المناسب للتنبؤ بأسعار البترول من بين النماذج التالية:

- ✓ استخدام نماذج ARIMA التي ترتكز على توافر عدد كبير من المشاهدات اللازمة لبناء النموذج بالاعتماد على سلوك المتغير التابع في الفترات الزمنية السابقة ويعتبر أسلوب (Box&Jenkins) من أهم الأساليب المستخدمة في تحليل وبناء نماذج السلاسل الزمنية والتنبؤ بها في المستقبل.
- ✓ استخدام نماذج GARCH في نمذجة التباين (variance)، وأكثر استخدامها يكون في نماذج البيانات المالية، لان الاتجاه الحديث لدى المستثمرين لا ينصب فقط على دراسة والتنبؤ، وإنما يهتمون أيضا بعنصر المخاطرة أو عدم التأكد (uncertainty)، ولدراسة عدم التأكد فنحن بحاجة إلى نماذج خاصة تتعامل مع تطاير (voltaility) قيم الظاهرة عبر سلسلة زمنية أو ما يمكن أن نطلق عليه بتباين السلسلة (variance)، والنماذج التي تتعامل مع هذا النوع من التباين تنتمي إلى ما يمكن تسميته بأسرة نماذج GARCH.
- ✓ استخدام نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية من دون النظر إلى فرضيات معينة عن طبيعة المتغيرات الداخلة في التحليل وطبيعة علاقاتها مع بعضها البعض (بعكس نماذج تحليل السلاسل الزمنية).
- ✓ استخدام طرائق الانحدار المبهم آخذين بعن الاعتبار المعلمات المبهمة والمتغير التابع المبهم، وذلك عن طريق دمج نظرية المجموعات المبهمة وتحليل الانحدار والبرمجة بالأهداف.

**أهداف البحث:**

إن الكثير من المحللين الاقتصاديين قد أكدوا إن مبيعات البترول سيكون تأثرها بالأزمة المالية العالمية قويا حتى تنتهي الأزمة لذا يهدف البحث إلى التنبؤ بأسعار البترول للأشهر القادمة وقياس مدى تغيرها في الفترة القادمة.

وإن الهدف من هذا البحث هو ضرورة الأخذ بعين الاعتبار أثر المعلمات المبهمة والمتغير التابع المبهم في تحليل الانحدار من أجل تطوير نموذج الانحدار ليصبح قادرا على تقدير المتغير التابع من خلال استخدام الأساليب والتقنيات المتاحة في بناء نماذج الانحدار بناء جيدا. بحيث تم استخدام الحزم البرمجية المتطورة والمتاحة لمثل هذا النوع من الدراسات مثل: LINGO V11, EVIEWS V6, STATITSICA V8 التي تساعد على ذلك وتمكننا من تطبيق هذه الدراسة.

كما يهدف البحث إلى مقارنة بين نماذج ARIMA ونماذج GARCH ونماذج الشبكات العصبية (ANN) وطرائق الانحدار المبهم (FR) وذلك لتطوير الفهم والإدراك لنماذج تحليل الانحدار المبهم.

**أهمية البحث:**

يعتبر التنبؤ من المواضيع التي تكتسب أهمية كبيرة إذ من خلال التنبؤ يمكن لأصحاب القرار من اتخاذ القرارات الصحيحة وهو يساعد كافة المستويات الإدارية في عملية اتخاذ القرار في مجالات السياسة والصناعة والزراعة... الخ والتنبؤ بأسعار البترول مهم جدا في الفترة الحالية نتيجة الحالة الاقتصادية والسياسية في الجزائر كذلك وجود أزمة اقتصادية يهدد استمرارها بانهيار الاقتصاد في الجزائر.

وتنبع أهمية البترول في الأقطار العربية من توفيره لفوائض مالية تعتبر ضرورية لتمويل خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية في هذه الأقطار. وقد لعب البترول دورا رئيسيا في تحديد مسار وطبيعة التنمية منذ أوائل السبعينات وحتى وقتنا الحاضر سواء في الأقطار العربية المنتجة أو المستوردة له. وقد جاءت أهمية البترول باعتباره سلعة إستراتيجية تعتبر مادة أساسية في الصناعة ولها أثرا فعالا على مختلف أوجه النشاط الاقتصادي.

وتكمن أهمية هذا البحث في كونه يسلط الضوء على أحد القضايا الأساسية التي أخذت اهتمام الدول البترولية والجزائر، بصفة خاصة وذلك بواسطة عنصر السعر البترولي يقوم مأطري السياسة الاقتصادية في الجزائر ببناء توجهاتهم وتوقعاتهم المستقبلية نظرا لما يمثله قطاع البترول في هيكل اقتصادها. ضف إلى ذلك الاهتمام المتزايد بهذا الموضوع في السنوات الأخيرة نتيجة الارتفاع غير المسبوق في أسعار البترول.

وتأتي أهمية البحث أيضا من الاستخدام المتكرر من قبل الباحثين لتحليل الانحدار والتعامل مع المتغيرات التفسيرية سواء أكانت اقتصادية أم اجتماعية أم سياسية دون الأخذ بالحسبان أثر البيانات المبهمة والمعلمات المبهمة.

**فرضيات البحث:**

تقوم هذه الدراسة على الفرضيات التالية:

- ✓ إن استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم للتنبؤ بأسعار البترول تعطي نتائج أفضل من استخدام نماذج ARIMA ونماذج GARCH ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN).

- ✓ إن نظرية المجموعات المبهمة تساهم في تمثيل نماذج الانحدار بطريقة أفضل بحيث يتم دمع الإبهام وعدم الوضوح في معظم نماذج التنبؤ، مما يؤدي إلى الوصول إلى نتائج منطقية.

**حدود البحث:**

- ✓ طبقا للبيانات المتاحة سوف يتحدد الإطار الزمني لهذه الدراسة باستخدام بيانات شهرية للفترة من سنة 2000-2011 (كفترة بناء النموذج) واستخدام الفترة من جانفي إلى ديسمبر 2012 (كفترة اختبار القدرة التنبؤية للنموذج المقترح) مع ملاحظة أنه ليس هناك محدد أساسي لبداية الفترة الزمنية فيما عدا توافر البيانات.
- ✓ اقتصرت الدارسة على متغيرين هما (أسعار البترول- الزمن). وذلك لإمكانية الحصول على البيانات شهريا وفقا لمتطلبات الدراسة.

**الدراسات السابقة:**

لقد حظي موضوع التنبؤ بأسعار البترول بأهمية بالغة لدى الباحثين والمتخصصين، فتناول هؤلاء الباحثون دراسة التنبؤ بأسعار البترول من جوانب عدة، وسنعرض أهم تلك الدراسات:

في العام [2005] قدم (Wang et al)[1] منهجية مختلطة للتنبؤ أسعار البترول الخام شهريا. يتكون النموذج من مزيج من ثلاثة عناصر منفصلة، قواعد نظام استخراج، بالإضافة ANN، ونماذج ARIMA. هذه العناصر الثلاثة تعمل على تفكيك وتكامل سويا للحصول على النتائج النهائية.

وفي العام [2005] قدم (Moshiri & Foroutan)[2] دراسة حول مقارنة نماذج الخطية وغير الخطية للتنبؤ بأسعار البترول الخام أي المقارنة بين نماذج ARIMA ونماذج ANN، حيث أثبتت نتائج التنبؤات تفوق الشبكات العصبة الاصطناعية ANN.

وفي العام [2007] قدم (Liu et al)[3] تم اقترح طريقة جديدة للتنبؤ بأسعار البترول عن طريق التهجين بين نظرية المجموعات المبهمة والشبكات العصبية الاصطناعية. وأظهرت النتائج أن لهذه الطريقة دقة عالية في عملية التنبؤ.

وفي العام [2007] قدم (Yu et al)[4] تم اقترح طريقة لتحليل السلاسل الزمنية قبل التدريب الشبكات العصبية للتنبؤ بأسعار البترول الخام. بحيث تم اقتراح نموذج الشبكة العصبية المتعددة الطبقات، تعتمد على التحلل وضعيه التجريبية (EMD) لسعر البترول الخام التنبؤ. وتم تطبيق النموذج المقترح الشبكة العصبية المتعددة الطبقات للتنبؤ بأسعار.

[1] S. Wang, L. Yu and K. K. Lai, "Crude oil price forecasting with TEI@I methodology," Journal of Systems Science and Complexity, vol. 18, pp. 145-166, 2005.
[2] S. Moshiri and F. Foroutan, "Forecasting nonlinear crude oil futures prices," The Energy Journal, vol. 27, pp. 81-95, 2005.
[3] J. Liu, Y. Bai and B. Li, "A new approach to forecast crude oil price based on fuzzy neural network," in FSKD '07: Proceedings of the Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, pp. 273-277, 2007.
[4] L. Yu, K.K. Lai, S. Wang and K. He, "Oil price forecasting with an EMD-based multiscale neural network learning paradigm," in Lecture notes in computer science, Berlin / Heidelberg: Springer, , pp. 925-932. 2007.

وفي العام [2007] قدم (Knetsch)[1] دراسة التنبؤ بأسعار البترول الخام عن طريق التوقعات الملائم للعائد، بحيث تم تطور تقنية للتنبؤ بسعر البترول تقوم على نموذج القيمة الحالية للتسعير السلع عقلانية، ويتم فحص دقة التنبؤات باستخدام الجذر التربيعي الخطأ فضلا عن الخطأ.

وفي العام [2007] قدم (Chen & Chen)[2] دراسة حول العلاقة طويلة الأجل بين أسعار النفط العالمية ومعدلات صرف الدولار باستخدام بيانات شهرية لأقطار (G7). وكانت النتائج أن أسعار النفط مصدر مهم لتفسير تحركات أسعار صرف الدولار. وهناك علاقة مستقرة بينها وإمكانية استخدام أسعار النفط العالمية للتنبؤ بالعوائد المستقبلية لسعر الصرف.

وفي العام [2008] قدم (Coppola)[3] دراسة إحصائية تحليلية للتنبؤ بحركات أسعار البترول وذلك باستغلال المعلومات من سوق الأسهم المستقبلية. بحيث استخدم نموذج متجه تصحيح الخطأ (VECM)، لتقييم الأداء التنبؤ، تم استخدام نموذج السير العشوائي (RWM) كمعيار، وجد أن والمعلومات سوق العقود الآجلة يمكن أن تفسر جزءا لا بأس به من حركات أسعار البترول.

وفي العام [2008] قدم (Haidar, Kulkarni, and Pan)[4] دراسة تتمثل في استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بأسعار البترول الخام. بحيث تعرض في هذه الورقة إلى استخدام نموذج التنبؤ بأسعار البترول في المدى القصير على أساس ثلاثة طبقة للشبكة العصبية . كما اهتمام بإيجاد بنية الشبكة المثلى. وتم اختبار عدد من

[1] Knetsch, T. A. Forecasting the price of crude oil via convenience yield predictions. Journal of Forecasting, 26(7), 527–549. 2007.
[2] Chen Sh , and Chen Ltu (2007) , oil prices and real exchanges rates , Energy economic , Vol.29 , PP.390 – 404.
[3] Coppola, A. Forecasting oil price movements: Exploiting the information in the futures market. Journal of Futures Markets, 28(1), 34–56. 2008.
[4] Haidar, I., Kulkarni, S., & Pan, H. Forecasting model for crude oil prices based on artificial neural networks. In Proceedings of the 2008 international conference on intelligent sensors, sensor networks and information processing (4761970), pp. 103–108. 2008.

الميزات باعتبارها مدخلات. فقد بينت النتائج أن تصميم شبكة والاختيار المناسب لمدخلات واستخدام طريقة التدريب قادرة على التنبؤ بدقة عالية.

وفي العام [2009] قدم (Nikbakht)[1] دراسة حول العلاقة الطويلة الأجل بين أسعار النفط ومعدلات صرف عملات دول الأوبك مقابل الدولار، بيانات شهرية للمدة (2007-2000) وباستخدام نموذج التكامل المشترك وسببية جرانجر وجاءت النتائج تشير بأن أسعار صرف الدولار مصدر مؤثر جدا في تحركات أسعار النفط العامية، ووجود علاقة ارتباط طويلة الأجل بينها.

وفي العام [2009] قدم (Kuo, Hit, and Chen)[2] اقتراح تطوير خوارزمية الشبكة العصبية RBF للتنبؤ بأسعار البترول. بحيث تهدف هذه الورقة إلى اقتراح خوارزمية التعلم القائم على التطور، وتطبيقه على التنبؤ بأسعار البترول. وأظهرت النتائج أن هذه الطريقة قادرة على تحقيق الدقة في عملية التنبؤ بأسعار البترول، كما أثبتت أيضا أن الخوارزمية المقترحة تتوفق على طريقة (ARIMA) في الدقة.

وفي العام [2010] قدم (Alizadeh)[3] دراسة استخدام الشبكات العصبية للتنبؤ بأسعار البترول ومؤشر الأزمة. وتعرض في هذه الورقة إلى استخدام نموذج GRNN للتنبؤ بأسعار البترول الخام، كما يولي اهتمام دقيق في إيجاد المتغيرات المستقلة لتحقيق أفضل أداء للنموذج. أيضا للتغلب على الظروف الحرجة غير المتوقعة، بحث يتم تعريف مؤشر الأزمة .فقد بينت النتائج أن اختيار المناسب من خلال عملية التدريب والبيانات مؤشر الأزمة أن النموذج قادر على التنبؤ بأسعار البترول في الظروف العادية والحرجة.

[1] Leili Nikbakht , oil prices and exchange eates , the case of OPEC , Business intelligence journal , PP102 – 120 . 2009.
[2] Kuo, R. J., Hit, T. L., & Chen, Z. Y. Evolutionary algorithm-based RBF neural network for oil price forecasting. ICIC Express Letters, 3(3), 701–705. 2009.
[3] Alizadeh, A., & Mafinezhad, K. Monthly Brent oil price forecasting using artificial neural networks and a crisis index. In: Proceedings of the international conference on electronics and information engineering (vol. 2 (5559818), pp. V2465–V2468). 2010.

وفي العام [2010] قدم (Hog & Tsiaras)[1] دراسة تتمثل في استخدام نماذج ARCH للتنبؤ بكثافة أسعار البترول الخام، بحيث بينت الدراسة ان نماذج ARCH تأخذ بعين الاعتبار تطاير سلسلة أسعار البترول في عملية التنبؤ.

وهناك دراسات أخرى موجودة أيضا في الأدب استخدام الشبكات العصبية الصناعية للتنبؤ بأسعار البترول، نذكر منها:
(e.g. Jinliang, Mingming, & Mingxin, 2009 [2] ; Kaboudan, 2001[3]; Lackes, Börgermann, Dirkmorfeld, 2009[4]; Moshiri & Foroutan, 2006[5]; Pan, Haidar, & Kulkarni, 2009[6]; Qunli, Ge, & Xiaodong, 2009[7]; Sun & Lai, 2006[8]; Yang, Zhu, & Liu, 2006[9]; Yu, Lai, Wang, & He, 2007[10]).

ومن خلال هذه الدراسات السابقة يتضح لنا أن المساهمة الجديدة في موضوع التنبؤ بأسعار البترول هو استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم للتنبؤ بأسعار البترول ومقارنتها مع نماذج ARIMA ونماذج GARCH والشبكة العصبية الاصطناعية ANN، من أجل معرفة أي الطرق أكثر دقة في عملية التنبؤ بأسعار البترول.

[1] Hog, E., & Tsiaras, L.. Density forecasts of crude-oil prices using optionimplied and ARCH-type models. Journal of Futures Markets. doi:10.1002/ fut.20487. 2010.
[2] Jinliang, Z., Mingming, T., & Mingxin, T. Based on wavelet-Boltzman neural network and kernel density estimation model predict international crude oil prices. International Conference on Future Computer and Communication, 5235682, 150–153. 2009.
[3] Kaboudan, M. A. Chapter 61 – Short-term compumetric forecast of crude oil prices. In Modeling and control of economic systems 2001, a proceedings volume from the 10th IFAC symposium, Klagenfurt, Austria, pp. 365–370. 2001.
[4] Lackes, R., Börgermann, C., & Dirkmorfeld, M. Forecasting the price development of crude oil with artificial neural networks. Lecture Notes in Computer Science, 5518 LNCS(Part 2), 248–255. 2009.
[5] Moshiri, S., & Foroutan, F. Forecasting nonlinear crude oil futures prices. Energy Journal, 27(4), 81–95. 2006.
[6] Pan, H., Haidar, I., & Kulkarni, S. Daily prediction of short-term trends of crude oil prices using neural networks exploiting multimarket dynamics. Frontiers of Computer Science in China, 3(2), 177–191. 2009.
[7] Qunli, W., Ge, H., & Xiaodong, C. Crude oil price forecasting with an improved model based on wavelet transform and RBF neural network. International Forum on Information Technology and Applications, 1(5231578),231–234. 2009.
[8] Sun, D. L., & Lai, J. Oil price forecasting using neural networks method. Shiyou Huagong Gaodeng Xuexiao Xuebao/Journal of Petrochemical Universities, 19(2), 89–92. 2006.
[9] Yang, X. L., Zhu, D. H., & Liu, Y. F. Application of BP neural network to the prediction of crude oil futures price. Beijing Ligong Daxue Xuebao/Transaction of Beijing Institute of Technology, 26(Suppl.), 195–198. 2006.
[10] Yu, L., Lai, K. K., Wang, S., & He, K. Oil price forecasting with an EMD-based multi-scale neural network learning paradigm. Lecture Notes in Computer Science, 4489 LNCS(Part 3), 925–932. 2007.

**خطة البحث:**

في ضوء ما تقدم يمكن استعراض خطة البحث فيما يلي:

المقدمة العامة: تحتوي على تمهيد وتعريف بالمشكلة العامة وأهداف البحث الرئيسية والمنهج البحثي المستخدم لإنجاز أهداف الدراسة واستعراض المرجعي لأهم الدراسات السابقة المتعلقة بالتنبؤ بأسعار البترول وأختتم هذا الجزء بعرض تفصيلي لأجزاء الدراسة المختلفة.

الفصل الأول: يحتوي على شرح خلفية نماذج ARIMA ونماذج GARCH المستخدمة في هذه الدراسة، كما يحتوي هذا الفصل على شرح لأهم مفاهيم تحليل السلاسل الزمنية المستخدمة في هذه الدراسة (مشكلة الاستقرارية ودوال الارتباط الذاتي). كما يحتوي هذا الفصل على تشكيلة نماذج ARIMA من نماذج الانحدار الذاتي AR ونماذج MA، كما يحتوي هذا الفصل على المراحل الأساسية لنماذج ARIMA من مرحلة التعرف وتقدير واختبار جودة النموذج والتنبؤ باستخدام نماذج ARIMA. كما يحتوى هذا الفصل على نماذج ARCH ونماذج GARCH مما أدى إلى استخدام اختبار Ljung-Box واختبار ARCH وتقدير معلمات نموذج GARCH وفي الأخير تم تطرق إلى التنبؤ باستخدام نموذج GARCH. كما تم التطرق إلى مقاييس الخطأ لقياس جودة الطرق المستخدمة.

الفصل الثاني: يحتوي على شرح خلفية الشبكات العصبية الاصطناعية المستخدمة في هذه الدراسة، كما يحتوي هذا الفصل على شرح المفهوم الأساسي للشبكات العصبية الاصطناعية، كما يحتوي هذا الفصل على تعرف على الدراسات السابقة للشبكات العصبية الاصطناعية، كما يحتوي هذا الفصل على أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية، كما التطرق إلى مكونات الشبكة العصبية الاصطناعية، أيضا تم التطرق إلى تشغيل المعلومات في الشبكة العصبية الاصطناعية من مستوى المدخلات ومستوى الخفي ومستوى المخرجات والأوزان ودوال التفعيل (التنشيط). كما يحتوى هذا الفصل على تجميع وإعداد البيانات من خلال التطرق إلى مرحل التدريب ومرحلة التعليم. كما تم التطرق إلى قاعدة الانتشار الخلفي ، كما تم التطرق إلى التصميم الهيكلي لبناء الشبكة العصبية الاصطناعية،

وتناولنا أيضا كيفية التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية، وفي الأخير بينا أهم مميزات وحدود تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية.

الفصل الثالث: يحتوي على شرح خلفية نظرية المجموعات المبهمة المستخدمة في هذه الدراسة، كما يحتوي هذا الفصل على شرح لأهم مفاهيم الاحتمال واللايقين من عدم اليقين المعرفي وعدم اليقين اللغوي والإبهام، كما تم التطرق إلى خلفية نظرية المجموعات، كما يحتوي هذا الفصل على تشكيلة المجموعة المبهمة من العمليات على المجموعات المبهمة كما التطرق إلى دالة الانتماء وأنواع دوال الانتماء، كما يحتوي هذا الفصل على الأرقام المبهمة والأرقام المبهمة المثلثية. كما يحتوى هذا الفصل على العمليات على الأرقام المبهمة وفي الأخير تم تطرق إلى مميزات نظرية المجموعات المبهمة.

الفصل الرابع: هذا الفصل تم تخصيصه لوصف البرمجة بالأهداف، كما يحتوي هذا الفصل على عرض الدراسات السابقة للبرمجة بالأهداف، كما يحتوي هذا الفصل على عرض موجز لنموذج البرمجة الخطية، كما تطرق إلى تعريف البرمجة بالأهداف وعرض خوارزمية البرمجة بالأهداف كما تم صياغة المشاكل وفقا لنموذج البرمجة بالأهداف، كما تم تطرق إلى نموذج البرمجة بالأهداف في ظل وجود أهداف متعددة والبرمجة الخطية بالأهداف المرجحة والبرمجة بالأهداف الليكسيكوغرافية، كما تم تطرق إلى استخدام نموذج البرمجة بالأهداف في الإحصاء، وفي الأخير تم تطرق إلى التفسير البياني لنموذج البرمجة بالأهداف من خلال مثال افتراضي.

الفصل الخامس: في هذا الفصل تم وصف كل من التقنيات تحليل الانحدار الخطي المبهم، فقد تم التطرق إلى خليفة الانحدار الخطي، كما تم التطرق إلى تعريف الانحدار المبهم وأنواع الانحدار المبهم، وقد تم أيضا عرض الدراسات السابقة. كما يحتوي هذا الفصل على طرائق الانحدار المبهم من طريقة Tanaka وطريقة Ozelkan وطريقة Peters وطريقة HBS1، كما تم تطرق إلى استخدام البرمجة بالأهداف في الانحدار

الخطي المبهم بالمعاملات غير المتماثلة (FRGP)، وفي الأخير تم التطرق إلى طرق تقيم أداء طرائق الانحدار المبهم.

الفصل السادس: هذا الفصل تم تخصيصه لدراسة ميدانية للتنبؤ بأسعار البترول. تم عرض لمحة تاريخية حول تطور أسعار البترول للفترة ما قبل عام 1970 وما بعد عام 1970، كما تم تطرق إلى آثار التغيرات في أسعار البترول على الاقتصاد العالمي، أيضا تم عرض العوامل المؤثرة على أسعار البترول، كما تم عرض أثر ارتفاع أسعار البترول على معدل النمو الاقتصاد العالمي. كما يحتوي هذا الفصل على استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بأسعار البترول، كما تم استخدام نماذج GARCH للتنبؤ بأسعار البترول، كما تم استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية ANN للتنبؤ بأسعار البترول، كما تم استخدام طرائق الانحدار الخطي المبهم FLR للتنبؤ بأسعار البترول (طريقة TANAKA، طريقة Ozel، طريقة Pet، طريقة HBS1، طريقة FRGP)، كما تم التطرق إلى المقارنة بين طرائق التنبؤ باستخدام الانحدار المبهم، وفي الأخير تم المقارنة بين طرائق التنبؤ.

في حين تضمن الخاتمة العامة على أهم الاستنتاجات والتوصيات التي خلص إليها الباحث من خلال هذا البحث.

# الفصل الاول:

# نماذج ARIMA و GARCH

**تمهيد:**

تعتبر بيانات السلاسل الزمنية من أهم أنواع البيانات التي تستخدم في الدراسات التطبيقية خاصة تلك التي تعتمد على بناء نماذج الانحدار لتقدير العلاقات الاقتصادية، وتفترض مثل هذه الدراسات أن السلاسل الزمنية المستخدمة تكون ساكنة، وصفة السكون هذه تتحدد ببعض الخصائص الإحصائية التي سنتعرض لها فيما بعد .. ، وكنتيجة لذلك فإن استخدام السلاسل الزمنية غير الساكنة في أغراض التنبؤ لا يكون مناسبا كما أنه لا يكون له قيمة تذكر من الناحية العملية.

وإن من أهم أهداف الاقتصاد القياسي التنبؤ بسلوك الظواهر الاقتصادية. ويشير بعض المتخصصين في مجال الاقتصاد القياسي إلى ضرورة التمسك ببعض المبادئ الأساسية المفيدة في عملية التنبؤ. ومن أهم هذه المبادئ[1]: (1) استخدام النماذج البسيطة قدر الإمكان في عملية التنبؤ، (2) استخدام أكبر قدر ممكن من البيانات المتاحة، (3) استخدام النظرية الاقتصادية في بناء نماذج التنبؤ بدلا من الاعتماد على البيانات، وإن كانت البيانات تفيد في تحديد عدد الفجوات الزمنية التي يتعين إدراجها في بعض النماذج، في حين أن النظرية قد لا تفيد في ذلك، (4) مازالت طريقة المربعات الصغرى العادية تعتبر من أفضل الطرق التي تستخدم في تقدير نماذج التنبؤ باستخدام القيم الأصلية، (5) تعتبر النماذج الاستقرائية للاتجاه أفضل في التنبؤ من النماذج السببية في حالة أن تكون البيانات اللازمة لتقدير الأخيرة غير متوفرة أو غير دقيقة.

ولقد شهد تحليل السلاسل الزمنية في الآونة الأخيرة تطورا كبيرا خاصة بعد الانجاز حققه الباحثان Box-Jenkins (1976) إذا تمكنا من وضع منهجية لمعالجة السلاسل الزمنية العشوائية، والتي تعرف بنماذج ARIMA ضف إلى ذلك الانجاز العلمي الذي قدمه الباحث R.Engle (1982) والمتمثل في نماذج ARCH والانجاز

[1] د عبد القادر محمد عبد القادر عطيه " الحديث في الاقتصاد القياسي بين النظرية والتطبيق " الدار الجامعية، الاسكندرية، 2005 ص 695.

العلمي الذي قدمه Bollerslev (1988) والمتمثل في نماذج GARCH وهـذا يتـيح إمكانية تحسين فترات الثقة خلال الفترات التنبؤية.

**1-1 نماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك المتكامل ARIMA:**

في عام 1970 قاما box and jenkins بإعطاء منهجية نظامية لدراسة السلسلة الزمنية من حيث الخصائص العشوائية للسلسلة الزمنية، وذلك من أجل التشكيلة النماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك المتكامل ARIMA الأكثر تطابق مع الظواهر المدروسة، كما أن هذه النماذج تحتاج إلى إمكانيات مادية وبشرية مختصة، تقوم بالتنبؤ في المؤسسات الحديثة، المتوسطة والكبيرة.

**1-1-1 مشكلة الاستقرارية:**

**1-1-1-1 تعريف السلسلة الزمنية المستقرة:** تكون السلسلة العشوائية مستقرة، إذا تذبذبت حول وسط حسابي ثابت، مع تباين ليس له علاقة بالزمن[1].

عند دراسة إستقرارية السلسلة الزمنية، يجب دراسة خصائصها الاحتمالية يعني التوقع والتباين.

السيرورة الاحتمالية $y_t$ مستقرة إذا كان:

- المتوسط تابت ومستقل عن الزمن: $E(y_t) = E(y_{t+n}) = \propto \quad \forall n$

- التباين محدود ومستقل عن الزمن: $V(y_t) < \circ \quad \forall_t$

- التباين المشترك محدود ومستقل عن الزمن:

$$\text{cov}(y_t, y_{t+k}) = E\left[(y_t - \propto)(y_{t+k} - \propto)\right] = y_k \qquad \forall_t$$

وبالتالي فالسلسلة الزمنية تكون مستقرة هذا ينطوي على أن السلسلة الزمنية لا تحتوي على اتجاه عام ولا على التغيرات الموسمية.

**1-1-1-2 أنواع السلسلة الزمنية الغير مستقرة:**

يوجد نوعين من السلسلة الزمنية الغير مستقرة:

**1- السلسلة الزمنية من النوع** $TS$[1]: (تحديدي) تكتب على الشكل $x_t = f_t + \varepsilon_t$ حيث

[1] Gourieroux.C ;Monfort .A ;"séries temporelles et modèles dynamique", ed :économica ,1990, p151.

$f_t$ : دالة كثير حدود المتعلقة بالزمن خطية أو غير خطية، $\varepsilon_t$ : سيرورة الاستقرار (خطأ أبيض).

ليكن لدينا كثير حدود من الدرجة الأولى

$$x_t = a_0 + a_1 t + \varepsilon_t$$

هذه السيرورة $TS$ غير مستقرة لان $E(x_t)$ تابع للزمن، وللإرجاع السلسلة من النوع $TS$ مستقرة نستعمل طريقة الانحدارية.

**2- السلسلة الزمنية من النوع $DS$[2]**: (احتمالي) لإرجاع السلسلة الزمنية مستقرة نستعمل طريقة الفروق.

$$(1 - D)^d x_t = B + \varepsilon_t$$

حيث $\varepsilon_t$ : سيرورة الاستقرار (خطأ أبيض ) $\varepsilon_t \rightarrow BB(0.\sigma_\varepsilon^2)$ .

$B$ : ثابت حقيقي.

$D$ : معامل التأخر.

$d$ : رتبة الفروق.

نستعمل طريقة الفروق من رتبة الأولى $(d = 1)$

$$(1 - D)x_t = B + \varepsilon_t \Leftrightarrow x_t = x_{t-1} + B + \varepsilon_t$$

إذا كان $B = 0$

$$x_t = x_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Leftrightarrow (1 - D)x_t = \varepsilon_t$$

إذن السلسلة الزمنية مستقرة.

إذا كان $B \uparrow 0$ إذن السيروة من النوع $DS$ وتكتب من الشكل:

$$x_t = x_{t-1} + B + \varepsilon_t$$

من اجل استقرار هذه السلسلة نستعمل طريقة الفروق الأول

$$x_t = x_{t-1} + B + \varepsilon_t \Leftrightarrow (1 - D)x_t = B + \varepsilon_t$$

---

[1] BourBonnais.R ;"économétrie,Manuel et exercices corrigés" $4^{eme}$ ed :Dunod ; paris ;2002 p231

[2] Sandrine Lardic, Valérie Mignon " Econometrie des séries temporelles macroeconomiques et financieres" Economica , paris 2002 p 124

خلاصة: من أجل استقرارية السلسلة الزمنية من النوع $TS$ أحسن طريقة "طريقة الانحدارية "

من أجل استقرارية السلسلة الزمنية من النوع $DS$ نستعمل طريقة الفروق.

**1-1-1-3 اختبار الاستقرارية:**

يسمح اختبار Dickey-Fuller (D-F) 1979 بالكشف عن وجود الاتجاه العام (اختبار الجذور الوحدية)، ويحدد أيضا أحسن طريقة لإرجاع استقرار السلسلة الزمنية.

**1- اختبار Dickey-Fuller (1979)[1]:**

يسمح هذا الاختبار بمعرفة أن السلسلة الزمنية مستقرة أم لا، ويسمح بتحديد نوع السلسلة الزمنية غير مستقرة من نوع $TS$ أو $DS$

المبدأ هذا الاختبار بسيط يتمثل في[2]:

الفرضية العدمية $H_0$ : $\phi_1 = 1$ السلسلة الزمنية غير مستقرة.

الفرضية البديلة $H_1$ : $|\phi_1| < 1$ إذن السلسلة الزمنية مستقرة.

1- نموذج انحدار ذاتي من الرتبة 1 $x_t = \phi_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$

2- نموذج انحدار ذاتي مع ثابت $x_t = \phi_1 x_{t-1} + B + \varepsilon_t$

3- نموذج انحدار ذاتي مع اتجاه عام $x_t = \phi_1 x_{t-1} + Bt + c + \varepsilon_t$

إذا تحققت الفرضية $H_0$ : السلسلة الزمنية $x_t$ ليست مستقرة مهما كان النموذج المستعمل.

خصائص النماذج ثلاث:

- النموذج (3) :

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + Bt + c + \varepsilon_t$$

إذا كانت الفرضية العدمية $H_0$ : $\phi_1 = 1$، و $B$ لا يختلف جوهريا عن الصفر و $c = b$

[1] Dickey, D. and W. Fuller "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root," Journal of the American Statistical Association, 74, 427-431. 1979 .

[2] Régis BourBonnais.R ;Terraza.M ;"Analyse des séries temporelles en économie "; $1^{ere}$ ed :presse universitaires de France ; 1998; p 149

النموذج يكتب على الشكل التالي:

$$x_t = x_{t-1} + b + \varepsilon_t$$

إذن السلسلة الزمنية غير مستقرة ومن النوع $DS$.

- النموذج (2):

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + B + \varepsilon_t$$

إذا كانت الفرضية العدمية $H_0: \phi_1 = 1$، و $B$ لا يختلف جوهرياً عن الصفر إذن السلسلة الزمنية غير مستقرة ومن النوع $DS$

إذا كانت الفرضية البديلة $H_1: |\phi_1| < 1$ ، السلسلة الزمنية مستقرة.

- النموذج (1):

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$$

إذا كان الفرضية العدمية $H_0: \phi_1 = 1$

النموذج يصبح: $x_t = x_{t-1} + \varepsilon_t$

النموذج من النوع $DS$، السلسلة الزمنية غير مستقرة.

إذا كانت الفرضية البديلة $H_1: |\phi_1| < 1$ إذن السلسلة الزمنية مستقرة.

المبادئ العامة للإختبار (D-F) هي كالتالي:

نقوم بتقدير المعلمة $\phi_1$ بـ $\hat{\phi}_1$ بطريقة المربعات الصغرى النظامية من أجل النماذج $(1), (2), (3)$.

التقدير المعاملات والانحراف المعياري لكل نموذج بواسطة طريقة المربعات الصغرى.

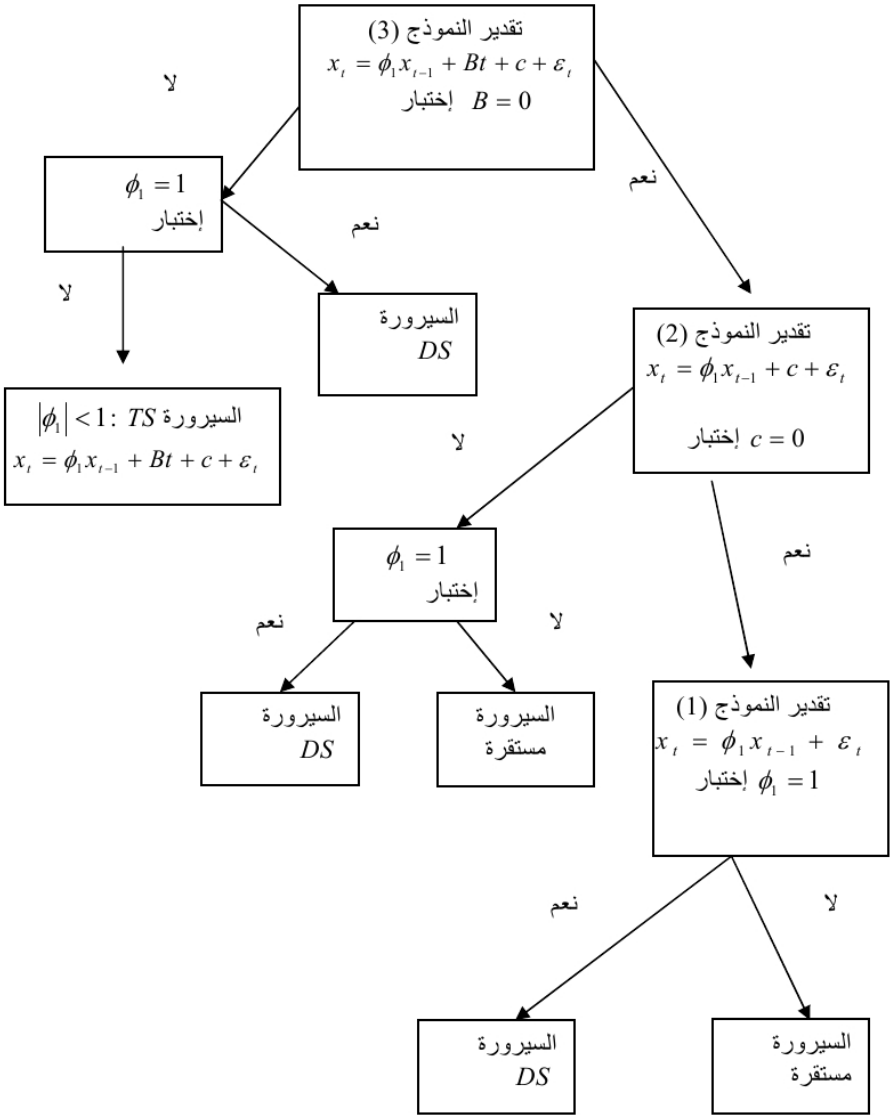
$$t_{\hat{\phi}_1} = \frac{\hat{\phi}_1}{\sigma_{\hat{\phi}_1}}$$

إذا كان: $t_{\hat{\phi}_1} \geq t_{TAB}$ ، $t_{TAB}$ الجدولية موجودة في جداول معدة خصيصًا من طرف Dichey –Fuller

إذن نقبل الفرضية العدمية $H_0$، هذا يعني يوجد جدر وحدي، إذا السلسلة الزمنية ليست مستقرة.

ولتوضيح أكثر نستعمل الشكل (1- 1) الذي يبين إستراتيجية إختبار Dickey-Fuller البسيط.

شكل (1- 1): إستراتيجية اختبار Dickey-Fuller البسيط




Source: Régis Bourbonnais " op-cité " p236

**2- اختبار Dickey-Fuller Augmentés (1981)[1]:**

من النقائص التي ظهرت في اختبار D-F فرضية الخطأ أبيض، أي عدم وجود ارتباط في الأخطاء، هذا ما أدى إلى ظهور الاختبار A-D-F الذي يأخذ بعين الاعتبار هذه الفرضية.

إختبار A-D-F يقوم على أساس الفرضية البديلة $|\phi_1| < 1$ في تقدير النماذج الثلاثة بواسطة المربعات الصغرى[2].

النموذج (4) $$\varnothing x_t = Px_{t-1} - \sum_{j=2}^{P} \phi_j \varnothing x_{t-j+1} + \varepsilon_t$$

النموذج (5) $$\varnothing x_t = Px_{t-1} - \sum_{j=2}^{P} \phi_j \varnothing x_{t-j+1} + c + \varepsilon_t$$

النموذج (6) $$\varnothing x_t = Px_{t-1} - \sum_{j=2}^{P} \phi_j \varnothing x_{t-j+1} + c + bt + \varepsilon_t$$

$P$ : رقم التأخر

ويمكن تحديد قيمة $p$ عن طريق اختيار القيمة التي تقوم بتدنية معيار أكايك (Akaike) 1979، ومعيار (Schwarz) 1978 حيث[3]:

$$AIC(p) = n\log(\delta^2_{\hat{\varepsilon}_t}) + 2(3+p)$$

$$SC(p) = n\log(\delta^2_{\hat{\varepsilon}_t}) + (3+p)\log n$$

حيث:

$\delta^2_{\hat{\varepsilon}_t}$ : تباين الأخطاء العشوائية بعد عملية التقدير.

$n$ : المشاهدات الفعلية.

ملاحظة: المبادئ العامة لهذا الاختبار مماثل لاختبار D-F البسيط.

البرنامج Eviews V6 لتحليل السلاسل الزمنية يقوم بحساب آليا القيم الحرجة $t_{\hat{\phi}_1}$ و $t_{tab}$(1 %,5 %,10 %).

[1] Dickey, D. and W. Fuller . "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root," Econometrica, 49, 1057-1072. 1981.

[2] Régis Bourbonnais " op-cité " p 234

[3] Hurlin.C;" économétrie appliquée des séries tenporelles"; Université de paris Dauphine ; 2003.p43.

**3- اختبار Phillips et Perron (1988)[1]:**

من النقائص التي ظهرت في اختبار A-D-F هي مشكلة عدم ثبات التباين الحد العشوائي هذا ما أدا إلى ظهور اختبار Phillips-Perron (P-P) الذي يعالج هذه المشكلة، وتتمثل خطوات هذا الاختبار فيما يلي[2]:

- تقدير بواسطة المربعات الصغرى النماذج الثلاث لـ Dickey-Fuller وذلك من أجل تقدير الباقي $e_t$.

- تقدير التباين في المدى القصير $\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2$

- تقدير التباين في المدى الطويل

$$s_t^2 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2 + 2\sum_{i=1}^{l}(1-\frac{i}{l+1})\frac{1}{n}\sum_{t=-1}^{n} e_t e_{t-i}$$

ومن أجل تقدير هذا التباين في المدى الطويل، من المهم تحديد رقم التأخر $l$، ويساوي بالتقريب

$$l \oplus 4(n/100)^{2/9}$$

حيث أن n عدد المشاهدات

- حساب الإحصائية

$$PP: t_{\hat{\phi}_1}^* = \sqrt{K} * \frac{(\hat{\phi}_1 - 1)}{\hat{\sigma}_{\hat{\phi}_1}} + \frac{n(k-1)\hat{\sigma}_{\hat{\phi}_1}}{\sqrt{K}}$$

حيث: $K = \frac{\hat{\sigma}^2}{s_t^2}$

ومقارنة هذه الإحصائية مع القيمة الجدولية في جدول Mackinnon.

المبادئ العامة لهذا الاختبار مماثلة للاختبار D-F البسيط.

ملاحظة: البرنامج Eviews v6 لتحليل السلاسل الزمنية يقوم بحساب آليا القيم الحرجة $t_{\hat{\phi}_1}$ و $t_{tab}(1\%, 5\%, 10\%)$.

[1] Phillips, P.C.B. and P. Perron . "Testing for Unit Roots in Time Series Regression," Biometrika, 75, 335-346. 1988.

[2] Lardic.S ; MiGnon.V , "Op-cité", p 148.

**4- إختبار KPSS (1992)[1]:**

أكتشف هذا الإختبار من طرف الباحثين Kwiatkowski , Philips , Schmidt et Shin (1992) إذ يأخذ بعين الاعتبار الحالة التي يكون فيها التباين للبواقي غير تابت عبر الزمن وأيضا الحالة التي يكون يتواجد فيها أكثر من جدر للوحدة ويكون ذلك عن طريق تقدير النموذج [2] و[3] وهذا عن طريق اختبار الفرضيتين السابقتين كما في إختبار Dickey-Fuller تم حساب مربع البواقي $S_t$ كما يلي:

$$S_t = \sum_{i=1}^{t} e_t$$

تم بعد ذلك يتم حساب التباين في المدى الطويل عن طريق العلاقة الآتية:

$$s_t^2 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2 + 2\sum_{i=1}^{l}(1-\frac{i}{l+i}) \times \frac{1}{n}\sum^{n} e_t e_{t-i}$$

ليتم فيما بعد حساب الإحصاءة LM كما يلي:

$$LM = \frac{1}{s_t^2}\frac{\sum S_t^2}{n^2}$$

فإذا كانت $LM_{cal} < LM_{tab}$ فهذا يعني بأن السلسلة مستقرة والعكس إذا كانت $LM_{cal} > LM_{tab}$

**1-1-1-4 دوال الارتباط الذاتي:**

**1- دالة الارتباط الذاتي البسيط FAC[2]:** هي دالة يرمز لها $P_h$ والتي تقيس الارتباط في نفس السلسلة الزمنية مع التأخر $h$ ، وتعطى من الشكل التالي:

$$P_h = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t-h})}{\sigma_{y_t}\sigma_{y_{t-h}}} = \frac{y_h}{\sqrt{y_0}\sqrt{y_0}} = \frac{y_h}{y_0}$$

من مميزات الارتباط الذاتي البسيط[3]:

[1] Kwiatkowski, D., P.C.B. Phillips, P. Schmidt and Y. Shin . "Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root," Journal of Econometrics, 54, 159-178. 1992.

[2] Georges Bresson , Alain Pirotte " Econometrie des series temporelles " presses universitaires de France 1998 p20

[3] Juan M. Rodriguez Poo " Computer-aided introduction to econometrics " New york: springer 2003 p169

$$P_0 = 1$$
$$P_h = P_{-h} \longleftarrow \text{دالة متناضرة}$$
$$-1 \prime\prime P_h \prime\prime 1$$

ملاحظة: بيان دالة الارتباط الذاتي يسمي corrélogramme .

**2- تحليل دوال الارتباط الذاتي:** عند دراستنا لدالة الارتباط الذاتي للسلسلة الزمنية، السؤال الذي يطرح ما هي الحدود $P_h$ التي تختلف جوهريا عن الصفر؟.

على سبيل المثال لا يوجد هناك حدود تختلف جوهرياً عن الصفر، نستنتج أن السلسلة الزمنية لا تتأثر بالاتجاه العام ولا بالتغيرات الموسمية.

أما إذا كانت لدينا سلسلة زمنية شهرية وكان $P_{12}$ يختلف جوهرياً عن الصفر ( ارتباط بين $y_t$ و $y_{t-12}$ ) إذا السلسلة المدروسة تتأثر بالتغيرات الموسمية.

المبادئ العامة لهذا اختبار معامل الارتباط الذاتي من أجل الحد $P_h$ :

الفرضية العدمية: $H_0 : P_h = 0$

الفرضية البديلة: $H_1 : P_h \uparrow 0$

نقوم بحساب إذا الإحصائية $t^*$ لستودنت التجريبي

$$t^* = \frac{\left|\hat{P}_h\right|}{\sqrt{\frac{(1-\hat{P}_h{}^2)}{n-1}}}$$

ونقارنها مع $t_{TAB}$ الجدولية.

إذا كان $t^* > t_{n-2}^{\alpha/2}$ قيمة تقرأ من جدول student تحت مستوى معنوية $\alpha = (\%5)$ و $n-2$ درجة الحرية.

القرار: نرفض الفرضية العدمية $H_0$، إذن معامل الارتباط الذاتي يختلف جوهرياً عن الصفر، غير أن Quenouille (1947) أثبت أن حجم العينة مهم $(n > 30)$ فإن معامل $P_h$ يتبع أسلوب مقارب للتوزيع الطبيعي ذو المتوسط الحسابي الصفر، والانحراف $1/\sqrt{n}$ ، بحيث مجال الثقة للمعامل $P_h$ يعطي على الشكل التالي:

$$P_h = 0 \pm t^{\alpha/2} . \frac{1}{\sqrt{n}}$$

إذا كان المعامل المحسوب $\hat{P}_h$ خارج مجال الثقة، إذن يختلف جوهريا عن الصفر، فترة الثقة على العموم $\alpha = 0.05$ و $t^{\alpha/2} = 1.96$، وبمساعدة البرنامج Eviews v6 نقوم برسم البياني لدالة الارتباط correlogramme، $\alpha = 5\%$ وبالتالي السلسلة الزمنية غير مستقرة.

**3- دالة الإرتباط الذاتي الجزئية (FAP):** يقيس معامل الارتباط الذاتي الجزئي، العلاقة بين قيم متتالية لمتغير ما خلال فترتين مع تبات قيم الفترات الأخرى ،ويرمز له بـ $r_{kk}$ فالحساب معامل الإرتباط الذاتي الجزئي بين $y_{t-k}$ و $y_t$ يجب إستبعاد قيم $y$ الأخرى والتي تقع بين $y_{t-k}$ و $y_k$ أي $(y_{t-1}, y_{t-2}, ....., y_{t-k+1})$[1].

ولحساب معامل الارتباط الجزئي نستعين بجبر المصفوفات، فإذا كانت المصفوفة $r_k$ المتماثلة بالنسبة $k-1$ معاملات الارتباط الذاتي لـ $y_t$ تساوي:

$$r_k = \begin{vmatrix} 1... & ....r_1... & ....r_{k-1} \\ \vdots & 1 & \vdots \\ r_{k-1}... & ..... & 1 \end{vmatrix} \quad k \in N$$

فمعامل الإرتباط الذاتي $r_{kk}$ والذي يقيس العلاقة بين المتغير $y_t$ و $y_k$ مع إستبعاد القيم المستقلة الأخرى يعرف بالعلاقة التالية:

$$r_k = \frac{|r_k^*|}{|r_k|}$$

حيث: $|r_k^*|$: محدد المصفوفة $r_k$ والتي إستبدل عمودها الأخير بالمتجه $(r_1, r_2, ....., r_k)$ أي:

$$r_k^* = \begin{vmatrix} 1... & ...r_1... & r_1 \\ \vdots & 1 & \vdots \\ r_{k-1} & ..... & r_k \end{vmatrix}$$

[1] R.Bourbonnais, "Op-cité", p179.

مثال: أحسب $r_{22}$

$$r_{22} = \frac{r_2 - r_1^2}{1 - r_1^2} \qquad \text{ومنه} \qquad r_2^* = \begin{vmatrix} 1 & r_1 \\ r_1 & r_2 \end{vmatrix} \qquad \text{و}$$

$$r_{22} = \frac{|r_2^*|}{|r_2|}$$

كما يمكن وضع فترة ثقة لمعاملات الارتباط الذاتي الجزئية $r_{kk}$، إذ أثبت Quenouille (1947) بأنه إذا كان $n \geq 30$، فإن معاملات الارتباط الجزئية تتبع التوزيع الطبيعي بوسط حسابي 0 و وانحراف معياري $\frac{1}{\sqrt{n}}$، لذلك تكون فترة الثقة عند $\alpha = 5\%$ كالأتي[1]:

$$IC.r_{kk} = \mp 1.96 \frac{1}{\sqrt{n}}$$

وبالتمثيل البياني لحدود الثقة ومعاملات الارتباط الذاتي الجزئي نحصل على بيان الارتباط الذاتي الجزئي ،إذ يمكن معرفة المعاملات التي تقع خارج حدود الثقة. وتساعد دالة الارتباط الذاتي الجزئية على:

- ✓ الكشف على المركبة الموسمية.
- ✓ الكشف على وجود الارتباط بين المتغيرات الداخلية.
- ✓ الكشف على استقرار السلسلة الزمنية.

### 1-1-2 تشكيلة نماذج ARIMA[2]:

تتكون تشكيلة النماذج العشوائية من نماذج الانحدار الذاتي $(AR)$، ونماذج المتوسطات المتحركة $(MA)$، ونماذج المختلطة من نماذج الانحدار الذاتي ونماذج المتوسطات المتحركة $(ARMA)$ ومن شروط استعمال هذه النماذج يجب أن تكون السلسلة الزمنية مستقرة.

[1] R.Bourbonnais, M.Terraza, "Op-cité", p181

[2] ساهد عبد القادر " طرق ونماذج التنبؤ في الميدان الصناعي مع وضع نظام للتنبؤ- دراسة ميدانية بمركب تحويل الذرة بمغنية – " ، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، تخصص: إدارة العمليات والإنتاج، جامعة تلمسان، 2006. ص 87

### 1-1-2-1 نموذج الانحدار الذاتي AR(p)[1]:

هذا النوع من النماذج المتغير التابع الممثل للظاهرة يفسر بواسطة قيمه السابقة لنفس المتغير التابع، ويمكن تمثيل نموذج الانحدار الذاتي من الرتبة $P$، كما يلي:

$$AR\ (1) : y_t = \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$$

.....

$$AR(P) : y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + ..... + \phi_P y_{t-P} + \varepsilon_t \qquad (1)$$

حيث $\phi_P ....., \phi_2, \phi_1$ معاملات مقدرة (موجبة أو سالبة )

$\varepsilon_t$: خطأ أبيض

ويمكن كتابة المعادلة (1) بعد إدخال فكرة معامل التأخر $(D)$ على الشكل التالي

$$(1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - ..... - \phi_P D^2) y_t = \varepsilon_t$$

خصائص الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي corrélogramme: معاملات دالة الارتباط الذاتي تكون ممثلة في:

$$P_K = \frac{y_K}{y_0} = \phi_1^{\ K}$$

الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي البسيط للنموذج $AR(P)$ لها خاصية تناقص هندسي

الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي الجزئي فإن الحدود الأولى لـ $P$ تختلف عن الصفر[2].

دالة الارتباط الذاتي الجزئي للنموذج $AR(1)$ تعطى على الشكل التالي:

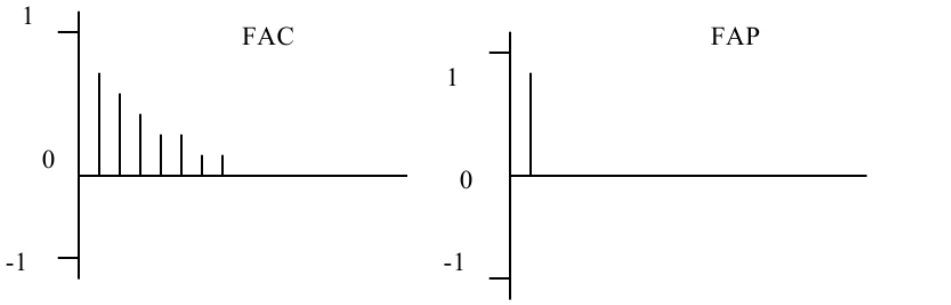
[1] Russell davidson, James G Machimon " Econometric Theory and Methods " Copyright 1999 p 548
[2] Ruey S.Tsay " Analysis of finanaciel time series " John wiley & sons, INC 2002 p 36

$$\Psi_{11} = P_1 = \theta_1 \qquad \text{et} \qquad \psi_{22} = \frac{P_2 - \psi_{11}P_1}{1 - \psi_{11}P_1} = \frac{P_2 - P_1^2}{1 - P_1^2} = \frac{\phi_1^2 - \phi_1^2}{1 - \phi_1^2} = 0$$

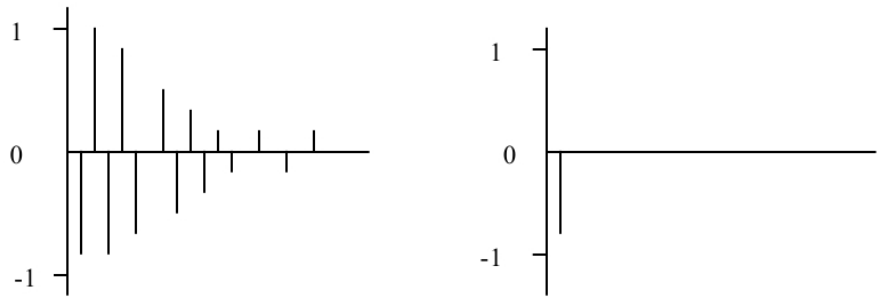
✓ في حالة $AR(1)$ : $AR\ (1) : y_t = \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$

شكل (1-2): رسم بياني لدالة الارتباط الذاتي للنموذج AR(1)

$0.8 = \phi_1$




$-0.8 = \phi_1$




Source: Ruey S.Tsay " Analysis of financial time series " JOHN WILEY & SONS, INC 2000 p31

### 1-1-2-2 نموذج المتوسطات المتحركة MA(q):

يكتب متغير التابع كدالة خطية من القيم لعنصر الخطأ العشوائي، وتساؤلات التي يمكن طرحها الآن حول هذا النموذج هو ما شكلها وما شكل دالة ارتباطها الذاتية ؟

إذا يكتب هذا النموذج كما يلي:

$$MA\,(1) : y_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

.....

$$MA(q) : y_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + .....+ \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

حيث $\theta_q ....,\theta_2,\theta_1$ معلمات يمكن أن تكون موجبة أو سالبة

$q$ : تمثل رتبة النموذج

$\varepsilon_t$ : خطأ أبيض $\varepsilon_t \to BB(0,\sigma_\varepsilon^2)$

كما يمكن كتابة هذا النموذج بعد إدخال فكرة معامل التأخر كما يلي:

$$(1 + \theta_1 D + \theta_2 D^{\,2} + ..... + \theta_q D^{\,q})\varepsilon_t = y_t$$

أي أن هناك علاقة تبين مساواة بين النموذج $MA(1)$ والنموذج $AR(\infty)$

خصائص الرسم البياني للدالة الارتباط الذاتي: الدالة الارتباط الذاتي البسيطة تأخذ الصيغة التالية:

من أجل $h = 0,1,.....,q$

$$P_h = \frac{\sum_{i=0}^{i=q-h} \theta_i \theta_{i+h}}{\sum_{i=0}^{i=q} \theta_i^{\,2}}$$

من أجل $h > q$ $\qquad P_h = 0$

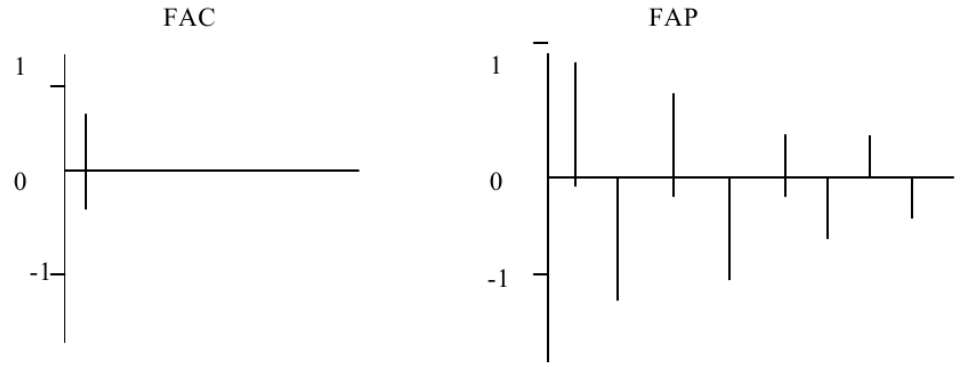
هذا يعني الحدود الأولى لـ $q$ في الرسم البياني للدالة الارتباط الذاتي البسيط تختلف جوهرياً عن الصفر.

الرسم البياني للدالة الارتباط الذاتي الجزئي لها خاصية النقصان الهندسي:

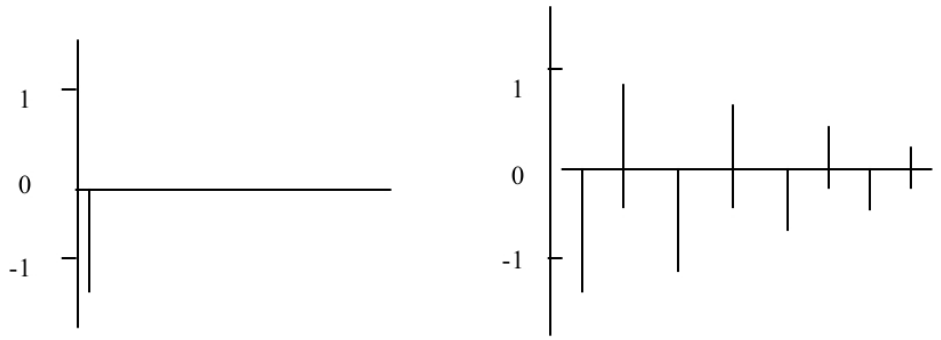
✓ في حالة $MA(1)$ $MA(1): y_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1}$

شكل(1- 3): رسم بياني لدالة الارتباط الذاتي للنموذج MA(1)

$0 < \theta_1$




$0 > \theta_1$




Source: Ruey S.Tsay " Analysis of financial time series " JOHN WILEY & SONS, INC 2000 p33

### 1-1-2-3 النماذج المختلطة ARMA(p,q)[1]:

هي عبارة عن مزج بين القسم الانحداري ذي الرتبة $P$ وقسم المتوسطات المتحركة ذو الرتبة $q$ وتكتب على الشكل التالي:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + .....+ \phi_P y_{t-P} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + .....+ \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

وبإدخال معامل التأخر فإن:

$$ARMA(p,q) : (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - .... - \phi_P D^P) y_t = (1 + \theta_1 D + .... + \theta_q D^q)\varepsilon_t$$

$$\phi(D)\, y_t = \theta(D)\varepsilon_t$$

الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي هو عبارة عن مزج بين الرسم البياني للدالة الارتباط $AR$ والرسم البياني للدالة الارتباط $MA$.

والجدول (1-1) التالي بين الخصائص الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي للنماذج $ARMA, MA, AR$.

جدول (1- 1): خصائص الرسم البياني لدوال الارتباط الذاتي

| النموذج | FAC | FAP |
|---|---|---|
| $AR(1)$ | تناقص هندسياً | = 0 بالنسبة لكل k >1 |
| $AR(2)$ | تناقص هندسياً | = 0 بالنسبة لكل k >2 |
| $AR(P)$ | تناقص هندسياً | = 0 بالنسبة لكل k > $P$ |
| $MA(1)$ | = 0 بالنسبة لكل k >1 | تتناقص بإستمرار |
| $MA(2)$ | = 0 بالنسبة لكل k >2 | تتناقص بإستمرار |
| $MA(q)$ | = 0 بالنسبة لكل k > $q$ | تناقص بإستمرار |
| $ARMA(1,1)$ | تناقص هندسياً | تناقص بإستمرار |
| $ARMA(p,q)$ | تناقص هندسياً | تناقص بإستمرار |

Source: Juan M. Rodriguez Poo " Computer-aided introduction to econometrics " New york: springer 2003 p201

[1]Peter J Brockwell, Richard A Davis "Introduction to Time Series and Forecasting " Springer-Verlag New York, Inc.2002 p83

### 1-1-2-4 امتداد إلى النماذج ARIMA وSARIMA:

إن اختبار $(DF)$ و $(ADF)$ يمسح بالتعرف على إستقرارية السلسة الزمنية ومن أي نوع $TS, DS$:

إذا كانت السلسة الزمنية من النوع $TS$، نقوم بإرجاع السلسلة الزمنية مستقرة عن طرق الانحدار على الزمن، والباقي المقدر ندرسه بمنهجية Box ,Jenkins هذا يسمح بتحديد الرتب $p$ و $q$ والنموذج يبقى دائما في حالة $ARMA(p,q)$.

أما إذا كانت السلسلة المدروسة من النوع $DS$ نقوم بإرجاع السلسلة مستقرة بواسطة المرور بطريقة الترشيح للفروق[1]، بموجب الرتبة التكامل $(I = d)$، هذا يعني عدد الفروق لإرجاع السلسلة الزمنية مستقرة، سلسلة الفرق تدرس بموجب منهجية Box, Jenkins التي تسمح بتحديد الرتب $p$ و $q$ للأجزاء $MA, AR$ ويرمز لهذا النوع من النماذج $ARIMA(p,d,q)$[2].

نماذج $SARIMA$ تسمح بدمج (تكامل) الرتبة الفروق مربوطة بالتغيرات الموسمية المعممة بواسطة التحويل التالي[3]:

$$(1 - D^S) y_t = y_t - y_{t-S}$$

حيث $S$: تمثل الفترة المعطيات.

$S = 4$ من أجل السلسلة الفصلية.

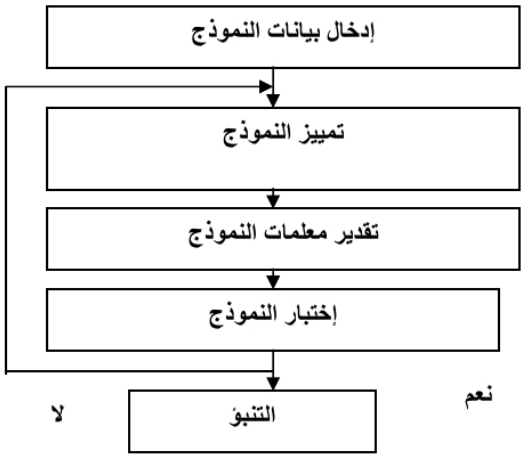
$S = 12$ من أجل السلسلة الشهرية.

[1] Arthur Charpentier "Séries temporelles; theorie et applications" université de Dauphine paris 2003 p111
[2] Franco Percchi " Econometrics " John wiley-Sons,LTD New York 2001 p129
[3] Bernard Rapacchi " Les séries chronologiques " paris 1993 p16

### 1-1-3 المراحل الأساسية لنماذج ARIMA:

تنقسم هذه المنهجية حسب Box-Jenkins إلى ثلاث مراحل أساسية، كما يبينها الشكل (1- 4):

شكل (1- 4): مراحل منهجية Box, Jenkins




Source: Ross Oppenheim "Forecasting via the Box-Jenkins method " Academy of marketing science, journal 1986 p 206.

### 1-1-3-1 مرحلة التعرف على النموذج:

مرحلة التعرف مهمة جداً وأكثر سهولة، نقوم بالتعرف على النموذج المطابق في تشكيلة النماذج $ARMA$، وتتميز هذه المرحلة بدراسة الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي corrélogrammes باعتماد على بعض القواعد البسيطة والسهلة لتحديد المعلمات $q,d,p$ للنموذج $ARIMA$ [1].

**1- البحث عن الاستقرارية (الاتجاه العام):** إن دراسة الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي تدل على أن السلسلة تتأثر بالاتجاه العام، وبموجب اختبار (DF) تبين أن

[1] تومي صالح " مدخل النظرية القياس الاقتصادي " ديوان المطبوعات الجامعية 1999 ص 183

السلسلة الزمنية من النوع $DS$ أو $TS$، إذا يجب حذف الاتجاه العام بعد التأكد من استقرار السلسة الزمنية يتم تحديد الرتب $(q,d,p)$ للنموذج $ARIMA$.

✓ إذا كان الرسم البياني للدالة الارتباط الذاتي البسيط الحد الأول للمعلمة $q$ تختلف عن الصفر، والحدود الرسم البياني للدالة الارتباط الذاتي الجزئي تتناقص ببطء، إذا النموذج المحدد هو $MA(q)$.

✓ إذا كان الرسم البياني للدالة الارتباط الجزئي الحدود الأولى لـ $p$ تختلف عن الصفر، والحدود الرسم البياني البسيط تتناقص ببطء، إذا النموذج المحدد هو $AR(p)$.

✓ أما النموذج $ARMA(p,q)$، فإن الرسم البياني للداليين الارتباط الذاتي الجزئي والبسيط تبقيان مستمرتين في التدهور.

### 1-1-3-2 تقدير معالم النموذج:

بعد الانتهاء من مرحلة التعرف على نموذج السلسلة الزمنية وذلك بتحديد كل $(p,d,q)$، يمكننا الانتقال إلى المرحلة الموالية والمتمثلة في مرحلة التقدير لمعالم النموذج بطريقة المعقولية العظمى Maximum Likelihood Method[1]، فالتقدير بهذه الطريقة يتوقف أساسا على أن الأخطاء مستقلة فيما بينها وتتبع التوزيع الطبيعي $N \to (o,\sigma_\varepsilon^2)$.

خطوات هذه الطريقة تتمثل في:

✓ لوغاريتم دالة المعقولية لنماذج $ARMA(p,q)$ تعطى على الشكل التالي:

$$\log\ L_T = -\frac{T}{2}\log 2\neq -\frac{T}{2}\log\sigma_\varepsilon^2 - \frac{1}{2}\log\left[\det(Z^{'}Z)\right] - \frac{S(\phi,\theta)}{2\sigma_\varepsilon^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث $T$: عدد المشاهدات

$Z$: مصفوفة من الرتبة $(p+q+T, p+q)$

$$S(\phi,\theta) = \sum_{t=-\infty}^{T}\left( E\left[\varepsilon_t \middle| X_t, \phi_i, \theta_j, \sigma_\varepsilon^2\right]\right)^2$$

✓ تعظيم لوغاريتم دالة المعقولية، أي المشتقة تساوي الصفر

[1] D.S.G.Pollock " A Handbook of time-series analysis. Signal processing and dynamics " Copyright by academic press London 1999 p 673

✓ تقدير $\sigma_\varepsilon^2$

$$\frac{\partial \log\ L_T}{\partial \sigma_\varepsilon^2} = 0 \Leftrightarrow -\frac{T}{2}\frac{1}{\sigma_\varepsilon^2} + \frac{S(\phi,\theta)}{2\sigma_\varepsilon^4} = 0$$

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{S(\phi,\theta)}{T}$$

ونقوم بالتعويض (1)

$$\log\ L^*_T = -\frac{T}{2}\log 2\neq - \frac{T}{2}\log\frac{S(\phi,\theta)}{T} - \frac{1}{2}\log\left[\det(Z^{'}Z)\right] - \frac{T}{2}$$

التعظيم بالنسبة لهذه الدالة تسمح بتقدير المعلمات $\phi_i(1,.....,p)$ و $\theta_j(1,.....,q)$ لنماذج ARMA(p.q) .

**مثال:** لتكن لدينا نموذج الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى $AR(1)$ الذي يعطى على الشكل التالي: $Y_t = \alpha + \phi Y_{t-1} + u_t$

وبافتراض البواقي تتبع توزيع طبيعي.

لوغاريتم دالة المعقولية يعطى بالشكل التالي:

$$I = -\frac{n}{2}\ln(2\neq) - \frac{n}{2}\ln\sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \alpha - \phi Y_{t-1})$$

المشتقات الجزئية بالنسبة للمعلمات ثلاث تعطى على الشكل التالي:

$$\frac{\partial l}{\partial \alpha} = \frac{1}{\sigma^2}\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \alpha - \phi Y_{t-1})$$

$$\frac{\partial l}{\partial \phi} = \frac{1}{\sigma^2}\sum_{t-1}^{n} Y_{t-1}(Y_t - \alpha - \phi Y_{t-1})$$

$$\frac{\partial l}{\partial \sigma^2} = -\frac{n}{2\sigma^2} + \frac{1}{2\sigma^4}\sum_{t-1}^{n}(Y_t - \alpha - \phi Y_{t-1})^2$$

وبالمساواة $\frac{\partial l}{\partial \alpha} = \frac{\partial l}{\partial \phi} = \frac{\partial l}{\partial \sigma^2}$ نحصل على المعالم الثلاث.

### 1-1-3-3 اختبار جودة النموذج:

بعد تقدير المعلمات النموذج يجب اختبار نتيجة هذا التقدير.

**1- معلمات النموذج:** هل تختلف عن الصفر (الاختبار $t$ student مطبق بشكل كلاسيكي).

إذا كان معامل لا يختلف جوهراً عن الصفر، يجب إعادة تقدير النموذج من جديد إذن رتبة النموذج $AR$ أو $MA$ ليست سليمة.

**2- تحليل البواقي:** معالم دالتي الارتباط الذاتي البسيط والجزئية لهذه البواقي تكون داخل مجال المعنوية المعبر عنه بيانياً بخطيين متوازيين.

الباقي هو خطأ أبيض: نستعين بالإحصائيات كل من Ljung-Box و Box- pierce :

أ- يسمح الاختبار Box-pierce (1970) بالتعرف على الخطأ الأبيض bruit Blant (المتغيرات العشوائية تتبع نفس التوزيع ومستقلة فيما بينها ) هذا يعني أن:

$$\begin{aligned} &Ey_t = 0 && \forall t \\ &V(y_t) = \sigma^2 && \forall t \\ &\operatorname{cov}(y_t, y_s) = 0 && \forall t \uparrow s \end{aligned}$$

سيرورة الخطأ الأبيض تتضمن أن: $P_1 = P_2 = P_3 = ..... = P_h = 0$

الفرضية العدمية $H_0 : P_1 = P_2 = P_3 ..... = P_h$

الفرضية البديلة يوجد على الأقل $P_i$ يختلف جوهرياً عن الصفر: $H_1$

من أجل إجراء هذا الاختبار نستعمل الإحصائية $Q$ المعطاة بـ

$$Q = n\sum_{h=1}^{h} \hat{P}_k$$

$h$ :عدد التأخر

$\hat{P}_h$ :الارتباط الذاتي المحسوب من الرتبة $h$

$n$ : عدد المشاهدات

الإحصائية $Q$ تتبع التوزيع $\chi^2$ (chideux)، $h$ درجة الحرية

إذا كان $\chi^2 > Q$ نقرأها من الجدول( chideux) حيث $1-\alpha$ مستوى المعنوية، $h$ درجة الحرية.

القرار: نرفض الفرضية العدمية القائلة بوجود خطأ أبيض.

ب- كما يمكن إستعمال إحصائية أخرى مشتقة من الأولى والتي نرمز لها $Q^*$ لـ Ljung-Box (1978).

$$Q^* = n(n+2)\sum_{k=1}^{h}\frac{\hat{P}_k^2}{n-k}$$

والتي تتبع التوزيع $\chi^2$ chideux مع $h$ درجة الحرية وأخذ القرار مماثل للاختبار السابق.

**3- الخطأ الأبيض يتبع التوزيع الطبيعي[1]:** لإثبات ذلك نستعمل اختبار Jarque-Bera (1984)، هذا الاختبار يجمع بين كل من معامل Skeweness $(B_1^{1/2})$ والذي يساوي: $B_1^{1/2} = \frac{\alpha_3}{\alpha_2^{3/2}}$

ومعامل Kurtosis $(B_2)$ والذي يساوي: $B_2 = \frac{\alpha_4}{\alpha_2^2}$

ليكن $\alpha_k = \frac{1}{n}\sum (x_t - \bar{x})^k$ العزم المركزي من الرتبة $k$

إذا كان $B_1^{1/2}$ و $B_2$ يخضع للتوزيع الطبيعي، إذا الكمية $S$ تعطي على الشكل التالي:

$$S = \frac{n}{6}B_1 + \frac{n}{24}(B_2 - 3)^2$$

مع أن $S$ يتبع توزيع $\chi^2$ حيث 2 درجة الحرية

القرار: إذا كان $S > \chi^2_{1-\alpha}(2)$ حيث 2 درجة الحرية، $1-\alpha$ مستوى المعنوية، نرفض الفرضية العدمية $H_0$ إذن الخطأ الأبيض لا يتبع التوزيع الطبيعي.

**4- معايير اختيار النموذج:** في التطبيقات العملية تبرز مشكلة في تقدير رتبة النموذج، فإن اختيار رتبة أدنى من الرتبة الفعلية للنموذج سيؤدي ذلك إلى حالة عدم الاتساق بالنسبة لمعلمة النموذج، إما عند اختيار رتبة أعلى فأن تباين النموذج

[1] Régis Bourbonnais " op-cité " p 230

سيزداد وبالتالي سيفقد صحته بسب الزيادة في عدد معلمات النموذج المختار، وعليه اقترح بعض الباحثين عدد من معاير تحديد رتبة النموذج عندما يتبع الخطاء العشوائي التوزيع الطبيعي و تم التطرق لها في العديد من البحوث والدراسات.
الجديد هنا استخدام هذه المعايير عندما يتبع توزيع الخطاء العشوائي التوزيع غير الطبيعي وفيما يلي بعض من معايير تحديد الرتبة[1]:

أ- **معيار خطأ التنبؤ النهائي:** قام الباحث Akaike عام (1969-1970) باقتراح أسلوب جديد في اختيار رتبة النموذج (p) ويرمز FPE ويعرف بـ :

$$FPE(P) = \frac{n+p}{n-p}\hat{\sigma}_a^2$$

P: رتبة النموذج المختار

n: حجم العينة

$\hat{\sigma}_a^2$: تقدير تباين الخطأ ويحسب:

$$\hat{\sigma}_a^2 = \sum (z_t - \hat{z}_t)^2 / (n-p)$$

ومن الناحية العملية يتم حساب تقديرات المعيار FPE ولكل نموذج من نماذج الانحدار الذاتي عند (P=1,2,3) ومن ثم يتم اختيار اصغر تقدير لمعيار FPE ويدعى خطاء التنبؤ النهائي الأصغر.

ب- **معيار معلومات Akaike:** اقترح الباحث Akaike عام 1974 صيغة أخرى لمعيار معلومات اكيكي يرمز AIC ويعرف بـ:

$$AIC(M) = n \ln \sigma_a^2 + 2M$$

ولان الحد الثاني ثابت فأن المعيار AIC يكون:

[1] د سهيل نجم عبد الله " مقارنة بعض معايير تحديد الرتبة لانموذج الانحدار الذاتي (الطبيعي وغير الطبيعي) من الرتبة الاولى بأستخدام المحاكاة " مجلة العلوم الاقتصادية والادراية المجلد غير مدكور.

$$AIC(p) = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2p$$
$$or$$
$$AIC(p) = \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2(p)/n$$

حيث ان:

M: هي دالة لـــ p رتبة النموذج.

n: عدد المشاهدات.

$\hat{\sigma}_a^2$: مقدر تباين الخطأ.

ويمكن أن يكون المعيار AIC بشكل معياري من خلال قسمة المعيار علـــى حجـــم العينة وصيغته:

$$NAIC(M) = AIC(M)/n$$
$$= \ln \hat{\sigma}_a^2 + \frac{2M}{n}$$

وفي العام ( 1977 ) اقترح الباحثان Downhen & Bhans استخدام المعيار AIC من خلال استبدال الحد الثاني وصيغته:

$$AIC_\alpha(M) = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + \alpha M$$
$$\alpha > 0$$

كما أوجد الباحثان Tsai & Hurich عام (1989) معيارًا جديدًا أطلق عليه اسم معيار معلومات اكيكي المصحح $AIC_C$ وصيغته:

$$AIC_C = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + n \frac{1 + np}{1 - (p+2)/n}$$

ويكون مقدرًا غير متحيز لمعلومات .

وفي العام (1991) أقترح الباحثان Davis & Brocrwell معيارًا جديـــدًا بالاعتمـــاد على AIC، $AIC_C$ ويرمز له بالرمز $AIC_C^{BD}$ وصيغته:

$$AIC_C^{BD} = n\left(\ln \hat{\sigma}_a^2 + 1\right) + \frac{2(p+1)n}{n-p-2}$$

ج- **معيار Schwarts Bayesian** : قام الباحث Akaike عام ( 1978 ) بتطـــوير المعيار إلى المعيار الجديد الذي سمي بمعيار معلومة بيز وصيغته كالاتي:

$$BIC(M) = n\ln\hat{\sigma}_a^2 - (n-M)\ln\left(1-\frac{M}{n}\right) + M\ln n + M\ln\left[\left(\frac{\hat{\sigma}_z^2}{\hat{\sigma}_a^2}-1\right)\Big/ M\right]$$

حيث: $\hat{\sigma}_a^2$ مقدر تباين الخطأ.

M: عدد المعلمات.

$\hat{\sigma}_z^2$: مقدر تباين السلسلة.

واقترح الباحث Schwartz في عام (1978) معيار على غرار معيار BIC ويتضمن اقتراح المعيار البيزي في اختيار النموذج ويعرف كما في أدناه:

$$SBC(M) = n\ln\hat{\sigma}_a^2 + M\ln n$$

وللنموذج AR (p) تكون الصيغة

$$SBC(p) = n\ln\hat{\sigma}_a^2 + p\ln n$$

وتحدد الرتبة باختيار النموذج الذي يقابل القيمة الأقل للمعيار.

د- **معيار Quinn & Hannan:** اقترح الباحثان Quinn & Hannan عام 1979 ) ( معيار جديد لتحديد رتبة النموذج ويدعى معيار حنان وكوين ويعرف كما يأتي

$$HQ(p) = \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2pc \ln(\ln n)/n$$
$$c > 2$$

وهنا يكون الاختيار على أساس أصغر قيمة للمعيار، أي نفضل النموذج الذي يحقق أصغر $AIC$ أو $FBE$ أو $SBC$ أو $HQ$.

### 1-1-3-4 التنبـــؤ باستخدام نماذج ARIMA:

إن المرحلة الأخيرة من نمذجة ARIMA هي التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسة الزمنية، لنفرض أنه لدينا النموذج ARMA(p,q):

$$\phi(D)\, y_t = \theta(D)\, \varepsilon_t$$

نسمي $\hat{Y}_{t+h}$ التنبؤ في التاريخ $t+h$، والتوقع الشرطي بالنسبة إلى $Y_{t+h}$ يعطى بالصيغة التالية:

$$\hat{Y}_{t+h} = E\left[Y_{t+h} | I_t\right] , \; I_t = (Y_1, ...., Y_t)$$

حيث $I_t$: يمثل مجموع البيانات المتوفرة حتى اللحظة $t$

لنأخذ المثال عن النموذج $ARMA(1,1)$

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

مع $|\phi_1| < 1$ , $|\theta_1| < 1$ (إستقرارية النموذج). حسابات التنبؤ لمختلف قيم الأفق تعطى على الشكل التالي:

$$y_{t+1} = \phi_1 y_t + \varepsilon_{t+1} - \theta_1 \varepsilon_t$$

$$\hat{Y}_{t+1} = E\left[Y_{t+1} | I_t\right] = \phi_1 Y_t - \theta_1 \varepsilon_t$$

$$y_{t+2} = \phi_1 y_{t+1} + \varepsilon_{t+2} - \theta_1 \varepsilon_{t+1}$$

$$\hat{Y}_{t+2} = E\left[Y_{t+2} | I_t\right] = \phi_1 \hat{Y}_{t+1}$$

إذن الصيغة العامة للتنبؤ تعطى في الشكل التالي:

$$\hat{y}_{t+k} = \phi_1 \hat{y}_{t+k-1} \qquad \forall k > 1$$

ملاحظة: يتم تعويض الأخطاء المستقبلية بالصفر.

وبالتساوي يمكننا كتابة النموذج $ARMA(p,q)$ على الشكل التالي[1]:

$$\phi(D) y_t = \theta(D) \varepsilon_t \Leftrightarrow Y_t = \frac{\theta(L)}{\phi(L)} \varepsilon_t = \Psi(L) \varepsilon_t$$

أي: $$Y_t = \varepsilon_t + \Psi_1 \varepsilon_{t-1} + \Psi_2 \varepsilon_{t-2} + .....$$

القيم المتنبأ بها للأفق $h$ تعطى بالشكل التالي:

$$\hat{Y}_{t+h} = \sum_{i \geq 0} \Psi_{h+i} \varepsilon_{t-i}$$

الخطأ في التنبؤ:

$$\hat{e}_{t+h} = Y_{t+h} - \hat{Y}_{t+h} = \sum_{i=0}^{h-1} \Psi_i \varepsilon_{t+h-i} \quad avec \ \Psi_0 = 1$$

لحساب مجال التنبؤ نفرض أن البواقي خطأ أبيض وتتبع توزيع طبيعي، من أجل هذا نقوم بتحديد التباين خطأ التنبؤ: $V(\hat{e}_{t+h}) = E[\sum_{i=0}^{h-1} \Psi_i \varepsilon_{t+h-i}]^2$

$$= [\sum_{i=0}^{h-1} \Psi_i E(\varepsilon_{t+h-i})]^2$$

$$= \sigma_\varepsilon^2 \sum_{i=0}^{h-1} \Psi_i^2$$

مجال التنبؤ تحت مستوى المعنوية 5% يعطى على الشكل التالي[2]:

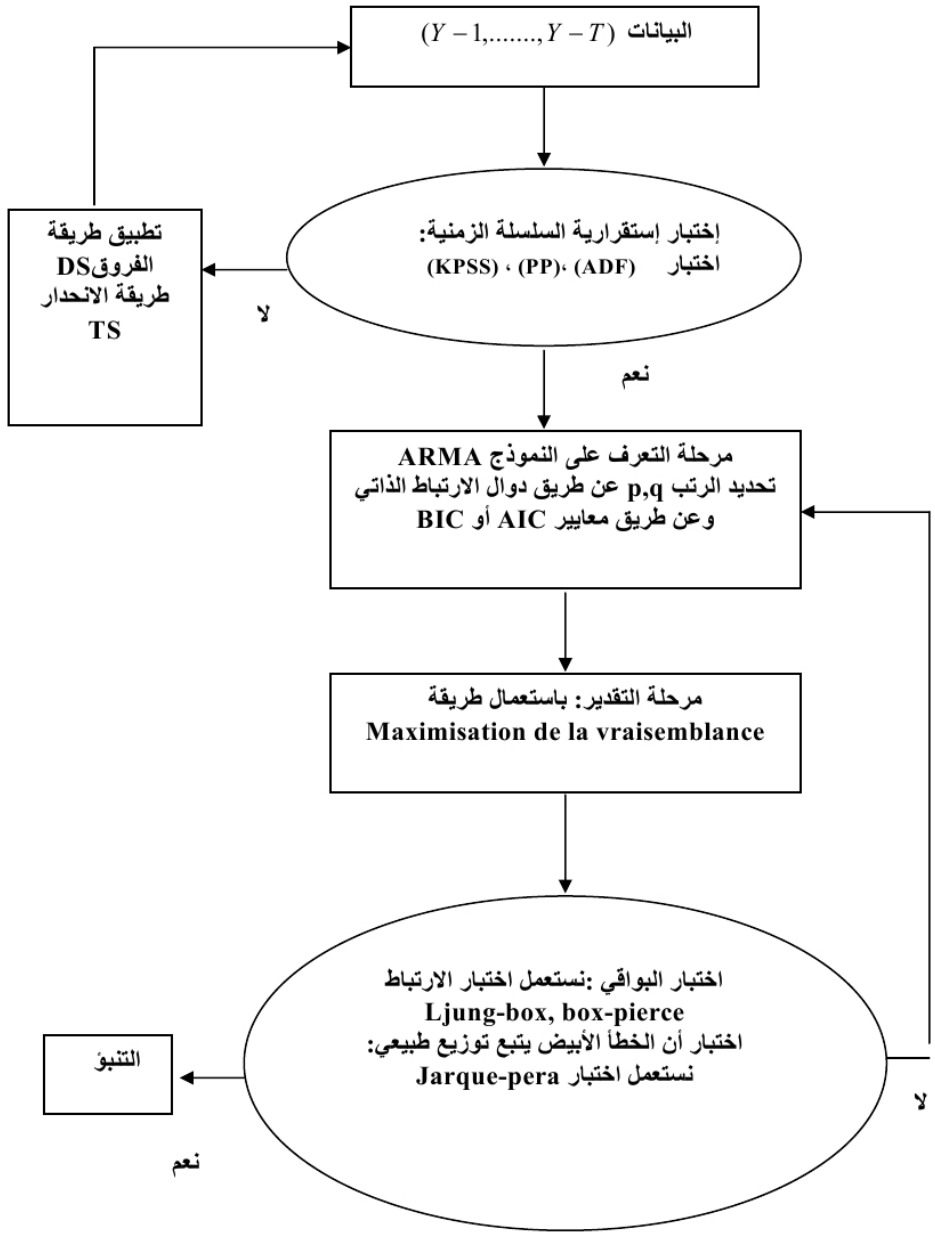
$$\hat{y}_{t+k} \pm \alpha_1 - \frac{\alpha}{2} * \sigma_\varepsilon (\sum_{i=0}^{k-1} \Psi_i^2)^{1/2}$$

$\alpha = 5\%$ من الجدول الطبيعي نجد $\alpha_1 - \frac{\alpha}{2} = 1.96$

في الأخير نقوم بوضع مخطط لمختلف مراحل منهجية Box-Jenkins بشيء من التفصيل في الشكل (1- 5):

[1] Sandrine Lardic , Valérie Mignon " op-cité " p51
[2] Georges Bresson , Alain Pirotte " op-cité " p91

شكل (1- 5): مخطط لسيرورة منهجية Box-Jenkins




Source: Mohamed Boutaher " Analyse des series chronologiques " P15:
www.lumimath. Univ-mrs.fr /~ boutahar/ AE2pro.pdf

### 1-2 نماذج الانحدار الذاتي المشروطة بعدم ثبات تباينات الأخطاء ARCH:

تعتبر فرضية تبات التباين للخطأ العشوائي في نماذج *ARIMA* غير واقعية في بعض الحالات وهذا ما قد يؤثر خاصة على الاختبار الإحصائية للقوة التنبؤية للنموذج *ARIMA* من جهة مجالات الثقة التنبؤية المقدرة من جهة أخرى، هذا ما دفع الباحث R.Engle (1982)[1] باقتراح نماذج *ARCH* تقوم بنمدجة تباين الأخطاء العشوائية وتحسين فترات الثقة التنبؤية ويمكن كتابة الصياغة العامة للنموذج $ARCH(p)$ كما يلي:

$$ARCH(p).\ h_t^2 = \alpha_o + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$$

### 1-3 نماذج تعميم الانحدار الذاتي المشروطة بعدم ثبات تباينات الأخطاء GARCH[2]:

تعتبر السلاسل الزمنية من الأساليب الإحصائية التي تستخدم في تحميل النماذج التي لا تستند إلى نظرية والتنبؤ بالمستقبل بالاعتماد على بيانات سلسلة تاريخية ومن أهم هذه النماذج ARIMA التي تستخدم في الكثير من مجالات الحياة، ومن اجل استخدام نماذج ARIMA لابد من توافر الشروط آلاتية الخاصة بالخطأ العشوائي للنموذج:

$$i)\ E(\varepsilon_i) = 0$$
$$ii)\ E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2$$
$$iii)\ E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0 \ \ for\ s \uparrow t$$

لكن في الواقع يصعب تحقيق الشرط الثاني والثالث، لذلك تم التفكير في أيجاد نموذج يأخذ بنظر الاعتبار عدم تحقق هذين الشرطين وتحسين مطابقة النموذج للبيانات وهذا النموذج هو نموذج GARCH.

---

[1] Engle, Robert F. "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation," Econometrica, 50, 987-1008. 1982.

[2] محمد جاسم محمد " استخدم نماذج GARCH للتنبؤ بمؤشر سوق الاوراق المالية السعودية "، السنة غير موجودة، ص 1

ومن أجل معالجة مشكلة التطاير (Volatility) في السلاسل الزمنية قدم الباحث Engle لأول مرة في العام 1982 نموذج ARCH المشروط التباين، والصيغة الرياضية لهذا النموذج هي كما يأتي[1]:

$$ARCH(p).\ h_t^2 = \alpha_o + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$$

حيث أن

$\alpha_0 > 0$ ، $\forall i > 0$ ، $\alpha_i > 0$ تمثل معلمات النموذج

ويستخدم اليوم وعلى نطاق واسع نموذج تعميم الانحدار الذاتي المشروطة بعدم ثبات تباينات الأخطاء GARCH الذي وضع في العام 1986 من قبل العام Bollersley لقياس التباين والتنبؤ بالتطاير التاريخية اللاحقة بالاعتماد على المعدل الموزون لبيانات التقلبات التاريخية السابقة مضافا إليها العنصر غير المتوقع للتطاير. ليصبح النموذج بالصيغة الآتية[2]:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \alpha_2 a_{t-2}^2 + \ldots + \alpha_q a_{t-q}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \ldots + \beta_p \sigma_{t-p}^2$$

[1] Engle, R. " op-cité " 1982.
[2] Bollerslev, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of Econometrics 31, 307–327. 1986.

### 1-3-1 اختبارات نماذج GARCH:

من أجل اختبار وجود مشكلة الارتباط الذاتي في بيانات السلسلة الزمنية يستخدم اختباران هما[1]:

#### 1-3-1-1 اختبار Ljung-Box:

يعتبر هذا الاختبار من الاختبارات التي تستخدم في اختبار عشوائية أخطاء السلسلة الزمنية وذلك من خلال حساب معاملات الارتباط الذاتي للبواقي لمجموعة من الدارجات، وتكتب فرضية الاختبار بالصيغة الآتية[2]:

$$H_0 = \rho_1 = \rho_2 = ..... = \rho_k = ..... = \rho_m = 0 \qquad \forall k = 1,2,....,m$$
$$H_1 = \rho_k \uparrow 0$$

ومن أجل إختبار الفرضيتين يجب حساب إحصائية (Ljung-Box) $Q'$ والمعرفة بالعلاقة الآتية:

$$Q' = n(n+2)\sum_{k=1}^{h}\frac{\hat{p}_k^2}{n-k}$$

حيث:

$\hat{p}_k^2$ : قيمة الإرتباط الذاتي من الدرجة $k$ .

$h$ : معامل التأخر.

$n$ : عدد المشاهدات.

إن إحصائية $Q'$ تتبع توزيع $\chi^2$ (chi-deux) بدرجة حرية يساوي $h$ ومستوى معنوية $\alpha$، وعليه يتم تحديد قيمة $Q'_{tab}$ ليتم مقارنتها با قيمة $Q'_{cal}$، فإذا كان $Q' < Q'_{tab}$ يعني ذلك عدم رفض الفرضية $H_0$، أي أن الأخطاء عشوائية ولا يوجد تأثير لـ ARCH، والعكس صحيح.

[1] محمد جاسم محمد " مرجع سبق ذكره "، السنة غير موجودة، ص 3

[2] Bollerslev, T., Chou, R.Y., Kroner, K.F. ARCH modeling in finance: a review of the theory and empirical evidence. Journal of Econometrics 52, 5–59. 1992 .

### 1-3-1-2 اختبار ARCH[1]:

قبل تقدير نموذج ARCH لابد من إجراء اختبار للتأكد أولا من أن تباين البواقي ثابت عبر الزمن ومن بين هذه الاختبارات نجد اختبار ARCH والذي يتم عن طريق اختبار الفرضيتين الاتيتين:

$$H_0 : \alpha_i = 0 \quad for \ (i = 1,2,....., p)$$
$$H_1 : \alpha_i \uparrow 0$$

ففي حالة قبول الفرضية $H_0$ فهذا يعني بأن تباين الخطأ تابت عبر الزمن والعكس في حالة قبول الفرضية $H_1$

أما إحصاءات الاختبار فيمكن حسابيا باستخدام الصيغة الآتية:

$$LM_{cal} = n \times R^2 \rightarrow \chi^2_{(p)}$$

حيث:

n: تمثل عدد المشاهدات.

$R^2$: معامل التحديد للنموذج الآتي: $\varepsilon_t^2 = \alpha_o + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$

$\varepsilon_t$: بواقي النموذج ARIMA

إن الاحصاءة $LM_{cal}$ تتبع توزيع كاي تربيع بدرجات حرية $p$ أي $\chi(p)$ لدا يتم تحديد قيمة $LM_{tab}$ الجدولية فإن كان:

$LM_{tab} > LM_{cal}$ فهذا يعني قبول الفرضية العدمية $H_0$ أي أن تباين الأخطاء تابت عبر الزمن والعكس صحيح.

[1] مكيديش محمد، ساهد عبد القادر " دراسة قياسية لأسعار البترول باستخدام نماذج GARCH " مجلة الاقتصاد المعاصر، العدد 03 أفريل 2008، ص ص 171-189.

ويتم تحديد معامل التأخر $p$ بالنسبة للنموذج ARCH انطلاقا من معيار AKAIKE حيث أن الدرجة $p=3$ تعتبر كدرجة قصوى.

**1-3-2 تقدير معلمات نموذج GARCH[1]:**

تستعمل طريقة الإمكان الأكبر لتقدير معممات النموذج، اذ يتم تحديد دالة الإمكان الأكبر بالاعتماد على التوزيع العشوائي لخطأ النموذج، وفي حالة كان الخطأ العشوائي للنموذج يتوزع التوزيع الطبيعي المعياري، فان دالة الإمكان ستكون بالصيغة الاتية[2]:

$$L(r_t/\Theta) = -\frac{N}{2}\log(2\neq) - \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N}\log\sigma_t^2 - \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N}\varepsilon_t^2/\sigma_t^2$$

حيث أن $\Theta=\{\propto,\alpha_0,\alpha_1,\beta_1\}$ متجه المعلمات المراد تقديرها اذ كان نموذج GARCH من الدرجة الأولى أي أن:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1\sigma_{t-1}^2$$

وفي حالة كان الخطأ يتوزع توزيع student's t المعياري فان دالة الإمكان ستكون بالصيغة الآتية[3]:

$$L(r_t/\Theta) = \sum_{t=1}^{N}\log\left(\frac{\Gamma[(v+1)/2]}{\sqrt{\Gamma(v-2)}\Gamma(v/2)}\right)\frac{1}{2}\log\sigma_t^2 - \left(\frac{v+1}{2}\right)\log\left[1+\frac{\varepsilon_t^2}{v-2}\right]$$

[1] محمد جاسم محمد " مرجع سبق ذكره "، السنة غير موجودة ص 4

[2] Bollerslev, T., Chou, R.Y., Kroner, K.F. " op-cité " 1992.

[3] Jui-Cheng Hung , Ming-Chih Lee, Hung-Chun Liu,. Estimation of value-atrisk for energy commodities via fat-tailed GARCH models. Energy Economics 30 ,1173–1191. 2008.

حيث أن $\Theta = \{\propto, \alpha_0, \alpha_1, \beta_1, \nu\}$ متجه المعلمات المراد تقديرها اذ كان نموذج GARCH من الدرجة الأولى، لحصول على تقديرات للمعلمات يتم اشتقاق دالة الإمكان بالنسبة للمعلمات المراد تقديرها.

### 1-3-3 التنبؤ المستقبلي[1]:

يعتبر التنبؤ آخر مرحلة من مراحل تحليل السلاسل الزمنية وبالأحرى يمثل الهدف النهائي من دراسة السلاسل الزمنية، وفي أدناه توضيح لعملية التنبؤ بالنسبة لنماذج ARCH و GARCH.

**1-3-3-1 التنبؤ باستخدام نموذج ARCH(p):** يمكن استخدام العلاقة الآتية للتنبؤ بالتباين للخطأ العشوائي واستعماله لتحسين المجالات التنبؤية باستخدام العلاقة الآتية:

$$h_{\varepsilon}^{2}(t+m)=\alpha_{0}+\sum_{i=1}^{m}\alpha_{i}h_{\varepsilon}^{2}(t+m-1)$$

**1-3-3-2 التنبؤ باستخدام نموذج GARCH(p,q):** أما بالنسبة لنموذج GARCH فيمكن استخدام الصيغة الآتية للتنبؤ:

$$h_{t}^{2}(t+m)=\alpha_{0}+\sum_{i=1}^{p}\alpha_{i}\varepsilon_{t}^{2}+\sum_{j=1}^{q}\beta_{j}h_{t-j+m}$$

حيث:

$m$: أفق التنبؤ.

ويمكن حساب مجالات التنبؤ باستخدام المجال الآتي وهذا عند مستوى معنوية 5%:

$$\left[\hat{y}_{t+m}\pm 2.\hat{h}_{t+m}\right]$$

[1] مكيديش محمد، ساهد عبد القادر " مرجع سبق ذكره " ، العدد 03 أفريل 2008، ص ص 171-189.

### 1-4 تقييم واختيار طرائق التنبؤ:

يعالج هذا الجزء تقييم جودة التنبؤ، ومنها مقاييس الخطأ وهي عبارة عن المؤشر الذي يعبر عن الخطأ (الانحراف) ما بين القيمة الحقيقية والقيمة المقدرة للمشاهدات ففي كل محاولة من محاولات دارسة الظاهرة يستوجب قياس الخطأ لملاحظة مدى انحراف المشاهدة المقدرة عن المشاهدة الحقيقية، والتي تفيد إمكانية وضع رؤية حقيقية عن التقديرات المستقبلية للتنبؤ بسلوك الظاهرة لغرض اتخاذ القرار والإجراءات بشأنها في المستقبل

### 1-4-1 أنواع مقاييس الخطأ:

هناك عدد كبير من المقاييس المستخدمة لتقييم جودة التنبؤ وتنقسم المقاييس التي يمكن أن يقاس بها الخطأ اعتمادا على طبيعة المتطلبات التي تحددها المشكلة المدروسة إلى نوعين[1]:

#### 1-4-1-1 المقاييس المطلقة Absolute measures:

هي مقاييس تتعامل بتجرد فعلي مع الخطأ دون الدخول في نسبة الخطأ في المشكلة المدروسة وهو أكثر عمومية من غيرها واقل دقه من باقي المقاييس وهو على أنواع:

**1- مقياس متوسط الأخطاء Mean square error:**

هو عبارة عن مجموع الأخطاء لكل محاولات للظاهرة قيد الدرس مقسوما على عدد تلك المحاولات ويكتب بالصيغة الرياضية (الإحصائية) الآتية:

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i}{n}$$

حيث: $e_i = y_i - \hat{y}_i$

$n$ : عدد المشاهدات

[1] مظهر خالد عبد الحميد " بناء نماذج برمجة الأهداف لتقدير نموذج الانحدار الخطي البسيط " مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية، المجلد 5، العدد 14، ص ص 182-206،2009.

**2- متوسط مطلق الأخطاء Absolute mean error:**

هذا المقياس عبارة عن مجموع مطلق الأخطاء لكل المحاولات المدروسة للظاهر قيد الدرس مقسوما على عدد المحاولات ويكتب بالصيغة الرياضية الآتية:

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_i|}{n}$$

**3- مجموع مربعات الخطأ Sum square error:**

وهو مجموع مربعات الخطأ لكل محاولات الظاهرة قيد الدرس ويكتب بالصيغة الرياضية الآتية

$$S.S.E = \sum_{i=1}^{n} e_i^2$$

**4- متوسط مربعات الخطأ Mean square error:**

هذا المقياس هو عبارة متوسط مربعات الخطأ لكل محاولات الظاهرة قيد الدرس مقسوما على عدد تلك المحاولات.

$$M.S.E = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n}$$

**5- الانحراف المعياري للاخطاء Standard deviation error:**

وهو الجذر التربيعي لمجموع مربعات الخطأ لمحاولات الظاهرة قيد الدرس مقسوما على عدد تلك المحاولات ناقص اثنان وهو من المؤشرات المهمة التي تبين جودة توفيق معادلة الانحدار بمعنى اخر دقة تمثيل معادلة الانحدار للعلاقة بين

المتغيرين كما يستفاد من هذا المؤشر لدى إجراء المقارنة بين معادلتي انحدار أو أكثر حول نفس الظاهرتين في دارستين مستقلتين. ويكتب بالصيغة الرياضية الآتية:

$$S.D.E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n-2}}$$

**1-4-1-2 المقاييس النسبية Relative measures:**

هي المقاييس التي تتعامل مع نسبة الخطأ المئوي لمحاولات الظاهرة قيد الدرس وهي أكثر دقة من المقاييس المطلقة ومن أهمها:

**1- مقياس الخطأ المئوي Percentage error:**

هو مقياس يقيس نسبة الخطأ المئوي في الظاهرة قيد الدرس ويكتب بالصيغة الرياضية الآتية:

$$P.E = \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} * 100\%$$

**2- مقياس متوسط الخطأ المئوي Mean percentage error:**

هو مقياس يقيس متوسط الأخطاء المئوية أي أنه يجمع الأخطاء المئوية ويقسمها على عدد المحاولات للظاهرة قيد الدرس ويكتب بالصيغة الرياضية الآتية:

$$M.P.E = \frac{\sum_{i=1}^{n} PE}{n}$$

**3- متوسط مطلق الخطأ المئوي Mean absolute percentage error**

وهو مقياس يقيس مجموع مطلق الأخطاء المئوية ويقسمها على عدد تلك المحاولات للظاهرة قيد الدرس ويكتب بالصيغة الرياضية الآتية:

$$M.A.P.E = \frac{\sum_{i=1}^{n} |PE|}{n}$$

**4- استخدام مؤشر $(U)$ لـــ Theil:**

يقارن هذا المؤشر التقدير المستخدم مع طريقة أخرى تقــضي بأخــذ القيمــة الأخيرة المحققة باعتبارها تنبؤ جديدا. وهو يعرف في اللحظة t بالعلاقة التالية[1]:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=T-1} (CRP_{i+1} - CRR_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^{i=T-1} (CRR_{i+1})^2}}$$

حيث:

$T$: عدد فترات التنبؤ (مثال=12).

$CRP$: التغير النسبي المتوقع (مثال = +5,2 %).

$CRR$: التغير النسبي الحقيقي (مثال = +3,2 %).

يمكن تلخيص آلية تفسير قيمة المؤشر $U$ على النحو التالي:

$U = 1$: هذا يعنى أن التنبؤ المستخدم يعادل التنبؤ البسيط الذي يقضي باعتبار القيمة الأخيرة المحققة قيمة تنبؤية.

$U < 1$: التنبؤ المستخدم أفضل من الطريقة الأخرى وتتحسن قيمته كلما اقتربت قيمة المؤشر $U$ من الصفر.

$U > 1$: تقنية التنبؤ المستخدمة ليست جيدة وأكثر سوءا من الطريقة الأخرى.

[1] ريجي بوربوبي، جان كلود إيزينيه، ترجمة أيمن نايف العشعوش، " التنبؤ بالمبيعات بين النظرية والتطبيق " فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر. 2008 ، ص 301.

**خلاصة:**

إن نماذج ARIMA هي من أساليب التنبؤ النظامية الغير سببية التي تبنى على أساس تفكيك السلاسل الزمنية. وهي ناتجة عن دمج نماذج الانحدار الذاتي AR ونماذج المتوسطات المتحركة MA، وتسمى نماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك المتكامل Autoregressive Integrated Moving Average.

ولكي يتم تطبيق نماذج ARIMA في التنبؤ بالسلاسل الزمنية يجب المرور بالخطوات آلاتية:

1. التأكد من استقرار السلسلة الزمنية، والقيام بالتفاضل إذا كانت السلسة الزمنية غير مستقرة.
2. تشخيص رتب الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة.
3. تقدير معلمات النموذج.
4. التأكد من قدرة النموذج التنبؤية.

وإن الهدف من نماذج GARCH هو نمذجة التباين (variance)، وأكثر استخدامها يكون في نماذج البيانات المالية، لان الاتجاه الحديث لدى المستثمرين لا ينصب فقط على دراسة والتنبؤ، وإنما يهتمون أيضا بعنصر المخاطرة أو عدم التأكد (uncertainty)، ولدراسة عدم التأكد فنحن بحاجة إلى نماذج خاصة تتعامل مع تطاير (voltaility) قيم الظاهرة عبر سلسلة زمنية أو ما يمكن أن نطلق عليه بتباين السلسلة (variance)، والنماذج التي تتعامل مع هذا النوع من التباين تنتمي إلى ما يمكن تسميته بأسرة نماذج GARCH.

# الفصل الثاني:
# الشبكات العصبية الإصطناعية

**تمهيد:**

يعتبر أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية أسلوب حديث نسبيا، يحاكي عملية جمع المعلومات واستغلالها وتكثيفها في العقل البشري بهدف الوصول إلى قرار ما، وقد أثبت هذا الأسلوب نجاحات كثيرة في عدة مجالات.

وقد ظهرت مؤخرا عدة استخدامات للشبكات العصبية الاصطناعية في مجالات التطبيقات التجارية، منها مثلا استخدام هذه الطريقة في التنبؤ بأسعار صرف العملات، والتنبؤ بأسعار الأسهم والسندات في البورصات العالمية، وكذلك في دراسة المخاطرة في منح القروض الشخصية والتجارية من قبل البنوك والمؤسسات المالية.

ويشتهر أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية بقدرته على اكتشاف العلاقات النمطية. والنمذجة الإحصائية تعد من أكثر العلاقات النمطية استخداما في التطبيقات الاقتصادية.

فلقد أثبتت هذه النماذج مقدرتها على السهولة والدقة في التنبؤ عن الطرق الإحصائية التقليدية، حيث يتم تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) دون النظر إلى فرضيات معينة عن طبيعة المتغيرات وعلاقتها مع بعضها البعض على العكس من الطرق التقليدية في التنبؤ.

وسوف نتعرض في هذا الفصل لهذا الهدف من خلال التركيز على قسم يعرض صورة عامة عن أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية، بدءا من تعريف الشبكة العصبية الاصطناعية ومكوناتها والطرق المختلفة لتكوين منظوماتها، ثم يعرض طريقة عمل الشبكة العصبية الاصطناعية بدءا من مرحلة التدريب ثم مرحلة التعلم، والطرق المختلفة لكل منهما، ثم مرحلة التنبؤ.

**2-1 المفهوم الأساسي للشبكات العصبية الاصطناعية:**

تعد الشبكات العصبية الاصطناعية أحد حقول الذكاء الاصطناعي الذي شكل تطورات ملحوظا في طريقة ميكنة التفكير الإنساني. إن فكرة الشبكات العصبية تتمحور حول محاكاة المخ باستخدام الحاسب الآلي، ولعل الفضل في تطور هذا الحقل يعود بدرجة كبيرة إلى الدراسات العديدة التي تمت في حقل المعالجة العصبية والذي يدرس النشاط العصبي في مخ الإنسان. هذه الدراسات تعمل على محاولة محاكة العقل البشري في طريقة حله للمسائل التي تواجهه وذلك من خلال إتباع عملية التعليم الذاتية التي تحدث في العقل والتي يتم فيها الاستفادة من الخبرات التي مرت عليه في السباق في سبيل الوصول إلى نتائج أفضل في المستقبل[1].

تحاول الشبكات العصبية من تقليد النظام العصبي عند الإنسان. وبالتالي فإن دارسة النظام العصبي البشري يعطي معرفة واضحة لكيفية عمل الشبكات العصبية. وتعتبر الوحدة (الخلية) العصبية الواحدة نظام كامل للمعلومات حيث يقوم هذا النظام بتشغيل المعلومات ومن ثم إرسالها إلى باقي الوحدات العصبية الأخرى. فعندما تقوم الإشارات بالوصول إلى المخ البشري تقوم الوحدات العصبية المعنية باستقبالها وتحليلها ومن ثم إرسالها كإشارات إلى الخلايا العصبية الأخرى. وتذكر العلم المهتم بالخلايا العصبية أن الخلية العصبية الواحدة من الممكن أن تعمل كخلية مثيرة فتقوم بإرسال الإشارة أو إطلاقها أو أن تعمل كخلية غير مثيرة فتمتنع عن إطلاق الإشارة. فإذا كانت (الإشارات) المستقبلية تتعدى حدا معينا من قبل الدماغ فإن ذلك يدعو إلى إطلاق الإشارة وتكون الخلايا العصبية متصلبة بباقي الخلايا بشكل شبكات متعددة (على هذا الأساس سمي العلم الجديد بعلم الشبكات العصبية)[2].

سميت الشبكات العصبية الاصطناعية ANN بهذا الاسم كونها شبكة من وحدات الاتصالات الداخلية، إذ أن هذه الوحدات مستوحاة من دراسة أنظمة الأعصاب الحيوية.

---

[1] جعفر محمد حاجي، محمد عبد الهادي المحميد " الشبكة العصبية: التنبؤ بأسعار صرف الدينار الكويتي مقابل الدولار الأمريكي " المجلة العربية للعلوم الادارية، مجلد 6، عدد 1، يناير ، 17-35. 1999

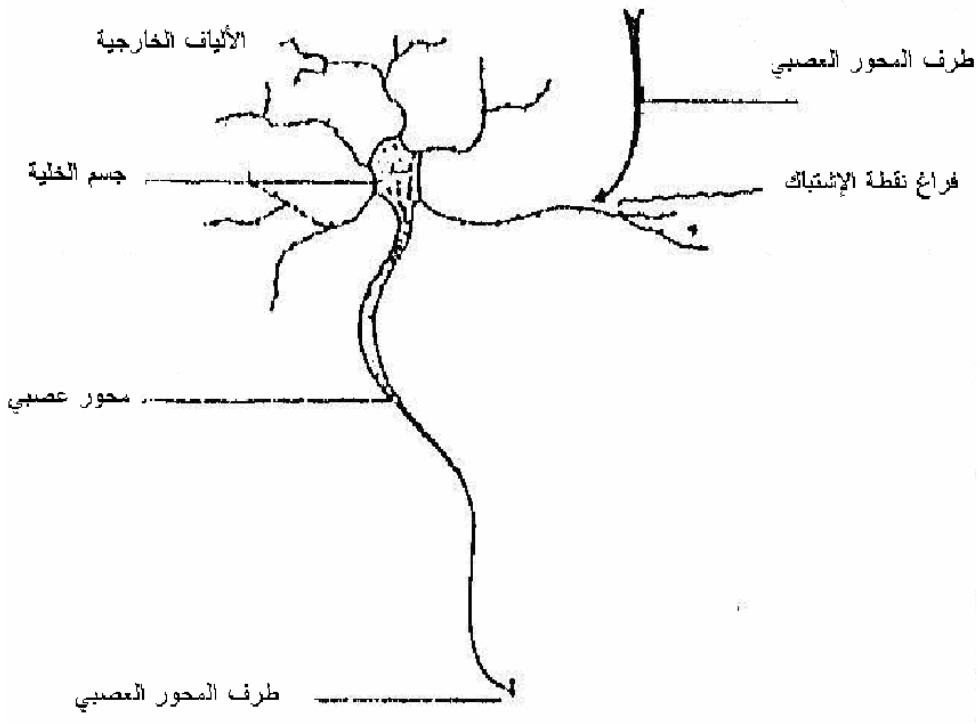
[2] مسعود عبد الله بدري واخرون " استخدام تحليل التمايز والشبكات العصبية في التنبؤ بدرجة اعتمادية العميل المصرفي " المجلة العربية للعلوم الادارية، مجلد 3، عدد 2، مايو ، 295-315. 1996

إن فكرة عمل الشبكات العصبية الاصطناعية هو محاكاة البيانات للوصول إلى نموذج لهذه البيانات لغرض التحليل أو التصنيف أو التنبؤ أو أي معالجة أخرى دون الحاجة إلى نموذج مقترح لهذه البيانات، وبهذه فقد حازت الشبكات العصبية الاصطناعية اهتمام الكثير من الباحثين والعلماء إذ لها المرونة العالية بالمقارنة مع الأساليب الرياضية المستخدمة في عملية التعلم على نموذج البيانات وخزن المعلومات وبثها في الشبكة العصبية الاصطناعية[1].

إن الشبكات العصبية الاصطناعية هي تقنيات حسابية مصممة لمحاكاة الطريقة التي يؤدي بها الدماغ البشري مهمة معينة، وذلك عن طريق معالجة ضخمة موزعة على التوازي، ومكونة من وحدات معالجة بسيطة، هذه الوحدات ما هي إلا عناصر حسابية تسمى عصبونات أو عقد والتي لها خاصية عصبية، من حيث إنها تقوم بتخزين المعرفة العملية والمعلومات التجريبية لتجعلها متاحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط الأوزان ، ويوضح الشكل (2-1) أجزاء الخلية العصبية واستخدامها في الخلية الحيوية والتي تتمثل بنبضات كهربائية ترسل من خلية إلى أخرى، وقوة وضعف النبضات تحدد ردة الفعل للخلية المستقبلة لهذه النبضات بحيث تكون ردة الفعل إما محفزة (إشارة موجبة) أو مهبطة (إشارة سالبة).

[1] خالد وليد عطا الشبيبي، " دراسة بعض الطرائق التقليدية والشبكة العصبية الاصطناعية في التنبؤات المستقبلية "، ماجستير في بحوث العمليات، جامعة بغداد، 2007، ص 11.

شكل (2-1): الأجزاء الرئيسية للخلية العصبية الحيوية




المصدر: ملفي منشر عوض دخيل الظفيري " استخدام الشبكات العصبية والأساليب الإحصائية التقليدية للتنبؤ بأعداد الركاب على الخطوط الجوية الكويتية " ماجستير في الإحصاء التطبيقي والتأمين، جامعة قناة السويس، 2004 ، ص 95.

## 2-2 الدارسات السابقة[1]:

في عام 1943 قام McCullch and Pitts (1943) بنشر مقالة شرح فيها أسس العمليات التي تتم في الوحدات العصبية. في هذه المقالة أوضح كيف أن من هذه الوحدات يمكن أن يكون لها نفس تركيب التعابير المنطقية المنتهية.

وفي عام 1949 قام Donald Hebb (1949) بوصف لطريقة التعلم الذاتية التي تتم في هذه الوحدات.

وفي عام 1958 قام Frank Rosenblatt (1958) بتطوير أول نظام للشبكات العصبية باسم Perceptorn وذلك في جامعة " كورنيل "، وكان ذلك أول نظام في الشبكات العصبية وكان قادرا على تصنيف النماذج الرياضية (Geometric Patterns).

وفي عام 1960 قام Bertrand Widrow (1960) تم تطوير نظام (Adaptive Linear) وهذا النظام كان يعمل على التخلص من الصدى الحاصل في خطوط الهاتف.

لكن استخدام الشبكات العصبية في تطبيقات حقيقية لم يتم إلا في شهد حقل الشبكات العصبية فترة ركود طويلة استمرت من نهاية الستينيات حتى أواخر الثمانينات حين عاد حقل الشبكات العصبية للبروز بقوة من جديد، وحسب قول Levine (1990) فإن هناك سببين لهذا الظهور الجديد. السبب الأول يعود إلى التطور الكبير الذي شهدته نظريات الشبكات العصبية وذلك في حقل الأحياء العصبية Neurobiology، في حين أن السبب الثاني يعود إلى فشل الذكاء الاصطناعي بصورته التقليدية في حل المشاكل الفنية المعقدة في التطبيقات الصناعية، ويضيف Bernard Widrow (1994) سببا ثالثا لهذا الظهور وهو يتمثل في القدرة الفائقة التي أصبحت تتمتع بها أجهزة الحاسب.

وفي عام 1986 قام Rumelhart et al, (1986a. 1986b) باكتشاف طريقة " التدريب التراجعي التعديلي " Back-Propagation Algorithm في التعلم الذاتي داخل

[1] جعفر محمد حاجي، محمد عبد الهادي المحميد " مرجع سبق ذكره "، 17-35. 1999

الوحدات العصبية من أبرز التطورات التي عملت على تشريع نمو حقل الشبكات العصبية. ومنذ ظهور طريقة " التدريب التراجعي التعديلي " ظهرت عدة طرق في التعلم الذاتي إلا أن طريقة " التدريب التراجعي التعديلي " ظلت حتى وقتنا الحالي الطريقة المثلى في عملية التعلم الذاتية في تطبيقات الشبكات العصبية[1].

يمكن القول أن بداية تاريخ التفكير في الشبكات العصبية الاصطناعية قد بدأ في القرن الماضي حيث قام فرويد (Freud) بالتعرض الفلسفي للفكرة العامة لها، ويعتبر أول تطبيق عملي للشبكات البدائية في عام 1913 حيث نفذ (Russel) جهازا هندوليكيا معتمدا على الفكرة العامة لهذه الشبكات، ويمكن اعتبار فترة الأربعينات (1940-1950) هي البداية الحقيقية لتطور هذه الشبكات حيث ساهم الكثير من العلماء والمهندسين في تطويرها، وتعتبر التسعينات من هذا القرن الماضي هي القفزة الحقيقية في التطوير، حيث أعلن البيت الأبيض الأمريكي أن العقد الحالي (1900-2000م) هو عقد المخ والشبكات العصبية والحساب العصبي، وذلك نظرا للزيادة الكبيرة في عدد المهتمين بها والذين حضروا مؤتمرات الجمعية الأمريكية الفيزيائية (American Physical Society) أعوام 1985، 1986، 1987 والذي أرتفع عددهم من 60 شخصا إلى أكثر من 2000 شخص في الأعوام التالية (1988-1990) بعد ذلك.

[1] جعفر محمد حاجي، محمد عبد الهادي المحميد " مرجع سبق ذكره "، 17-35. 1999

### 2-3 أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية:

هناك العديد من الشبكات العصبية الاصطناعية المستخدمة في معالجة أنماط البيانات وكل نوع من هذه الأنواع له خصوصية في المعمارية وآلية معالجة المعلومات من خلال عدد ونوع العقد في كل طبقة بالإضافة إلى نوعية دوال التنشيط وآلية تعديل الأوزان ومن هذه الشبكات:

1- شبكة الإدراك العصبية

2- الشبكة العصبية ذات التراجع الخلفي للخطأ

3- شبكة الانحدار العصبية المعممة.

### 2-3-1 شبكة الإدراك العصبية[1]:

تعد شبكة الإدراك من أوائل الشبكات التي تم دراستها في منتصف 1950 وهي شبكة وحيدة الطبقة وذات تغذية أمامية وهي من الشبكات التي تتعلم بإشراف. كما أن خوارزمية التعليم لها اكتشفها العالم (Frank Rosenblatt) سنة 1958.

### 2-3-2 الشبكة العصبية ذات التوزيع الخلفي للخطأ[2]:

تعتبر شبكة التوزيع للخلف أكثر استعمالا من طرف الباحثين في هذا المجال. ويعتمد هيكل الشبكة على عدد الطبقات layers وعدد الوحدات المعالجة في كل طبقة. وليس هناك قاعدة عامة لمعرفة أو إيجاد البنية الأفضل للشبكة العصبية الاصطناعية لمسألة معينة وهي تعتمد على التجربة. ومثال على تركيبة شبكة التوزيع للخلف موضح في الشكل (2-2) حيث إن الشبكة الاصطناعية تتكون من طبقة إدخال، عدد من الطبقات الخفية وطبقة الإخراج، وتحتوي كل طبقة على عدد معين من الوحدات التي تتبادل المعلومات مع وحدات أخرى. تحتوي طبقة الإدخال على وحدات إدخال، تحتوي الطبقات المختفية على عدد معين من الوحدات، وتحتوي طبقة الإخراج على وحدات الإخراج. حيث إن الإدخال الأولي للمعلومات يكون عن طريق طبقة الإدخال والنتيجة أو الحلول عن طريق طبقة الإخراج.

---

[1] د عمر صابر قاسم، إسراء رستم محمد " دراسة رياضية تحليلية لخوارزميات الشبكات العصبية الاصطناعية في ملائمة نموذج للتشخيص الطبي " المؤتمر العلمي للرياضيات-الاحصاء والمعلوماتية 2012، جامعة الموصل- كلية علوم الحاسبات والرياضيات، ص 6

[2] د عباس برابس " تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في الهندسة الإنشائية: نظرة عامة " مجلة جامعة الملك سعود، م 12، العلوم الهندسية (1)، ص ص 1-18، 2000.

تتكون معمارية شبكة ذات التوزيع الخلفي للخطأ من مرحلتين أساسيتين:

**المرحلة الأولى: المسار الأمامي:**

في هذه المرحلة يتم حساب قيم إشارة الإخراج لكل خلية في طبقات الشبكة بدءا من طبقة الإدخال باتجاه طبقة الإخراج، أي أن إشارة الإخراج لأي خلية لا تؤثر إلا في الطبقة التي تليها وتنتهي هذه المرحلة مع حساب إشارة الخطأ بين الإخراج الحقيقي (Actual Output) للشبكة والإخراج المطلوب (Target Output).

**المرحلة الثانية: المسار الخلفي:**

في هذه المرحلة يتم تعديل الأوزان باتجاه يسمح لإشارة الخطأ أن تكون ضمن المستوى المسموح به، إذ يتم إعادة نشر إشارة الإخراج للشبكة لتصبح إشارة إدخال باتجاه عكسي أي من طبقة الإخراج إلى طبقة الإدخال حيث يتم تعديل الأوزان.

### 2-3-3 شبكة الانحدار العصبية المعممة[1]:

تعد شبكة الانحدار العصبية المعممة من الشبكات العصبية الاصطناعية ذات التغذية الأمامية، اقترحت من قبل العالم الأمريكي (Donald F. Specht) سنة 1991. إن تعليم الشبكة لا يحتاج إلى عمليات تكرارية لذا تمتاز بالسرعة والدقة في معالجة المعلومات.

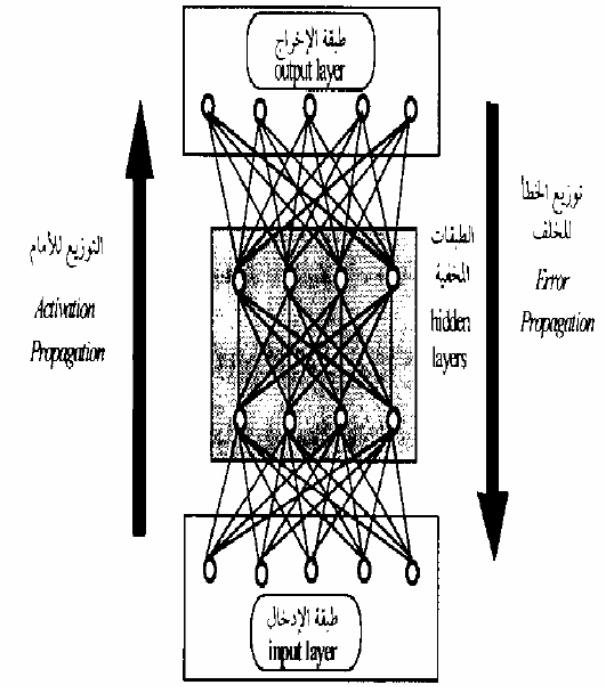
تحوي هذه الشبكة في تركيبها على مرحلتين من مراحل المعالجة للمعلومات:

المرحلة الأولى: في هذه المرحلة يتم إيجاد المسافة بين القيم المدخلة والتي غالبا ما تكون بشكل متجه وقيم الأوزان (غالبا ما تكون بشكل متجه أيضا)، ثم يضرب الناتج بقيمة التحيز وهو مقدار صغير.

المرحلة الثانية: تسمى الطبقة الخلية الخاصة ويتم فيها إيجاد الضرب النقطي بين متجه الأوزان ومتجه الإدخال (الذي يمثل إخراج المرحلة الأولى)، ثم يقسم الناتج على مجموع قيم الإدخال ولا يتم فيها حساب قيمة التحيز، أو حد العتبة.

[1] د عمر صابر قاسم، إسراء رستم محمد " مرجع سبق ذكره " 2012، ص 9

شكل (2-2): بنية الشبكة العصبية الاصطناعية (طريقة التوزيع للخلف)




المصدر: عباس برايس " تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في الهندسة الإنشائية: نظرة عامة " مجلة جامعة الملك سعود، م 12، العلوم الهندسية (1)، ص ص 1-18، 2000.

**2-4 مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية:**

بشكل عام، فان معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية النموذجية مكونة من ثلاثة مستويات أو طبقات هي[1]:

1- **مستوى (طبقة) الإدخال:** هو المستوى الأول في الشبكة العصبية، يحوي على عدد من العقد التي تمثل عدد المتغيرات المستقلة (الإدخالات).

2- **المستوى (طبقة) المخفي:** وهو المستوى الأوسط الذي يقع بين المستوى الأول (الإدخال) والمستوى الأخير (الإخراج)، فهو يلي المستوى الأول.

3- **مستوى (طبقة) الإخراج:** وهو المستوى الأخير في الشبكة العصبية الاصطناعية الذي يمثل مخرجات الشبكة العصبية.

ويتكون كل مستوى من المستويات الثلاثة أعلاه من:

أ- العقد أو الخلايا: تشكل نقاط الترابط العصبي بين مستويات (طبقات) الشبكة العصبية.

ب- المستوى: يمثل مجموعة العقد أو الخلايا التي تستلم الإدخال ولها إخراج.

ج- الأوزان: تشير الأوزان إلى مدى قوة الارتباط العصبي بين مستويات (طبقات) الشبكة العصبية فلكل عقدة (خلية) وزن يربطها مع المستوى السابق، ووزن يربطها مع المستوى اللاحق. إن القيم الأولية للأوزان في بداية تدريب الشبكة قيم عددية عشوائية يتم توليدها من توزيعات إحصائية، تحتوي الشبكة العصبية على ثلاث طبقات من الأوزان هي:

- ✓ طبقة أوزان مستوى المدخلات والمستوى المخفي.
- ✓ طبقة أوزان بين المستويات المخفية.
- ✓ طبقة أوزان المستوى المخفي ومستوى المخرجات.

[1] د صفاء يونس الصفاوي، د عزة حازم زكي، " مقارنة بين طريقتي التنقية المكيفة والشبكات العصبية مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (9) ص ص (49-66)، 2006.

### 2-5 الدوال التفعيل (التنشيط) (Activation Function):

هناك العديد من الدوال التنشيط والتحويل وسوف نعرض أكثر الدوال استخداما أو شيوعا في الشبكات العصبية الاصطناعية.

### 2-5-1 دالة التنشيط أو التحفيز اللوجيستيكية[1]:

تعود هذه التسمية إلى شكل الدالة الذي يتخذ شكل الحرف الانجليزي S ونستخدم في الطبقة الخفية، إذ تتراوح قيمتها بين 0 و 1 بحيث تكون F خطية وهي تحتوي على نوعين من الدوال:

أ- الدالة الثنائية بعتبة:

$$F(Ei)=\begin{cases}1 & si \quad Ei>\sigma, \ \sigma\in R\\ 0 & si \quad non \quad \sigma\, seuil\end{cases}$$

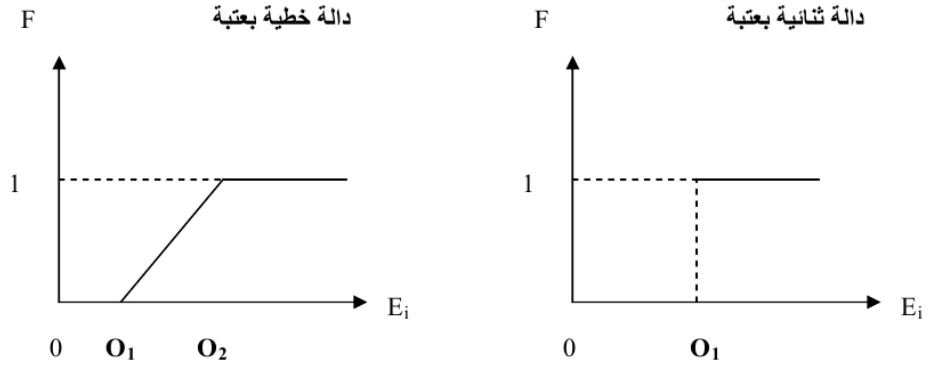
ب- الدالة الخطية بعتبة:

$$F(Ei)=\begin{cases}0 & si \quad Ei>\sigma_1\\ a & Ei+b, \quad si \quad Ei\in[\sigma_1,\sigma_2]\\ 1 & si \quad Ei>\sigma_2\end{cases}$$

ويوضح شكل (2-3) دالة التحفيز اللوجيستيكية.

[1] د صوار يوسف " محاولة تقدير خطر عدم تسديد القرض بإستعمال طريقة القرض التنقيطي والتقنية الشكبة العصبية الاصطناعية بالبنوك الجزائرية دراسة حالة: بنك الجزائري للتنمية الريفية BADR " دكتوراه في العلوم الاقتصادية تخصص تسيير، جامعة تلمسان، 2008، ص 161.

شكل (2-3): دالة التنشيط اللوجستيكية



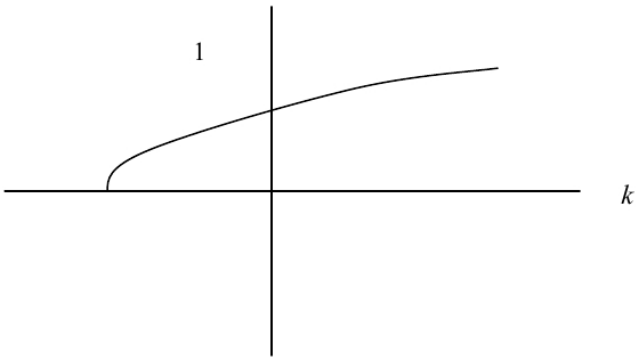

**المصدر:** صوار يوسف " محاولة تقدير خطر عدم تسديد القرض بإستعمال طريقة القرض التنقيطي والتقنية الشكبة العصبية الاصطناعية بالبنوك الجزائرية دراسة حالة: بنك الجزائري للتنمية الريفية BADR " دكتوراه في العلوم الاقتصادية تخصص تسيير، جامعة تلمسان، 2008، ص 161.

### 2-5-2 دالة Sigmoid[1]:

هذا النوع من الدوال تكون فيه قيمة الخرج أما 0 أو 1 أي ثنائي الخرج ولهذا تم تسميته بالدالة الثنائية وتوجد علاقة ربط بين هذه التوابع ومشتقاتها في نقطة معينة تخفف العبء عن الشبكة أثناء مرحلة التدريب من أجل معالجة الحسابات ويوضح شكل (2-4) دالة Sigmoid.

[1] ملفي منشر عوض دخيل الظفيري " استخدام الشبكات العصبية والأساليب الإحصائية التقليدية للتنبؤ بأعداد الركاب على الخطوط الجوية الكويتية " ماجستير في الإحصاء التطبيقي والتأمين، جامعة قناة السويس، 2004 ، ص 100.

شكل (2-4): دالة Sigmoid




المصدر: ملفي منشر عوض دخيل الظفيري " استخدام الشبكات العصبية والأساليب الإحصائية التقليدية للتنبؤ بأعداد الركاب على الخطوط الجوية الكويتية " ماجستير في الإحصاء التطبيقي والتأمين، جامعة قناة السويس، 2004، ص 102.

والشكل الرياضي لهذه التوابع هو

$$f(net)=\frac{1}{1+e^{-k\,net}}$$

حيث $k$ معامل الانحدار

ومن أهم فوائد استخدام الدالة Sigmoid في الشكل اللاخطي كما يلي[1]:

1- إن مدى هذه الدالة ينحصر بين الصفر والواحد الصحيح $0<f(net)<1$، وان المعامل $k$ هو ثابت موجب ويقوم بالتحكم في تدرج انحناء الدالة الحدية، حيث يكون الانحناء كبيرا عند القيم الصغرى للثابت $(k)$.

2- يمكن تعريف الثابت $k$ على أنه المتحكم التلقائي في مكسب الإشارة حيث يمكن التحكم في التغيير عندما تكون الإشارة الواقعة على الخط المائل للدالة صغيرة ويكون المكسب كبيرا، وعلى العكس عندما تكون الإشارة كبيرة فإن

[1] د محمد على الشرقاوي "الذكاء الاصطناعي والشبكات العصبية" الكتاب الأول ضمن سلسلة علوم وتكنولوجيا حاسبات المستقبل، مطابع المكتب المصري الحديث، سنة النشر غير مذكورة، ص 291.

التغيير يكون قليلا، وهذا يعنى أن الشبكة تكون مناسبة لقيم المداخل الكبيرة وتظل صالحة للقيم الصغرى.

3- أن هذه الدالة سهلة التفاضل وبذلك تكون مناسبة لاستخدام في شبكات الانتشار الخلفي، فإذا فرضنا أن قيمة الخرج من احد العناصر هو $o_{pj}$ كما يلي:

$$o_{pj} = f(net) = \frac{1}{1+e^{-k\,net}}$$

ويكون المشتق التفاضلي الأول دالة في قيم الخرج كما يلي:

$$\begin{aligned} f'(net) &= \frac{k\,e^{-k\,net}}{1+\left(e^{-k\,net}\right)^2} \\ &= k\,f(net)\left(1-f(net)\right) \\ &\quad k\,f\,o_{pj}\left(1-o_{pj}\right) \end{aligned}$$

### 2-5-3 دالة Sigmoid ثنائي القطبية[1]:

أما الشكل (2-5) الشائع الأخر لدالة التنشيط، فهو تابع Sigmoid ثنائي القطبية الذي يأخذ أي قيمة خلال الفترة [1،1-] ويعطى بالعلاقة التالية[2]:

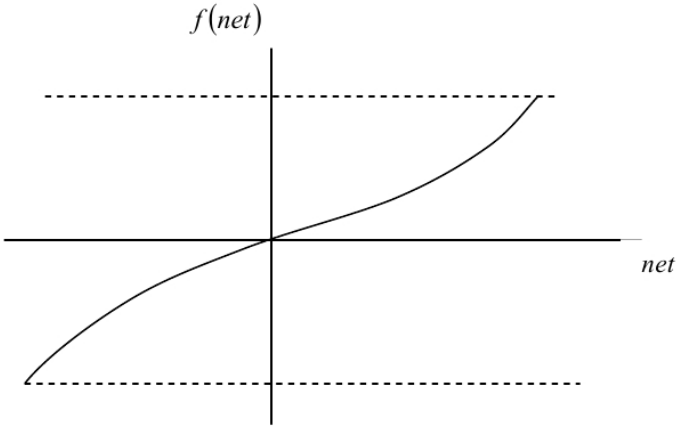
$$F_2(net) = \frac{1}{1+e^{-net}} - 1$$

والمشتقة الأولى لهذه الدالة هي:

$$F_2'(net) = \frac{1}{2}\left[1+F_2(net)\right]\left[1-F_2(net)\right]$$

[1] ملفي منشر عوض دخيل الظفيري "مرجع سبق ذكره " ص 100.
[2] ملفي منشر عوض دخيل الظفيري " مرجع سبق ذكره " ص 100.

شكل (2-5): دالة Sigmoid ثنائي القطبية

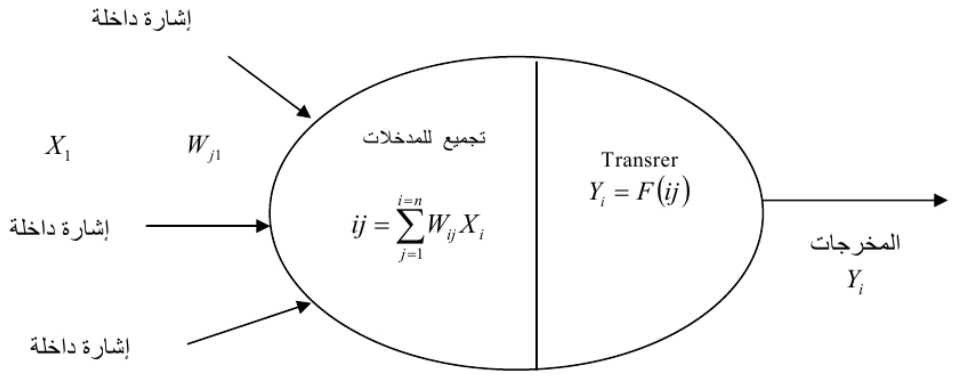



المصدر: ملفي منشر عوض دخيل الظفيري " استخدام الشبكات العصبية والأساليب الإحصائية التقليدية للتنبؤ بأعداد الركاب على الخطوط الجوية الكويتية " ماجستير في الإحصاء التطبيقي والتأمين، جامعة قناة السويس، 2004، ص 103.

## 6-2 التمثيل الرياضي للجزء التشغيلي في الشبكات العصبية[1]:

يوضح الشكل (2-6) وحدة تشغيل الشبكة العصبية معبرا عن العلاقات داخلهـا بصورة رياضية.

شكل (2-6): وحدة تشغيل الشبكة العصبية




المصدر: د بدر نبيه أرسانيوس " دراسة اختبارية لاستخدام الشبكات العصبية لتطوير دور مراقب الحسابات في التقرير عن القوائم المالية المضللة " المؤتمر العلمي السنوي الحادي عشر ذكاء الاعمال واقتصاد المعرفة، عمان – الاردن 23-26 ابريل 2012.

$$ij = \sum_{j=1}^{i=n} W_{ij} X_i$$

حيث أن:

$ij$: مستوى النشاط الداخلي الخاص بوحدة التشغيل i.

$X_i$: هي قيمة وحدة التشغيل الداخلة في الإشارة i.

$W_{ij}$: الوزن المرجح المعطى لوحدة التشغيل j في المدخل i.

$n$: مجموع وحدات التشغيل المدخلة إلى وحدة التشغيل ij.

[1] د بدر نبيه أرسانيوس " دراسة اختبارية لاستخدام الشبكات العصبية لتطوير دور مراقب الحسابات في التقرير عن القوائم المالية المضللة " المؤتمر العلمي السنوي الحادي عشر ذكاء الاعمال واقتصاد المعرفة، عمان – الاردن 23-26 ابريل 2012.

ويلاحظ أن الخلية العصبية لها العديد من المدخلات والمكونات وعن طريق جمع القيم الخاصة بإشارات المدخلات يظهر ناتج يعبر عن مستوى النشاط الداخلي بالنسبة للخلية العصبية والتي سوف تنتج وتعطي مخرجات إشارية طبقا للقواعد المحددة عن طريقة دالة التنشيط أو التحويل.

وتعبر دالة التنشيط أو التحويل بصفة عامة عن مستوى النشاط الخاص بالخلية العصبية التي سوف تنتج بها إشارات.

أما قيمة المخرجات قيمة $(Y_i)$ يمكن أن تقاس عن طريق جمع إشارات المدخلات وهي أكبر من أو أقل أو تساوي صفرا اعتمادا على المعلومات المعطاة داخل خلية التشغيل خلال إنتاج خلايا المدخلات ودوال التحويل كما تظهر في المعادلة التالية:

$$Y_i = F(ij)$$

حيث أن:

$Y_i$ : إشارة الخلايا عن طريق وحدة التشغيل.

$F(ij)$ : دالة التحويل المتاحة بوحدة التشغيل.

ويلاحظ أن هناك ترابط ما بين الخلية العصبية $(Y_i)$ وما بين مدخلات الخلية العصبية $(ij)$.

**2-7 تجميع وإعداد البيانات:**

تقسم عملية تجميع وإعداد البيانات إلى قسمين هما:

**2-7-1 التدريب:**

يمكن تقسيم تدريب الشبكات العصبية الاصطناعية إلى[1]:

**1- طريقة التدريب الإشرافية – بمعلم:**

تتم من خلال جمع البيانات ومن ثم تقسيمها إلى قيم داخلة وقيم خارجة هي القيم المستهدف التعرف عيها من خلال الشبكة، وبعد ذلك تقوم الشبكة بمقارنة النتائج عن طريق القيم التي تقدرها المتغيرات الخارجة لكل عينة داخلة بالقيم الفعلية (المستهدفة). حيث تعدل الأوزان وفق خوارزمية تعليم تسمى التدريب بإشراف، ولقد صممت أول الشبكات معتمدة على هذا النوع من التدريب، حيث تكون مخرجات هذه الشبكات عبارة عن عناصر معالجة تأخذ الرقم (1) إذا كانت المدخلات تابعة لنفس الصنف أو العينة وتأخذ الرقم (-1) في حالة العكس وتسمى ثنائية القطبية.

**2- طريقة التدريب غير الإشرافية – بدون معلم:**

وهي متشابهة لطريقة التدريب الإشرافية، إلا أنها تختلف عنها بأنه لا يوجد قيم للمتغيرات الخارجة، حيث تقسم البيانات الداخلة إلى مجموعات تقوم الشبكة باكتشاف المميزات غير الظاهرة فيها، وبعد ذلك يتم تقسيم المدخلات إلى مجموعات مختلفة فيما بينها ومتقاربة لكل مجموعة.

[1] فوزي بندر بدر العتيبي " استخدام السلاسل الزمنية والشبكات العصبية في التنبؤ بالارقام القياسية دراسة تطبيقية على الارقام القياسية لاسعار المستهلك بدول الكويت " بحث مقدم للحصول على درجة الماجستير في الاحصاء التطبيقي جامعة قناة السويس قسم الاحصاء التطبيقي والتأمين 2003 ص 73.

**2-7-2 التعليم:**

يعتمد أسلوب الشكات العصبية على تعديل الأوزان النسبية لعقد الاتصال، حيث لا تحتاج الشبكات إلى تزويدها بالمعلومات بصورة واضحة ومباشرة، بل لمثل هـذا النوع من الشبكات القدرة على إنشاء قواعده التعليميـة، والمرحلـة الأولـى تبـدأ بخطوتين هما[1]:

**1- الخطوة الأولى:**

وفيه يتم التعلم من خلال اختيار قيم مبدئية للأوزان النسبية أو باختيار عشوائي للقيم المبدئية للأوزان النسبية بين عقد الاتصال للشبكة، فمن خلال البحث الحالي يتم استخدام برنامج (STATISTICA V8) حيث يقوم باختيار قيم مبدئية للأوزان النسبية بشكل آلي.

وتعتبر القيم المبدئية مهمة في تحديد فعالية وطول التعلم وتبدأ المرحلة الثانيـة عن طريق تعديل القيم في الأوزان بطريقتين:

**الاولى** أمامية (Forward) يقوم النظام بحساب المخرجات للبيانات المدخلة ومن ثم تبدأ المرحلة **الثانية** وهي مقارنة المخرجات الحالية مع المخرجات المستهدفة من الشبكة.

**2- الخطوة الثانية:**

يتم من الخطوة السابقة حساب الخطأ الناشئ من عملية المقارنة ثم تقوم الشبكة بخطوة تراجعية (Backward) لتعديل الأوزان لعقد الاتصال بهدف تـصغير مقـدار الخطأ، وتقوم الشبكة بتكرار الخطوات لمرات عدة وتـسمى كـل خطـوة أماميـة وتراجعية بدورة (Epoch) حيث تمر كل شبكة بعدة دورات إلى أن تصل إلي أقـل مجموع لمربعات الخطأ عن المعادلة التالية:

$$E = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{J}\left(t_i - \mathrm{O}_J\right)^2$$

حيث

$n$: عدد العينات

[1] فوزي بندر بدر العتيبي " مرجع سبق ذكره " ص 74.

$i$: عدد عناصر المعالجة في شريحة المخرجات

$t$: المخرجات المستهدفة

o: مخرجات الشبكة : أي حصيلة مخرجات عناصر المعالجة في شريحة المخرجات $(Y_i)$.

**2-8 قاعدة الانتشار الخلفي:**

في عام 1986 قاما كل من Rumelhart, McClelland & Williams باقتراح قاعدة الانتشار الخلفي أو العكسي، وتعتبر قاعدة التعليم هذه معقدة بعض الشيء إذا قورنت بطريقة التعليم البسيطة، فإذا فرضنا أن هناك شبكة عصبية متعددة الطبقات وتحتوي على الثلاثة طبقات، ونريد لهذه الشبكة أن تتعلم للتعرف على عملية التنبؤ عند مدخل الشبكة لتعطي خرجا معينا عند المخرج يكون الدليل على نجاح عملية التعرف، وفيما يلي شرح لخطوات هذه الطريقة[1]:

1- نبدأ بتعريض قيمة معينة عند مدخل الشبكة الغير مدربه حيث تقوم الشبكة بعمل الحسابات اللازمة للجمع الموّزن وتطبيق الدالة الحدية وحساب قيمة الخرج وتبعا لذلك فإننا سوف نحصل على قيم عشوائية للخرج من الشبكة.

2- لتقليل قيم دالة الخطأ فإننا نقوم بتعديل الأوزان في طبقة الخرج أولا في اتجاه تقليل الخطأ، ثم نشر أو نقل هذا الخطأ إلى الطبقة السابقة وتعديل الأوزان عند مداخل هذه الطبقة، وحساب قيم الخرج مرة ثانية للشبكة في الوضع الجديد وحساب دالة الخطأ مرة أخرى مستخدما الخرج الجديد والخرج المطلوب، وتعديل الأوزان مرة أخرى في طبقة الخرج ثم نقل الخطأ الجديد إلى الطبقة التي قبلها وهكذا.

3- يتم تكرار التعليم عدد مرات حتى تتلاشى دالة الخطأ ويصبح الخرج المحسوب هو الخرج المطلوب، وبذلك تتعلم الشبكة على التعرف الصحيح. وتعتبر عدد مرات التكرار هي المقياس لكي تتعلم الشبكة، كما يطلق على هذا النوع من التعليم للشبكة بالتعليم الموجه.

[1] د محمد على الشرقاوي "مرجع سبق ذكره"، ص 286

**2-9 التصميم الهيكلي لبناء الشبكة العصبية الاصطناعية:**

بالرغم من أن عملية تطوير (ANN) لها منهجية في التصميم الهيكلي لنظم المعلومات التقليدية المعتمدة على الحاسبات، إلا أن بعض الخطوات قد تكون مختلفة في تطبيق (ANN) وذلك عن طريق بعض الإضافات الخاصة كما يلي[1]:

**1- الخطوة الأولى:**

يتم تجميع البيانات التي تستخدم في تدريب أو اختيار الشبكة.

**2- الخطوة الثانية:**

يتم تعريف البيانات الخاصة بالتدريب للشبكة ووضع خطة التدريب والتعلم.

**3- الخطوة الثالثة والرابعة:**

بناء هيكل الشبكة واختيار طريقة التعلم حسب ما هو متاح من أدوات وتطوير أو قدرات فردية.

ويمكن تحديد نوع الشبكة المراد بنائها مع الأخذ بالاعتبار طبيعة المشكلة وما تحتاجه من عناصر تشغيل (PE) وطبقات وذلك حتى تكون الشبكة في مستوى أداء عالي.

**4- الخطوة الخامسة**

وضع قيم للأوزان والمتغيرات ثم بعد ذلك يتم تعديل القيم في الأوزان عن طريق التغذية المرتدة أو العكسية.

**5- الخطوة السادسة**

تحويل بيانات التطبيق إلى النوع والشكل المطلوب في الشبكة، ويتم ذلك عن طريق كتابة برامج تقوم بإجراء عملية تجهيز البيانات للتشغيل أو أحد البرامج الجاهزة.

**6- الخطورة السابعة والثامنة**

يتم إجراء عملية التدريب والاختيار من خلال تكرار عرض المدخلات والمخرجات المرغوبة إلى الشبكة، حيث تقوم الشبكة بحساب المخرجات الفعلية

[1] فوزي بندر بدر العتيبي " مرجع سبق ذكره " ص 75.

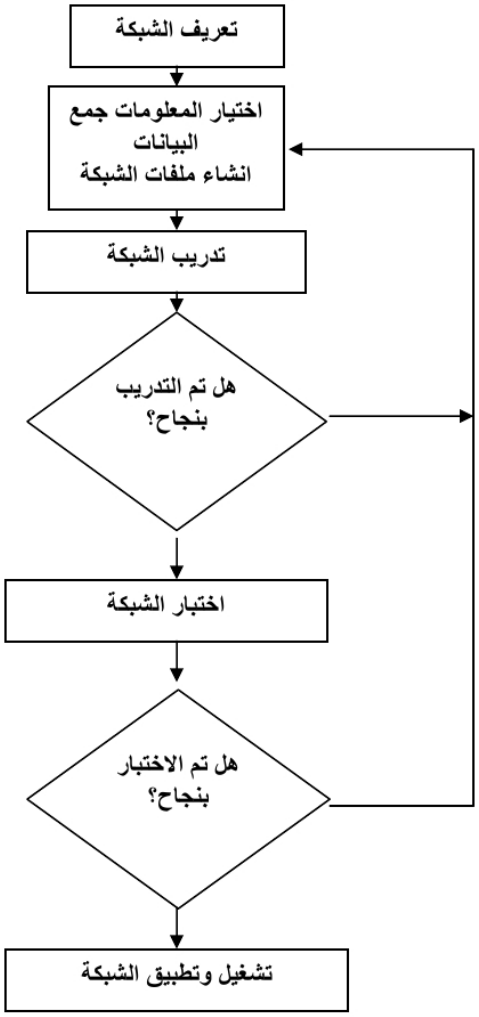
(المحسوبة) وتقوم بتعديل الأوزان حتى تقترب المخرجات المرغوبة أو تساويها، ويتم الوصول إلى المخرجات المرغوبة والبيانات المرتبطة بها من خلال بيانات تاريخية.

**7- الخطوة التاسعة**

تصل الشبكة إلى فئة الأوزان الترجيحية الثابتة والمستقرة، وفي هذه الحالة تستطيع الشبكة الوصول إلى النتائج المرغوبة من خلال استخدام مدخلات التدريب وبهذا تصبح الشبكة جاهزة للاستخدام إما كنظام مستقل قائم بذاته أو كجزء من نظام.

والشكل (2-8) يوضح الخطوات المتبعة في تصميم الشبكات العصبية كما يلي:

شكل (2-7): خطوات تصميم الشبكة العصبية الاصطناعية




المصدر: د أحمد حلمي جمعة " استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في اكتشاف الاخطاء الجوهرية في البيانات المالية: دراسة تطبيقية " المؤتمر العلمي السنوي الحادي عشر، ذكاء الاعما واقتصاد المعرفة، عمان- الاردن، 23-26 ابريل 2012.

**2-10 التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية:**

يعد التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية من الأساليب الحديثة التي لاقت اهتماما واسعا في مجالات متعددة منها التنبؤ بأسعار العملات، والموارد المالية وغيرها. واستخدمت بشكل واسع لكونها لا تحتاج إلى شروط صارمة ودقيقة لغرض التنبؤ، كما أنه يمكن تفسير سلوك البيانات غير الخطية، ويمكن تلخيص عمل شبكة الانتشار العكسي للخطأ في التنبؤ بالخطوات الآتية[1]:

الخطوة الأولى: اختيار المتغيرات: حيث يجب اختيار المشاهدات للمتغيرات بحيث تمثل المشكلة تمثيلا جيدا.

الخطوة الثانية: معالجة البيانات: إجراء بعض العمليات على البيانات المستخدمة مثل تحديد الاتجاه العام، التركيز على العلاقات بين المشاهدات، إيجاد توزيع البيانات.

الخطوة الثالثة: تقسيم البيانات إلى المجاميع: تقسم البيانات المتوفرة إلى مجاميع التالية:

1- مجموعة التدريب: مجموعة تعلم وتحديد نموذج للبيانات.

2- مجموعة الاختبار: والتي يمكن عن طريقها تقرير مهارة الشبكة الافتراضية وإمكانية استخدامها بصورة عامة.

3- مجموعة الشرعية: وهي مجموعة لإجراء اختبار نهائي لأداء الشبكة.

الخطوة الرابعة: نموذج الشبكة العصبية: عند تحديد نموذج الشبكة العصبية يجب اختبار الآتي:

- عدد العقد العصبية للإدخال والذي يساوي عدد المتغيرات المستقلة.
- عدد الطبقات المخفية والذي يعتمد على قيمة الخطأ المستخدم في الشبكة.
- عدد العقد العصبية المخفية والذي يحدد عن طريق التجربة.
- طبقة الإخراج والتي عادة يساوي واحد.

[1] د فارس غانم احمد وآخرون " التنبؤ الالكتروني لفعاليات الاركاض للنساء باستخدام الشبكات العصبية " المؤتمر العلمي الثاني للرياضيات – الإحصاء والمعلوماتية 2012 جامعة الموصل – كلية علوم الحاسبات والرياضيات ص 7-8

الخطوة الخامسة: معيار التقييم: إن معيار المستخدم في شبكة الانتشار العكسي لتقييم الخطأ هو مجموع مربعات الأخطاء (MSE).

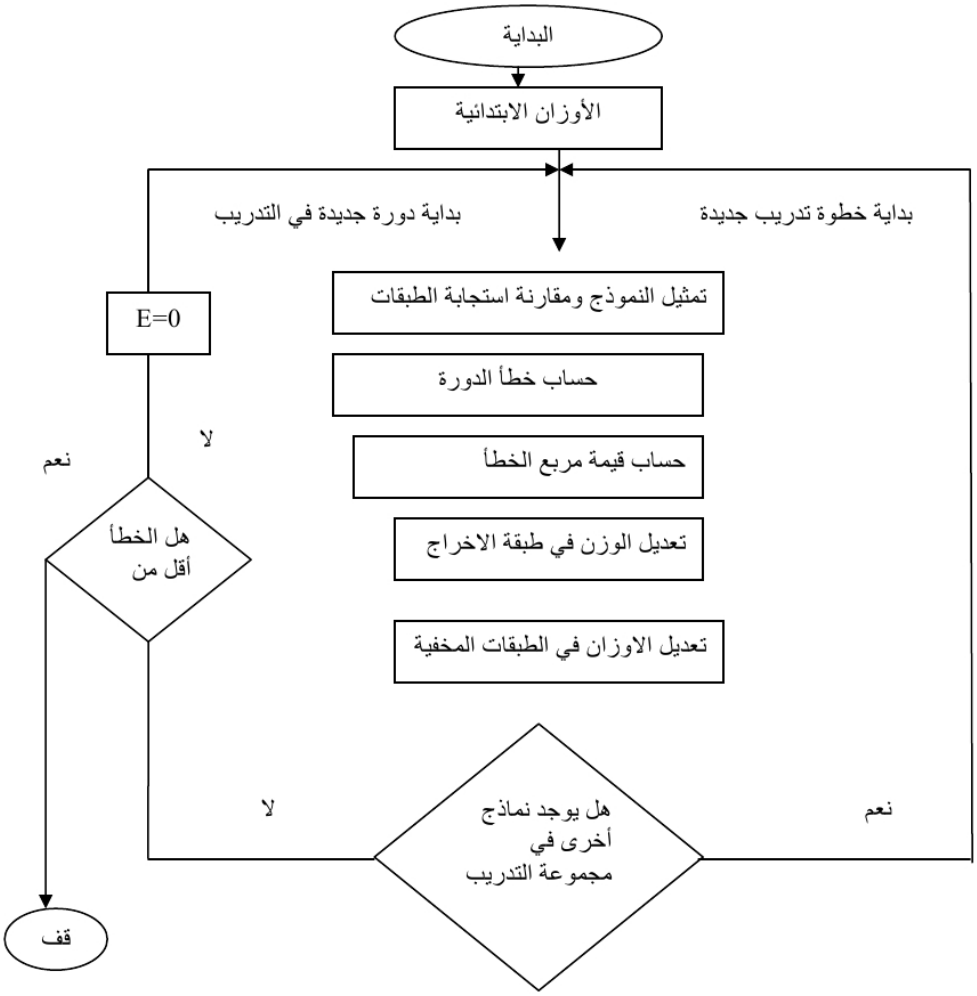
الخطوة السادسة: تدريب الشبكة وتضم هذه الخطوة:

– تعليم النموذج: إيجاد مجموعة الأوزان بين العقد العصبية والتي تحدد أقل قيمة لمربع الخطأ.

– خوارزمية شبكة الانتشار الخلفي للخطأ: تستخدم خوارزمية التدريب لتقليل الميل.

الخطوة السابعة: التنفيذ: وهي أهم الخطوات حيث تختبر الشبكة من حيث قدرة التكيف مع حالة في دورة وإمكانية إعادة التدريب والوصول إلى أقل مربع خطأ عند تغير البيانات، ويتم بناء الشبكات العصبية عن طريق البرمجة (أي أن الشبكة العصبية هي عبارة عن برنامج حاسوبي) ويتكون من عدد كبير من الدورات الست يزيد استعمالها لحل مشكلة معينة. ويوضح الشكل رقم (2-9) خوارزمية تدريب الشبكة ذات الانتشار العكسي للخطأ.

شكل (2-8): خوارزمية تدريب شبكة الانتشار العكسي




المصدر: د فارس غانم احمد وآخرون " التنبؤ الالكتروني لفعاليات الاركاض للنساء باستخدام الشبكات العصبية " المؤتمر العلمي الثاني للرياضيات – الإحصاء والمعلوماتية 2012 جامعة الموصل – كلية علوم الحاسبات والرياضيات ص 9

**2-11 مميزات وحدود تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية:**

تعتمد تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية على خصائص هامة، تجعلها تفوق التقنيات الكلاسيكية الخاصة بالإعلام الآلي، ونلخص هذه المزايا فيما يلي[1]:

- الموازاة في المعالجة: إن هندسة الشبكية مبنية على هذا الأساس إذ أنها تقوم بتركيب معقد لكل المتغيرات المستعملة لكل المتغيرات المستعملة ومعالجتها في نفس الوقت مما تقلص في وقت التنفيذ، مقارنة مع طريقة البرمجة الكلاسيكية التي تعتمد على المعالجة التسلسلية للمتغيرات.
- القدرة على التكيف: إن قدرة التمرن الفعالة للشبكة تؤهلها لاستيعاب محددات جديدة للمشكلة من خلال المعطيات الجديدة للمحيط الخارجي.
- الذاكرة الموزعة: يتم تمثيل الحدث في تقنية الشبكات العصبية الصورية، حسب خريطة تنشيط للخلايا مما يسمح بالتصدي للصخب، زيادة على أن ضياع عنصر من الشبكة لا يؤثر على أدائها.
- القدرة على التعميم: من خلال عملية التمرن تتمكن الشبكة من التعرف على الأمثلة المشابهة.
- سهولة بناء نموذج الشبكة الاصطناعية: ويتم ذلك بكتابة برنامج والقيام بالاختبار للمعطيات وهذا لا يحتاج لوسائل كبيرة.
- اكتساب التجربة والمعرفة عن طريق التدريب الذاتي للشبكة وتنظيم المعرفة.
- إمكانية إيجاد الحل الأمثل بسرعة كبيرة.
- الملائمة في حل المسائل التي لا يوجد لها حلول رياضية.

وبالرغم من كل هذه الميزات لهذه الطريقة إلا أنه يوجد حدود لها والمتمثلة في:

- من الناحية التقنية: عدم استغلال الخاصية الموازاة في المعالجة إذ أن المحاكاة تتم حاليا على أجهزة ذات معالجة تسلسلية كلاسيكية مما يستغرق الوقت الكبير.

[1] د صوار يوسف " مرجع سبق ذكره " ص 176.

– يجب مراعاة الاختيار السليم للمعطيات والترميز السليم لها والتشخيص الصحيح للظاهرة وأيضا علمية المدخلات والمخرجات للوصول إلى نموذج فعال.

– تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية مثل "الصندوق الأسود"، أي أنها تجد الحلول والنتائج بدون شرح هذه الحلول أو طريقة الوصول إليها.

– لا توجد تقنية شكلية لتطوير الشبكات العصبية الاصطناعية، وبالتالي لا بد من الاستعانة بالتجربة لتصميم وإيجاد أفضل بنية للشبكة العصبية الاصطناعية.

– تعتمد دقة نتائج الشبكة العصية الاصطناعية بدرجة كبيرة على نوعية التدريب المستعمل.

**خلاصة:**

إن استخدام الشبكات العصبية في التطبيقات الاقتصادية يمكن تحقيق القدرة على التنبؤ ومعالجة مشكلات اتخاذ القرارات التي تتصف بكم هائل من المتغيرات المؤثرة في القرار والتي يمكن صياغتها في قيم كمية بغض النظر عن سلوك هذه المتغيرات سواء كانت خطية أو غير خطية.

تمثل الشبكات العصبية الاصطناعية تقنيات التعلم الذاتي والتدريب على إيجاد الحلول لمسائل معينة، وتمثل هذه التقنية نوعا جديدا من الطرق الرياضية التي تحاول محاكاة وظائف العقل البشري، ولكنها في الوقت الحاضر مازالت محدودة في محاكاة أهم وظائفه. تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية مكملة لتقنيات البرامج التقليدية وتستعمل لنمذجة العلاقة اللاخطية ما بين متغيرات المسألة.

# الفصل الثالث:
# نظرية المجموعات المبهمة

**تمهيد:**

إن نظرية المجموعات المبهمة Fuzzy sets Theory هي أساس المنطق المبهم إذ تتعامل مع المسائل التي تتضمن لا تأكدية لغوية نتيجة الإبهام في بعض المصطلحات اللغوية. ففي ستينات القرن الماضي وبالتحديد في عام 1965 طور العالم الأذربيجاني Zadeh, L من جامعة كاليفورنيا أسلوبا لغويا للتعامل مع المعلومات اللغوية المبهمة المبنية على أساس المجموعات المبهمة والمنطق المبهم، أي قدم مفهوما لمعالجة بيانات تمثل أمورا مبهمة غير أكيدة إذ استخدم هذا الأسلوب اللغوي في بعض الأنظمة الخبيرة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، وفي المجالات الطبية، الصناعية، الهندسية، الإحصاء وإدارة الأعمال والاقتصاد.

وعلى هذا الأساس يؤكد المنطق المبهم أن صدق أي قضية عبارة عن مستوى من مستويات متباينة لدرجة انطباقها مع الواقع. بمعنى آخر كما يوجد أمامنا قضية صادقة بصورة كلية، أو العكس، فهناك ثمة صدق أو لا صدق جزئي بمستوى يتحدد من خلال المعالجة المعرفية أو المنظور الذي ننظر من خلاله إليها. وقد أطلق على هذه المستويات اصطلاح دالة الانتماء (Membership Function) والتي يتم من خلالها تحديد نسبة الانتماء إلى خصائص المجموعة.

وتعد نظرية المجموعة المبهمة كبديل ملائم لنظرية المجموعة الكلاسيكية التي لم تعد تفي بمتطلبات الفهم الرياضي والمنطقي الجديد في أنساق فكرنا العلمي المعاصر. وتعرف المجموعة المبهمة بأنها تلك المجموعة من المتغيرات التي لا يمكن أن نعدها محددة (Crisp)، ولا يمكن تعريف حدودها بصورة واضحة ودقيقة. وعند هذه النقطة تبرز حقيقة غياب حدود (نعم / لا ) الصارمة عن دائرة تعاملنا اليومي بجميع مستوياته المعرفية، وذلك لوجود مناطق غير جلية لا يمكن القطع بصلاحية حكم القضية المنطقية إزاءها على أرض الواقع.

## 3-1 الاحتمال واللايقين[1]:

لم يكن العلم مهتما إلا بالكشف عن الحقائق الواضحة، ومن ثم فإن العلوم الفيزيائية والرياضيات والمنطق يفترض كل منهم عالما من الأبيض والأسود، أي عالما لا يتغير. فكل القوانين إما تنطبق أو لا تنطبق، أي إما أن تكون صادقة أو كاذبة.

ويعود هذا الإيمان بهذه الثنائية في العالم إلى قدامى اليونان. فقوانين المنطق عند أرسطو ما هي إلا قوانين الأبيض والأسود، وترد جميعها إلى قانون واحد وهو قانون الوسط المرفوع " A أو ليس A "، " إما هذا أو ليس هذا " فالشيء إما أبيض أو ليس أبيض، ولا يمكن أن يكون أبيض ولا أبيض في الوقت نفسه. ولقد اعتبر قانون أرسطو صحيحا لما يزيد عن ألفي عام. وبناء على ذلك لم يأخذ العلم في اعتباره الحقيقة الرمادية للأشياء، واعتبر أن اليقين والدقة معياران مطلقان للتعليم والبحوث العملية.

وحديثا أوضح هايزنبرج Heisenberg – عالم الفيزياء الألماني – أنه ليس كل العبارات تكون صادقة أو كاذبة، بل إن كثير منها غير محدد وغير يقيني أي رمادي (grey) أو مبهم (Fuzzy). وقال هايزنبرج بمبدأ الاحتمال أو اللايقين سنة 1920 كنتيجة لمعرفة بعدم إمكانية التحقق من موضع وسرعة إلكترون بعينه في لحظة معينة على وجه اليقين، لان موضع الالكتروني يختلف من ثانية إلى أخرى، وبذلك يكون من المحال التوصل إلى تحديد مطلق اليقين.

ولأننا في الواقع ندرك مكان الشيء مثلا، عندما نرى إشعاعاته. فإذا كان الشيء متحركا فإنه سيكون في موقع آخر لا ندركه حاليا إلا بعد وصول إشعاع منه وهو في مكانه الجديد، أي أننا بعد أن ندرك هذا المكان برؤيتنا إشعاعاته يكون الشيء قد تحرك من مكانه نتيجة لفقدانه هذا الإشعاع. فالوضع الذي ندركه يتغير بمجرد إدراكنا له. ولذلك من المستحيل أن نصل إلى نتيجة دقيقة بالنسبة للأشياء الذرية بعد رؤيتنا لها مباشرة. ولذلك فإن قياس مثل هذه الأشياء لا يمكننا من التنبؤ.

[1] سهام النويهي " المنطق الغائم FUZZY LOGIC " الناشر المكتبة الاكاديمة 2001 ص 13

ومن ثم فإن هذا ما أدى إلى القول بنظرية الاحتمال التي حولت اليقين في الحقيقة الثنائية إلى احتمال.

وإذا كان الاحتمال هو اللايقين الوحيد الذي تعاملت معه الرياضيات، إلا أنه يمكن القول أن هناك نوعين من اللايقينيات. يتعلق النوع الأول بالانسقة الفيزيائية، وينشأ النوع الثاني عن التفكير والمعرفة والإدراك الإنساني.

يتناول النمط الأول من اللايقين العمليات والظواهر التي تنشأ عن السلوك العشوائي للأنساق الفيزيائية. ويمكن مشاهدة شيوع هذا النمط للايقين في الاهتزازات العشوائية لآلة ما، والتردد العشوائي للالكترونات في المجال المغناطيسي، انتشار الغازات في المجال الحراري. ولقد كان هذا النمط من اللايقين موضع اهتمام من الباحثين لمئات السنين.

أما النمط الثاني وهو الذي يتناول ظواهر تنشأ من التفكير وعمليات الإدراك الإنساني أو المعلومات المعرفية بصفة عامة فلم يلق إلا اهتماما هامشيا. فمعرفة وإدراك البيئة الفيزيائية المحيطة بنا من خلال الجهاز العصبي للحواس والشبكات العصبية جدير أن يلقيا اهتماما خاصا نظرا لاتسامهما باللايقين. فنحن نعبر عن إدراكنا لغويا بعبارات مثل " هذه الوردة جميلة وذات رائحة عطرة " فالكلمات " جميلة "، و " رائحة عطرة " تصف كلا من الإدراك المرئي وإدراكي الشم.

ويشمل هذا النمط الثاني للايقين على أنشطة الشبكات العصبية، ولقد كان الجهل بهذه المفاهيم وعدم إمكانية تطبيقها تقنيا في أنظمة صنع الذكاء وعدم الالفة بهم هو الذي أدى بالعلماء إلى البحث في هذا النمط الثاني من اللايقين والاهتمام به وهو مجال البحث الذي أدى إلى ظهور نظرية المجموعات المبهمة.

وعلى ذلك عندما نفرق بين نوعي اللايقين، نجد أن النوع الأول مرتبط بالاحتمال بحدوث الظواهر، فمثلا " ستمطر غدا " و " رمي زهرة النرد تحصل على رقم 2 " فإنها عبارات يرتبط اللايقين فيها بحدوث الظاهرة. فهناك لا يقين في عبارة " ستمطر غدا " لان التنبؤ تم قبل وصول الغد وسوف يتضح بمرور الوقت ووصول الغد. واللايقين في عبارة " رمي زهرة النرد تحصل على رقم 2 " هو

نتيجة للتخمين قبل الرمي، وإذا ما رمينا زهرة النرد وحصلنا على رقم 2 فعلا تصبح القضية يقينا.

أما النوع الثاني في اللايقين فإنه ناشئ عن الإبهام في معنى الكلمات وهو مبهم لا يتضح بمرور الوقت، بل إنه ملازم للكلمات ويمثل سمة رئيسية لها تدور معها إلى حد ما. فعبارات مثل " شخص عجوز " و " حرارة عالية " لا يتضح معناها بواسطة الاختبار أو مرور الوقت.

ويعتبر أن لنظرية الاحتمال تاريخا بعيد المدى، ذلك أنها تطورت في القرن السابع عشر، ومنذ بدايتها وتستفيد الرياضيات والعلوم الفيزياء. أما نظرية المبهمة (التي تتعلق بالنوع الثاني من اللايقينيات) فإنها بدأت منذ حوالي ثلاثة وثلاثين عاما، وهي تعبر عن لا يقين الحياة اليومية. ذلك أن مبهمة تعبر عن اللايقين الذي هو جزء من معنى الكلمات والكلمات لا تتجزأ ولا تنفصل عن التفكير الإنساني.

فرغما عن العالم ممتلئ بالأشياء الرمادية، إلا أن العلماء قد حولوا هذه الرماديات إما إلى أشياء بيضاء أو إلى أشياء سوداء، فهم لا يرون العالم إلا من خلال الأبيض أو الأسود فقط، لأنهم بذلك يجعلون العالم أكثر بساطة مما لو كان عالما رماديا.

فالعلم لم يكن سوى ثنائي القيمة ويعتمد على الرياضيات. لكن إذا تحول العالم إلى عالم رمادي فلابد من بديل للرياضيات. وكان هذا البديل هو نظرية المجموعات المبهمة.

**3-2 أنواع عدم اليقين:**

إن المعلومات التي نحصل عليها من هذه النظم المبسطة تكون بالتأكيد أقل دقة من النظم الأصلية. أي أن المعلومات المفقودة لغرض تقليل تعقيد النظام توظف للإدارة من خلال عدم اليقين. إن لدرجة التعقيد علاقة طردية مع عدم اليقين، فكلما زادت درجة التعقيد زاد عدم اليقين. إن إحدى طرائق تسيير النظم المعقدة هي السماح لدرجة معينة من عدم اليقين، وهذا يستلزم خلاصة مناسبة للعناصر الموجودة في النظام. وإن أي نظام مهما كان معقدا فانه عبر ممارسة الإنسان عليه فإن درجة تعقيد سوف تقل عند التعامل معه مما يسهل ترويضه.

عموما هناك نوعان من أنواع عدم اليقين[1]:

**3-2-1 عدم اليقين المعرفي (حقائق غير محددة):**

ويمكن أن تعد العوامل الآتية أسبابا لعدم اليقين المعرفي:

- ✓ الخطأ المنتظم: الذي يأتي نتيجة التحير في التجربة.
- ✓ خطأ القياس: الذي يؤدي إلى عدم الدقة.
- ✓ الاختلاف الطبيعي: بسبب التغيرات التي تحدث في البيئة المحيطة.
- ✓ العشوائية المتصلة: بسبب بعض أو جميع العوامل السابقة.
- ✓ البيانات الناقصة: التي تستعمل وتؤدي إلى القرار الخطأ.
- ✓ الحكم الموضوعي: الذي ينشأ نتيجة التفسير الشخصي للبيانات.

**3-2-2 عدم اليقين اللغوي:**

إن عدم اليقين كان يرى بشكل عام كشيء غير مقبول في العلم، وهذا الموقف تغير تدريجيا بظهور الميكانيكا الإحصائية التي بدأت في القرن الثاني عشر للتعامل مع التعقيد الصعب. إن عملية عدم اليقين في المعلومات كانت دائما موضعا مثير للبحث، وبشكل رئيسي منذ القرن الثامن عشر وإلى منتصف القرن العشرين. إذ أن معظم التقدم النظري كرس لنظرية الاحتمال التي تستخدم لقياس عدم اليقين من حيث

[1] د باسل يونس الخياط، إيمان حازم أحمد " النمذجة الرياضية لعدم اليقين: عامل اليقين ونظرية الدليل " المجلة العرقية للعلوم الإحصائية (20) ص ص (47-60)، 2011

توقع حدوث الأحداث. وبالرغم من نجاح نظرية الاحتمال في معالجة بعض الجوانب المتعلقة بعدم اليقين فإنها أخفقت في السيطرة على عدم اليقين الناتج من الإبهام في المصطلحات اللغوية في اللغات الطبيعية. لقد شهد النصف الثاني من القرن العشرين تطورا مثيرا نتيجة ظهور نظريات تتعامل مع عدم اليقين والمعلومات غير الدقيقة.

وفي الوقت الحاضر هناك نظريتين متاحتين تعد مكملة لنظرية الاحتمال من حيث عدم اليقين، وهذه النظريات هي:

1- نظرية المجموعة المبهمة Fuzzy Set Theory: أوجد هذه النظرية لطفي زاده في ستينات القرن العشرين، (1965) Zadeh[1]، كنظرية جديدة في عدم اليقين، وعلى وجه الخصوص فإن نظرية المجموعات المبهمة تعالج عدم اليقين الناجم في المصطلحات اللغوية.

2- نظرية الامكانية Possibility Theory: أوجدها الباحث Zadeh (1978)[2] ثم طورها الباحثون Dubois and Prade (1988)[3] و Dubois et al. (1994)[4] و Zadeh (1999)[5] و Dubois et al. (2004)[6].

### 3-3 المعلومات والتعقيد وعدم اليقين:

إن مفهوم عدم اليقين المتعلق بحالة ما يمثل الكمية الكلية من المعلومات الكامنة في تلك الحالة. لذا فإن النقص في عدم اليقين بكمية معينة يظهر الكسب بنفس المقدار من المعلومات. ويرجع ذلك إلى طبيعة اللغات البشرية، فمهما كانت درجة الدقة والبراعة في اختيار الكلمات والتعبيرات فإن لغات التخاطب تظل قاصرة عن وصف الأحداث أو المفاهيم بالدقة الكافية. إن قلة المعلومات تؤدي إلى عدم اليقين،

[1]Zadeh, L.A, " Fuzzy Sets , Information and Control " , Vol. 8, pp. 338-353 . 1965
[2]Zadeh, L.A, " Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility", Fuzzy Sets and System, 3-28. 1978
[3]Dubois and H. Prade, "Possibility Theory", New York: Plenum. 1988
[4]Dubois, J. Lang and H. Prade, "Possibilistic logic". In D.M. Gabbay, et al., eds, Handbook of Logic in AI and Logic Programming, Vol. 3, Oxford University Press, 439-513. 1994
[5]Zadeh L.A.," Fuzzy Sets as A Basis for A Theory of Possibility " , Fuzzy Sets and Systems 100 Supplement: 9-34, North-Holland. 1999
[6]Dubois, L.Foulloy.G. Mauris, H. Prade, "Probabilitypossibility transformations, triangular fuzzy sets, and probabilistic inequalities". Reliable Computing 10:273-397. 2004

وإن التفاعل بين عدم اليقين والمعلومات هو على نحو علاقة عكسية: كلما كانت المعلومات أكثر كان عدم اليقين أقل.

إن التعقيد هو نقيض التيسير والتسهيل، وقد بين العالم أرسطو أن حقيقة التعقيد هو التعبير عن حقائق ثابتة مع إنشاء علاقات غير ممكنة فيما بينها. والتعقيد هو صفة تكون بدرجات متباينة.

يحدث التعقيد اللغوي عندما يكون الكلام خفي الدلالة على المعنى المراد به، وبحيث تكون الألفاظ غير مرتبة على وفق ترتيب المعاني، وينشأ عن ذلك تقديم أو تأخير أو فصل بين الكلمات التي يجب أن تتجاور ويتصل بعضها ببعض.

إن التعقيد المعنوي يركز على المعالجات المرتبطة بالمعنى كاستعمال كلمات التركيب في غير معانيها الحقيقية. وعبر التعامل مع التعقيد اللغوي فيمكن أن نميز ثلاثة أنواع من عدم الضبط (عدم الصحة)[1]:

1- **العمومية:** عندما يحمل التركيب اللغوي معنى عاما يمكن استخدامه في مواضع مختلفة. والعام لفظ يستغرق جميع ما يصلح له بلفظ واحد. مثال على ذلك القوم، الرجال، النساء. فكل لفظ يندرج تحته كثيرون: فلفظ القوم يشمل كثيرا من الرجال والنساء والأطفال، ولفظ الرجال يشمل كثيرا من الذكور، ولفظ النساء يشمل كثيرا من الإناث.
2- **الغموض:** عندما يصف المفهوم أكثر من مفهوم جزئي واحد ممكن التمييز. إن الغموض يرتبط بعلاقات بشكل one-to-many حيث إن الاختيار من بين بديلين أو أكثر يترك بشكل غير مخصص. والغموض ينشأ عن احتمال الكلمة أو الجملة لأكثر من معنى واحد، وقد يكون السبب في الغموض مفرداتيا أو نحويا.
3- **الإبهام:** يتعلق بصعوبة عمل تمييز حاذق في المصطلح. إن الإبهام هو سمة من سمات عدم اليقين اللغوي ويظهر في المصطلحات غير المحدودة مثل: طويل، وكبير، وثقيل. إن عدم اليقين الناتج من الإبهام (اللبس) يكون ناتجا

[1] د باسل يونس الخياط، إيمان حازم أحمد " مرجع سبق ذكره " ص ص (47-60). 2011

عن حالات يكون فيها الاختيار بين البدائل مبهما نتيجة لـــنقص المعرفـــة أو نقص المعلومات الخاصة بالأحداث، التي بدورها تتسبب في عدم التآلف بين معاني الأحداث أو الأشياء. وينكشف هذا النوع من الإبهام أو يزال بزيـــادة المعلومات عن الظاهرة أو الحدث.

**3-4 الإبهام Fuzzy [1]:**

إن الطريقة المناسبة لتحليل مشكلة ما تقودنا إلى التفكير لمعرفة عـــدم التأكـــد للحالة المراد دراستها، إذ إن عدم التأكد ينشا من مصادر مختلفة ولكن يمكن أن يقسم إلى قسمين العشوائية والإبهام ولكن يشترك كل من العشوائية والإبهام بأن كليهمـــا يصنف عدم التأكد بالأرقام ضمن الفترة المغلقة [ 1,0 ] فتحديد نـــوع عـــدم التأكـــد الصحيح يؤدي إلى اختيار الأسلوب الملائم لتحليل المـــشكلة ومعالجتهـــا بـــصورة صحيحة.

النظرية الاحتمالية تكون ملائمة لمعالجة عدم التأكد الذي مـــصدره العـــشوائية ولكن استخدامها لمعالجة النوع الثاني (الإبهام) يكون غير ملائم، لذا لابد من وجود أسلوب رياضي لمعالجة هذا النوع من عدم التأكد وتمثل ذلك بنظرية المجموعـــات المبهمة[2].

بعد أن ظهر الأساس النظري للإبهام ظهر اتجاه جديد فـــي المعالجـــة تمثـــل بالإحصاء المبهم (Fuzzy statistics) الذي نتج عنه طرائق جديدة لمعالجة هذا النوع من البيانات.

[1] فاضل عباس الطائي، ساندي يوسف هرمز " التبيؤ بالسلسلة الزمنية باستخدام طريقة الجار الاقرب المضبب مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (19) ص ص (181-196). 2011

[2] الخياط، باسل يونس ذنون " اللاتاكدية من خلال نظرية الاحتمال ونظرية المجموعات المضببة "، المجلة العراقية للعلوم الاحصائية، العدد (6)، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل. 2004

## 3-5 نظرية المجموعات Set Theory[1]:

### 3-5-1 المجموعة المحددة Crisp Set:

هي عبارة عن تجمع لأشياء (عناصر) ذات صفات مشتركة ومميزة، وعادة يرمز لها بحروف هجائية كبيرة مثل $[A,B,C,.....]$، أما عناصر المجموعة فيرمز لها بحروف هجائية صغيرة مثل $[a,b,c,.....]$.

فإذا كان العنصر $(a)$ مثلا ينتمي إلى المجموعة $(A)$، ففي هذه الحالة يكتب بالصورة $(a \in A)$.

أما إذا كان العنصر $(a)$ لا ينتمي إلى المجموعة $(A)$، ففي هذه الحالة يكتب بالصورة $(a \notin A)$.

وتأخذ إحدى القيمتين (1) عند انتماء عنصر معين للمجموعة و (0) عند عدم انتماء عنصر معين للمجموعة وسميت بمصطلح المجموعة المحددة لتمييزها من المجموعة المبهمة في مفاهيم المجموعات المبهمة.

$$\alpha_A : X \to [0,1]$$
$$\alpha_A(x) = \begin{Bmatrix} 0 & if & X \notin A \\ 1 & if & X \in A \end{Bmatrix}$$

وتكون عناصر المجموعة عادة إما [ أرقام، أو حروف، أو صفات، أو أسماء، أو أية أشياء أخرى محددة ]، ويمكن كتابة عناصر المجموعات بطرق عدة، نذكر منها ما يأتي:

**1- طريقة جدولة العناصر:**

تتلخص هذه الطريقة في كتابة إسم المجموعة ولتكن $(A)$ مثلا، ثم نكتب $(=)$، ثم نفتح قوسين من $\{\ \}$، ومن ثم كتابة عناصر المجموعة داخل القوسين، على أن يفصل كل عنصر من العناصر الأخرى بعلامة $(,)$.

[1] د حسين ياسين طعمة، إيمان حسين حنوش، " الاحصاء الاستدلالي " دار صفاء للنشر والتوزيع – عمان، الطبعة الأولى 2012، ص24

**2- الطريقة الخاصة المميزة للعناصر:**

تتلخص هذه الطريقة في كتابة المجموعة، كالاتي:

$$A = \{X : X(A)\}$$

إذ إن:

$X(A)$ : تمثل الصفة المميزة للعناصر $(X)$.

**3- طريقة أشكال فن (Venn):**

تعرف أشكال فن بأنها: رسوم هندسية تحوي بداخلها نقاط تمثل عناصر المجموعة. وتكون هذه الأشكال على هيئة [مربعات، مثلثات، مستطيلات، أو دوائر]، وسنستخدم الأشكال الدائرية كونها أكثر شيوعا واستخداما.

**3-5-2 المجموعات الجزئية The Subset:**

أولا: يقال على المجموعة $(A)$ مجموعة جزئية من المجموعة $(B)$ ويرمز لها بالرمز $(A \subset B)$، إذا وقعت جميع عناصر المجموعة $(A)$ ضمن عناصر المجموعة $(B)$.

ثانيا: أما إذا كانت المجموعة $(B)$ لا تحتوي على جميع عناصر المجموعة $(A)$، ففي هذه الحالة يقال أن $(A)$ ليست مجموعة جزئية من $(B)$، ويرمز لها بالرمز $(A \not\subset B)$.

**3-5-3 المجموعة الشاملة (فضاء العينة) The Sample Space:**

لأي مجموعة من المجموعات، لها مجموعة أكبر وأشمل منها، وتسمى هذه المجموعة بـ المجموعة الشامة أو تسمى بـ فضاء العينة، ويرمز لها بالرمز $(S)$.

ويعرف فضاء العينة $(S)$:

بأنه المجموعة الشاملة التي تحتوي على جميع النتائج الممكنة للتجربة العشوائية.

**3-5-4 المجموعة الخالية The Empty Set:**

وهي المجموعة التي لا تحتوي على أي عنصر، ويرمز لها بالرمز $(\phi)$، وتكتب بالصورة الاتية: $\phi = \{\ \}$

### 3-5-5 العمليات على المجموعات المحددة:

هناك بعض العمليات الأساسية التي سنتعرف عليها والتي نستطيع من خلالها أن نشكل مجموعات جديدة من مجموعات معلومة وهي مشابهة للعمليات الجرية وهي[1]:

**1- إتحاد المجموعات The Union of Sets:**

إذا كانت A، B مجموعتين، فان المجموعة التي تتكون من جميع العناصر الموجودة على الأقل في إحدى المجموعتين تسمى اتحاد المجموعتين ويرمز لها بـ $A \cup B$ أي أن:

$$A \cup B = \{X : X \in A \text{ or } X \in B\}$$

**2- تقاطع المجموعات The Intersection of Sets:**

إذا كانت A، B مجموعتين، فان المجموعة التي تتكون من جميع العناصر التي تنتمي إلى كل من A و B معا تسمى تقاطع المجموعتين ويرمز لها بـ $A \cap B$ أي أن:

$$A \cap B = \{X : X \in A \text{ and } X \in B\}$$

**3- متممة المجموعة The Complement of Set:**

عبارة عن مجموعة العناصر الموجودة في المجموعة الشاملة (S) وغير موجودة في المجموعة (A)، ويرمز لها بالرمز $(\overline{A})$، أي أن:

$$\overline{A} = S - A$$

وفيما يلي بعض الخصائص المهمة حول متممة المجموعات:

$$1)\ \overline{A} \cup A = S$$
$$2)\ \overline{A} \cap A = \phi$$
$$3)\ \overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}$$
$$4)\ \overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}$$

ويطلق على العلاقتين (3) و (4) بقانوني ديمورجين (Demorgen Laws)، وتعد هاتين العلاقتين مهمة جدا عند دراسة موضوع الاحتمالات.

[1] د صفاء علي ناصر " الرياضيات والتحليل العددي " دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان ، 2008، ص 22

### 6-3 نظرية المجموعة المبهمة Fuzzy Set Theory :

قدمت نظرية المجموعات المبهمة للتكيف مع صفة الإبهام والغموض في النظم البشرية، ولتخفيض الاحتياج إلى مدخلات كمية دقيقة عند تحليل القرار. هذا وتعرف المجموعة المبهمة بأنها مجموعة من العناصر التي ليس لها حدود فاصلة دقيقة تعزلها أو تميزها عن غيرها من العناصر التي لا تنتمي إليها[1].

تعرف المجموعة المبهمة[2] " بأنها عبارة عن أصناف من العناصر مع درجة إنتماء وان هذه المجموعة ميزت بدالة إنتماء التي خصصت لكل عنصر درجة إنتماء مداها بين الصفر والواحد" أي عندما يأخذ العنصر درجة إنتماء (1) فهذا يعني أن العنصر ينتمي بالتمام إلى المجموعة المبهمة وعندما تكون درجة الانتماء (0) فهذا يعني إن العنصر لا ينتمي أطلاقا إلى المجموعة والدرجات الأخرى تتفاوت بين الصفر والواحد فعندما تكون درجة الانتماء (0.5) فهذا يعني أن العنصر ينتمي بنسبة (0.5) إلى المجموعة المبهمة ولا ينتمي إلى المجموعة بالنسبة نفسها ويدعى هذا العنصر بنقطة التوازن وقد تكون نقطة واحدة أو عدة نقاط وعندما تكون درجة الانتماء (0.9) فهذا يعني أن العنصر ينتمي إلى المجموعة المبهمة ولا ينتمي إليها بنسبة (0.1) وهذا اقرب إلى الانتماء من عدمه.

وقد قدم باحثون آخرون تعاريف كثيرة للمجموعة المبهمة إذ عرفها (Kaufamm 1975) كما يأتي " المجموعة المبهمة هي تلك المجموعة التي لا يكون فيها حدود واضحة بدقة بين تلك العناصر التي تنتمي وتلك التي لا تنتمي إليها "[3].

أما التعريف الذي قدمه (Zimmerman 1988) فقد كان أكثر التعاريف دقة وبحسب الآتي " إذا كانت X هي مجموعة من العناصر يرمز لها عموما بالرمز x فان المجموعة المبهمة A في X هي مجموعة من الأزواج المرتبة "[4].

$$A = \{x, \propto_A (x) / x \in X\}$$

---

[1] بركات، خالد سعيد: مدخل النظرية الضبابية لدعم قدرة متخذ القرار على الاستفادة من المعلومات المحاسبية، مجلة البحوث التجارية، كلية التجارة، جامعة الزقازيق، العدد الثاني، الجزء الاول، المجلد 22، يوليه، ص 188. 2000

[2] Zadeh, L.A. " Fuzzy Sets , Information and Control " , Vol. 8, pp. 338-353 . 1965

[3] فاضل عباس الطائي، ساندي يوسف هرمز " مرجع سبق ذكره " ص ص (181-196). 2011

[4] فاضل عباس الطائي، ساندي يوسف هرمز " مرجع سبق ذكره " ص ص (181-196). 2011

إذ أن $\propto_A(x)$ هي دالة الانتماء إلى x في A.

حيث أن:

$x_i$ : عناصر المجموعة المبهمة A، $i = 1,2,3.....n$

$\propto_{A(x_i)}$ : درجة انتماء العنصر $x_i$ إلى المجموعة المبهمة A متغير عشوائي، والتي تقدر بالاعتماد على الخبرة الشخصية للباحث نفسه، حيث أن $\propto_{A(x_i)} \in [0,1]$ وعندما تكون:

$\propto_{A(x_i)} = 0$ فان العنصر $x_i$ لا ينتمي إلى المجموعة A، ولا يتمتع بالخاصة المدروسة مطلقا.

$\propto_{A(x_i)} = 1$ فان العنصر $x_i$ ينتمي إلى المجموعة A بدرجة انتماء تام، أي أن العنصر يملك الخاصة المدروسة والممثلة بالمجموعة A بشكل مطلق.

$0 < \propto_{A(x_i)} < 1$ فان العنصر $x_i$ ينتمي إلى المجموعة A بدرجة انتماء جزئي، حيث يملك العنصر الصفة بشكل نسبي.

وتوجد عدة صيغ للتعبير عن المجموعة المبهمة منها:

1- يمكن تمثيل المجموعة المبهمة على شكل أزواج مرتبة.

$$\widetilde{A} = \{x, \propto_{\widetilde{A}}(x)\}$$

$$= \{(1,0.4),(2,0.7),(3,1),(4,0.7),(5,0.4),(6,0.1)\}$$

2- يمكن التعبير عنها بذكر دالة انتمائها فقط، فمثلا $(\widetilde{A})$ تمثل الأعداد الحقيقية الأكبر من 5

$\widetilde{A}$ = { تمثل الأعداد الحقيقية الأكبر من 5 }

$$\propto_{\widetilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < 5 \\ \dfrac{1}{1+(x-5)^2} & x \geq 5 \end{cases}$$

3- يمكن تمثيل المجموعة المبهمة بالشكل التالي :

أ- إذا كانت قيم مجموعة $(x)$ منتهية.

$$\widetilde{A} = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left( \propto_{\widetilde{A}} (x_i) / x_i \right) \right\}$$

$$\widetilde{A} = \propto_{\widetilde{A}} (x) / x_1 + \propto_{\widetilde{A}} (x) / x_2 + ..... + \propto_{\widetilde{A}} (x) / x_n$$

ب- إذا كانت قيم مجموعة $(x)$ غير منتهية.

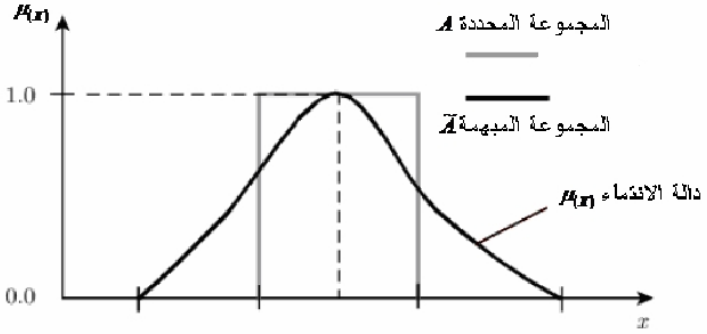
$$\widetilde{A} = \int_{x} \propto_{\widetilde{A}} (x) / x$$

يمكننا مما تقدم أن نصوغ التعريف التالي للمجموعة المبهمة:

" هي مجموعة من العناصر تتمتع بخصائص معينة، وتنتمي هذه العناصر إلى المجموعة بدرجات انتماء تتراوح بين [1،0] وذلك بناء على درجة وجود الصفة (الخاصة) في العنصر".

ويوضح الشكل(3-1) المقارنة بين المجموعة المبهمة والمجموعة المحددة.

شكل (3-1): المجموعة المبهمة والمجموعة المحددة



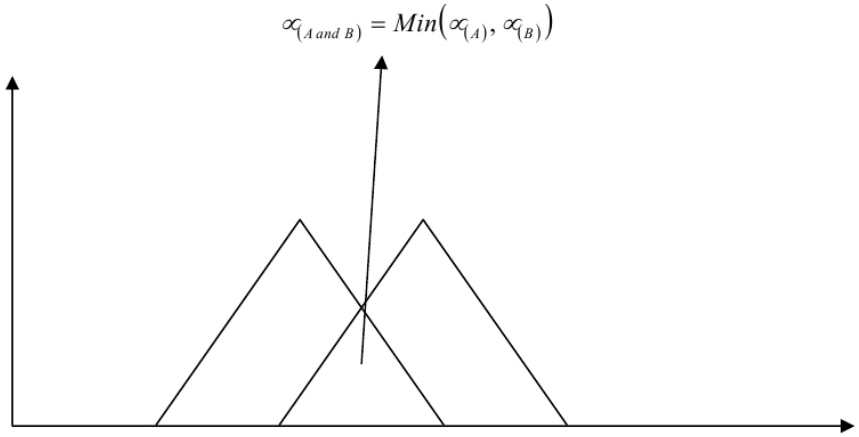

المصدر: د على الجازي وآخرون، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (1) 2009. ص 197-211

### 3-6-1 العمليات على المجموعات المبهمة:

تجرى على المجموعات المبهمة عمليات التقاطع والاتحاد وحساب المجموعة المرافقة لمجموعة مبهمة كما يلي[1]:

1- **التقاطع:** تقاطع مجموعتين مبهمتين A، B الجزئيتين من المجموعة الشاملة X هو مجموعة مبهمة تحوي عناصر A، B بدرجات انتماء تحقق العلاقة التالية: $\alpha_{(A\ and\ B)} = Min(\alpha_{(A)}, \alpha_{(B)})$ ، والشكل (3-2) يوضح ذلك.

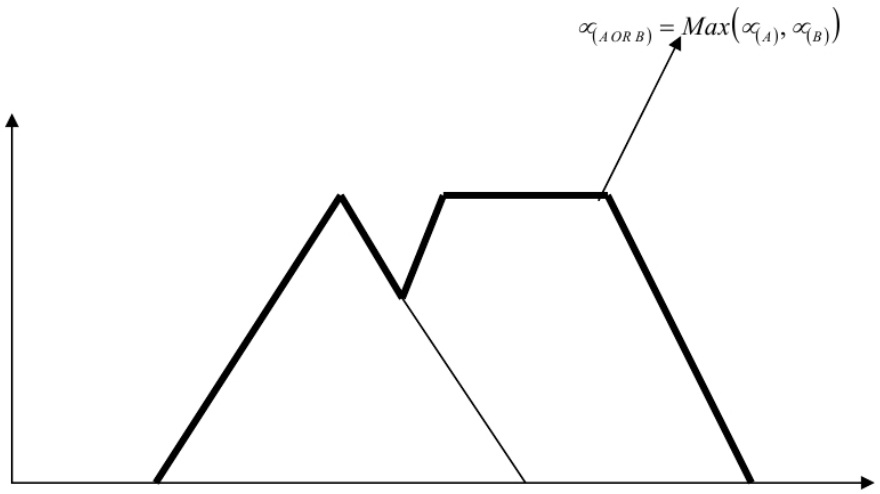
شكل (3-2): التقاطع




[1] Zadeh, L.A, " Fuzzy Sets , Information and Control " , Vol. 8, pp. 338-353 . 1965

2- **الاتحاد:** اتحاد مجموعتين مبهمتين B، A الجزئيتين مع المجموعة الشاملة X هو مجموعة مبهمة لها عناصر A، B بدرجات انتماء يحددها التابع التالي:
$\propto_{(A\,OR\,B)} = Max(\propto_{(A)}, \propto_{(B)})$ ، والشكل (3-3) يوضح ذلك.

شكل (3-3): الاتحاد

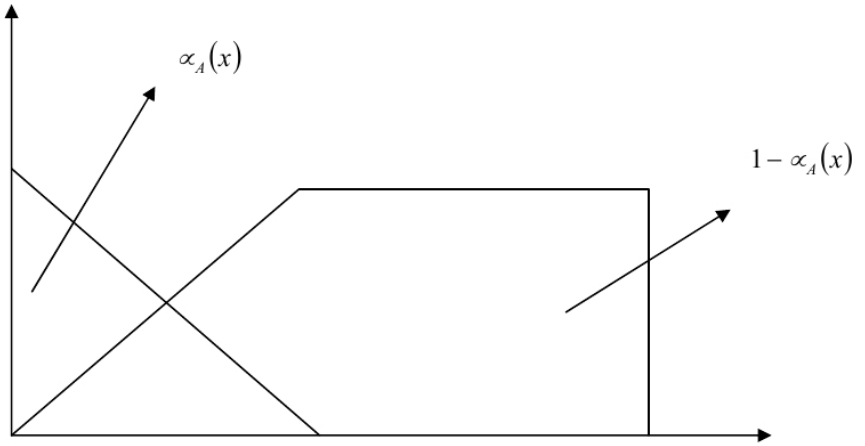



3- **المجموعة المرافقة لمجموعة مبهمة:** هي مجموعة مبهمة لها عناصر المجموعة الأساسية نفسها والتي تكملها ولكن بدرجات انتماء مختلفة تحسب من العلاقة التالية:

$$\propto_{\overline{A}(x_i)} = 1 - \propto_{A(x_i)}$$

حيث: $\propto_{\overline{A}(x_i)}$ درجة انتماء العنصر إلى المجموعة المرافقة $\overline{A}$.
والشكل (3-4) يوضح ذلك.

شكل (3-4): المجموعة المرافقة




ويمكن توضيح العمليات الأساسية للمجموعات المبهمة بالمثال التالي:

بفرض أن : $S=\{x_1,x_2,x_3,x_4\}$ وهي مجموعة الإجراءات الممكنة للمعاينة وأن $A$ هي مجموعة الإجراءات الفعالة، وأن $B$ هي مجموعة الإجراءات الغير مكلفة، وهما مجموعتان جزئيتان من المجموعة الشاملة $S$ ودالة الانتماء لكل منهما هما:

$$\propto_A\{x\}=\left\{\frac{0.2}{x_1},\frac{0}{x_2},\frac{0.8}{x_3},\frac{1}{x_4}\right\}$$

$$\propto_B\{x\}=\left\{\frac{0.8}{x_1},\frac{0.5}{x_2},\frac{0.1}{x_3},\frac{0}{x_4}\right\}$$

وباستخدام المعادلات السابقة فإن:

مجموعة الإجراءات الفعالة غير المكلفة $A\cap B$

مجموعة الإجراءات الفعالة أو مجموعة الإجراءات الغير مكلفة $A\cup B$، مجموعة الإجراءات غير الفعالة $\overline{A}$ تكون على الترتيب :

$$A\cap B=\left\{\frac{0.2}{x_1},\frac{0}{x_2},\frac{0.1}{x_3},\frac{0}{x_4}\right\}$$

$$=\left\{\frac{0.2}{x_1},\frac{0.1}{x_3}\right\}$$

أخذنا بأدنى القيم لدرجات الانتماء في المجموعتين $A$ ، $B$ .

$$A \cup B = \left\{ \frac{0.8}{x_1}, \frac{0.5}{x_2}, \frac{0.8}{x_3}, \frac{1}{x_4} \right\}$$

أخذنا بأعلى القيم لدرجات الانتماء في المجموعتين $A$ ، $B$

$$\overline{A} = \left\{ \frac{0.8}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{0.2}{x_3}, \frac{0}{x_4} \right\}$$
$$= \left\{ \frac{0.8}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{0.2}{x_3} \right\}$$

ومما سبق يتضح أن قيمة نظرية المجموعات المبهمة تأتي من قدرتها على معالجة الإبهام وعدم وضوح البيانات مثل إجراءات المعاينة الفعالة، والانحرافات البسيطة، والأخطاء الجوهرية وذلك عن طريق تمثيل هذه المفاهيم في شكل مجموعات مبهمة، وهذا يؤدي إلى عدم إهمال الباحثين لتلك المفاهيم كما يمكنهم تجنب الوصول إلى نتائج غير مقبولة أو غير بديهية.

ومن فوئد نظرية المجموعات المبهمة أيضا أنها تسمح باستخدام الأحكام الاحتمالية غير الدقيقة والمخرجات المتوقعة غير الدقيقة ومن ثم انخفاض الحاجة إلى المدخلات الرقمية الدقيقة لاتخاذ القرارات، فعلى سبيل المثال التقديرات الخاصة بمخرجات قرارات معينة – مثل عائدات الالتزام بالقوانين واللوائح الحكومية، أو عائدات الاستثمار في مشروع اجتماعي – يمكن أن تصاغ في شكل قيم تقريبية كأن يقال مثلا أن العائدات تقدر بمبلغ 10000 دينار تقريبا أو 20000 تقريبا وهكذا... ، ويمكن أيضا أن تصاغ في شكل قيم وصفية أو لغوية كأن يقال مثلا عائدات متوسطة أو عائدات منخفضة.

وهذه المخرجات غير الدقيقة يمكن تصويرها في شكل مجموعات مبهمة، مثلا إذا كانت المجموعة الشاملة للعائدات أو المخرجات S هي[1]:

[1] أحمد حسن زغلول " استخدام نظرية المجموعات غير المحددة في علاج مشكلة الغموض في المحاسبة والمراجعة " المجلة المصرية للدراسات التجارية ، المجلد الرابع عشر العدد السادس ، ص 141-175. 1990

$$S = \{1000, 2000, 3000, ....., 38000, 39000, 40000\}$$

وأن العوائد المنخفضة M، والعوائد المرتفعة T فإن دالتي الانتماء لمجموعة العوائد المنخفضة ومجموعة العوائد المرتفعة يمكن تحديدهما بشكل شخصي كما يلي:

$$M = \left\{ \frac{0.5}{1000}, \frac{1}{2000}, \frac{0.5}{3000} \right\}$$

$$T = \left\{ \frac{0.5}{37000}, \frac{1}{38000}, \frac{0.5}{39000} \right\}$$

ولعله من أعظم فوائد تلك النظرية أنها تساعد في اتخاذ القرارات في البيئة التي تتصف بالإبهام كأن تكون الأهداف غير محددة بدقة أو أن تكون القيود غير محددة، أو أن كل هذه العوامل غير محددة بوضوح، فعلى سبيل المثال إذا كان القرار يتعلق باختيار نظام الكتروني معين من بين عدة أنظمة لتشغيل البيانات فان مهمة متخذ القرار تكون سهلة إذا كانت الأهداف واضحة والقيود محددة بدقة، لكن تلك المهمة تصبح صعبة إذا كانت الأهداف والقيود تم صياغتها بشكل مبهم كأن يقال مثلا أن النظام المختار يشترط فيه ما يلي[1]:

- سعر الشراء منخفض
- انخفاض تكلفة التشغيل
- سهولة الصيانة والإصلاح
- سهولة فهمه واستيعابه
- المرونة
- طاقة التخزين كبيرة
- إمكانية الاعتماد عليه.

لكنه باستخدام نظرية المجموعات المبهمة يمكن معالجة هذه المشكلة عن طريق تمثيل الأهداف والقيود غير الواضحة بمجموعات مبهمة، فلو أن الأنظمة الممكنة هي $(x)$ وأن $e$ تمثل هدفا غير محدد فإن دالة عضوية مجموعته تكون: $\propto_e (x)$ .

[1] أحمد حسن زغلول " مرجع سبق ذكره " ص 141-175. 1990

وإذا كانت $d$ تمثل قيدا غير محدد فإن دالة انتماء مجموعته تكون $\propto_d(x)$

عندئذ يكون القرار "$k$" ينتج من تقاطع $e$، $d$ وبدالة انتماء:

$$\propto_k(x) = \propto_e(x) \wedge \propto_d(x)$$

ويكون القرار الأمثل هو بديل من مجموعة البدائل الممكنة $(x)$ والذي يعظم $\propto_k(x)$، ورياضا يكون القرار الأمثل والذي نرمز له بالرمز $x_r$ هو القرار الذي يكون له أعلى توافق في مجموعة القرارات أي:

$$\propto_k(x_r) = \max \propto_k(x), \qquad x \in r$$

فإذا كانت مجموعة الأنظمة المتاحة التي سيتم الاختيار من بينها هي:

$$x = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$$

وكانت مجموعة الأهداف غير المحددة هي: $e = e_1, \quad e_2$

حيث :

$e_1$ : سعر الشراء منخفض

$e_2$ : انخفاض تكلفة التشغيل

ودالة الانتماء الأنظمة الممكنة لكل مجموعة أهداف كما يلي :

$$e_1 = \left\{\frac{0.5}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{0.8}{x_3}, \frac{0.2}{x_4}\right\}$$

$$e_2 = \left\{\frac{1}{x_1}, \frac{0.2}{x_2}, \frac{0.9}{x_3}, \frac{0.6}{x_4}\right\}$$

وكانت مجموعة القيود غير المحددة هي : $d = d_1, d_2$

حيث:

$d_1$ : المرونة

$d_2$ : إمكانية الاعتماد عليه

دالة انتماء الأنظمة الممكنة لكل مجموعة قيود كما يلي :

$$d_1 = \left\{\frac{0.8}{x_1}, \frac{0.8}{x_2}, \frac{1}{x_3}, \frac{0.7}{x_4}\right\}$$

$$d_2 = \left\{\frac{0.7}{x_1}, \frac{0.8}{x_2}, \frac{0.4}{x_3}, \frac{0.6}{x_4}\right\}$$

عندئذ تكون مجموعة القرارات المثلى هي :

$$k_r = \left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{0.7}{x_2}, \frac{0.4}{x_3}, \frac{0.6}{x_4} \right\}$$

والواضح أن النظام الثاني $(x_2)$ هو أفضل الأنظمة الأربعة لأنه يعني لكل من الأهداف والقيود معا بشكل أفضل من الأنظمة الأخرى وآية ذلك أن دراجة انتمائه في مجموعة القرارات المثلي على أعلى درجة هي 0.8.

نخلص من ذلك أن نظرية المجموعات المبهمة تفيد حل المشكلات عدم الدقة في البيانات عندما تتضمن تلك المشكلات حالات طبيعية مبهمة وأهدافا وقيودا غير واضحة، وعندما لا يمكن تحقيق مستويات عالية من الدقة، وأيضا عندما لا تكون التصنيفات الثنائية غير واقعية، وعندما تكون مستويات دقة التقديرات المطلوبة للتحليل مختلفة من نوع إلى آخر.

### 3-7 دالة الانتماء Membership Function:

إن أحد الدوافع الأساسية لإنشاء المجموعات المبهمة هي التعامل مع مفاهيم ذوات طبيعة خاصة لا يمكن تحديدها بشكل قطعي. وبالنظر لكون الانتماء في المجموعات المبهمة يمكن أن يكون لها لا وثوقية فان الانتماء للمجموعات المبهمة هي مسألة درجة انتماء إلى تلك المجموعة.

إن كل مجموعة مبهمة A معرفة بدلالة مجموعة شاملة مناسبة X تعرف بواسطة دالة تشبه الدالة المميزة للمجموعات المحددة تسمى بدالة الانتماء ويرمز لها بـ $\propto_A(x)$ حيث أن $x \in X$. وتجدر الملاحظة أنه عند تعريف دالة الانتماء $\propto_A(x)$ فان كل عنصر $x \in X$ تؤشر له قيمة تقع في الفترة المغلقة [0، 1] تميز درجة العنصر x في A[1].

و لتحديد دالة الانتماء يتم الاعتماد على الخبرة البشرية وتلك المجموعة المبهمة تستعمل في أغلب الأحيان لصياغة المعرفة الإنسانية، وأن الدوال الانتماء تمثل جزءا من المعرفة البشرية، وهذا الجانب يعطي صيغة مرنة للدالة العضوية مع الحاجة إلى عمل توليفات دقيقة.

### 3-7-1 سمات دالة الانتماء[2]:

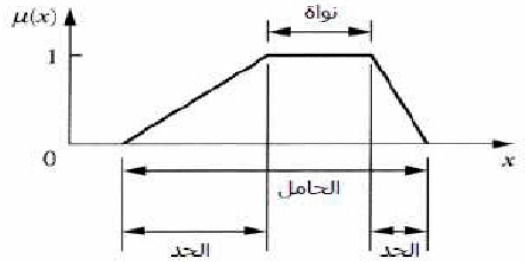
بما أن كافة المعلومات المحتواة في مجموعة مبهمة توصف بدالة انتمائها، فإنه من المفيد تطوير قاموس مصطلحات لوصف السمات الخاصة المتنوعة لهذه الدالة. بغرض التبسيط، ستكون الدوال المعروضة في الأشكال القادمة جميعها مستمرة، ولكن تنطبق المصطلحات على كلتا المجموعتين المبهمتين المستمرة والمتقطعة على حد سواء. يساعد الشكل (3-5) في شرح هذا الوصف.

تُعرّف نواة (core) الدالة الانتماء لمجموعة مبهمة $\widetilde{A}$ بأنها المجال من المجموعة الأساسية الذي يكون مميزا بالانتماء الكامل والتام في المجموعة $\widetilde{A}$، بمعنى أن النواة تشمل تلك العناصر $x$ من المجموعة الأساسية، بحيث يكون $\propto_{\widetilde{A}}(x)=1$.

[1] د مثنية عبد الله مصطفى " مقارنة بين تحليل المكونات المستقلة والمنطق المضبب " المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (21) 2012 ص ص (316-345)

[2] ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " المنطق العائم وتطبيقاته الهندسية " دار النشر غير موجودة، 2010، ص 144.

شكل (3-5): النواة والحامل والحدود للمجموعة المبهمة



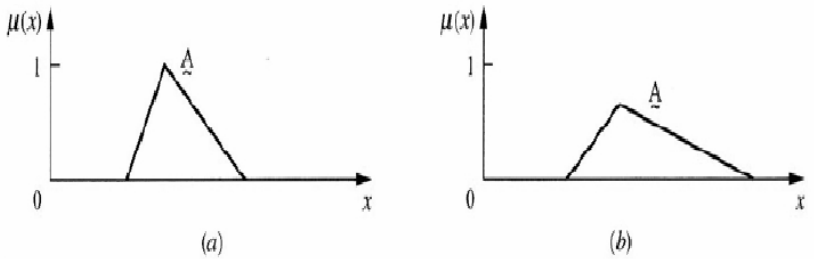

المصدر: ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " المنطق العائم وتطبيقاته الهندسية " دار النشر غير موجودة، 2010، ص 144.

يُعرّف الحامل (support) لدالة انتماء لمجموعة مبهمة ما $\widetilde{A}$ بأنه المجال من المجموعة الأساسية الذي يكون مميزا بالانتماء الأساسية بحيث أن $\propto_{\widetilde{A}}(x) > 0$ .

تُعرّف الحدود (boundaries) لدالة انتماء من أجل مجموعة مبهمة ما $\widetilde{A}$ بأنها المجال من المجموعة الأساسية الذي يحتوي على العناصر المالكة لانتماء غير صفرية ولكن غير كاملة. بمعنى، تشمل الحدود تلك العناصر $x$ من المجموعة الأساسية بحيث $0 < \propto_{\widetilde{A}}(x) < 1$. وهذه العناصر من المجموعة الأساسية هي تلك التي تكون ذات درجة إبهام معينة، أو ذات انتماء جزئية فقط في المجموعة المبهمة $\widetilde{A}$. ويوضح الشكل (3-5) المجالات في المجموعة الأساسية التي تضم النواة والحامل والحدود لمجموعة مبهمة نموذجية.

المجموعة المبهمة النظامية هي تلك التي يكون لدى دالة انتمائها عنصر واحد على الأقل في المجموعة الأساسية تكون قيمته مساوية للواحد. في المجموعات المبهمة حيث يمتلك فيها عنصر واحد وفقط واحد انتماء مساوية للواحد. يشار إلى هذا العنصر نموذجيا على أنه نموذج المجموعة أو العنصر النموذجي. يوضح الشكل (3-6) المجموعات المبهمة النظامية وشبه النظامية النموذجية.

شكل (3-6): المجموعات المبهمة التي تكون: a) نظامية، b) شبه نظامية




المصدر: ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " المنطق العائم وتطبيقاته الهندسية " دار النشر غير موجودة، 2010، ص 146.

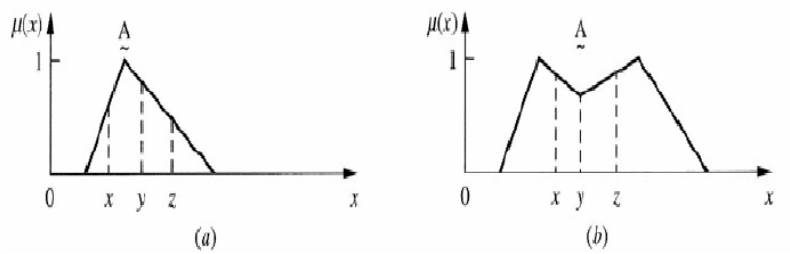
تُوصف المجموعة المبهمة المحدبة بواسطة دالة انتماء تتزايد قيم انتمائها طرديا بصرامة، أو تتناقص انتمائها طرديا بصرامة، أو تتزايد قيم انتمائها طرديا بصرامة ومن ثم تتناقص طرديا بصرامة مع زيادة قيم العناصر في المجموعة الأساسية. وللتعبير عن ذلك بأسلوب آخر نقول: إذا كانت العلاقة $x < y < z$ من أجل أية عناصر $x$ و $y$ و $z$ في مجموعة مبهمة $\tilde{A}$ تشير ضمنا إلى أن[1]:

$$\propto_{\tilde{A}}(y) \geq \min\left[\propto_{\tilde{A}}(x), \propto_{\tilde{A}}(z)\right] \qquad (1)$$

فعندئذ يقال عن المجموعة $\tilde{A}$ بأنها مجموعة مبهمة محدبة. يظهر الشكل (3-7) مجموعة مبهمة محدبة نموذجية ومجموعة مبهمة غير محدبة نموذجية. من المهم الإشارة هنا إلى أن هذا التعريف للتحدب يختلف عن بعض تعاريف المصطلح ذاته في الرياضيات. في بعض مجالات الرياضيات، يجب أن يتعامل تحدب الشكل من كون الخط المستقيم عبر أي جزء من الشكل يخرج خارج حدود ذلك الشكل. لا يستخدم هذا التعريف للتحدب هنا، تلخص المعادلة (1) بشكل مقتضب تعريفنا للتحدب.

[1] ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " مرجع سبق ذكره " 2010، ص 146.

شكل (3-7): مجموعة مبهمة نظامية محدبة (a) ومجموعة مبهمة نظامية غير محدبة (b)




المصدر: ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " المنطق العائم وتطبيقاته الهندسية " دار النشر غير موجودة، 2010، ص 146.

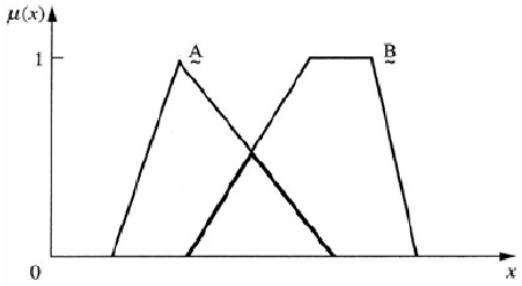
تكمن الميزة الخاصة لمجموعتين مبهمتين محدبتين – لنقل $\widetilde{A}$ و $\widetilde{B}$ – في أن تقاطع هاتين المجموعتين المبهمتين هو أيضا مجموعة مبهمة محدبة، كما هو موضح في الشكل (3-8)، بمعنى أنه من أجل $\widetilde{A}$ و $\widetilde{B}$ المحدبتان، يكون $\widetilde{A} \cap \widetilde{B}$ محدبا أيضا.

تُعرّف نقاط العبور (crossover points) لدالة انتماء بأنها العناصر في المجموعة الأساسية التي تمتلك من أجلها مجموعة مبهمة معينة $\widetilde{A}$ قيما مساوية لـ 0.5، أي التي يتحقق من أجلها أن $\propto_{\widetilde{A}}(x) = 0.5$ .

ارتفاع (height) المجموعة المبهمة هو القيمة العظمى لدالة الانتماء، أي[1]: $hgt(\widetilde{A}) = \max\{\propto_{\widetilde{A}}(x)\}$. إذا كان $hgt(\widetilde{A}) < 1$، يقال عن المجموعة المبهمة أنها غير نظامية. يمكن أن ينظر للارتفاع $hgt(\widetilde{A})$ على أنه درجة صلاحية أو مصداقية المعلومات المعبر عنها بواسطة $\widetilde{A}$ .

[1] ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " مرجع سبق ذكره " 2010، ص 146.

شكل (3-8): ينتج تقاطع مجموعتين مبهمتين محدبتين مجموعة مبهمة محدبة




المصدر: ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " المنطق العائم وتطبيقاته الهندسية " دار النشر غير موجودة، 2010، ص 146.

إذا كانت $\widetilde{A}$ مجموعة مبهمة نظامية محدبة أحادية القيمة معرفة على الخط الحقيقي، عندئذ تدعى $\widetilde{A}$ غالبا عددا مبهما.

### 3-7-2 أنواع دوال الانتماء:

توجد ثلاثة أنواع من دوال الانتماء وهي[1]:

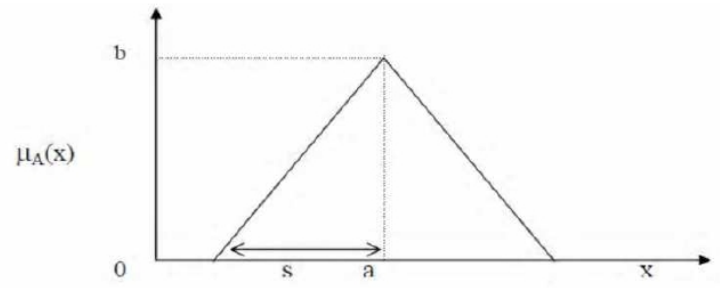
**1- دالة الانتماء المثلثية Triangular Membership Function:**

تتميز هذه الدالة بثلاثة معلمات s, b,a كما في الشكل (3-9)، ويمكن تمثيلها بالصيغة الآتية:

$$\propto_A(X)=\begin{Bmatrix} b\left(1-\dfrac{|x-a|}{s}\right) & when & a-s\ "\ x\ "\ a+s \\ 0 & & otherwise \end{Bmatrix}$$

[1] فاضل عباس الطائي، نجلاء سعد الشرابي " المنطق المضبب لنموذج سلسلة زمنية غير المراوحة مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (18) 2010، ص ص [91-116].

شكل (3-9): الدالة المثلثية



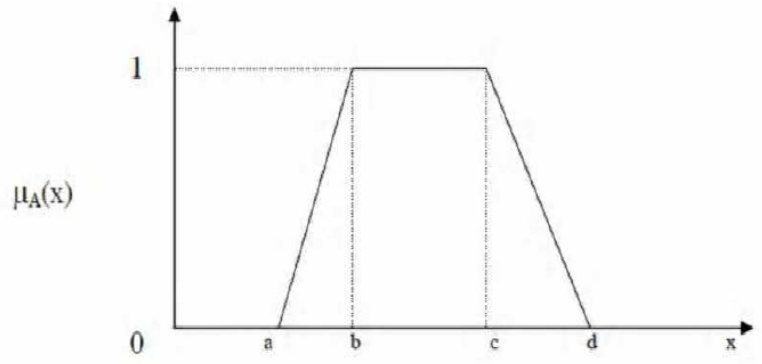

المصدر : فاضل عباس الطائي، نجلاء سعد الشرابي " المنطق المضبب لنموذج سلسلة زمنية غير المراوحة مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (18) 2010، ص ص [91-116].

**2- دالة الانتماء شبه المنحرف Trapezoidal Membership Function:**

تتحدد هذه الدالة بأربع معلمات a , b , c , d كما في الشكل (3-10)، ويمكن تمثيلها بالصيغة الآتية:

$$\propto_A(X)=\begin{Bmatrix} \frac{a-X}{a-b} & ; & a\ "\ X\ "\ b \\ 1 & ; & b\ "\ X\ "\ c \\ \frac{d-X}{d-c} & ; & c\ "\ X\ "\ d \\ 0 & ; & othewise \end{Bmatrix}$$

شكل (3-10): دالة شبه المنحرف



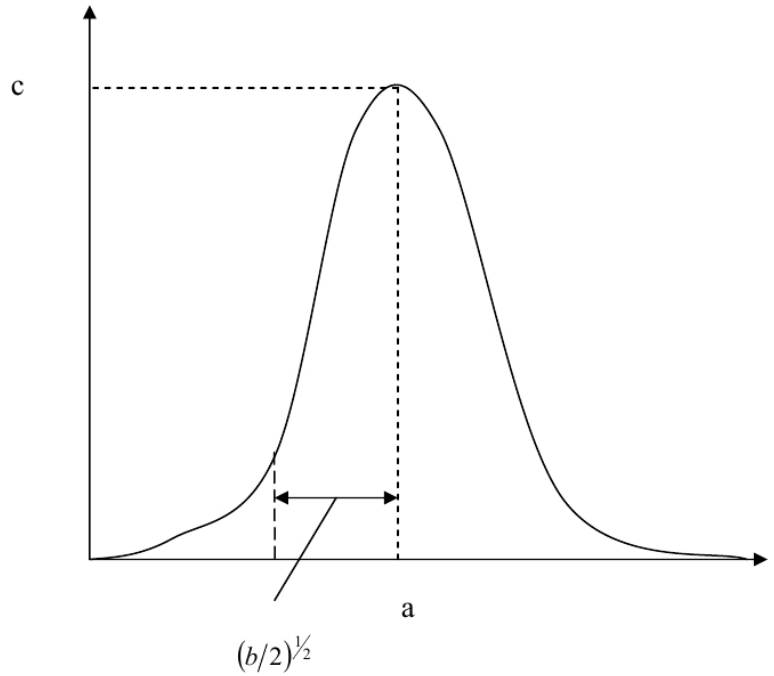

المصدر: فاضل عباس الطائي، نجلاء سعد الشرابي " المنطق المضبب لنموذج سلسلة زمنية غير المراوحة مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (18) 2010، ص ص [91-116].

### 3- دالة الانتماء شكل الجرس Bell-shaped Membership Function:

وتسمى أيضا بالدالة الكاوسية Gaussian Function حيث الشكل (3-11) يوضح الدالة شكل الجرس وتمثل كما في الصيغة الآتية:

$$\propto_A(X) = c\, e^{-\frac{(X-a)^2}{b}} \quad ; \quad -\infty < X < \infty$$

شكل (3-11): دالة شكل الجرس




المصدر: فاضل عباس الطائي، نجلاء سعد الشرابي " المنطق المضبب لنموذج سلسلة زمنية غير المراوحة مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (18) 2010، ص ص [91-116].

### 8-3 الأعداد المبهمة Fuzzy Numbers:

هو امتداد لعدد نظامي بمعنى أن لا يشير إلى قيمة وحيدة وواحدة، وإنما يشير إلى مجموعة القيم المحتملة، حيث كل قيمة محتملة لها وزن خاص بين 0 و 1. ويدعى هذا الوزن بدالة الانتماء. وهكذا العدد المبهم هو مجموعة مبهمة محدبة وطبيعية. إذ أن $\widetilde{A}$ عدد مبهم و $\widetilde{A}$ مجموعة مبهمة محدبة، حيث $\propto_{\widetilde{A}}(x_0)=1$ و $\propto_{\widetilde{A}}(x)$ غير متناقصة لـــ $x'' x_0$ و غير متزايدة لـــ $x \geq x_0$[1].

يمكن القول باختصار إن العدد المبهم هو مجموعة مبهمة مستمرة تمتاز بصفتي التحدب والنظامية، فيدل التحدب على وجود نقطة ذروة وحيدة للتـــابع، فـــي حـــين تضمن النظامية وجود عنصر واحد على الأقل في المجموعة بدرجة انتماء كلي.

يقال للمجموعة المبهمة A في R بأنها أرقام مبهمة إذا حققت الشروط الآتية[2]:

- ✓ A يجب أن تكون مجموعة مبهمة طبيعية ومحدبة.
- ✓ المجموعة $A_\alpha$ يجب أن تكون محددة لكل $\alpha \in [0,1]$ .
- ✓ دالة الانتماء للمجموعة المبهمة A تكون مستمرة جزئية (Piecewise).

وان درجة الانتماء للعدد المبهم تساوي الواحد عند القيمة المركزية وتتناقص مـــن الواحد إلى الصفر في كلا جانبي القيمة المركزية. ومن ثم فكل عدد مبهم A يوضح بواسطة دالة الانتماء كما في الصيغة العامة الآتية:

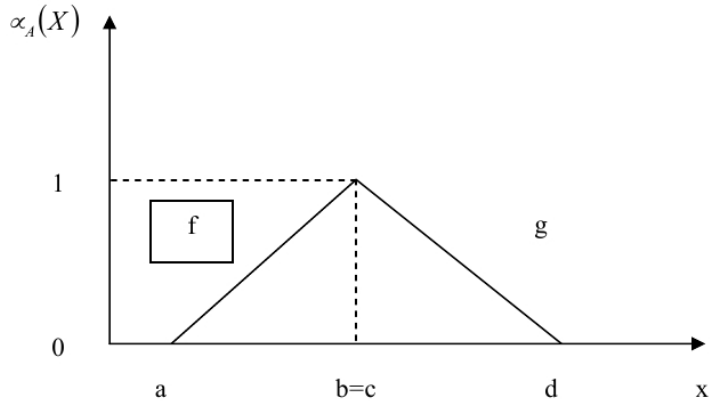
$$\propto_A(X)=\begin{cases} f(X) & for\ X \in [a,b] \\ 1 & for\ X \in [b,c] \\ g(X) & for\ X \in [c,d] \\ 0 & for\ X < a\ \ and\ \ X > d \end{cases}$$

[1] Sanhita Banerjee " An Official journal of Turkish Fuzzy Systems Association Vol.3, No.1, pp. 16-44, 2012.

[2] د ظافر حسين رشيد النجار، د محمد جاسم محمد " التقديرات الحصينة لانحدار الضبابي " المؤتمر الإحصائي العربي الأول، عمان الأردن 12-13 نوفمبر 2007.

إذ ( $a \le b \le c \le d$ ) و f(x) هي دالة مستمرة تتزايد إلى القيمة (1) عند النقطـــة (b) وان g(x) هي دالة مستمرة تتناقص من القيمة (1) عند النقطة (c)، كما هو مبين في الشكل (3-12).

شكل (3-12): دالة مستمرة متزايدة عند (1) ومتناقصة عند (0) بشكل الدالة المثلثية




المصدر: فاضل عباس الطائي، نجلاء سعد الشرابي " المنطق المضبب لنموذج سلسلة زمنية غير المراوحة مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (18) 2010، ص ص [91-116].

### 3-8-1 الأعداد المبهمة الشبه المنحرفة:

إن الإعداد المبهمة الشبه المنحرف (TrFN) المعرفة بـــ $\widetilde{A}(a_1,a_2,a_3,a_4)$ تعطى بدالة الانتماء من الشكل التالي:

$$\mu_{\widetilde{A}}(x)=\begin{cases}0, & x\le a_1\\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1\le x\le a_2\\ 1, & a_2\le x\le a_3\\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3\le x\le a_4\\ 0, & x\ge a_4\end{cases}$$

$$\text{or, } \mu_{\widetilde{A}}(x)=max\left(min\left(\frac{x-a_1}{a_2-a_1},1,\frac{a_4-x}{a_4-a_3}\right),0\right).$$

### 3-8-2 تعميم الأعداد المبهمة الشبه المنحرفة (GTrFN):

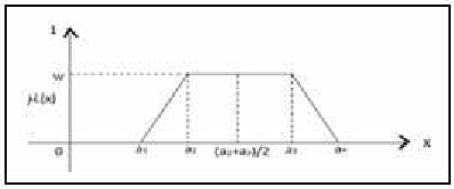
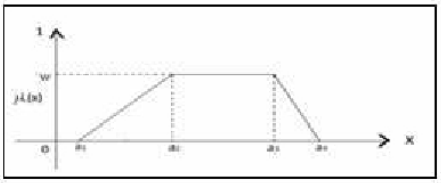
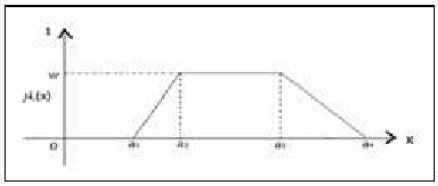
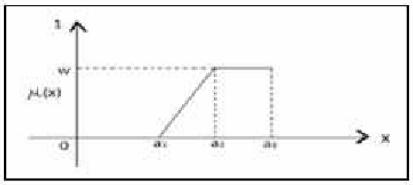
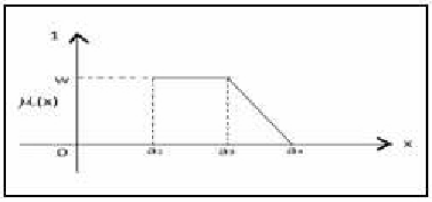
إن تعميم العدد المبهم $\widetilde{A}=(a_1,a_2,a_3,a_4,w)$ ، والذي يعطى بدالة الانتماء من الشكل التالي:

$$\mu_{\widetilde{A}}(x)=\begin{cases}0, & x\le a_1\\ w\frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1\le x\le a_2\\ w, & a_2\le x\le a_3\\ w\frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3\le x\le a_4\\ 0, & x\ge a_4\end{cases}$$

$$\text{or, } \mu_{\widetilde{A}}(x)=max\left(min\left(w\frac{x-a_1}{a_2-a_1},w,w\frac{a_4-x}{a_4-a_3}\right),0\right).$$

ويبين الجدول (3-1) مختلف أنواع تعميم الأعداد المبهمة الشبه المنحرفة.

جدول (3-1): مختلف أنواع GTrFN

| نوع GTrFN | الشرط | التخطيط القياسي لدالة الانتماء |
|---|---|---|
| المتماثلة $\left(\widetilde{A}^{S}_{GTrFN}\right)$ أو الشكل المركزي | $a_2 - a_1 = a_4 - a_3$ |  |
| غير متماثلة من النوع 1 $(l_s > r_s)$ $\left(\widetilde{A}^{NSL}_{GTrFN}\right)$ | $a_2 - a_1 > a_4 - a_3$ |  |
| غير متماثلة من النوع 2 $(l_s < r_s)$ $\left(\widetilde{A}^{NSR}_{GTrFN}\right)$ | $a_2 - a_1 < a_4 - a_3$ |  |
| يسار $\mathrm{GTrFN}\left(\widetilde{A}^{L}_{GTrFN}\right)$ | $a_3 = a_4$ |  |
| يمين $\mathrm{GTrFN}\left(\widetilde{A}^{R}_{GTrFN}\right)$ | $a_1 = a_2$ |  |

Source: Sanhita Banerjee " An Official journal of Turkish Fuzzy Systems Association Vol.3, No.1, pp. 16-44, 2012.

### 3-8-3 الأعداد المبهمة المثلثية:

إن الأعداد المبهمة المثلثية تمثل بثلاث نقاط كالتالي $\widetilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ هذا التمثيل مترجم بدالة الانتماء وبتوفر الشروط التالية[1].

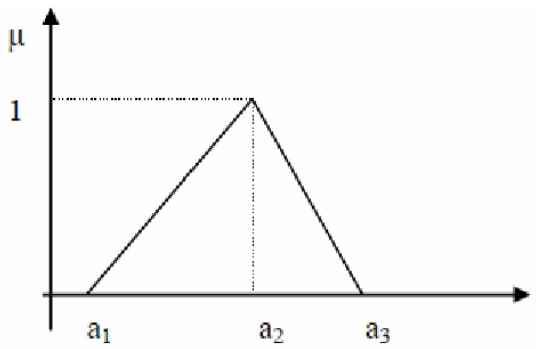
1- من $a_1$ إلي $a_2$ دالة متزايدة

2- من $a_2$ إلي $a_3$ دالة متناقصة

3- $a_1 < a_2 < a_3$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & for\ x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1} & for\ a_1 \le x \le a_2 \\ \dfrac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & for\ a_2 \le x \le a_3 \\ 0 & for\ x > a_3 \end{cases}$$

شكل (3-13): الأعداد المبهمة المثلثية




Source: A. Nagoor Gani " Applied Mathematical Science, Vol. 6, 2012, no. 11, 525-532

[1] Nagoor Gani. A " Applied Mathematical Science, Vol. 6, no. 11, 525-532, 2012

### 3-8-4 العمليات على الأعداد المبهمة:

ليكن M و N عددين مبهمين ممثلين بتابع انتماء مثلثية كما يلي[1]:

$$M = (a_1, b_1, c_1) \text{ ، } N = (a_2, b_2, c_2) .$$

فإذا كان: $M \subseteq N$ فإن: $\propto_{N(X)}$ " $\propto_{M(X)}$ .

يمكننا أن نجري العمليات على (M,N) الموضحة بالمعادلات التالية:

$$M \oplus N = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2)$$
$$M \Theta N = (a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2)$$
$$M / A = (\min(a_1/a_2, a_1/c_2, c_1/a_2, c_1/c_2), b_1/b_2, \max(a_1/a_2, a_1/c_2, c_1/a_2, c_1/c_2))$$
$$\widetilde{Max}(M,N) = [\vee(a_1,a_2), \vee(b_1,b_2), \vee(c_1,c_2)]$$
$$\widetilde{Min}(M,N) = [\wedge(a_1,a_2), \wedge(b_1,b_2), \wedge(c_1,c_2)]$$
$$M \cap N = \{x, \lfloor \propto_{M(x)} \wedge \propto_{N(x)} \rfloor\}$$

حيث أن:

$\oplus$ : عملية الجمع المبهمة.

$\Theta$ : عملية الطرح المبهمة.

/: عملية القسمة المبهمة.

$\vee$ : القيمة العظمى.

$\wedge$ : القيمة الصغرى.

$\widetilde{Max}$ : العدد المبهم الأعظم.

$\widetilde{Min}$ : العدد المبهم الأصغر.

[1] A. Nagoor Gani " op cite " , Vol. 6, 2012, no. 11, 525-532

مثال: ليكن $\widetilde{A}=(2,4,6)$ و $\widetilde{B}=(1,2,3)$ عددين مبهمين مثلثين:

$$\widetilde{A}+\widetilde{B}=(3,6,9)$$
$$\widetilde{A}-\widetilde{B}=(-1,2,5)$$
$$\widetilde{A}\times\widetilde{B}=(2,8,18)$$
$$\frac{\widetilde{A}}{\widetilde{B}}=\left(\frac{2}{3},\frac{4}{2},\frac{9}{1}\right)=(0.66,2,6)$$

**خلاصة:**

لقد استعرضنا في هذا الفصل فكرة نظرية المجموعات المبهمة التي قدما Zadeh (1965) بديلا عن نظرية المجموعات المحددة التي يسيطر عليها الفكر البشري في اتخاذ القرارات فترة تربو على أربعة آلاف عام، وكما بينا سابقا فإن المجموعات المبهمة تعتمد على دوال الانتماء، يقرن كل حدث مبهم بمجموعة واحدة أو مجموعة من الفئات وبدرجات انتماء مختلفة تتراوح بين الصفر والواحد الصحيح، على عكس المنطق الثنائي الذي يعنى بانتماء أو عدم انتماء الحدث إلى هذه الفئة.

يُعنى هذا الفضل بطرح فكرة نظرية المجموعات المبهمة التي تتعامل قصور اللغات البشرية في التعبير عن المدلول الحقيقي للإدراك الذهني لمعاني الأشياء أو الأحداث. وتكمن قوة نظرية المجموعات المبهمة في أنها تتيح لنا اتخاذ القرارات في في ظل نقص المعلومات أو إبهامها. ولقد خرجت هذه النظرية من إطارها النظري التجريدي إلى مجالات التطبيقات الإحصائية والاقتصادية.

# الفصل الرابع:
# برمجة الاهداف

**تمهيد:**

عالجت أساليب البرمجة الخطية المشاكل التي تتميز بوجود هدف واحد فقط. ولكن معظم حالات القرار لا تتميز بوجود هدف واحد بل في كثير من الأحيان يكون في ذهن متخذ القرار عدة أهداف رئيسية وثانوية قد يكمل بعضها البعض أو ربما تتضارب فيما بينها، لذا فإن أوجه القصور التي تواجه استخدام تفضيل الهدف المفرد هي هيمنة الأهداف المتعددة على مسائل التفضيل في الحياة الواقعية.

ولغرض تحليل المشاكل التي تتسم بتعدد وتضارب الأهداف جرى تطوير طريقة لتحليل هذا النوع من المشاكل تسمى البرمجة بالأهداف إذ تساعد هذه الطريقة في البحث للحصول على أفضل قرار يمكن اتخاذه.

وفي أغلب مشاكل البرمجة بالأهداف، هدف واحد سوف يكون أكثر أهمية من الآخر. والذي سوف يكون أكثر أهمية من الهدف الثالث وهكذا. لو افترضنا إنه يمكن وضع هذه الأهداف على شكل مجاميع مرتبة حيث تعطى هذه المجاميع أولويات محددة بحيث أنه $P_k$ ($P_{k+1}$ >>>) بمعنى آخر إن إنجاز الهدف ذو الأولوية العليا يكون مفضل على إنجاز الهدف ذو الأولوية الأدنى ولكن مقدار هذا التفضيل لا يمكن التعبير عنه كميا. هذا المفهوم يلعب دورا رئيسيا في مضمون الأهداف الحاسمة في هذا المجال. يتم إنجاز الأهداف بشكل متسلسل من الأهداف ذات الأولوية العليا (المطلقة) إلى الأهداف ذات الأولوية الأدنى، وإن عملية تحديد الأولويات أو الأهمية النسبية للأهداف تعد من الأمور المهمة في صياغة مشكلة البرمجة بالأهداف لان أي خطأ في تحديد الأولويات سوف يؤدي إلى حل غير صحيح. أن إنجاز الأهداف ليس بالضروري أن تنجز بالكامل لكن تأتي بأقرب نتيجة ممكنة[1].

تشبه نماذج البرمجة بالأهداف نماذج البرمجة الخطية في أن هناك متغيرات قرار تمثل مستويات الأنشطة. يشمل النموذج قيودا هيكلية، يشار إليها بأنها قيود "صلبة"، أو "صارمة"، والتي تمثل الموارد المحدودة المتاحة. إضافة إلى ذلك، تشمل نماذج البرمجة

[1] د صفاء كريم كاظم " استخدام برمجة الاهداف الخطية لتخطيط طلبة التعليم العالي والتقني في محافظة المثنى " المجلة العراقية للادارة والاقتصاد، العدد التاسع والخمسون، 2006، ص ص 69-78

بالأهداف فئة من القيود "اللينة"، والتي تمثل المقاصد. يشمل كل قيد هدف متغير انحرافي واحد أو اثنين والذي يمثل التحقيق الأقل، أو التحقيق الأكثر لهذا الهدف[1].

[1] د سرور علي إبراهيم سرور "نظم دعم القرارات لإدارة العمليات، وبحوث العمليات" دار المريخ للنشر الرياض 2007 ص 254

## 4-1 الدراسات السابقة[1]:

ترجع البادرة الأولى لصياغة واستخدام أسلوب البرمجة الخطية (النماذج وحيدة الهدف) إلى الرياضي الأمريكي " جورج دانتزج " George Dantzig حيث وضع أساسيات طريقة السمبلكس Simplpex Method[2] في عام 1947 عندما كان يعمل ضمن فريق من الباحثين استخدمه السلاح الجوى الأمريكي لحل مشاكل التخطيط لعمليات النقل الحربي. وفيما بعد عام 1948 اهتم العديد من الباحثين بتطوير الأسلوب وتطويعه للاستخدام مجالات أخرى عديدة مثل حل مشاكل الإدارة في التوزيع والتفضيل بين البدائل المختلفة. وقد شهدت الستينات توسعا في استخدام هذا الأسلوب ومبذولة في المجالات المحاسبية خصوصا بواسطة كل Samules[3]، Demski[4]، Wright[5]، Carsberg[6]، Baumol and Fabian [7] وذلك في مجالات التخطيط وإعداد الموازنات والرقابة وحساب أسعار التحويل وتكلفة الفرصة البديلة للموارد المستخدمة.

وفي عام 1961 استنبط الباحثين Charnes and Cooper[8] مفهوم البرمجة بالأهداف باعتباره قضية تتناول نوعية معينة من مشاكل البرمجة الخطية التي لا يمكن حلها، وذلك على أساس وجود قيود متعارضة ومن ثم وجود أكثر من منطقة واحدة للحلول الممكنة.

وفي عام 1965 قدم Yuji Ijiri[9] أسلوب تفصيلي لحل نماذج البرمجة بالأهداف عرف باسم Generalized Inverse Approch. وقد استخدم هذا الأسلوب لأول مرة مفهوم الأولويات كوسيلة للتعامل مع تعدد الأهداف بناء على ترتيبها والوزن الترجيحي كل

[1] د محمد شريف توفيق " برمجة الأهداف منهج متقدم لصياغة وحل نماذج البرامج الرياضية متعددة الأهداف " الطبعة الثانية مكتبة التكامل – الزقازيق، 1985، ص 29.

[2] George Dantzig, Linear Programming and Extensions (New Jerssy: Princeton University Press, 1963)

[3] J.M. Samules, " Opportunity Costing: An Application of Mathematical Programming, " Journal of Accounting Research, pp. 182-191. Autumn 1965

[4] Joel Demski " An Accounting System Structured on a Linear Programming Model, " The Accounting Review, pp. 701-712. October 1967.

[5] F. K. Wright, " Measuring Asset Services: A Linear Programming Approach, " Journal of Accounting Research, pp. 222-236. Autumn 1968.

[6] B. Carsberg, " On the Linear Programming Approach to Asset Evaluation, " Journal of Accounting Research, pp. 165-182. Autumn 1969

[7] W. J. Baumol and T. Fabian, "Decomposition Pricing for Decentralization and External Economics, " Management Science, PP. 1-31. September 1964.

[8] A. Charnes and W. W. Cooper, Management Models and Industrial Applications of Linear Programming (New York: John Wiley and Sons, 1961).

[9] Yuji Ijiri, Management Goals and Accounting for control (Chicago: Rand-McNally and Co., 1965).

منها. كما عنى Ijiri بتطوير أسلوب الحل وتطبيقه في حل بعض المشاكل المحاسبية ومشاكل الرقابة في الإدارة.

وفي عام 1971 قدم Ruefli[1] أسلوب لحل مشاكل التسعير الداخلي للإدارة باستخدام نموذج رياضي لتعدد الأهداف يتكون من ثلاثة مستويات تنظيمية متكاملة، الأول يشمل نموذج للبرمجة الخطية لتعظيم ربحية الإدارة العليا للمشروع والثاني نموذج للبرمجة بالأهداف على مستوى الأقسام والثالث نموذج للبرمجة الخطية على مستوى الإدارات التنفيذية. ونظرا لصعوبات تطبيق هذا النموذج اقترح Kornbluth[2] نموذج للبرمجة الخطية متعددة الأهداف حيث تحل قيود نموذج البرمجة الخطية العادية مع عدة دوال أهداف وذلك عن طريق حل هذه القيود مع كل هدف على حده ثم يختار أفضل حل منها يكون فيه الابتعاد عن تحقيق الأهداف كلها في حده الأدنى. وعلى الرغم من وجاهة هذه الفكرة إلا أنها لم تلق قبولا واسعا ولم تستخدم عمليا لصعوبات تطبيقها على مدى واسع.

وفي عام 1972 عرض Sang Lee كيفية استخدام أسلوب السمبلكس التقليدي في حل النموذج الخطي للبرمجة بالأهداف، إلى جانب تقديم العديد من الأمثلة العملية لتطبيقه في مجالات تخطيط الإنتاج والتخطيط المالي واتخاذ قرارات التسويق مثل اختبار الوسائل الإعلانية والتخطيط الأكاديمي (تخصيص الموارد بالجامعات) وتخطيط الخدمات الصحية والمستشفيات[3].

وفي عام 1976 عرض Ignizio الطريقة المحسنة لحل النموذج الخطي للبرمجة بالأهداف إلى جانب بيان الخطوات العامة لحل نموذج البرمجة بالأهداف للأعداد الصحيحة ونموذج البرمجة بالأهداف غير الخطي[4]. هذا وقد عنى المؤلف في عام 1982 بتطوير النموذج غير الخطي للبرمجة بالأهداف وتطوير للاستخدام في حل المشاكل المحاسبية للتسعير الداخلي (أسعار التحويل الدولية) وإعداد القوائم المالية للشركات الدولية متعددة الجنسية عن نشاطها وعملياتها الدولية.

---

[1] Timothy W. Ruefli, " A Generalized Goal Decomposition Model, " Mnagement Science, PP. B505-B517. April 1971.
[2] J. S. Kornbluth, " Accounting in Multiple Objective Linaer Programming, " The Accounting Review, PP. 284-295. April 1974.
[3] Sang M. Lee, Goal Programming for Decision Analysis (Philadelphia: Aurbach Publishing Inc., 1972), P.11.
[4] James P. Ignizio, Goal Programming and Extensions (Massachusets: D. C. Heath and Co., 1979), P.6.

## 4-2 عرض موجز لنموذج البرمجة الخطية[1]:

### 4-2-1 تعريف نموذج البرمجة الخطية:

يعرف النموذج الرياضي بصفة عامة بأنه التمثيل الرياضي لظاهرة معينة، والبرمجة الخطية هي أحد النماذج الرياضية ، ويرجع الفضل في إستخدامها إلى جورج دانتزج (G.DANTZIG) سنة 1947 عندما استخدم أسلوب السمبلكس (SIMPLEX) لحل مشاكل البرمجة الخطية[2].

وتعالج مسائل البرمجة الخطية مشكلة تعظيم أو تدنية دالة معينة، تسمى بدالة الهدف ضمن مجال محدد، يتحدد هذا المجال بواسطة مجموعة من القيود مفروضة على متغيرات الدالة، وغالبا ما تكون هذه القيود على شكل متراجحات أو معادلات تسمى بالقيود أو الشروط"[3] أما كلمة خطية فتعني أن دالة الهدف وكذلك جميع القيود دوال خطية في المتغيرات الداخلة فيها، وتسمى هذه المتغيرات بمتغيرات القرار (المتغيرات الهيكلية)، و تعرف البرمجة الخطية أيضا بأنها "طريقة رياضية فعالة لإختيار الخطة المثلى، فهي إجراء للبحث عن الحل الأفضل لمشاكل الأعمال التي تتضمن تفاعل متغيرات متعددة، والتي تشمل اختيار أفضل مزيج للموارد الذي يؤدي إلى أقصى الأرباح أو أقل التكاليف[4]

### 4-2-2 الشكل الرياضي لنموذج البرمجة الخطية:

يتكون النموذج الرياضي للبرمجة الخطية من دالة هدف يجب تعظيمها أو تدنيتها، وأيضا من قيود خطية في صورة متراجحات أو معادلات أو خليط منها، وهناك شرط آخر يعرف بشروط عدم السلبية أي إستبعاد القيم السالبة نظرا لعدم وجود تفسير لها، ويمكن صياغة نموذج البرمجة الخطية في الصورة التالية[5]:

---

[1] مكيديش محمد " التخطيط الاجمالي للطاقة الانتاجية باستخدام البرمجة الرياضية مع وضع نموذج رياضي للتخطيط الاجمالي للطاقة الانتاجية في المؤسسة الوطنية للصناعات المعدنية غير الحديدية والمواد النافعة وحدة Bental مغنية " مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية تخصص: إدارة العمليات والانتاج، جامعة تلمسان، 2005، ص 86

[2] Védrine.j.p ; Bringuier.e ; Brisard.A ;"Techniques quantitatives de gestion ";ed :Vuibert gestion ;Paris ; 1985. p76.

3 د.عبد الرحمن محمد أبو عمه، أحمد العش؛ "البرمجة الخطية"؛ جامعة الملك سعود؛ السعودية، 1990. ص5

4 د محمد الحناوي " بحوث العمليات في مجال الإدارة " الإسكندرية ، مؤسسة شباب الجامعة 1981 ص 63

5 د إبراهيم أحمد مخلوف " التحليل الكمي في الإدارة " جامعة الملك سعود1994 ص 23

$$Z = C_1 x_1 + C_2 x_2 + ..... + C_n x_n \quad ..... (1)$$

طبقا للشروط:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ..... + a_{1n}x_n \ '' =\geq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ..... + a_{2n}x_n \ '' =\geq b_2 \quad ..... (2) \\ ..... \end{cases}$$

$$x_1, x_2, ....., x_n \geq 0 \quad .....(3)$$

حيث يمكن أن تكون المتراجحات في صورة مساواة (=) أو أكبر من أو يساوي (≥) أو أصغر من أو يساوي ( $''$ ) و تعرف المعادلة (1) بدالة الهدف و يعبر $x_j$ عن المتغير القراري رقم $j$ ، و يعبر $c_j$ عن ثابت يسمى بمعامل قياس الفعالية، وذلك لكل وحدة $x_j$ ، ويكون في صورة ربح أو تكلفة أو وقت ....الخ .

وتشكل المعادلات أو المتراجحات (2) القيود الهيكلية للبرنامج حيث تشير $a_{ij}$ إلي كمية القيد $i$ المقابلة لوحدة واحدة من المتغير القراري $x_j$ ، وتشير $b_i$ إلى كمية معينة للقيد $i$ و يلاحظ أن $a_{ij}$ و $b_i$ ثوابت أيضا مثل $c_j$ .

وتمثل المتراجحات رقم (3) شروط عدم السلبية لأنه في أغلب التطبيقات الإدارية تكون غير سالبة أي لا يمكن إنتاج كمية سالبة مثلا.

وهناك عدة صياغات رياضية للبرمجة الخطية، تختلف حسب نوع المشكلة مثل مشكلة تخطيط الإنتاج، و مشكلة النقل و التخصيص.....

**4-2-3 شروط استخدام البرمجة الخطية:**

هناك شروط يجب توافرها في المشكلة المراد علاجها وهي[1]:

- ✓ ينبغي إستخدامها في حالة ندرة الموارد، فلو كانت هناك موارد متوفرة لما كانت هناك مشكلة، فهذه الندرة تمثل أحد أهم القيود التي تخضع لها الإدارة في سعيها لتحقيق الهدف.
- ✓ يجب أن يكون هناك هدف محدد و معبر عنه بطريقة كمية، كما يجب أن يكون واضح و دقيق ويمكن التعبير عنه في شكل معادلة رياضية.

[1] د على السلمي " الأساليب الكمية في الإدارة " القاهرة : دار المعارف 1975 ص 38

- ✓ يجب أن تكون هناك بدائل مختلفة لتحقيق الهدف، فيجب أن تكون هناك أساليب بديلة لمزج الموارد للوصول إلى الهدف حيث يكون لكل بديل عائد متوقع ، فتصبح المهمة في اختيار البديل الذي يعطي أعلى عائد أو أدنى تكلفة في حدود القيود المفروضة.
- ✓ يفترض أن تكون العلاقات بين المتغيرات التي تتركب منها المشكلة، خطية، و يقصد أن أي تغيير ما في أحد المتغيرات يحدث تغيرا مناسبا تماما مع المتغير الآخر، أما إذا حدث و كانت المتغيرات غير خطية فيجب تحويلها حتى تصبح خطية.
- ✓ يجب أن توجد قيود على المتغيرات الداخلة في دالة الهدف، و القيود الهيكلية نستبعد منها القيم السالبة.

**4-2-4 طرق حل نموذج البرمجة الخطية:**

توجد عدة طرق لحل نموذج البرمجة الخطية نذكر منها:

- ✓ الطريقة البيانية: والتي يمكن استخدامها في حل المشاكل التي لا يزيد عدد متغيراتها الأصلية عن 2.
- ✓ طريقة السمبلكس: حيث تعتبر هذه الطريقة العامة لحل مشكلات البرمجة الخطية، والتي تمتاز بالقدرة على الوصول إلى الحل الأمثل دون الحاجة إلى دراسة جميع الحلول الممكنة، وذلك بالبدء بالحل القاعدي ثم الانتقال إلى حل أفضل من الحل السابق و هكذا حتى يتم الوصول إلى الحل الأمثل، ويمكن إستخدام هذه الطريقة مهما كان عدد متغيرات المشكلة .

**4-2-5 استخدام برامج الإعلام الآلي في حل نماذج البرمجة الخطية:**

لقد طورت العديد من البرامج التي يمكن إستخدامها في حل نماذج البرمجة الخطية، ومن أحدثها نذكر البرنامج Lindo والذي يستخدم خصيصا لحل مشاكل البرمجة الخطية وكذا القيام بتحليل الحساسية، كما يمكنه أيضا حل نماذج البرمجة الرقمية الثنائية وأيضا المختلطة وهذا عن طريق إصدار أوامر حول المتغيرات التي نرغب في أن تأخذ أعداد صحيحة أو صفر أو واحد، لذلك فإن إستخدام هذا البرنامج جعل حل مشاكل البرمجة الخطية أمرا يسيرا وذا سرعة فائقة.

## 4-3 صياغة نموذج البرمجة بالأهداف:

### 4-3-1 التعريف بنموذج البرمجة بالأهداف:

يعتبر نموذج البرمجة بالأهداف امتدادا لنموذج البرمجة الخطية، إذ يمكن استخدام هذا النموذج في معالجة المشاكل التي تتضمن هدفا واحد وأهدافا فرعية متعددة، كذلك المشاكل التي تتضمن أهدافا رئيسية متعددة وأهدافا فرعية متعددة، كما أن دالة الهدف في نموذج البرمجة بالأهداف قد تشمل وحدات قياس غير متجانسة مثل الدينارات، عدد الوحدات .... الخ، وذلك بعكس دالة الهدف في البرامج الخطية التي تكون وحدة القياس فيها متجانسة[1].

ويستخدم نموذج البرمجة بالأهداف نوعا من الترتيب الهرمي للأهداف المتعددة والمتعارضة بحيث أن الأهداف التي لها أولوية منخفضة تؤخذ في الاعتبار بعد الاهتمام بأهداف الأولية المتقدمة وتحقيقها أو على الأقل تحقيقها لحد مناسب أو معقول.

ومن ثم يمكن تعريف نموذج البرمجة بالأهداف بأنه:

" نموذج رياضي يسعي لمعالجة ذات الأهداف المتعددة والمتعارضة وذلك من خلال نظام لتحقيق تلك الأهداف يؤدي إلى تحديد متغيرات القرار التي تخفض مجموعة الانحرافات (غير المرغوب فيها) عن الأهداف المحددة مقدما إلى أدنى حد ممكن في ضوء مجموعة من القيود التي تحد من تحقيق كل أو بعض الأهداف بقيمتها المحددة مقدما[2] ".

وأحد السمات الهامة لنموذج البرمجة بالأهداف أنه لا يشترط ضرورة القياس الكمي الدقيق للعلاقات بين المتغيرات في صورة أعداد أصلية، إذ يمكن للإدارة أن تضع حدودا دنيا أو عليا للأهداف، ثم نقوم بترتيب هذه الأهداف في شلك ترتيبي بناء على أولوية أو أفضلية تحقيق كل منها، ويمثل ذلك أحد السمات الهامة لهذا النموذج لأنه لا يمكن في الغالب الحصول على بيانات دقيقة عن قيمة ومدى أهمية كل هدف بالنسبة للأهداف الأخرى.

[1] د إبراهيم رسادن حجازي " التحليل الكمي لقياس كفاءة الوحدة الاقتصادية " رسالة دكتوراة غير منشورة كلية التجارة، جامعة القاهرة، 1986، ص 117.

[2] د عبد الغفار شحاته عبده فرحات " استخدام نموذج برمجة الأهداف في تعظيم شركة النصر للغزل والنسيج بالزقازيق وبورسعيد" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التجارة، جامعة الزقازيق، 1985، ص 105.

### 4-3-2 البرمجة بالأهداف واتخاذ القرار[1]:

إن التطورات المهمة في مجالي الإدارة والتخطيط تشير إلى أن المنظمات والمجتمع أصبحت مجزأة إلى مجاميع ذات مصالح وقيم متعددة ليس لها هدف واحد محدد سائد. لذلك يكون من المهم للهدف الأساس لأي مشكلة قرار هو تحقيق التوازن بين المصالح عندما تكون الأهداف متعددة ومتضاربة لأقسام المنظمة. فالبرمجة بالأهداف هي نموذج رياضي يسعى لإيجاد اقرب وأحسن الحلول للقيم المحددة لعدد من أقسام المنظمة. بعبارة أخرى يهدف النموذج الرياضي للبرمجة بالأهداف لتحقيق تقليل مجموع الانحرافات عن الأهداف المحددة مسبقا لأدنى حد ممكن كما أن النموذج الرياضي الذي يعمل على تحقيق هذه الأهداف ضمن بيئة القرار هو الذي يحدد العناصر الرئيسية للنموذج وهي متغيرات القرار والقيود ودالة الهدف. أن أي تطور تكنولوجي يمكن التوصل إليه يجب أن يكون ملازم لاستقرار النظام من خلال التوازن المتحقق بين الأهداف المتعددة كالاستخدام الأمثل لمصادر الطاقة الطبيعية عند السيطرة على النمو السكاني أو توسع التعاون الدولي من اجل استقرار اقتصادي ... وغيرها من الأهداف. أن تقنية البرمجة بالأهداف هي امتداد للبرمجة الخطية تحاول إيجاد أفضل حل وإجراء يمكن اتخاذه لمشكلات اتسمت بتعدد الأهداف وقد مثلت هذه التقنية أداة بشرت بنجاح تحليل القرار المتعلق بأهداف متعددة وعدت ذات مستوى متطور قدمت حلا معاصرا لنظام معقد ذي أهداف متضاربة ومتناقضة كما أنها تحل المشاكل ذات الهدف الواحد.

### 4-3-3 أهمية البرمجة بالأهداف:

وفي ضوء المفاهيم السابقة فإنه يمكن القول أن البرمجة بالأهداف تعالج بصفة أساسية الأهداف المتعددة سواء كانت متناسقة أو متعارضة، حيث تحاول التوصل إلى أفضل حل يوفق بينها وذلك طبقا لأولوياتها المتعددة وذلك عن طريق تقليل مجموع الانحرافات سواء كانت موجبة أو سالبة عن الأهداف المحددة سلفا إلى أقل قدر ممكن.

[1] م.م. مظهر خالد عبد الحميد " بناء نماذج برمجة الاهداف لقدير نموذج الانحدار الخطي البسيط " مجلة تكريت للعلوم الادارية والاقتصادية / المجلد 5 / العدد 14 / ص ص 182- 206 /2009.

وبالتالي فإن البرمجة بالأهداف لا تعمل على تعظيم أو تدنية هدف معين بذاته، وإنما تحاول التوصل إلى اقرب نتيجة لقيم الأهداف المحددة سلفا من خلال تقليل مجموع انحرافات النتائج عن الأهداف المحددة سلفا إلى أقل قدر ممكن.

وبصفة عامة يمكن القول أن نموذج البرمجة بالأهداف يتسم بالعديد من الخصائص والسمات، يمكن توضيحها بإيجاز فيما يلي[1]:

1- تسعى البرمجة بالأهداف إلى تحقيق أهداف متعددة سواء كانت تلك الأهداف متناسقة أو متعارضة.

2- يتم التعبير عن الأهداف في صورة رتب أو أولويات.

3- تسعى البرمجة بالأهداف إلى تخفيض الانحرافات بين الأهداف المحققة والأخرى المستهدفة إلى أدنى حد ممكن قد يصل إلى الصفر.

ويفضل استخدام أسلوب البرمجة بالأهداف في المواقف والمشكلات التي تتميز بتعدد الأهداف، وكذلك في المواقف والمشكلات التي يهدف المدير من ورائها إلى تحقيق مستوى مرض من النشاط وليس الوصول إلى المستوى الأمثل له.

أن هذا الأسلوب الذي يعد امتدادا للبرمجة الخطية يمكنه التعامل مع الأهداف باعتبارها واجبة التحقيق إلى درجة مطابقة ما أمكن في حدود القيود العملية للمشكلة فبدلا من أن يكون كل هدف جزء من معادلة الهدف يتم التعبير عنه على أنه قيد، تتضمن تلك المعادلة المتغيرات المعروفة بمتغيرات الانحراف التي تقيس مقدار انجاز الأهداف عن القيم الحقيقية المستهدفة وبهذا تبرز أهمية البرمجة بالأهداف في تقليل هذه الانحرافات لأقصى ما يمكن. أن الحالات الثلاث التي نقوم بها لتقليص المتغيرات الثلاثة في دالة الانجاز يمكن تلخيصها في الجدول (4-1):

[1] د أحمد محمد غنيم " الأساليب الكمية المفاهيم العلمية والتطبيقات الإدارية الجزء الأول " المكتبة العصرية للنشر والتوزيع مصر، 2009- 2010 ص 349

جدول (4-1): أنواع القيود

| نوع القيد | الصيغة القياسية العاملة للقيد | المتغيرات الانحرافية المراد تخفيضها |
|---|---|---|
| $f_i = (\bar{x})'' \ b_i$ | $f_i = (\bar{x}) + v_i - u_i = b_i$ | $u_i$ |
| $f_i = (\bar{x}) \geq b_i$ | $f_i = (\bar{x}) + v_i - u_i = b_i$ | $v_i$ |
| $f_i = (\bar{x}) = b_i$ | $f_i = (\bar{x}) + v_i - u_i = b_i$ | $v_i + u_i$ |

وبما أن المغيرات الانحرافية لا تجتمع معا لذا فإن احدهما يساوي صفر أي أن: $(v_i * u_i = 0)$ كما ينطبق شرط عدم السلبية على جميع المتغيرات أي أن $(v_i * u_i \geq 0)$.

**4-3-4 الفروق بين البرمجة الخطية والبرمجة بالأهداف:**

يعتبر أسلوب البرمجة بالأهداف أحد شرائح البرامج الرياضية، فهو امتداد للبرامج الخطية، وعلى الرغم من ذلك فإنه توجد فروق جوهرية بين البرمجة بالأهداف والبرمجة الخطية يمكن توضيحها بإيجاز فيما يلي[1]:

1- تسعى البرمجة الخطية إلى تحقيق هدف واحد يكون خاضعا لعدد من القيود (كأن يتم تعظيم الربح أو تخفيض التكاليف في ظل قيود الطاقة الإنتاجية المتاحة)، بينما تسعى البرمجة بالأهداف إلى تحقيق أهداف متعددة قد تكون متناسقة أو متعارضة.

2- تعبر البرمجة بالأهداف عن أهداف المشكلة موضع الدراسة في صورة إعطاء أوزان نسبية أو أولويات للأهداف المختلفة، بينما لا يمكن للبرمجة الخطية تحقيق ذلك.

[1] د أحمد محمد غنيم " مرجع سبق ذكره "، 2009- 2010 ص 350

### 4-3-5 نموذج البرمجة بالأهداف[1]:

أن لمشكلة البرمجة بالأهداف المتعددة سواء كانت خطية أو لا خطية سواء حلت بأي طريقة كانت قد فسحت المجال لاستخدام النموذج في مجالات متعددة من الحياة الواقعية كتوزيع مصادر الطاقة، وتخطيط القوة العاملة وتخطيط وسائل الإعلان، وتحديد مستوى الصيانة للكمائن ... الخ. فكل مجال من هذه المجالات يتطلب أن توضع المشكلة بشكل نموذج يحدد فيه معالم المشكلة وأهدافها وأولوياتها وهي تشترك جميعا بأنه يمكن أن تحل كنموذج مفرد الهدف. ولإعداد النموذج نتبع بما يلي:

1- تعين الأهداف بوضوح وتحدد القيم المستهدفة لها.
2- يعبر عن الأهداف بصورة معادلة قيد تتضمن انحراف المتغيرات عن القيم المستهدفة والتي تمثل مقدار الزيادة والنقص عن الهدف المطلوب. يتم تقليل متغيرات الانحراف في دالة الهدف (علما أنها ليست متغيرات القرار الأصلية) ويتم صياغة قيود المشكلة العملية (كقيود الموارد والوقت.....الخ) وكذلك القيود على الهدف. وعند تحديد الأهداف الأصلية يؤخذ بنظر الاعتبار الحكم والتقدير الشخصي للأهمية النسبية للأهداف التي تم تحديدها مسبقا في صياغة النموذج بحيث النموذج بحيث توضع أوزان معينة للهداف حسب أهميتها، وتكون هذه الأوزان كمعاملات لمتغيرات الانحراف في دالة الهدف.
3- التعبير عن التقليل في معادلة الهدف التي تتضمن معادلة انحرافات فقط (متغيرات انحرافات وهي ليس متغيرات القرار الأصلية).

[1] م.م. مظهر خالد عبد الحميد " مرجع سبق ذكره " ص ص 182- 206/ 2009

**4-3-6 مداخل حل البرمجة بالأهداف:**

هناك عدة مداخل تستخدم لدراسة وحل مشاكل البرمجة بالأهداف وهي كما يلي[1]:

**4-3-6-1 مدخل التطبيق العادي لأسلوب البرمجة بالأهداف:**

بالرغم من وجود عدة أهداف توضحها البيانات الخاصة بالمشكلة (وترغب بها الجهة المستفيدة) يفترض هذا الأسلوب تحديد هدفا واحد يفوق جميع الأهداف الأخرى التي تمثل القيود تكون أهمية هذا الهدف تفوق أهمية باقي الأهداف الأخرى التي تعد قيودا تحدد بمستويات معينة فتظهر الموازنة التقديرية عند عرض القيود. أن صعوبة هذا المدخل تكمن في انه لا يتضمن أي توازن أن تبادلات بين الأهداف المختلفة، ولكن يمكن أن يظهر الرضا عند تحقيق أي الهدفين بدرجة أعلى من الأخر علما أنه لا توجد طريقة مباشرة لتحقيق ذلك فربما نحتاج لتجربة العديد من القيود حتى يتم الوصول إلى حلول مرضية لها.

**4-3-6-2 تحديد التبادل بين الأهداف:**

تعين المبادلات بين الأهداف يعد حلا ملائما لمشاكل تعدد الأهداف، ويتم ذلك من خلال تحديد قيمة المنفعة (بالنقود) لكل هدف ثم يجري التبادل بين الهدفين معا على أساس الكلفة (بالنقود)، وهنا يمكننا من الوصول لأقصى قيمة لصافي المنافع ... يتوقف نجاح هذا المدخل في القدرة على تحديد التبادلات الضرورية يرافقها صعوبة في تحديد المنفعة النقدية.

**4-3-6-3 تطبيق البرمجة بالأهداف:**

عند بناء النموذج الخاص بمشكلة البرمجة بالأهداف يتم فيه تحديد العوامل المرغوب فيها لكل هدف للوصول إلى الحد الأدنى من قصور الانجاز عن تحقيق الأهداف (اقل انحراف عن كل هدف) حيث تكون الأهداف قد مثلت بمستويات معينة عالية مرغوب فيها وهنا لا يمكن أن تعالج جميع الأهداف معا وإنما بالتتابع .. أن متغيرات الانحراف التي زادت بها درجة تحقيق الأهداف عن الحد المطلوب هي التي تشكل دالة الهدف والمطلوب تقليلها (بالنقص) للوصول إلى مستوى الأهداف المرغوب فيها. فبساطة هذا المدخل

[1] م.م. مظهر خالد عبد الحميد " مرجع سبق ذكره " ص ص 182- 206، 2009

واضحة من خلال وجود افتراض رئيسي هو أن وحدة الوفورات في النقد (عند الحديث عن المنفعة) تعطي نفس القيمة حيث تعطي معادلة الهدف أوزان متساوية لكل منها. أحيانا يكون من الأفضل أن نحدد المبادلات من خلال تقديرنا قيمة نقص الوحدات (الوفورات النقدية) وإظهارها في دالة الهدف بمعاملات لمتغيرات الانحراف عند الحاجة لرفع تلك المتغيرات التي قلت عن مستوى الانجاز ويختلف هذا المدخل عن مدخل تحديد المبادلات من بعدين هما:

**الأول:** أن هذا المدخل حدد للنموذج أهداف معينة واضحة ثم عين قيم مختلفة للانحرافات بالزيادة والنقص عن الأهداف، وفي المدخل الثاني عينا وزن واحد لكل هدف يتم تطبيقه على المدى الكلي للقيم الممكنة.

**الثاني:** في هذا المدخل نحدد معادلة الهدف بمقاييس الأهداف ذاتها بينما المدخل الثاني يجب أن نحسب صافي المنفعة لكل نشاط ثم بعد ذلك يتم إدخال المنافع الصافية في دالة الهدف، ومن الجدير بالذكر أن مدخل البرمجة بالأهداف يؤدي إلى تسهيل التعرف على القيمة النسبية لكل من الأهداف المتعددة.

**4-3-6-4 تحديد الأولويات:**

يفترض هذا المدخل انه عند تحديدنا للتبادلات بين الأهداف المتعددة المتخلفة نكون بحاجة لتحديد أولوية كل منها، ولا يهدف نظام تحديد الأولويات إلى المحاولة لتحقيق كل هدف بالتلازم وإنما إلى تحقيقها تباعا يتم ذلك من خلال الأهداف ذات الأولويات العليا.

### 4-3-7 صياغة المشاكل القرارية وفقا لنموذج البرمجة بالأهداف:

تتحدد الخطوات الرئيسية لصياغة نموذج البرمجة بالأهداف فيما يلي[1]:

1- تحديد متغيرات القرار للمشكلة.
2- صياغة دوال أهداف النموذج.
3- تحديد مستويات أولوية تحقيق أهداف النموذج.
4- صياغة دالة تحقق النموذج.

### 4-3-7-1 تحديد متغيرات القرار للمشكلة:

تتمثل الخطوة الأولى لصياغة المشكلة القرارية وفقا لنموذج البرمجة بالأهداف (أو بصفة عامة وفقا لأي نموذج رياضي) في تحديد متغيرات القرار، وهي المتغيرات أو العوامل التي يمكن لمتخذ القرار التحكم فيها أو تغييرها، وتمثل الناتج الأخير للقرار أو النموذج.

وبصفة عامة سيستخدم الرمز $(x)$ للتعبير عن متغيرات قرار النموذج الرياضي، لذلك $x_n$ تمثل متغيرات القرار $(n=1,2,....,k)$ ويتم صياغة النماذج الرياضية وحلها بهدف تحديد القيم المثلى التي تتخذها متغيرات القرار، وسيشار إليها في هذه الحالة الأخيرة بالرمز $x^*$.

### 4-3-7-2 صياغة دوال أهداف النموذج:

إن نموذج البرمجة الخطية يقوم دائما على أساس صياغة دالة وحيدة الهدف يتم تعظيمها أو تخفيضها في ظل عدد من دوال "القيود". ومن واقع إجراءات النموذج يفترض انه يحدد بوضوح وبشكل قاطع في استخدامه لمفهوم الدالة ما هو الهدف أو ما هو القيد. إلا أنه في الحياة العملية نادرا ما نجد خط فاصل حقيقي يكفل دقة التمييز بينهما إن كان في الواقع يوجد مثل هذا التمييز فعلا. ذلك أن كل منهما يمثل رغبة أو هدف لمتخذ القرار يسعى لحقيقة. وبناء عليه سنستخدم مفهوم هدف أو أهداف عموما عندما تكون نابعة أو منبثقة عن:

[1] د محمد شريف توفيق " مرجع سبق ذكره " 1985، ص 43.

- رغبات متخذ القرار.
- نقص أو محدودية الموارد.
- أي شروط صريحة أو ضمنية تفرض على اختيار قيمة متغيرات القرار.

ويتمثل المنهج المقترح لصياغة نموذج البرمجة بالأهداف في تحديد أهداف متخذ القرار وفقا للمجموعات الثلاث وأخيرا حلها وفقا لإجراء النموذج.

ويمكن أن تشمل المجموعة الأولى من الأهداف ما يلي (على سبيل المثال):

- تعظيم الربح لأقصى حد ممكن.
- تخفيض التكاليف لأقل حد ممكن.
- تخفيض المخاطرة.
- تخفيض ساعات العمل الإضافي.

وبالنسبة للمجموعة الثانية من الأهداف فيمكن أن تشمل على سبيل المثال محدودية توافر كل من :

- ميزانية التمويل.
- المواد الخام.
- ساعات العمل أو ساعات دوران الآلات.
- أي موارد أخرى للنشاط.

وبالنسبة للمجموعة الثالثة من الأهداف فتتضمن الشرط الطبيعي بعدم سلبية قيمة متغيرات القرار في حل النموذج أو أي اشتراطات أخرى تنبثق عن تعاقد رسمي أو قانوني يستوجب أن تكون قيمة متغيرات القرار تساوي أو تتجاوز أي قيمة محددة كحد أدنى، مثلا الالتزام بتوريد حد أدنى من وحدات معينة بناء على عقد قانوني.

وعقب التعرف على رغبات متخذ القرار بشأن الأهداف المختلفة السابقة للمشكلة، يتم دراستها معا بهدف العمل على تخفيضها إلى اقل حد ممكن عن طريق استبعاد بعض الأهداف التي يتبين عدم الحاجة إليها نتيجة وجود أهداف أخرى للمشكلة تتضمنها أو تستوعبها. فعلى سبيل المثال قد يوجد هدف بشأن تعظيم الربح إلى جانب هدف أخر لخفض التكاليف عموما، وكلاهما يمكن أن يصاغ كهدف واحد باعتبار إن هدف تعظيم الربح يستوعب الأهداف التي يتبين أنها ذات أهمية محدودة في النموذج.

ويلي ذلك البدء في الصياغة الرياضية لدوال أهداف النموذج. وسيرمز في هذا الشأن لكل هدف بالنموذج بالرمز $F_m(m=1,2,3,....,k)$ ، فمثلا الهدف الثالث سيرمز له $F_3$ . وتتخذ الصورة العامة للهدف $m$ الشكل التالي :

$$F_m = S_m(\bar{x})$$

حيث :

$(\bar{x})$ : قيمة متغيرات القرار $x_n$ $(n=1,2,3,.....,k)$ .

$S_m(\bar{x})$ : دالة متغيرات القرار بالنسبة للهدف $m$ $(m=1,2,3,.....,l)$ .

وتعبر $S_m(\bar{x})$ عن القيمة القابلة للتحقق من الهدف $m$ عند التعرف على قيم متغيرات القرار $(\bar{x})$ في الحل.

ويراعي في صياغة كل دالة من دوال الأهداف ما يلي :

1- يتعين أن يتحدد لكل دالة هدف $(F_m)$ من أهداف النموذج قيمة للطرف الأيسر $B_m$ بحيث:

$$S_m(\bar{x}) \geq B_m$$

$$S_m(\bar{x}) \text{ " } B_m$$

حيث :

$B_m$ : القيمة المستهدفة أو المستوى المحددة مقدما كهدف التي يتعين على $S_m(\bar{x})$ أن تحققها بالضبط أو تتجاوزها أو تقل عنها وذلك بحسب مجموعات رغبا متخذ القرار السابق الإشارة إليها.

2- تصاغ جميع دوال الأهداف في النموذج الرياضي للبرمجة بالأهداف في صورتها الأخيرة على أساس استخدام علاقة المساواة الرياضية (=) لطرفي كل هدف. لذلك يتعين أن يتضمن الطرف الأيمن لدالة كل هدف $(F_m)$ متغيرات الانحراف السالبة والموجبة $(N_m, P_m)$ بحيث تحقق شرط المساواة لطرفي كل هدف $m$ .

ولذلك تتخذ الصورة الكاملة لدالة الهدف $(m)$ ما يلي:

القيمة القابلة للتحقق من الهدف + متغيرات الانحراف من الهدف = القيمة المستهدفة

$$S_m(\bar{x}) + N_m - P_m = B_m$$

حيث:

$N_m$ : متغير انحراف سالب عن القيمة المستهدفة أو المحددة مقدما كهدف للدالة. ويتحدد لهذا المتغير قيمة موجبة لو القيمة القابلة للتحقق من دالة الهدف $m$ (الطرف الأيمن للهدف) تقل عن القيمة المستهدفة $B_m$ ( الطرف الأيسر للهدف ). وبخلاف هذه الحالة يتخذ $N_m$ قيمة صفر.

$P_m$ : متغير انحراف موجب عن القيمة المستهدفة أو المحددة مقدما كهدف للدالة $m$. ويتحدد لهذا المتغير قيمة موجبة لو القيمة القابلة للتحقق من دالة الهدف $m$ ( الطرف الأيسر للهدف ). وبخلاف هذه الحالة يتخذ $P_m$ قيمة الصفر.

وحيث أن $N_m$ ، $P_m$ هما الانحراف السالب والانحراف الموجب عن القيمة المستهدفة، فهما متغيران يكملا بعضها عند تحديد الفرق بين القيمة القابلة للتحقق (الطرف الأيمن) والقيمة المستهدفة (الطرف الأيسر) للهدف.

ولذلك فإنه بالتعريف توجد العلاقات المكملة التالية لمتغيرات الانحراف:

$$N_m \ , \ P_m \geq 0 \qquad (1)$$
$$N_m \times P_m = 0 \qquad (2)$$
$$N_m + P_m \geq 0 \qquad (3)$$

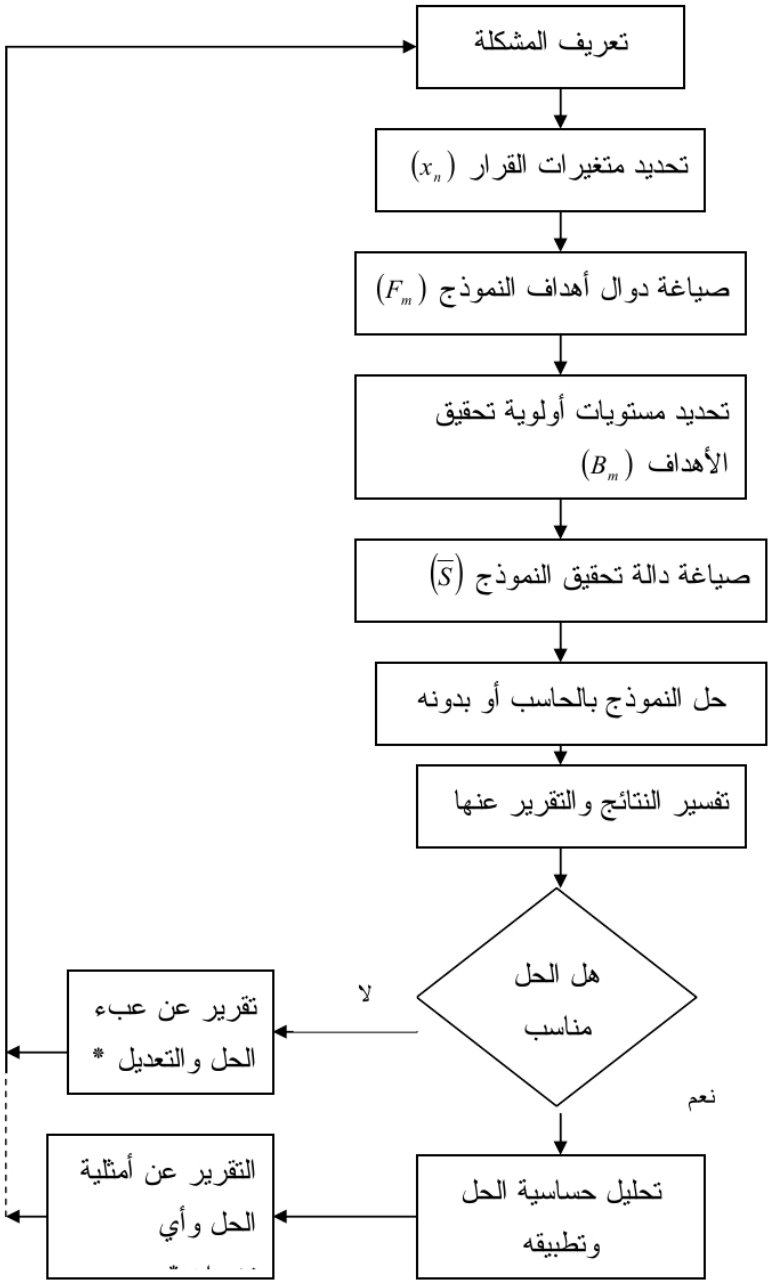
وهذا يعني أنه بالنسبة لدالة الهدف $m$ أن كل من $N_m, P_m$ تتخذ قيمة صفر أو موجبة فقط. وحيث أن كل منهما يكمل الآخر بالنسبة لدالة الهدف $m$ سنجد ما يلي:

- إذا اخذ المتغير $P_m$ قيمة موجبة في الهدف $F_m$ ، فإن قيمة $N_m$ ستساوي بالضرورة صفر في نفس الهدف.
- إذا اخذ المتغير $N_m$ قيمة موجبة في الهدف $F_m$ ، فإن قيمة $P_m$ ستساوي بالضرورة صفر في نفس الهدف.

ولذلك تشير العلاقة (1) أن كلا من متغيري الانحراف يتخذ قيمة صفر أو موجبة فقط. كما تشير العلاقة (2) أنه طالما أنه على الأقل واحد من هذين المتغيرين يتخذ قيمة صفر دائما، فإن حاصل ضرب هذين المتغيرين دائما يساوي صفر. أما العلاقة (3) فتشير إن حاصل جمع المتغيرين بالنسبة للهدف الواحد دائما صفر أو موجب.

ويعرض شكل (4-1) ملخص لخطوات صياغة نموذج البرمجة بالأهداف وحله وتطبيقه في الخطوات التالية:

شكل (4-1) : خطوات صياغة نموذج البرمجة بالأهداف وحله وتطبيقه




المصدر: د محمد شريف توفيق " برمجة الأهداف منهج متقدم لصياغة وحل نماذج البرامج الرياضية متعددة الأهداف " الطبعة الثانية مكتبة التكامل – الزقازيق، 1985، ص 62.

* كتغيير أولويات أهداف النموذج أو أوزانها الترجيحية.

### 4-3-8 استخدامات نموذج البرمجة بالأهداف[1]:

يستخدم نموذج البرمجة بالأهداف في عدة استخدامات منها على سبيل المثال – وليس الحصر – استخدامه في إعداد الموازنات التخطيطية، وقياس كفاءة الوحدة الاقتصادية، والتخطيط المالي وإعداد محفظة الأوراق المالية، وتخطيط المحليات، وتخصيص الموارد الأكاديمية، وتخطيط الإنتاج الكلي والجدولة، وتخطيط الحملات الإعلانية، وحل مشاكل التسعير الداخلي، وإعداد القوائم المالية للشركات متعددة الجنسية، وإدارة المستشفيات، والتخطيط للرعاية الطبية، وتقدير معلمات الانحدار الخطي ...إلخ.

### 4-3-8-1 فروض وحدود نموذج البرمجة بالأهداف[2]:

يعتبر نموذج البرمجة بالأهداف – كما سبق ذكره – امتدادا لنموذج البرمجة الخطية، لذلك تحكمه نفس فروض البرامج الخطية وهي فرض الخطية، وفرض القابلية للتجزئة، وفرض التأكد.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن التقدم في بناء نموذج البرمجة بالأهداف قد أتاح الآن العديد من النماذج وطرق الحل التي تمكن من التغلب على كافة الحدود التي تنبثق عن الفروض السابقة. ومن تلك النماذج، نموذج البرمجة بالأهداف غير الخطية، ونموذج البرمجة بالأهداف ذات الأعداد الصحيحة، وتحليل الحساسية.

ويأخذ نموذج البرمجة بالأهداف شكلين أساسين[3]:

- ✓ **الشكل الأول : نموذج البرمجة بالأهداف الترتيبي:**

حيث يتم ترتيب الأهداف أو الأولويات حسب أهميتها ordinal، ويتم استخدام أوزن ترتيب للأهداف ordinal weights حسب أولويتها وفي ظل هذا الشكل متخذ القرار بترتيب الأهداف حسب أهميتها وتحديد قيم فرضية لهذه الأهداف، وبعد ذلك يتم إيجاد حل أو حلول للنموذج يتحقق عندها أدنى انحراف ممكن للهدف الذي يحتل الأولوية الأولى في الترتيب، وفي حالة تعدد الحلول التي تحقق ذلك فإنه يتم تحديد هذه الحلول التي تحقق أدنى انحراف ممكن للهدف الذي يحتل المرتبة الثانية في الترتيب وهكذا حتى يصل إلى

[1] محمد عبد الله عبد المقصود حسان " تخطيط الإنتاج الكلي في ظل تعدد الأهداف دراسة حالة على شركة الشرقية للغزل والنسيج " رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التجارة، جامعة المنوفية، 1989، ص 54

[2] محمد عبد الله عبد المقصود حسان " مرجع سبق ذكره "، 1989، ص 57.

[3] محمد عبد المنعم جوده حزين " استخدام البرمجة الرياضية متعددة الأهداف التفاعلية في تخطيط برامج إعادة التأمين مدخل نظم دعم القرار " المجلة المصرية للدراسات التجارية، المجلد السابع والعشرون العدد الأول 2003. ص 41-91.

الحل الذي يقترب قدر الإمكان من القيم المحددة سلفا للهداف حسب أولويتها. وإذا كان النموذج وفقا لهذه الصورة يتطلب من متخذ القرار أن يحدد مسبقا ترتيب الأهداف كما لا يسمح بأي مبادلات تعويضية فإنه لا يتوفر في هذا النموذج المرونة الكافية كل المشاكل متعددة الأهداف.

✓ **الشكل الثاني: نموذج البرمجة بالأهداف الرقمي:**

حيث يتم تحديد قيم مستهدفة أو مرغوبة للأهداف كما يقوم كما يقوم متخذ القرار بتحديد مجموعة من الأوزان الرقمية تتمثل كجزاءات للانحرافات عن الأهداف، ويتم اختبار الحل الذي يحقق أدنى قيمة لدالة الهدف والتي تتضمن مجموعة الانحرافات عن الأهداف، ويتم اختبار الحل الذي يحقق أدنة قيمة لدالة الهدف والتي تتضمن مجموع الانحرافات عن الأهداف مرجحة بالأوزان أدنى نظرا لطبيعة هذه الأوراق فإن نموذج الأهداف وفقا للصورة الثانية يسهل عملية المبادلة التعويضية بين الأهداف وذلك في حالة عدم تحقق تلك الأهداف. وكما أوضح Einhotn and Horgarth (1981) فإن تحديد مجموعات من الأوزان بصورة جيدة في بيانات قرارات معقدة تمثل تحديا أمام متخذي القرارات. ويضاف إلى ذلك أن من العيوب الموجهة إلى استخدام الأوزان الرقمية في نموذج البرمجة بالأهداف حدوث أي تغييرات بسيطة في هذه الأوزان قد تؤدي إلى تغييرات جوهرية في الحل.

هذا وعلى الرغم من العيوب الموجهة إلى نموذج البرمجة بالأهداف الرقمي فإنه أكثر استخداما. نظرا لسهولة فهمه.

### 4-3-8-2 نموذج البرمجة بالأهداف في ظل وجود أهداف متعددة[1]:

يعد هدف تعظيم الربح في النظرية الاقتصادية هو الهدف الرئيسي للمنشأة، وهذا الفرض قد يكون مقبولا من وجهة نظر التحليل الاقتصادي، ولكن نظرا لان المحاسبة تهدف إلى ترجمة الأهداف النهائية للمنشأة إلى مجموعة من الأهداف الفرعية المتعلقة بالهيكل الداخلي للمنشأة الذي يهتم به المحاسب أساسا، فإنها قد تواجه بعدة أهداف تسعى إلى تحقيقها مرة واحدة. ويمكن لنموذج البرمجة بالأهداف أن يمتد إلى الحالات التي يكون فيها للمنشأة عدة أهداف تسعى إلى تحقيقها مما. وقد تكون هذه الأهداف متناقضة، وغير

[1] الأميرة إبراهيم عثمان " استخدام نموذج برمجة الأهداف في تخطيط الأرباح وأثر ذلك على البيانات المحاسبة " رسالة لنيل درجة الماجستير في المحاسبة، جامعة الإسكندرية كلية التجارة، 1977، ص 112.

متناسقة في نفس الوقت. ويأتي هذا التناقض من طبيعة الأهداف ذاتها أو من القيود المفروضة على الأهداف الفرعية التي تؤدي إلى تحقيق الأهداف الرئيسية، وفي مثل هذه الحالات لابد من وضع ترتيب وتنسيق لهذه الأهداف عن طريق إعطاء أوزان لكل هدف طبقا للأهمية النسبية بين الأهداف، وذلك من أجل حل مشكلة التناقض بين الأهداف المتعددة.

ويمكن لدالة الهدف في نموذج البرمجة الخطية أن تتضمن عدة أهداف بشرط أن تكون لهذه الأهداف علاقة نسبية متبادلة مع بعضها البعض وليس لأي من هذه الأهداف أفضلية مطلقة، ولكن يمكن لدالة الهدف في نموذج البرمجة بالأهداف أن تتضمن عدة أهداف يكون لكل منها درجة أفضلية وأهمية مطلقة عن الأهداف الأخرى. وتعد هذه المرونة ميزة في نموذج البرمجة بالأهداف الذي يأخذ الصورة التالية في ضوء بيانات المثال التالي يوضح مفهوم نموذج البرمجة بالأهداف في ظل تعدد الأهداف المطلوب تحقيقها.

بفرض أن أحد مديري الإنتاج في منشأة ما يواجه مشكلة توزيع العمل بين فريقين من العمال. ويتشابه الفريقان فيما عدا اختلاف معدل تشغيل كل منها. فيبلغ معدل تشغيل الفريق الأول ساعة واحدة، بينما يبلغ 0.5 ساعة للفريق الثاني. ويهدف مدير الإنتاج إلى إنتاج 12 وحدة يوميا بقدر المستطاع، وفي نفس الوقت يرغب في أن تكون ساعات التشغيل اليومية للفريقين 8 ساعات فقط. فإذا كانت $x_1, x_2$ تمثل ساعات تشغيل الفريق الأول والثاني على التوالي، فإن نموذج البرمجة بالأهداف يظهر بالصورة التالية:

أوجد أدنى قيمة ممكنة للدالة:

$$z = a_1^+ + a_2^+ + a_3^+ + a_1^- + a_2^- + a_3^-$$

في ظل القيود التالية:

$$\begin{aligned}
x_1 + 0.5x_2 - a_1^+ + a_1^- &= 12 \\
x_1 - a_2^+ + a_2^- &= 8 \\
x_2 - a_3^+ + a_3^- &= 8 \\
x_1, x_2, a_1^+, a_2^+, a_3^+, a_1^-, a_2^-, a_3^- &\geq 0
\end{aligned}$$

وتعني $a_1^+$ زيادة $x_1+0.5x_2$ عن 12 وحدة، بينما تعني $a_1^-$ أن تقل $x_1+0.5x_2$ عن 12 وحدة. وتمثل $a_2^+$ زيادة $x_1$ عن 8 ساعات، بينما تعني $a_2^-$ أن تقل $x_1$ عن 8 ساعات، وتشير $a_2^+$ إلى زيادة $x_2$ عن 8 ساعات، وتشير $a_3^+$ إلى زيادة $x_2$ عن 8 ساعات بينما تعني $a_3^-$ أن تقل $x_2$ عن 8 ساعات.

ويمكن حل هذا النموذج بطريقة السمبكلس حيث يكون الحل $x_1=8$ ، $x_2=8$ ، وهذا يعني أن جميع الأهداف قد تم تحقيقها بالكامل، ولذلك تظهر:

$$a_1^+=a_2^+=a_3^+=a_1^-=a_2^-=a_3^-=0$$

وعند هذه النقطة يثار التساؤل عن شكل نموذج البرمجة بالأهداف في حالة وجود أهداف متعددة ومتعارضة في نفس الوقت أو على الأقل تختلف من حيث درجة أهميتها بالنسبة للإدارة، وتتطلب هذه الحالة من الإدارة وضع ترتيب لأهدافها بإعطاء وزن لكل هدف تمثل درجة أهمية النسبية بالنسبة للأهداف الأخرى، بحيث يضمن الحل المرضي تحقيق الأهداف ذات الترتيب الأدنى بعد تحقيق الأهداف ذات الترتيب الأعلى حتى يصل الحل إلى حيث لا يمكن إجراء أي تحسن للقيود المفروضة على تحقيق هذه الأهداف. ويتم تحقيق ذلك عن طريق تحليل واختيار كل هدف على حده لتحديد مدى إمكانية تحقيقه بالضبط، أو الوصول إلى أبعد منه أو دونه. وفي ضوء هذا التحديد يمكن تحديد شكل المتغيرات $a_i^+$ أو $a_i^-$ في دالة الهدف، فإذا كانت طبيعة الهدف تستلزم أن يتحقق بالضبط. بمعنى أن تحقيق مستوى أدنى أو مستوى أعلى من الهدف لا يرضي الهدف ذاته فلابد أن تظهر $a_i^+$ و $a_i^-$ في دالة الهدف التي يتحدد فيها إشارة المتغيرات $a_i^+$ ، $a_i^-$ طبقا لها إذا كان الهدف يجب أن يعظم أو تدنية كما يظهر من بيانات الجدول (4-2):

جدول (4-2): تعظيم أو تدنية دالة الهدف

| القيم الناتجة للمتغيرين $a_i^-$ ، $a_i^+$ | اختيار $x$ المناسبة | الدالة | |
|---|---|---|---|
| | | التعظيم | تقليل |
| $a^+-a^-=Ax-B$ | $\min Ax$ | $-a^++a^-$ | $a^+-a^-$ |
| $-a^++a^-=B-Ax$ | $\max Ax$ | $a^+-a^-$ | $-a^++a^-$ |

وبعد ذلك يتم ترتيب المتغيرات $a_i^+$ ، $a_i^-$ بمعنى تحديد أولويات تحقيق الأهداف (حيث $i = 1, 2, ....., m$)، $m$ هي عدد الأهداف المطلوب تحقيقها. ويتطلب ذلك تقسيم الأهداف إلى درجات طبقا للأهمية النسبية كل هدف $(n)$، فإذا كان لكل متغير إشارة ولتكن $r$ تشير إلى ترتيبه $(r = 1, 2, ....., n)$ فإن الرمز $m_n$ يشير إلى ترتيب الأهداف طبقا لأولية تحقيق كل منها.

وعند تحديد أوزان المتغيرات $a_i^+$ ، $a_i^-$ والتي تقيس الانحرافات عن الأهداف المطلوب تحقيقها، يجب التأكد أولا على الهدف أو تحقيق أقرب نقطة إليه – أن لم تستطع تحقيقه بالضبط – تكون المتغيرات $a_i^+$ ، $a_i^-$ الباقية تختلف عن صفر، وهذه يمكن معالجتها مع باقي الأهداف غير المحققة بعد بنفس التحليل السابق حسب درجة الأهمية المحددة لترتيب تحقيق كل هدف على حده. ونعرض فيما يلي مثالا مبسطا يوضح شكل نموذج البرمجة بالأهداف في ظل تعدد الأهداف المطلوب تحقيقها[1]:

بفرض أن هناك مصنع له طاقة إنتاجية تقدر بحوالي 8 ساعات في اليوم وتستخدم الإدارة هذه الطاقة في إنتاج نوعين من المنتجات وليكن A و B على التوالي، وحيث تشير كل من $x_1$ إلى الكمية المنتجة من المنتج A، $x_2$ إلى الكمية المنتجة من المنتج B، ويتطلب إنتاج الوحدة المنتجة من A، B ساعة واحدة من طاقة آلات المصنع، وتوضح دراسات السوق للمبيعات المحتملة من المنتج A بحوالي 6 وحدات، ومبيعات المنتج B بحوالي 5 وحدات، ويبلغ ربح بيع المنتجين A و B، 20 دج، 10 دج على التوالي. ولقد حددت الإدارة قائمة بالأهداف التي ترغب في تحقيقها وفقا للترتيب التالي:

1- تجنب أي عطل في استخدام الطاقة الإنتاجية المتاحة.
2- تحقيق المبيعات المحتملة للمنتجين A و B مع ملاحظة أنه نظرا لكون ربح بيع الوحدة من المنتج A يساوي ضعف ربح بيع الوحدة من المنتج B، فإن الإدارة تحاول جاهدة تحقيق مبيعات المنتج A بأهمية مضاعفة بالنسبة لتحقيق هدف مبيعات المنتج B.
3- تقليل ساعات التشغيل الإضافية في المصنع بقدر الإمكان.

[1] الأميرة إبراهيم عثمان " مرجع سبق ذكره " 1977، ص 115.

وتعد هذه المشكلة من النوع الذي يصعب تحقيقها بالكامل ولكن يمكن على الأقل تحقيق جزء كبير من الأهداف التي تتضمنها بالطريقة الآتية:

**أولا:** تحديد الرموز التي تشير إلى درجات الأهمية النسبية للانحرافات عن الأهداف المحددة للمصنع كما يلي:

$m_1$: عامل التفضيل الأول الخاص بتحقيق الاستخدام الكامل لطاقة المصنع الإنتاجية (تقليل $a_1^-$).

$m_2$: عامل التفضيل الثاني والخاص بتحقيق أهداف المبيعات بالكامل (تقليل $a_2^-$، $a_3^-$) مع أعطاء أهمية مضاعفة إلى $a_2^-$ بالمقارنة مع $a_3^-$.

$m_3$: عامل التفضيل الثالث والخاص بتقليل عدد ساعات التشغيل الإضافية للمصنع $(a_1^+)$.

وعند صياغة النموذج يجب أن يؤخذ في الاعتبار تقليل الانحرافات عن الأهداف المحددة إلى أدنى قيمة ممكنة حسب درجة الأهمية المحددة لأولوية تحقيق كل من هذه الأهداف بالترتيب الذي حددته الإدارة. فيجب أولا تقليل المتغير الانحرافي المرتبط بعامل التفضيل الأول على قدر المستطاع، ثم بعد ذلك يحاول النموذج – بقدر المستطاع – تقليل المتغير الانحرافي المرتبط بعامل التفضيل الثاني، وهكذا طبقا لترتيب أولويات تحقيق الأهداف المحددة.

**ثانيا:** صياغة نموذج البرمجة بالأهداف وذلك على النحو التالي:

قلل إلى أدنى قيمة :

$$z = m_1 a_1^- + 2m_2 a_2^- + m_2 a_3^- + m_2 a_3^+$$

آخذا في الاعتبار:

(قيد الطاقة الإنتاجية) $x_1 + x_2 - a_1^+ + a_1^- = 8$

(قيد المبيعات) $x_1 - a_2^+ + a_2^- = 6$

(قيد المبيعات) $x_2 - a_3^+ + a_3^- = 5$

$$x_1, x_2, a_1^+, a_2^+, a_3^+, a_1^-, a_2^-, a_3^- \geq 0$$

ويلاحظ أن قيد المبيعات قد ظهر في قيدين لاختلاف حافة الربح بين المنتجين A، B، إذ تعطي الإدارة أهمية مضاعفة لتحقيق هدف مبيعات $x_1$ بالمقارنة مع $x_2$ لان ربح بيع المنتج A يساوي ضعف ربح بيع المنتج B. وهذا يعنى أن الإدارة تضع هدف ربحية

$x_1$ في المقام الأول بالنسبة لـ $x_2$. وتعني $a_1^-$ عدم استخدام الطاقة الإنتاجية للمصنع بالكامل، أي أن $(x_1 + x_2 < 8)$، بينما تعنى $a_1^+$ استخدام ساعات إضافية من الطاقة الإنتاجية للمصنع، أي أن $(x_1 + x_2 > 8)$.

وباستخدام طريقة السمبلكس المستخدمة في حل مشاكل البرمجة الخطية يمكن الوصول إلى الحل المرضي الذي يتطلب إنتاج 6 وحدات من $x_1$، 5 وحدات من $x_2$، مع وجود طاقة إضافية تبلغ ثلاث ساعات. وبالرغم من أن هذا الحل لم يؤد إلى تحفيز ساعات التشغيل الإضافية للمصنع إلى الصفر، وبالتالي لم يحقق جميع الأهداف بالكامل، إلا أنه يعد الحل الأمثل لأنه يقترب من جميع الأهداف بأقصى ما يمكن في ضوء القيود المفروضة على المشكلة. ولا يمكن تحقيق حل أفضل منه.

فعلى الرغم من وجود عدد لا نهائي من قيم $x_1$ و $x_2$ التي تعظم الربح، فإن القيم الظاهرة في حل نموذج البرمجة بالأهداف هي القيم المثلى فقط، ذلك لان أي حل آخر سوف يهمل أما القيود الطبيعية، أو يؤدي انحراف كبير عن طاقة المصنع المحددة بثمانية ساعات تشغيل فقط. وفي هذه الحالة يتعارض هدف تحقيق مبيعات من $x_1$ و $x_2$ مع هدف تجنب ساعات التشغيل الإضافية لآلات المصنع، فلا يمكن تحقيق الهدفين معا بالكامل في نفس الوقت. وتعكس هذه المشكلة طبيعة المشاكل التي تواجه الإدارة، حيث تتعدد الأهداف المطلوب تحقيقها وقد تكون متعارضة في نفس الوقت.

ويساعد نموذج البرمجة بالأهداف في تحقيق مجموعة الأهداف التي تتضمنها المشكلة الواحدة على قدر الإمكان وفي ظل مجموعة القيود المحددة للمشكلة ودرجات الأهمية الموزعة على الأهداف والتي تحدد أولويات تحقيق كل هدف على حده. وتظهر فائدة هذا النموذج إذا ما تم مقارنته بنموذج البرمجة الخطية العادية، حيث يتطلب الحل الأمثل في النموذج الأخير أنتاج 6 وحدات من المنتج $x_1$ ووحدتين من المنتج $x_2$ فقط لتحقيق هدف تعظيم الربح. ولا يظهر هذا الحل مدى تحقق الأهداف الأخرى التي تسعى الإدارة إلى تحقيقها بأولويات مختلفة. فإذا تم صياغة هذه المشكلة عن طريق جعل هدف تجنب ساعات التشغيل الإضافية لآلات المصنع وهدف تحقيق الربح في صورة قيود، فإن هذه المشكلة لن يكون لها حل. وبذلك يتضح تفوق نموذج البرمجة بالأهداف على نموذج

البرمجة الخطية في الظروف التي تواجه الإدارة فيها أهداف متعددة مطلوب تحقيقها، وفي نفس الوقت تكون متعارضة، وبذلك يكون أكثر ملائمة لتناول مشاكل تخطيط الإرباح.

على سبيل المثال يمكن صياغة النموذج العام للبرمجة بالأهداف على النحو التالي[1]:

$$\begin{aligned} &Minimize\, Z = \sum_{i=1}^{m} P_i\left(d_i^- + d_i^+\right) \\ &Subject\ to: Ax + Id_i^- - Id_i^+ = b \qquad (1) \\ &\quad and \\ &x, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \end{aligned}$$

حيث:

$Z$ : تمثل مجموع التباين السالب والموجب عن $m$ من الأهداف المرغوب تحقيقها في متجه الأهداف العمودي $b$.

$P_i$ : الأولويات المرتبة لكل الأهداف $m$.

$d_i^-$ : متغيرات التباين السالبة.

$d_i^+$ : متغيرات التباين الموجبة.

$A$ : مصفوفة الثوابت ذات الأبعاد $m$ صف في $n$ عمود.

$x$ : متجه صفي ذو بعد $n$ يمثل متغيرات القرار المجهولة القيمة.

$I$ : مصفوفة الوحدة ذات البعد $m$.

$b$ : متجه عمودي ذو بعد $m$ يمثل الأهداف المرغوب تحقيقها.

ومع وجود صياغات أخرى للنموذج العام لالبرمجة بالأهداف فإن النموذج (1) يقدم الإطار العام الذي سوف يستخدم لغرض المقارنة.

بناء على صياغة النموذج (1) يمكن صياغة مثال الإنتاج هيئة برمجة أهداف كالتالي:

[1] عبد الله بن سليمان العزاز " دراسة مقارنة لبعض مناهج البرمجة المتعددة الأهداف " مجلة جامعة الملك سعود، م11، العلوم الادارية (2)، ص ص 325-355 الرياض 1999.

$$Minimize\, Z = P_1 d_6^+ + P_2 d_5^-$$
$$Subject\ to:$$

$$3.2x_1 + 4.5x_2 + 6x_3 + 4.1x_4 \quad "\ 80 \quad (1)$$
$$5.1x_1 + 4.6x_2 + 2.4x_3 + 7.2x_4 \quad "\ 50 \quad (2)$$
$$2.3x_1 + 1.9x_2 + 3.8x_3 + 8x_4 \quad "\ 45 \quad (3)$$
$$12.8x_1 + 15.7x_2 + 9.5x_3 + 11.2x_4 \quad "\ 150 \quad (4)$$
$$39x_1 + 34x_2 + 29x_3 + 43x_4 + d_5^- \quad = 1000 \quad (5)$$
$$6.1x_1 + 5.7x_2 + 5.5x_3 + 7.2x_4 - d_6^+ \quad = 50 \quad (6)$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, d_5^-, d_6^+ \geq 0$$

حيث الأولوية الأولى $(P_1)$ تمثل الهدف الأول المرتبط بعدم تجاوز قيمة زمن الفحص المحددة في الطرق الأيمن (50 ساعة فحص) في المعادلة (2). أما الأولوية الثانية $(P_2)$ فهي تمثل الهدف الثاني المرتبط بتحقيق ربح قدره 1000 دولار على الأقل كما هو موضح في الطرف الأيمن من المعادلة (5). وحل هذه المسألة باستخدام طريقة السمبلكس المعدلة الخاصة بالبرمجة بالأهداف وكانت النتائج كالتالي:

$$x_1 = 8.197, \quad x_2 = x_3 = x_4 = 0.000$$

حيث تم إنجاز هدف زمن الفحص تماما. أما هدف الربح فقد تم تحقيق ربح قدره 319.67 دولارا وكان الانحراف عن الهدف المحدد مسبقا بمقدار 680.33 دولارا.

### 4-3-9 البرمجة بالأهداف المرجحة[1]:

تعتمد صياغة هذا المتغير بإدخال ضمن الصياغة الرياضية لنموذج البرمجة بالأهداف المعيارية وعلى مستوى دالة الهداف، أوزان تعرف بمعاملات الأهمية النسبية تكون مخصصة لكل من الانحرافات الموجبة أو السلبية المتعلقة بكل هدف معين $i$، بحيث كلما كان الهدف مهما كلما كان الوزن الممنوح لانحرافه مرتفعا العكس صحيح، كما هذه الاخيرة تمثل جزاءات في حالة تجاوز حد معين عن مستوى الطموح المحدد لكل هدف؟ ويمكن للمسير الزيادة من وزن انحراف لاتجاه معين أكثر من الآخر.

[1] قازي ثاني لطفي " تحليل نمطي لمتغيرات نموذج البرمجة بالاهداف " رسالة لنيل درجة الماجستير تخصص تسيير العلميات والانتاج، جامعة تملسان، السنة الجامعية: 2006-2007، ص 73

إن الشكل التحليلي لهذا النموذج يكتب على الشكل التالي:

$$Min\ Z = \sum_{i=1}^{p}\left(w_i^+\delta_i^+ + w_i^-\delta_i^-\right)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i \qquad (i = 1,2,.....,p)$$

$$C_x \text{ " } C$$

$$x_j \geq 0\ (j = 1,2,.....,n)$$

$$\delta_i^+ et\ \delta_i^- \geq 0\ (i = 1,2,.....,p)$$

عادة إن المسير يعطي أهمية مختلفة للأهداف، و بالتالي هذه المعاملات ذات الأهمية النسبية $w_i$، ترفق بالانحرافات $\delta_i$ في الدالة الاقتصادية $Z$ لكل هدف $i$ $(i = 1,2,.....p)$.

حسب (Martel, Aouni)[1] كلما كانت النسبة المئوية لـ $w_i$ أكبر، صغر الانحراف $\delta_i$ المتعلق بالقيد $i$. بحيث $w_i^+$ ترفق بالانحراف الموجب $\delta_i^+$، $w_i^-$ ترفق للانحراف السالب $\delta_i^-$.

من خلال ما سبق، نستنتج أن البرمجة الخطية المرجحة أين تكون:

$$\begin{cases} w_i = w_j = 1 (i = 1.2...p) \\ \qquad\qquad (j = 1.2...n) \\ w_i^+ = w_i^- \end{cases}$$

بمعنى آخر في البرمجة الخطية العادية، المسير لا يأخذ بعين الاعتبار الأهمية النسبية لـ $w_i$ لانحراف $\delta_i$.

### 4-3-10 البرمجة بالأهداف الليكسيكوغرافية Lexicographique GP[2]:

إن هذا النموذج اقترح من طرف كل من Romero, Tamis & Jones لقد طبق هذا النموذج في عدة مجالات مثل: المالية، التسيير للموارد البشرية، التخطيط الاقتصادي، الإنتاج، الاستثمار،....

إن الشكل الجبري لنموذج البرمجة بالأهداف اللكسيكوغرافية تكتب حسب صياغة الرياضية التالية:

1 Martel.J- M& B. Aouni, « Diverse imprécise goal programming model formulations », Journal of global optimisation, 1998, p :133.

[2] قازي ثاني لطفي " مرجع سبق ذكره " 2006-2007، ص 79

$$Lex\ Min\ k = \left[g_1(\delta_1^+, \delta_1^-), g_2(\delta_2^+, \delta_2^-), \ldots\ldots, g_L(\delta_q^+, \delta_q^-)\right]$$

$$Subject\ to$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = b_i \qquad (i = 1, 2, \ldots\ldots, m)$$

$$C_X \ '' \ B$$

$$X_j \geq 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots\ldots, n)$$

$$\delta_i^+ \ , \quad \delta_i^- \geq 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots\ldots, m)$$

$$g_1 >> g_2 \ldots\ldots\ldots >> g_L$$

يتم حل نموذج البرمجة بالأهداف اليكسيكوغرافية من خلال القيام بحل سلسلة من النماذج الرياضية الخطية الجزئية المتتالية المتعلقة بكل درجة أولوية.

بالنسبة للبرنامج الرياضي المتعلق بدرجة الأولوية الأولى يتم تدنية المجموع المرجح لانحرافات الغير مرغوب فيها الخاصة بالأهداف التي تنتمي إلى هذه الدرجة، وهذا تحت القيود العامة لنموذج الرياضي.

وبعد ما يتم حساب قيمة هذه الانحرافات إضافة إلى قيمة الحلول الخاصة لمتغيرات القرار، يتم الانتقال بعد ذلك إلى درجة الأولوية الثانية والقيام بنفس الخطوات السابقة مع الأهداف التي تنتمي إلى هذه الدراجة تحت القيود العامة لنموذج الرياضي زيادة على قيود إضافية تتعلق بقيمة الانحرافات الغير مرغوب فيها التي يتم حسابها خلال البرنامج الرياضي لدرجة المتوصل إليها في هذه الدرجة تعتبر النتيجة النهائية لهذه المراحل المتسلسلة والنموذج الرياضي العام ككل.

### 4-3-11 البرمجة بالأهداف بتدنية أعظم انحراف Min Max GP[1]:

لقد تم إدخال هذا النوع من المتغير من طرف FLAVELL 1976، ويتشابه نوع ما مع متغير نموذج البرمجة بالأهداف المرجح، لكن الشيء الذي يميزه عن هذا الأخير هو كون أن دالة الهدف للنموذج الرياضي تهدف إلى تدنية أعظم مجموع لمتغيرات الانحراف المتعلقة بمختلف الأهداف، وتتم صياغة النموذج الرياضي بإدخال متغير جديد D ( والذي

[1] قازي ثاني لطفي " مرجع سبق ذكره " 2006-2007، ص 86

يمثل الحد الأعلى بالنسبة لجميع الانحرافات سواء كانت إيجابية أو سلبية المتعلقة بكل هدف ) حيث يصبح هذا الأخير كقيد إضافي.

أما دالة الهدف فتكون على شكل تدنية المتغير الجديد D، ويمكن الحصول على الصياغة الجبرية التالية:

$$
\begin{aligned}
&Minimize \quad D \\
&Subject\ to \\
&\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = b_i \qquad (i = 1,2,.....,m) \\
&C_X \ " \ B \\
&D \geq \left(W_i^+ \delta_i^+ + W_i^- \delta_i^-\right) \\
&X_j \geq 0 \qquad (j = 1,2,.....,n) \\
&\delta_i^+ \ , \quad \delta_i^- \geq 0 \qquad (i = 1,2,.....,m)
\end{aligned}
$$

وتمثل $W_i$ أهمية كل هدف والذي يعكس أفضليات متخذ القرار، ولذلك فهذا المتغير يصنف ضمن طرق حسب التعبير المسبق لافضليات متخذ القرار.

### 4-3-12 استخدام نموذج البرمجة بالأهداف في التقدير المعلمات:

ظهرت خلال سنوات الثمانينات مجموعة من الأعمال و الاقتراحات أظهرت كلها إمكانية استخدام البرمجة بالأهداف في ميدان التقدير المعممات في الإحصاء كبديل مناسب للطرق و الأساليب الإحصائية المعروفة كطريقة المربعات الصغرى أو طريقة القيود المطلقة الصغرى.

ومن هذه الأعمال نجدها في أبحاث كل من (Clover, Freed 1981) و (Sueyoshi 1986) و (Cooper & Charnes1986) حيث ساهموا في استخدام نموذج البرمجة بالأهداف كأداة و أسلوب مناسب في ميدان التقدير البرامتري[1].

نجد عمل B.Aouni 1998 الذي أظهر في عمله أن لطريقة البرمجة بالأهداف امتياز $y_i$ كقيم غير دقيقة و معبرة في مجال $y_i \in \left[y_i^L, y_i^U\right]$، بحيث أن طريقة المربعات الصغرى تفترض أن القيم المشاهدة للمتغير $y_i$ عبارة عن قيم دقيقة بالتمام وهذا ما لا ينطبق مع

1- B.Aouni, J. Martel " Real estata through au imprecise goal programming model, méthode and reuristics for decision making " , 2000; p1.

الكثير من الحالات الواقعية يعكس طريقة البرمجة بالأهداف والذي يمكن له أن يطبق في الحالات التي تكون فيها $y_i$ (القيم المشاهدة) غير دقيقة.

وقد استخدم الباحثان (B.Aouni & J.Martel) الصياغة الجديدة لنموذج البرمجة بالأهداف باستخدام دوال الكفاءة/ دوال الرضى تحت ظروف عدم الدقة في مستويات الطموح المطورة سنة 1998 في مجال مراقبة الجودة حيث تكون القيم المشاهدة هي عبارة عن قيم غير دقيقة منظمة في مجال $y_i \in [y_i^L, y_i^U]$.

حيث: $y_i^L, y_i^U$ : تمثل الحد الأدنى و الأعلى للقيمة المشاهدة على التوالي[1].

### 4-3-13 التفسير البياني للبرمجة بالأهداف[2]:

بسبب أن نماذج البرمجة بالأهداف تكون خطية، فيمكننا تحليلها بيانيا. ونستخدم نموذج

البرمجة بالأهداف كمثال لذلك.

$$\min P_1 d_1^-, P_2 d_2^-, P_3 d_3^+, P_4 d_1^+$$

*subject to*

$$x_1 + 2x_2 + d_1^- - d_2^+ = 40$$
$$40x_1 + 50x_2 + d_2^- - d_2^+ = 1600$$
$$4x_1 + 3x_2 + d_3^- - d_3^+ = 120$$
$$x_1, x_2, d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+ \geq 0$$

لرسم هذا النموذج، تحدد قيم صفر للمتغيرات الانحرافية في كل قيد هدف، ونرسم كل معادلة على فئة إحداثيات. ويبين شكل (4-2) رسما لثلاثة قيود أهداف لهذا النموذج.

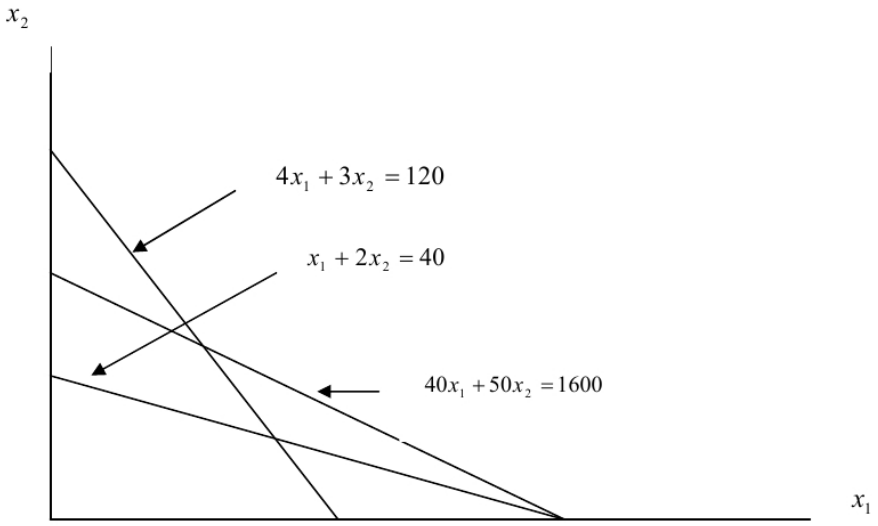
لاحظ أنه لا يوجد في شكل (4-2) فراغ حل مجدي. هذا لا كل قيود الهدف الثلاثة تكون معادلات، لذلك تقع كل خيارات الحل على خطوط القيود.

ويكون منطق الحل في البرمجة بالأهداف محاولة تحقيق الأهداف الموجودة في دالة الهدف بنفس ترتيب أولوياتها. وعندما يتحقق أحد الأهداف، يتم تناول الهداف التالي له في

[1] قازي ثاني لطفي " مرجع سبق ذكره " 2006-2007، ص ص 93.
[2] د برنارد تايلور، تعريب سرور على ابراهيم سرور " مقدمة في علم الادراة " الكتاب الاول، دار المريخ للنشر، 2007 ص 534

الأولوية في محاولة لتحقيقة. إلا أن الهدف مرتفع الرتبة في الأولويات الذي تحقق لا يهجر أبدا لكي يتحقق هدف منخفض الترتيب في الأوليات.

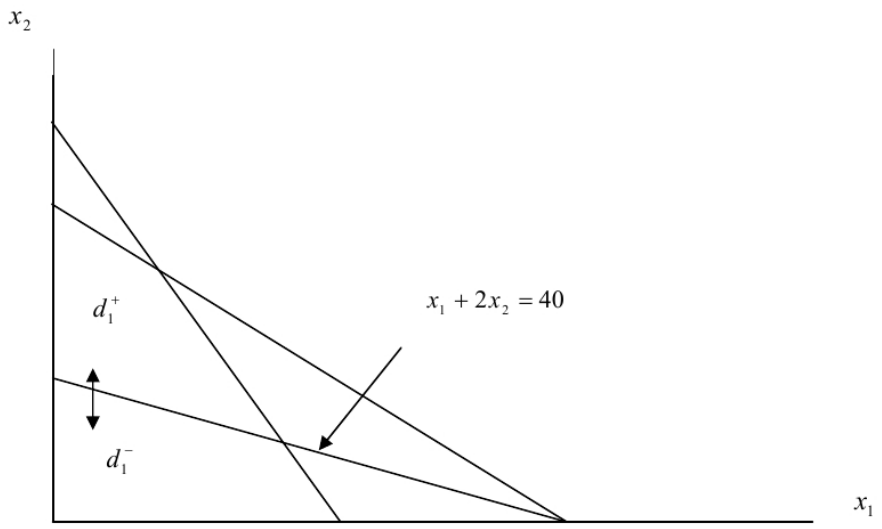
شكل (4-2): قيود الهدف



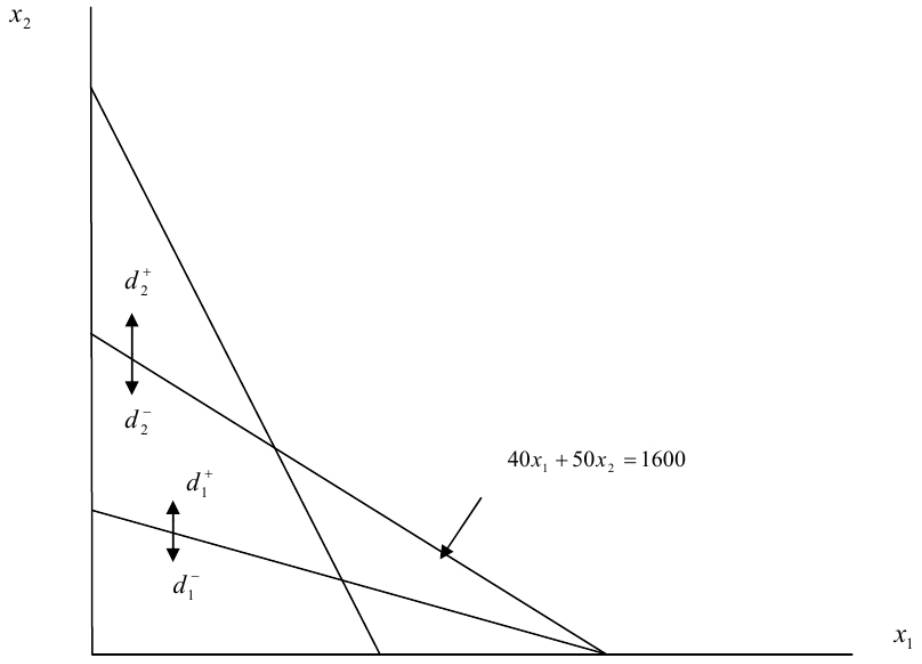

في هذا المثال، تناولنا هدف أعلى أولوية الخاص بتدنية $d_1^+$. ويبين شكل (4-3) علاقة $d_1^-$، و $d_1^+$ بقيد الهدف. تمثل المساحة تحت خط قيد الهدف $x_1 + 2x_2 = 40$ قيم $d_1^-$ الممكنة، وتمثل المساحة أعلى الخط قيم $d_1^+$ الممكنة. ولتحقيق هدف تدنية $d_1^-$ تلغي المساحة تحت الخط المناظرة للمتغير $d_1^-$، تاركة المنطقة المظللة كمنطقة للحل الممكن.

وبعد ذلك، نتناول قيد هدف ثاني أولوية الخاص بتدنية $d_2^-$. في شكل (4-4)، تمثل المنطقة الواقعة أسفل خط القيد $40x_1 + 50x_2 = 1600$ قيم $d_2^-$، وتمثل المساحة أعلى الخط قيم $d_2^+$. ولتدنية $d_2^-$، تلغي المساحة الواقعة تحت خط القيد المناظرة لـ $d_2^-$. لاحظ أنه بإلغاء المساحة الخاصة بالمتغير $d_2^-$ فإننا لا نؤثر على هدف أول أولوية الخاص بتدنية $d_1^-$.

شكل (3-4): هدف أول أولوية: تدنية $d_1^-$

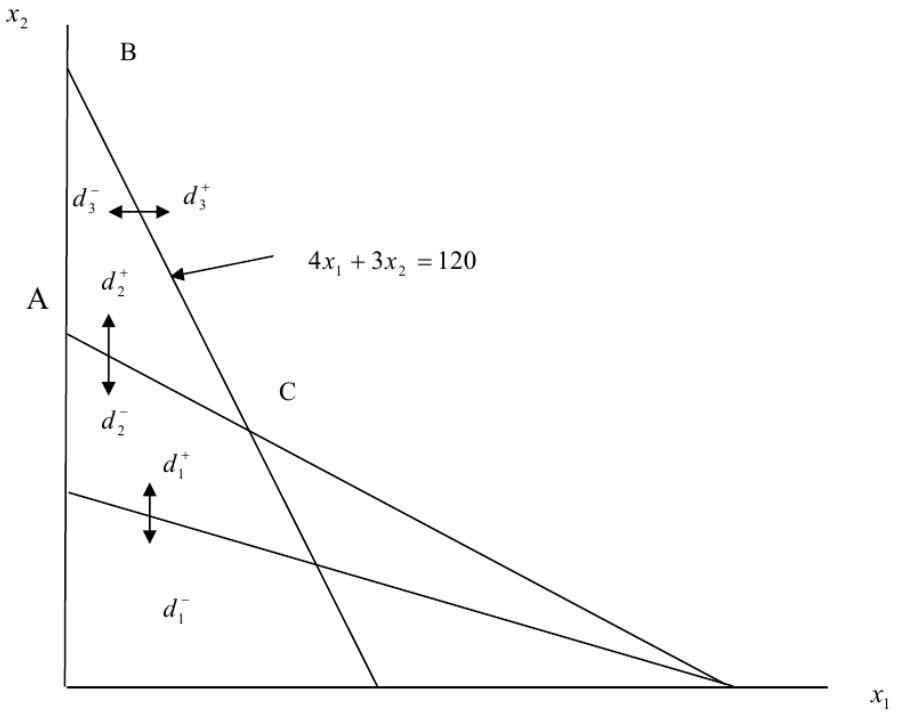



شكل (4-4): هدف ثاني أولوية: تدنية $d_2^-$



بعد ذلك، يتم تناول هدف ثالث أولوية والخاص بتدنية $d_2^-$. يبين شكل (4-5) المساحتين المناظرتين لكل من $d_3^-$، و $d_3^+$. لتدنية $d_3^+$ نلغي المساعدة الواقعة أعلى الخط $4x_1 + 3x_2 = 120$. وبعد تناول أول ثلاثة أهداف، تتبق لنا المساحة بين جزئي الخطين AC، و BC، والتي تحتوي على نقاط الحلول الممكنة التي تحقق أول ثلاثة أهداف.

شكل (4-5): هدف ثالث أولية: تدنية $d_3^+$



أخيرا، يجب أن نتناول هدف رابع أولوية الخاص بتدنية $d_1^+$. لتحقيق هذا الهدف الأخير يجب إلغاء المساحة الواقعة أعلى الخط $x_1 + 2x_2 = 40$ . لكن إذا ألغينا هذه المساحة، فيجب أن تأخذ كل من $d_2^-$، و $d_3^-$ فيما. بكلمات أخرى، لا يمكننا تدنية $d_1^+$ كلية دون التعدي على هدفي أول وثاني أولوية. لذلك، نريد أن نجد نقطة الحل تحقق أول ثلاثة أهداف، وتحقق أكبر قدر ممكن من هدف الأولوية الرابعة.

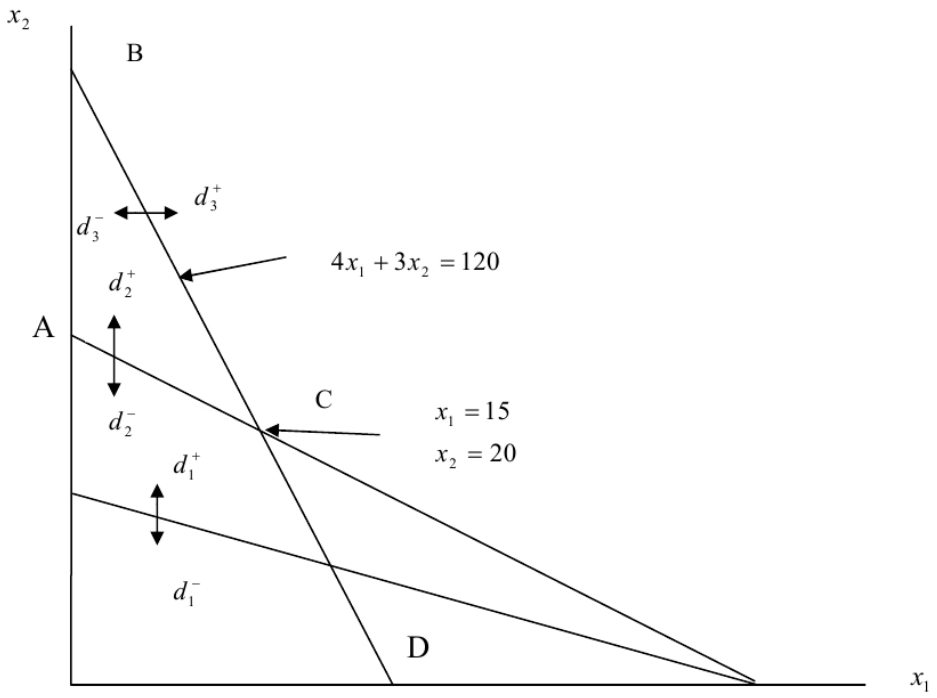
تكون النقطة C في شكل (4-6) النقطة التي تحقق الرضا لهذه الشروط. لاحظ أننا إذا حركنا قيد الهدف $4x_1 + 3x_2 = 120$ لأسفل تجاه D، فيقل $d_1^+$ أكثر، لكن يأخذ $d_2^-$ قيمة مع حركتنا أبعد من النقطة C. لذلك، يمكن أن تتحقق تدنية $d_1^+$ على حساب هدف رتبته أعلى فقط.

يتحدد الحل عند النقطة C عن طريق حل معادلتين آنيا تتقاطعان عند هذه النقطة. وينتج عن عمل ذلك الحل التالي.

$$x_1 = 15$$
$$x_2 = 20$$
$$d_1^+ = 15$$

ونظرا لان المتغيرات الانحرافية $d_1^-$، و $d_2^-$، و $d_3^-$ تساوي صفر كلها، فتكون قد تمت تدنيتها، وتحققت أول ثلاثة أهداف. ونظرا لان $d_1^+ = 15$ ساعة وقت إضافي، فلم يتحقق هدف رابع أولية. ويشار إلى حل نموذج البرمجة بالأهداف مثل هذا النموذج بأنه الحل الأكثر إرضاء بدلا من الحل الأمثل لأنه تحقق الأهداف المحددة بأكبر قدر ممكن.

شكل (4-6): هدف رابع أولية: (تدنية $d_1^+$)، والحل



### 4-3-14 تحليل حساسية نموذج البرمجة بالأهداف[1]:

يعتمد الحل الأمثل الذي نحصل عليه للمشكلة التي يتم صياغتها في شكل نموذج البرمجة بالأهداف اعتمادا كليا على مدخلات النموذج، والتي تتمثل في القيود المفروضة على الموارد المتاحة، ومستويات الأهداف المطلوب تحقيقها وأولويات الترتيب لهذه الأهداف والأوزان الترجيحية لهذه الأهداف، ويبقى الحل أمثليا إذا كانت ظروف التنفيذ الفعلي ما زالت تتفق مع الظروف التي تم في ظلها تخطيط متغيرات النموذج (الأهداف والقيود) ولكن إذا كان هناك تغيير في مدخلات النموذج وفي الظروف المحيطة بمتخذي القرار فإن ذلك سيؤثر على مشكلة البرمجة بالأهداف وبالتالي سيؤثر على الحل الأمثل بالتبعية.

وكذلك لا يكون الحل العملي لهذه المشكلة حلا كاملا وفعالا بمجرد تحديد الحل الأمثل، ولكن يتطلب الأمر ضرورة أن يلجأ القائمون على إعداد النموذج وحله إلى القيام بتحليلات كاملة ووافية تطمئنهم على سلامة تقديراتهم وتبين لهم قبل إعداد التخطيط بشكل نهائي مدى استجابة متغيرات المشكلة ومستويات الأهداف السابق إعدادها للتغيرات في الظروف التي أخذت بالحسبان عند إجراء تلك التحليلات، ومن أهم التحليلات المستخدمة في هذا المجال تحليل الحساسية.

ويعتبر تحليل الحساسية تحليل كمي يبحث بالإجابة على السؤال – ماذا يحدث لو حدث تغير في كل أو بعض قيم معاملات المتغيرات الداخلة في تركيب النموذج كما أنه يعتبر أيضا وسيلة للتأكد من مثالية الحل – وهل مازال الحل أمثل بعد حدوث التغيرات المختلفة، وهل مازال يحقق كل القيود الموضوعة، وهل سوف يظل هو الحل الأمثل لفترة طويلة، وبسبب مشكلة تعدد الأهداف واختلاف أهميتها في مشكلة البرمجة بالأهداف أصبح تحليل الحساسية أكثر تعقيدا ولكنه من جانب آخر أكثر أهمية.

ولتحيل حساسية النموذج يجب أن نأخذ بالاعتبار التحليلات الرئيسية التالية[2]:

أ- تأثير التغيرات في المستويات الأصلية الموضوعة للأهداف.

ب- تأثير التغيرات في تركيب أوليات الأهداف.

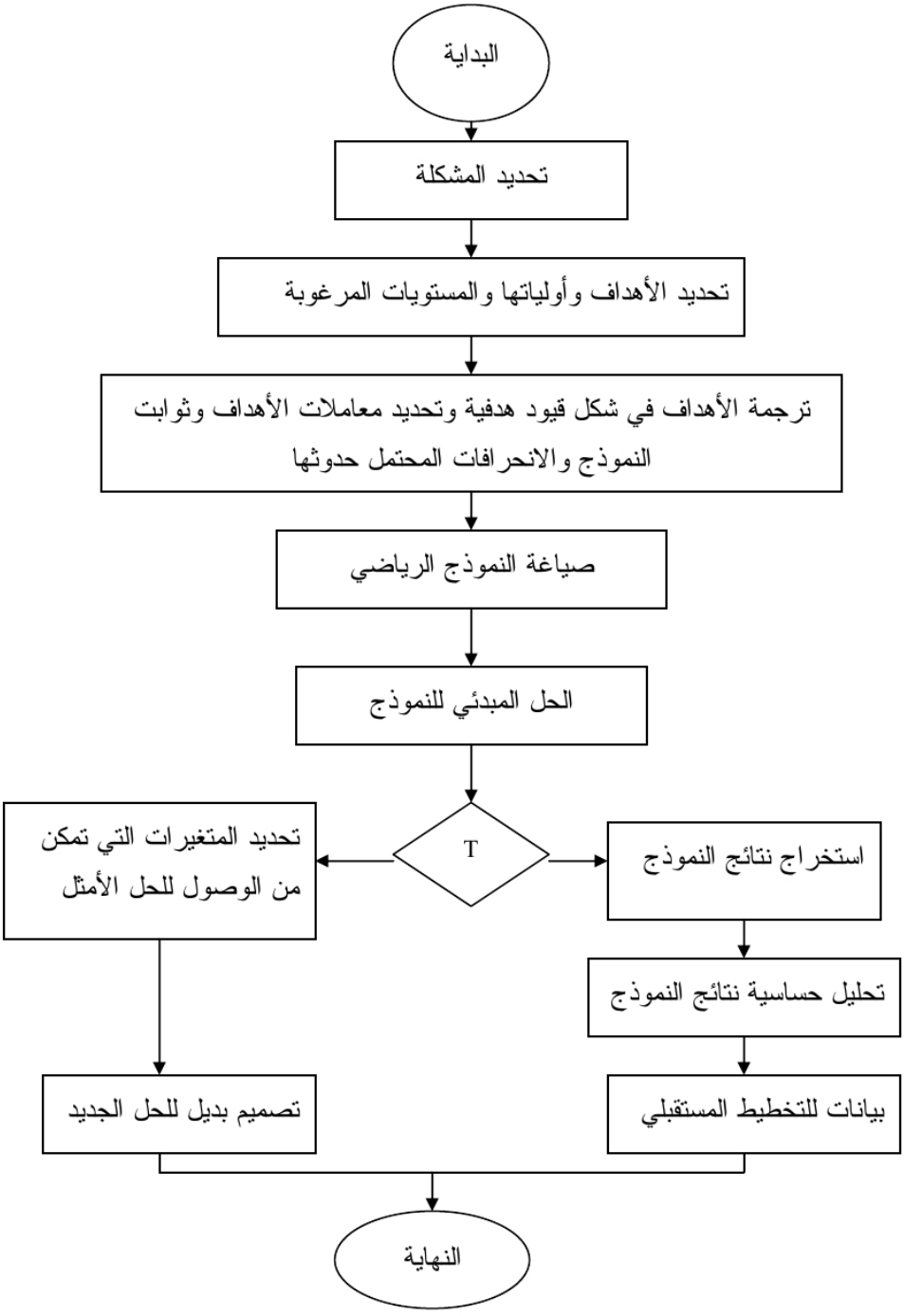
---

[1] صلاح محمد شيخ ديب " استخدام نموذج برمجة الاهداف في إدارة سلسلة التوريد دراسة تطبيقية على قطاع الغزل والنسيج في مصر " دكتوراه الفلسفة في إدارة الاعمال، كلية التجارة قسم ادارة الاعمال جامعة عين شمس، 2004، ص 116

[2] صلاح محمد شيخ ديب " مرجع سبق ذكره " 2004، ص 116

ويوضح الشكل (4-7) منهجية بناء نموذجة البرمجة بالأهداف بعناصره المختلفة بداية من تحديد المشكلة إلى تحديد الأهداف المختلفة المطلوب تحقيقها وفقا للأولويات والأوزان الترجيحية المرغوب تحقيقها، ثم بعد ذلك ترجمة هذه الأهداف في شكل معادلات رياضية، ثم بعد ذلك صياغة نموذج البرمجة بالأهداف في شكل متكامل وفقا لصيغته الرياضية، ثم بعد ذلك حل النموذج باستخدام برامج خاصة بحل النموذج (LINDO) وبعد ذلك تحليل نتائج حل النموذج واستخراج نتائج الحل وتحليلها، ثم بعد ذلك عمل تحليل حساسية للحل المرضي للنموذج الذي تم التوصل إليه، عن طريق إجراء تغييرات في المستويات الموضوعة للأهداف وإجراء تغييرات في ترتيب أولويات الأهداف وإجراء تغييرات في الأوزان الترجيحية للأهداف والأولويات المختلفة وحل النموذج بعد إجراء هذه التغييرات، وهي لها أهمية كبيرة تساعد متخذي القرار في هذه الشركات بوضع عدة خطط بديلة أمامهم لاختيار الأنسب لهم.

شكل (4-7): منهجية بناء واختيار نموذج البرمجة بالأهداف




المصدر: صلاح محمد شيخ ديب " استخدام نموذج برمجة الأهداف في إدارة سلسلة التوريد دراسة تطبيقية على قطاع الغزل والنسيج في مصر " دكتوراه الفلسفة في إدارة الاعمال، كلية التجارة قسم ادارة الاعمال جامعة عين شمس، 2004، ص 118

**خلاصة:**

وخلاصة ما تقدم أن البرمجة بالأهداف تحاول تحقيق واستيفاء كل هدف، إلا أنه في حالة عدم إمكانية استيفاء كل الأهداف لوجود تعارض وتناقض فيما بينها، فإنها تعمل على تخفيض الانحرافات غير المرغوبة، مبتدئة بالهدف الذي يمثل الأولوية الأعلى، وعندما يتم استيفاء وتحقيق هدف الأولوية الأعلى ( أي تخفيض الانحراف غير المرغوب فيه )، تبدأ في الاتجاه إلى الأهداف ذات الأولية الأقل وبالترتيب، وتنتهي الخطوات عندما تصل إلى النقطة التي لا يمكن معها إجراء أي تحسين في بعض أهداف المستويات الدنيا إلا على حساب زيادة الانحرافات غير المرغوبة فيها لبعض أهداف الأولويات الأعلى، وهنا نكون قد وصنا إلى الحل الأمثل[1].

حيث ظهرت خلال سنوات الأخيرة مجموعة من الأعمال والاقتراحات أظهرت كلها إمكانية استخدام البرمجة بالأهداف في ميدان التقدير المعلمات في الإحصاء كبديل مناسب للطرق و الأساليب الإحصائية المعروفة كطريقة المربعات الصغرى أو طريقة القيود المطلقة الصغرى.

[1] د فريد عبد الفتاح زين الدين " بحوث العمليات وتطبيقات في حل المشكلات واتخاذ القرارات " جامعة الزقازيق 1997 ص 305.

# الفصل الخامس:
# طرائق الانحدار المبهم

**تمهيد:**

إن مبدأ نظرية المجموعات المبهمة يقوم على وجود تابع قيمته عند عنصر معين هي قيمة حقيقية تقع بين (1 و 0) تعبر عن انتماء هذا العنصر إلى مجموعة ما، فإذا كانت قيمة هذا التابع (1) فهذا العنصر ينتمي لها تماما، وإذا كانت قيمته (0) فالعنصر لا ينتمي إليها أبدا، أما إذا كانت قيمته بين (1 و 0) فتشير إلى مدى انتماء العنصر إلى هذه المجموعة.

إن المنطق المبهم قد يجاوز منطق الارسطو المعتمد في صياغته على مبدأ الحتمية العلمية وهذا المنطق يساعد العلم المعتمد على مبدأ اللايقين على الانطلاق والتنبؤ بالمستقبل فهو منطق يقبل التعدد لا مجرد الثنائيات إذ أنه يتعامل مع الشك والتعقيد الموجود في الواقع.

وفي نماذج الانحدار التقليدي يكون هنالك عدم تأكد ناتج من العشوائية (Randomness) ولكن في حالة كون عدم التأكد ناتج من الابهام (Fuzziness) فأن النظرية الاحتمالية لا يمكن استخدامها وإنما يتم استخدام نظرية المجموعات المبهمة.

وإن نظرية الاحتمال ونظرية المجموعات المبهمة تميزان نوعين من اللاتاكدية (Uncertainty). فنظرية الاحتمال تتعامل مع مسألة توقع حدوث حوادث معينة بالمستقبل استنادا إلى معلومات متوفرة في الماضي والحاضر. لذا فان نظرتنا إلى اللاتأكدية من خلال نظرية الاحتمال سوف تكون باتجاه التنبؤ عن الحوادث، أما إذا نظرنا إلى اللاتأكدية من خلال منظار نظرية المجموعات المبهمة فنجد أنها لا تتعلق بتوقع حدوث شيء معين، بل إنها لا تأكدية ناجمة من عدم دقة المعنى لبعض المفاهيم والمصطلحات اللغوية. وتجدر الملاحظة أن هناك العديد من الموضوعات التي يظهر فيها النوعان من اللاتأكدية فعلى سبيل المثال إن التكهنات الجوية يمكن أن تشير إلى انه " محتمل جدا " أن يكون الجو " غائما " فنجد مفهوم " غائم " هو مفهوم مبهم كما إن " محتمل جدا " هو أيضا مفهوم يتضمن العشوائية (Randommess) والإبهام (Fuzziness)[1].

وإن الانحدار المبهم هو وسيلة لا يجاد العلاقة الدالية بين متغير الاستجابة ومتغير واحد أو أكثر من متغيرات المفسرة في ظاهرة مبهمة وعدم التأكدية إذ يتناول البيانات المبهمة (Fuzzy Data) وبذلك سيعتمد الانحدار المبهم على مفاهيم نظرية المجموعات

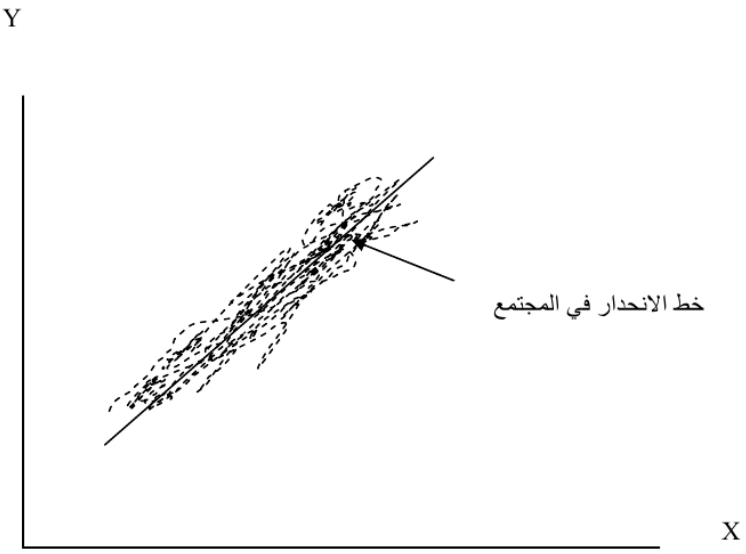
[1] الخياط، باسل يونس ذنون الخياط. اللاتأكدية من خلال نظرية الاحتمال ونظرية الاحتمال ونظرية المجموعات المضببة، المجلة للعلوم الاحصائية، العدد 6، المجلد 4، 18-31. 2004

المبهمة (Fuzzy Sets Theory) بينما اعتمد الانحدار التقليدي على نظريـــة الاحتمـــالات (Probability theory).

**5-1 الانحدار الخطي:**

يبدأ تحليل الانحدار بتعريف نموذج الانحدار – بأنه معادلة رياضية تصف العلاقة بين X، Y في المجتمع، وعندما نهتم بمتغير تفسيري واحد، فإن الشكل الانتشاري يعتبر الخطوة المبدئية الأهم لتحديد نموذج الانحدار المناسب. إن هذه العلاقة تقترب من نموذج الخط المستقيم كما يوضحها شكل (5-1) التالي:

شكل (5-1): نموذج الانحدار المفترض للعلاقة بين X، Y




المصدر: جورج كانافوس، دون ميلر، تعريب د سلطان محمد عبد الحميد، مراجعة د محمد توفيق البلقيني " الاحصاء للتجاريين مدخل حديث " دار المريخ للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2004، ص 497

ويلاحظ من شكل (5-1) السابق أن معظم النقط لا تقع على الخط المستقيم، ويرجع ذلك لوجود متغيرات أخرى بخلاف المتغير X. لذلك فإن نموذج الانحدار لا يمثل كل نقطة تماما، ولكن قيم Y تميل إلى الارتفاع في المجتمع بارتفاع قيم X. وبالتالي فإن نموذج الانحدار يعكس القيمة المتوسطة للمتغير Y عند قيمة معينة للمتغير X في المجتمع.

ومن المهم أن نكون قادرين على التعبير عن العلاقة الانحدارية بين متغيـــرين X، Y في نموذج رياضي. ويمكن كتابة معادلة الخط المستقيم على النحو التالي:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

حيث $\beta_0$ تشير إلى الجزء المقطوع من محور Y (قيمة Y عندما X=0)، $\beta_1$ تـــشير إلى ميل الخط المستقيم، وقد استخدمت الحروف اليونانية لتميز هذه الكميات لأنها تـــصف المجتمع، الجزء المقطوع $\beta_0$، الميل $\beta_1$ هي معلمات أو مؤشرات نموذج الانحدار. وهذه القيم عادة غير معلومة ولكن يمكن تقديرها كما سنوضح فيما بعد.

والحقيقة أننا لا نستطيع تحديد قيم $\beta_0$، $\beta_1$ لأننا لا نستطيع ملاحظة المجتمع بالكامل. وإذا أمكننا سحت عينة ممثلة، فيمكن تقدير قيم $\beta_0$، $\beta_1$ وعندئذ يمكـــن اســـتخدام تقـــدير لنموذج الانحدار واستخدامه في التنبؤ، وسوف نرى كيف يتم ذلك فيما بعد.

إن مجرد وجود نموذج انحدار لتوضيح العلاقة بين Y، X لا يعنـــي بالـــضرورة أن النموذج مناسب لتوفيق البيانات. وبسبب هذه الحقيقة، فإن التنبؤات الناتجة عن النمـــوذج المستخدم يجب أن تكون قريبة نسبيا من القيم الفعلية المناظرة Y. وبعبارة أخرى أنه يجب ان يكون توفيق البيانات باستخدام نموذج الانحدار جيد.

### 5-1-1 تقدير معالم نموذج الانحدار:

لتوفيق نموذج الانحدار المفترض ليمثل بيانات العينة، فإن أول خطوة هـــي تقـــدير معالم النموذج $\beta_0$، $\beta_1$، نكون في موقف يتطلب تقدير تباين الخطأ $\sigma_\varepsilon^2$.

#### 5-1-1-1 الحصول على بيانات العينة:

يوجد ثلاث طرق للحصول على بيانات العينة[1]:

1- المعاينة العشوائية البسيطة: أحيانا يتم اختيار العينة العشوائية البسيطة بحيث يكون كلا من X، Y متغيرات عشوائية. غير أنه من الأفضل عند تقدير خـــط انحـــدار المجتمع اختيار قيم X يعناية ثم تحديد قيم Y المناظر لها تلقائيا.

2- المعاينة العشوائية لقيم X المختارة: يتم اختيار العينة العشوائية لقيم Y بناءا علـــى قيم X المحدد مسبقا. واختبار مدى لقيم X مرغوب جدا ليس فقط لأنه يسمح لنـــا

[1] جورج كانافوس، دون ميلر، تعريب د سلطان محمد عبد الحميد، مراجعة د محمد توفيق البلقيني " الاحصاء للتجاريين مدخل حديث " دار المريخ للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2004، ص 509

بمشاهدة قيم Y داخل المدى الذي نهتم به لـ X، ولكن لأنه أيضا يوفر فرصة لزيادة درجة الاعتماد على الاستنتاجات المتعلقة بعملية التحليل.

3- البيانات الملائمة: في بعض الأحيان لا يكون ممكنا إجراء معاينة عشوائية، هنا يمكن أن نحصل على البيانات التي حدثت فعلا، أي المتاحة.

في جميع الحالات السابقة يفترض أن قيم X مقاسة بدون أخطاء، ويكون تحليل الانحدار مناسبا للأوضاع الثلاث. وهناك نقطتين هامتين يجب أن نفهمهما: (1) بتحديدك المسبق لمدى X، تكون قادرا على تحسين الاستنتاج، (2) إذا رغبت في استخدام البيانات الملائمة، فيجب عليك أن تقرر أولا ما إذا كانت البيانات تمثل البيئة التي ترغب في صنع استنتاجات عنها بكافية أم لا. فإذا كانت الإجابة لا، فإن الاستنتاجات المبنية على تحليل الانحدار يمكن أن تكون بها أخطاء بدرجة ملموسة.

### 5-1-1-2 طريقة المربعات الصغرى:

تعتمد هذه الطريقة على تصغير مجموع مربعات البواقي، والخط الذي يجعل مجموع مربعات البواقي $\left(\sum e_i^2\right)$ أقل ما يمكن يسمى بخط المربعات الصغرى أو خط الانحدار المقدر. ومجموع مربعات البواقي لهذا الخط أقل من أي خط آخر. والأسلوب المستخدم في إيجاد خط المربعات الصغرى يسمى، طريقة المربعات الصغرى.

ولتحديد خط المربعات الصغرى، يجب تقدير قيم $\beta_0$ ، $\beta_1$ . هذه التقديرات تشير إلى الجزء المقطوع من محور Y، والميل، على الترتيب، وتستخدم معادلات المربعات الصغرى في تحديدها.

الاحصاءات $b_0$ ، $b_1$ تعرف على أنها تقديرات المربعات الصغرى للمعالم $\beta_0$ ، $\beta_1$ على التوالي، ويتم تحديدها باستخدام علم التفاضل.

$$b_1 = \frac{SP(XY)}{SS(X)}$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1 \overline{X}$$

$$SP(XY) = \sum \left(X_i - \overline{X}\right)\left(Y_i - \overline{Y}\right)$$

$$SS(X) = \sum \left(X_i - \overline{X}\right)^2$$

### 5-1-1-3 فروض النموذج:

تكون الإجراءات المتضمنة في استنتاجات الانحدار صحيحة فقط إذا وجدت شروط معينة للمجتمع. حيث أننا لا نستطيع ملاحظة المجتمع كله، فإننا يجب أن نكون مستعدين لافتراض وجود هذه الشروط. وفيما بعد نقدم طرقا لفحص مصداقية هذه الشروط. وتكون استنتاجات الانحدار مبنية على أساس الفروض الأربعة التالية وهي تتعلق بالارتباط بين X، Y في المجتمع. وهي تتركز على وجه الخصوص على النموذج الخطي البسيط[1]:

1- النموذج الخطي البسيط يمثل بشكل صحيح الارتباط بين متغير الاستجابة والمتغير التوضيحي وهذا يعني أن لكل قيم X التي تقع داخل مدى بيانات العينة، قيمة متوسطة لمتغير الاستجابة Y تعطى عن طريق خط انحدار المجتمع عند هذه القيمة للمتغير X. بتعبير آخر، فإنه لأي قيمة X، يكون هناك مجتمع لقيم Y حيث أن $(\mathrm{E}(Y)=\beta_0+\beta_1 X)$ ومتوسط الخطأ العشوائي يساوي صفر.

2- تباين الخطأ $\sigma_\varepsilon^2$ يكون ثابت، تباين ثابت للخطأ يعني أن اختلاف قيم Y حول خط انحدار المجتمع هو نفسه الاختلاف لكل قيم X، فإن $\sigma_\varepsilon^2$ تكون غير ثابتة لكل قيم X. هذا يستلزم استخدام إجراء بديل للانحدار معروف على أنه المربعات الصغرى المرجحة.

3- الأخطاء العشوائية مستقلة. هذا الفرض ينطوي على أن الخطأ المصاحب لأي قيمتين من قيم Y يكون مستقل. على سبيل المثال، بمعلومية قيمة واحدة لـ Y تكون أعلى أو أسفل خط انحدار المجتمع لا يخبرنا بشيء عن ما إذا كانت قيمة أخرى أعلى أو أسفل خط الانحدار.

4- الخطأ العشوائي يتبع توزيع طبيعي. هذا الفرض ينطوي على أن قيم Y توزيع طبيعيا حول خط انحدار المجتمع. ولذلك فإننا نفترض أن $\varepsilon$ هو متغير عشوائي طبيعي بمتوسط 0 وانحراف $\sigma_\varepsilon$، لذلك لأي قيمة X، تكون Y متغير عشوائي طبيعي بمتوسط $(\beta_0+\beta_1 X)$ وانحراف معياري $\sigma_\varepsilon$.

[1] جورج كانافوس، دون ميلر، تعريب د سلطان محمد عبد الحميد، مراجعة د محمد توفيق البلقيني " مرجع سبق ذكره " 2004، ص 522

**5-1-1-4 الانتقادات الموجهة للانحدار الخطي:**

إذ ظهرت عدة انتقادات موجهة لنماذج الانحدار الخطي الكلاسيكي ومن بين هذه الانتقادات نذكر ما يلي:

1- الانحرافات في الانحدار التقليدي بين القيم المشاهدة والقيم التقديرية، يفترض ان تكون مقياسا للأخطاء. وهذه الانحرافات تأتي من المصدرين:

أ- إهمال بعض المتغيرات الموضحة في حين أنها مهمة.

ب- أخطاء القياسات العشوائية في مشاهدات مسجلة.

2- المعلمات المقدرة في الانحدار التقليدي تكون أعدادا محددة.

3- مشاكل الانحدار ناقصة المعنوية حول البيانات لتحديد نماذج الانحدار علاقة بين متغيرات الاستجابة والتوضيحية.

4- في حالة كون حجم العينات قيد الدراسة تكون صغيرة في تقدير المعلمات عندما تكون مجموعة البيانات غير كافية لإسناد تحليل الانحدار التقليدي، والملائمة لنموذج الانحدار تكون ضعيفة.

5- في حالة مجموعة بيانات المدخلات غير المبهمة ولكن المخرجات مبهمة أو كلتاهما مبهمتان. أو البيانات غير مبهمة لكن العلاقة تكون مبهمة، وبالتالي يتعذر على الانحدار التقليدي معالجة هذه المشكلة.

كل هذه الانتقادات أدت إلى بروز ما يسمى بالانحدار المبهم.

**5-2 تعريف الانحدار المبهم:**

إن تعريف الانحدار المبهم (Fuzzy Regression) يلزم تفسير كل كلمة على حدة، فان كلمة الانحدار تشتمل على أشكال وطرائق إحصائية واسعة الاستخدام في جميع العلوم المختلفة فهي توضح العلاقة بين متغير يسمى متغير الاستجابة (Response variable) ومتغير واحد أو أكثر من متغيرات تسمى المتغيرات المفسرة (متغيرات توضيحية) (Explanatory variables)، إذ أن متغير الاستجابة يكون بهيئة دالة للمتغيرات المفسرة وبذلك توضح قوة واتجاه العلاقة من خلال تقدير المعلمات.

وأما كلمة المبهم فتعني المنطق المبهم وهو احد أشكال المنطق يستخدم في الأنظمة الخبيرة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، نشأ هذا المنطق عام 1965 على يد العالم Zadeh L من جامعة كاليفورنيا إذ طوره ليستخدم كطريقة أفضل لمعالجة البيانات إذ يسمى هذا المنطق أحيانا بمنطق الإبهام ليعالج التعابير الأكثر تعقيدا وإبهاما.

وبالتالي فإن تعريف الانحدار المبهم بأنه وضع صيغة نموذج يعبر عن العلاقة الدالية بين متغير الاستجابة ومجموعة المتغيرات التوضيحية (واحد أو أكثر) في محيط مبهم الذي ينتج عن أن طبيعة العلاقة بين متغيرات النموذج (المتغير المعتمد والمتغيرات التوضيحية) هي مبهمة وأن المتغيرات نفسها هي ذات قياسات محددة (Crisp)، أو أن متغيرات النموذج نفسها مبهمة تعبر عن حوادث غير أكيدة[1].

**5-3 أنواع الانحدار المبهم:**

ينتج عدم التأكد في الانحدار المبهم في حال كانت العلاقة بين المتغيرات التوضيحية والمتغير الاستجابة مبهمة، أو في حال كون البيانات نفسها مبهمة هذان النوعان يقودان إلى الأنواع الآتية من الانحدار المبهم[2]:

1. في حالة كانت البيانات محددة (Crisp) كما في الانحدار التقليدي والمعلمات مبهمة (Fuzzy Parameter)، إذ تكون المتغيرات التوضيحية بياناتها محددة وتكون المعلمات الخاصة بالنموذج مبهمة ويكون متغير الاستجابة ذو بيانات مبهمة.

[1] د محمد طه أحمد الغنام، م.م. هبة على طه الصباغ " دراسة في المتغيرات المضببة والانحدار المتعدد المضبب " مجلة تكريت للعلوم الادارية والاقتصادية، المجلد 5، العدد 14، 2009، ص ص 166- 180.
[2] د ظافر حسين رشيد النجار، د محمد جاسم محمد " مرجع سبق ذكره " 2007.

2. في حالة كانت المعلمات محددة والبيانات مبهمة، إذ تكون المتغيرات التوضـــيحية ومتغير الاستجابة بياناتهما مبهمة، وتكون المعلمات الخاصة بالنموذج محددة كمـــا في الانحدار التقليدي.
3. في حالة كون كل من البيانات والمعلمات مبهمة، إذ تكون المتغيرات التوضـــيحية ومتغير الاستجابة بياناتهما مبهمة، وتكون المعلمات الخاصة بالنموذج مبهمة أيضا.

## 5-4 الدراسات السابقة[1]:

في عام(1965) أنشأ العالم Zadeh[2] من جامعة كاليفورنيا نظرية المجموعة المبهمة (Theory Fuzzy Set) التي استخدمت لحل كثير من المشاكل التي يكون وصف الأشياء فيها مبهما.

وفي عام (1982) قدموا Tanaka et al.[3] أول طريقة لتحليل الانحدار الخطي المبهم FLR إذ استخدموا نظاما خطيا مبهما مع مسألة البرمجة الخطية (Linear programming problem) باعتبار أن علاقة المتغيرات في نموذج الانحدار قد وضعت بإبهام، أي النموذج يكون بمدخلات غير مبهمة ومعلمات مبهمة.

منذ ذلك الحين، أصبح عرض الانحدار الخطي المبهم بحث مثير للعديد من الباحثين والممارسين، إلى حد أن قدمت مختلف القضايا ذات العلاقة المختلفة.

تنقسم نماذج الانحدار الخطي المبهم إلى طريقتين أساسيتين: طريقة المربعات الصغرى، وطريقة البرمجة الرياضية[4] .

تقوم طريقة المربعات الصغرى على تقليل المسافة بين المتغير الاستجابة والمقدر[5].

ومن أهم الدارسات التي اهتمت بالمربعات الصغرى FLR نذكر Bardossy et al. (1992)[6]، Bargiela et al. (2007)[7]، Chan et al. (2011)[8]، Chen and Dang (2008)[9]، Chen and Hsueh (2009)[10]، Chung (2012)[11]، Coppi et al. (2006)[12]، Diamond [13]

[1] حسن محمد الياس، هبة على طه الصباغ، " مرجع سبق ذكره " ص ص (61-84)، 2006

[2] Zadeh, L. " Fuzzy sets ". Information and control, 8:338–353. 1965.

[3] Tanaka, H., Uejima, S.and Asai, K. " Linear Regression Analysis with Fuzzy Model ". IEEE Trans. Systems, Man, Cybernet. 12, 903–907. 1982.

[4] D'Urso, P. " Linear regression analysis for fuzzy/crisp input and fuzzy/crisp output data ". Computational Statistics & Data Analysis, 42:47–72. 2003.

[5] D'Urso, P. " Op cite " 42:47–72. 2003.

[6] Bardossy, A., Hagaman, R., and et al. " Fuzzy least squares regression, theory and application ". In Kacprzyk, J. and Fedrizi, M.,editors, Fuzzy Regression Analysis, pages 21–44. Omnitech Press. 1992.

[7] Bargiela, A., Pedrycz, W., and Nakashima, T. " Multiple regression with fuzzy data ". Fuzzy Sets and Systems, 158:2169–2188. 2007.

[8] Chan, K., Kwong, C., and et al. " An intelligent fuzzy regression approach for affective product design that captures nonlinearity and fuzziness ". Journal of Engineering Design, 22:523–542. 2011

[9] Chen, S. and Dang, J. " A variable spread fuzzy linear regression model with higher explanatory power and forecasting accuracy ". Information Sciences, 178:3973–3988. 2008.

[10] Chen, L. and Hsueh, C. Fuzzy regression models using the least-squares method based on the concept of distance. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 17:705–712. 2009.

[11] Chung, W. Using the fuzzy linar regression method to benchmark the energy efficiency of commercial buildings. Applied Energy, 95:45–49. 2012.

[12] Coppi, R., D'Urso, P., and et al. Least squares estimation of a linear regression model with lr fuzzy response. Computational Statistics & Data Analysis, 51:267–286. 2006.

[13] Diamond, P. Fuzzy least squares. Information Sciences, 46:141–157. 1988.

Gladysz and Kuchta ،D'Urso and Gastaldi (2000)[2] ،D'Urso (2003)[1] ،(1988)
،Kao and Lin (2005)[6] ،Kao and Chyu (2003)[5] ،Hong et al. (2001)[4] ،(2009)[3]
.Yang and Lin (2002)[9] و ،Kratschmer (2006)[8] ،Khashei et al. (2008)[7]

في حين طريقة البرمجة الرياضية فتقوم على قياس انتشار المتغير التابع المتنبأ بـــه لـــ $(\widetilde{Y}_i)$[10].

وإن الدراسات الأكثر اســـتخداما لهـــذه الطريقـــة هـــي: [11](1982) Tanaka et al.،
Ozelkan and ،Peters (1994)[14] ،Sakawa and Yano (1992)[13] ،Tanaka (1987)[12]
.Hojati et al. (2005)[16] و ،Duckstien (2000)[15]

وبين كل من [17]Hassanpour et al (2009) مقترحا أساسه برمجة الأهـــداف لنمـــاذج الانحدار الخطي المبهم مع مدخلات (غير مبهمة / مبهمة) ومخرجـــات (غيـــر مبهمـــة /

[1] D'Urso, P. " Op cite ", 42:47–72. 2003.
[2] D'Urso, P. and Gastaldi, T. A least-squares approach to fuzzy linear regression analysis. Computational Statistics & Data Analysis, 34:427–440. 2000.
[3] G ladysz, B. and Kuchta, D. Least squares method for l-r fuzzy variables. In Gesu, V. D., Pal, S., and Petrosino, A., editors, WILF 2009, LNAI 5571, pages 36–43. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 2009
[4] Hong, D., Song, J., and Young, H. Fuzzy leastsquares linear regression analysis using shape preserving operations. Information Sciences, 138:185–193. 2001
[5] Kao, C. and Chyu, C. Least-squares estimates in fuzzy regression analysis. European Journal of Operational Research, 148:426–435. 2003
[6] Kao, C. and Lin, P. Entropy for fuzzy regression analysis. International Journal of Systems Science, 36:869–876. 2005
[7] Khashei, M., Hejazi, S., and Bijari, M. A new hybrid artificial neural networks and fuzzy regression model for time series forecasting. Fuzzy Sets and Systems, 159:769– 786. 2008
[8] Kratschmer, V. Least-squares estimation in linear regression models with vague concepts. Fuzzy Sets and Systems, 157:2579–2592. 2006.
[9] Yang, M. and Lin, T. Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input-output data. Fuzzy Sets and Systems, 126:389–399. 2002.
[10] D'Urso, P. Linear regression analysis for fuzzy/crisp input and fuzzy/crisp output data. Computational Statistics & Data Analysis, 42:47–72. 2003.
[11] Tanaka, H., Uejima, S., and Asai, K. Linear regression analysis with fuzzy model. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 12:903–907. 1982.
[12] Tanaka, H. Fuzzy data analysis by possibilistic linear models. Fuzzy Sets and Systems, 24:363–375.
[13] Sakawa, M. and Yano, H. Multi-objective fuzzy linear regression analysis for fuzzy input-output data. Fuzzy Sets and Systems, 47:173–181. 1992.
[14] Peters, G. Fuzzy linear regression with fuzzy intervals. Fuzzy Sets and Systems, 63:45–55. 1994.
[15] Ozelkan, E. and Duckstein, L. Multi-objective fuzzy regression: A general framework. Computers & Operations Research, 27:635–652. 2000.
[16] Hojati, M., Bector, C., and Smimou, K. A simple method for computation of fuzzy linear regression. European Journal of Operational Research, 166:172–184. 2005.
[17] H Hassanpour; H R Maleki; M A Yaghoobi " Approch to fuzzy linear regression with non-fuzzy input " Asia-Pacific Journal of Operation Research; Vol. 26, No. 5 . 587-604. 2009

مبهمة) إذ كانت من مميزات هذا المقترح أنه بسيط في البرمجة والحسابات واقل اختلافا في مجموع الانتشار بين قيم المشاهدات والقيم المركزية.

## 5-5 طرائق الانحدار المبهم:

يستخدم الانحدار المبهم لتقدير العلاقة الدالة بين متغير الاستجابة والمتغيرات المفسرة (التوضيحية) في محيط مبهم مع دالة خطية وبذلك سمي بالانحدار الخطي المبهم (FLR).

إذ وظفت مسألة البرمجة الخطية (Linear Programming Problem) (LP) كطريقة أساسية لتقدير المعلمات المبهمة إذ يستخدم نموذج خطي مبهم مع معلمات مبهمة مثلثية متماثلة.

ويتناول في هذا القسم طرائق عدة للانحدار المبهم وهي:

### 5-5-1 طريقة Tanaka (1982):

في عام (1982) قاما Tanaka et al[1] بمقال عملي بينا فيه ولأول مرة طريقة الانحدار الخطي المبهم وسميت هذه الطريقة بعدئذ بنموذج (Tanaka).

إذ طبق الباحثون في هذه الطريقة دالة خطية مبهمة لتحديد الانحدار لظاهرة مبهمة. فان الانحرافات بشكل عام بين القيم المشاهدة والقيم المقدرة في الانحدار التقليدي ناشئة عن أخطاء المشاهدات، أما هنا فهذه الانحرافات تعتمد على عدم تحديد هيكلية النظام إذ تعد هذه الانحرافات مبهمة لمعلمات النظام.

ويفترض النموذج الأساسي أن الدالة مبهمة وخطية مبينة في الشكل التالي:

$$\widetilde{Y} = \widetilde{A}_0 + \widetilde{A}_1 x_1 + \widetilde{A}_1 x_2 + ... + \widetilde{A}_n x_n = \widetilde{A}' X \qquad (1)$$

إذ

$X = [1, x_1, x_2, ....., x_n]$ هو متجه لمتغيرات الموضحة

$\widetilde{A} = [\widetilde{A}_0, \widetilde{A}_1, \widetilde{A}_2, ....., \widetilde{A}_n]$ هو متجه معلمات النموذج

وبما أن متجة المعاملات المبهمة مقدمة على شكل أعداد مبهمة مثلثية متماثلة ومبينة في $\widetilde{A}_j = (\alpha_j, c_j)$ فإنها توصف بدالة انتماء كما في الشكل التالي:

[1] Tanaka, H., Uejima, S.and Asai, K. " Op cite ". 12, 903–907. 1982

$$\propto_{\widetilde{A}_j} = \begin{cases} 1 - \dfrac{|\alpha_j - a_j|}{a_j} & \alpha_j - a_j << a_j << \alpha_j + a_j \quad \forall j = 1,2,3,....N \\ 0, \quad otherwise \end{cases} \qquad (2)$$

حيث $\alpha_j$ قيمة مركزية و $c_j$ قيمة الانتشار. لذا يمكن أن تعاد كتابة صيغة (1) كما يلي:

$$\widetilde{Y}_i = (\alpha_0, c_0)X_0 + (\alpha_1, c_1)X_1 + ..... + (\alpha_N, c_N)X_N \qquad (3)$$

ويفترض تحليل الانحدار المبهم اعلاه المدخلات والمخرجات محددة، بينما العلاقة بين المدخلات والمخرجات مبهمة، فإن دالة الانتماء للعدد المبهم $\widetilde{Y}_t$ تعطى بـــ:

$$\propto_{\widetilde{A}_j}(a_j) = \begin{cases} 1 - \dfrac{|y_t - x^t\alpha_j|}{c^t|x|} & x \uparrow 0 \\ 1 & x = 0, y \pm 0 \quad \forall j = 1,2,3,...M \\ 0 & x = 0, y = 0 \end{cases} \qquad (4)$$

حيث $c^t = [c_0, c_1, ....., c_N]$ وكل قيمة من المتغير التابع يمكن أن تقدر بعدد مبهم $\widetilde{Y}_t = \left(Y_t^L, Y_t^{h=1}, Y_t^U\right)\ t = 1,2,...M$ حيث الحد الادنى لـــ $\widetilde{Y}_t$ هو $Y_t^L = \sum_{j=0}^{N}(\alpha_j - a_j)X_{tj}$ وقيمة المركزية لـــ $\widetilde{Y}_t$ هي $Y_t^{H=1} = \sum_{j=0}^{N}\alpha_j X_{tj}$ والحد الأعلى لـــ $\widetilde{Y}_t$ هو $Y_t^U = \sum_{j=0}^{N}(\alpha_j + a_j)X_{tj}$.

وفي الاخير توصل Tanaka إلى صياغة البرمجة الخطية (LP) التالية لتقدير المعلمات المبهمة $\widetilde{A}_j,\ \ j = 0,1,....., p$

$$(Tanaka)$$

$$Min\, S = \sum_{j=1}^{m} c_j$$

$$s.t.$$

$$\alpha^t x_i + (1-h)\sum_{j=1}^{m} c_j |x_{ij}| \geq y_i + (1-h)e_i$$

$$-\alpha^t x_i + (1-h)\sum_{j=1}^{m} c_j |x_{ij}| \geq -y_i + (1-h)e_i$$

$$c_j \geq 0, \quad x_i \geq 0$$

$$\forall i = 1,2,.....,N$$

إذ $\alpha$ و $C$ هما متجهان و $S$ هو المجموع الكلي للإبهام، أي مجموع الانتشارات المستقلة للمعلمات المبهمة للنموذج[1].

أما عدد القيود المتمثلة في مسألة (LP) تكون $(2\times N)$ فهي عادة أكثر من عدد المتغيرات (m).

حيث المتغيرات:

$x_{ij}$ : قيمة المتغير $j^{th}$ المستقل للملاحظة $i^{th}$

$y_i$ : قيمة المتغير التابع للملاحظة $i^{th}$

والمعلمات:

$e_i$ : انتشار المتغير التابع للملاحظة $i^{th}$

$H$ : درجة هدف الاعتماد.

$\alpha_j$ : متصف معامل الانحدار $j^{th}$

$c_j$ : إنتشار حول معامل الانحدار $j^{th}$

$m$ : عدد المتغيرات المستقلة

$N$ : عدد المشاهدات

[1]Savic, D.A. and Pedrycz, W. Evaluation of Fuzzy Linear Regression Models. Fuzzy Sets and Systems, 39, 51-63. 1991

### 5-5-2 طريقة Tanaka (1987)[1]:

في عام 1987 اقترح Tanaka (1987)[2] نموذج يأخذ بعين الاعتبار الانتقادات الموجهة إلى نموذج Tanaka (1982) ، نذكر ما يلي: أن العديد من قيم الانتشارات $(c_j)$ قد تصبح قيمتها مساوية للصفر عند إجراء الحل لـ (LP). وبذلك فان العلاقة بين متغير الاستجابة والمتغيرات التوضيحية تكون محددة، ولتفادي هذه المشكلة فقد اجري التعديل على دالة الهدف لنموذج Tanaka (1982) ، التي كانت ذات اقل مجموع كلي لانتشارات المعلمات المبهمة $A_i$ في حين أصبحت ذات اقل مجموع كلي لانتشار قيمة التنبؤ لـ $(\tilde{Y}_i)$ لان هذه القيمة هي أيضا تكون مبهمة.

عندها تصبح مسألة (LP) كما يأتي:

$$(Tanaka)$$

$$Min\ S = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_j x_{ij}$$

$$s.t.$$

$$\alpha^t x_i + (1-h)\sum_{j=1}^{m} c_j \left|x_{ij}\right| \geq y_i + (1-h)e_i$$

$$-\alpha^t x_i + (1-h)\sum_{j=1}^{m} c_j \left|x_{ij}\right| \geq -y_i + (1-h)e_i$$

$$c_j \geq 0, \quad x_i \geq 0$$

$$\forall i = 1,2,\ldots\ldots,N$$

[1] حسن محمد الياس، هبة على طه الصباغ، " مرجع سبق ذكره " ص ص (61-84)، 2006.

[2] Tanaka, H. Fuzzy data analysis by possibilistic linear models. Fuzzy Sets and Systems, 24:363–375. 1987.

### 3-5-5 طريقة Peters (1994):

بين Peters (1994)[1] مقترحا أساسه برمجة خطية لنماذج الانحدار الخطي المبهم مع مدخلات (غير مبهمة / مبهمة) ومخرجات (غير مبهمة / مبهمة) إذ كانت من مميزات هذا المقترح أنه بسيط في البرمجة والحسابات، ويعتمد على دالة الهداف تتمثل في تعظيم متوسط درجة الانتماء للحلول المستخرجة.

$$
\begin{aligned}
&(Pet)\\
&Maximize\ \overline{\lambda}\\
&Subject\ to:\ \sum_{j=0}^{k}(\alpha_j + c_j)x_{ij} \geq \overline{y}_i - (1-\lambda_i)e_i, \quad i=1,.....,n,\\
&\qquad \sum_{j=0}^{k}(\alpha_j - c_j)x_{ij} \geq \overline{y}_i + (1-\lambda_i)e_i, \quad i=1,.....,n,\\
&\qquad \overline{\lambda} = (\lambda_1 + \lambda_2 + ..... + \lambda_n)/n,\\
&\qquad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0}^{k} c_j x_{ij} \text{ " } P_0(1-\overline{\lambda}),\\
&\qquad 0 \text{ " } \lambda_i \text{ " } 1, \quad i=1,....,n,\ \overline{\lambda} \geq 0,\\
&\qquad \alpha_j = free, \quad c_j \geq 0,\ j=1,....,k.
\end{aligned}
$$

حيث:

$a_j$ : المركز

$c_j$ : انتشار المعلمات $A_j$ ، $j=0,1,....,k$

$d_{iU}^{+}, d_{iU}^{-}, d_{iL}^{+}, d_{iL}^{-}$ : متغيرات الانحراف

$X_{ij}$ : متغير مستقل محدد $(X_{i0}=1)$

$y_i$ : المركز

$e_i$ : انتشار المتغير التابع $Y_i, i=1,2,....,n.$

$\lambda_i$ : تمثل درجة الانتماء الحل والمحصور بين 0 و 1.

$P_0$ : فترة التحمل لدالة الهدف $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0}^{k} C_j X_{ij}$

[1] Peters, G. Fuzzy linear regression with fuzzy intervals. Fuzzy Sets and Systems, 63:45–55. 1994.

### 4-5-5 طريقة Ozelkan (2000):

في عام (2000) اقترح Ozelkan and Duckstien (2000)[1] صياغة مماثلة لـــ (Pet)، من مميزات هذا المقترح أنه بسيط في البرمجة والحسابات، كما لا تتقاطع فترات التنبـــؤ مع فترات الملاحظة. ويمكن صياغة هذا النموذج على الشكل التالي:

$$(Ozel)$$

$$Minmize \quad \sum_{i=1}^{n}(d_{iU}+d_{iL})$$

$$Subject\ to:$$

$$\sum_{j=0}^{k}(\alpha_j+(1-H)c_j)x_{ij} \geq \bar{y}_i+(1-H)e_i-d_{iU}, \quad i=1,....,n,$$

$$\sum_{j=0}^{k}(\alpha_j-(1-H)c_j)x_{ij} \text{ " } \bar{y}_i-(1-H)e_i+d_{iL}, \quad i=1,....,n,$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0}^{k}c_j x_{ij} \text{ " } v,$$

$$d_{iL}, d_{iU} \geq 0, \ i=1,.....,n,$$

$$\alpha_j = free, \ \ c_j \geq 0, j=0,...,k.$$

حيث:

$v$: قيم مختلفة المحتملة لكل نصف عرض الفترات المتوقعة.

$d_{iU}$: متغيرات الانحراف الأعلى.

$d_{iL}$: متغيرات الانحراف الأسفل.

إن المشكلة بهذه الصياغة هي القيم المختلة لـــ $v$، والتي ليس من السهل أن تقرر أي قيمة أفضل $v$.

[1] Ozelkan. E.C, L. Duckstein, Multi-objective fuzzy regression: A general framework, Computers and Operations Research 27 ; 635–652. 2000.

### 5-5-5 طريقة Hojati et al (HBS1) (2005):

بين كل من Hojati et al (2005)[1] مقترحا أساسه البرمجة بالأهداف لنماذج الانحدار الخطي المبهم مع مدخلات (غير مبهمة / مبهمة) ومخرجات (غير مبهمـــة / مبهمـــة) إذ كانت من مميزات هذا المقترح أنه بسيط في البرمجة والحسابات واقل اختلافا في مجموع الانتشار بين قيم المشاهدات والقيم المركزية، كما أنه يأخذ بعين الاعتبار عدة أهداف على عكس استخدام البرمجة الخطية في تحليل الانحدار المبهم.

$$(HBS1)$$

$$Minmize \quad \sum_{i=1}^{n}\left(d_{iU}^{+}+d_{iU}^{-}+d_{iL}^{+}+d_{iL}^{-}\right)$$

$$Subject\ to:$$

$$\sum_{j=0}^{k}\left(\alpha_j+(1-H)c_j\right)x_{ij}+d_{iU}^{+}-d_{iU}^{-}\geq \overline{y}_i+(1-H)e_i, \quad i=1,....,n,$$

$$\sum_{j=0}^{k}\left(\alpha_j-(1-H)c_j\right)x_{ij}+d_{iL}^{+}-d_{iL}^{-}\ '' \ \overline{y}_i-(1-H)e_i, \quad i=1,....,n,$$

$$d_{iU}^{+},d_{iU}^{-},d_{iL}^{+},d_{iL}^{-}\geq 0,\ i=1,.....,n,$$
$$\alpha_j=free,\ \ c_j\geq 0, j=0,...,k.$$

حيث:

$a_j$: المركز

$c_j$: انتشار المعلمات $A_j$ ، $j=0,1,....,k$

$d_{iU}^{+},d_{iU}^{-},d_{iL}^{+},d_{iL}^{-}$: متغيرات الانحراف

$X_{ij}$: متغير مستقل محدد $(X_{i0}=1)$

$y_i$: المركز

$e_i$: انتشار المتغير التابع $Y_i, i=1,2,....,n.$

[1] Hojati, M., Bector, C.R., Smimou, K., A simple method for computation of fuzzy linear regression, European Journal of Operational Research, Volume 166, pp. 172-184 , 2005.

### 5-5-6 طريقة Hassanpour et al (FRGP) (2009):

بين كل من Hassanpour et al (2009)[1] مقترحا أساسه استخدام البرمجة بالأهداف في الانحدار الخطي المبهم بالمعاملات غير المتماثلة مع مدخلات (غير مبهمة / مبهمة) ومخرجات (غير مبهمة / مبهمة) إذ كانت من مميزات هذا المقترح أنه بسيط في البرمجة والحسابات واقل اختلافا في مجموع الانتشار بين قيم المشاهدات والقيم المركزية.

ومن بين الانتقادات الموجهة لطرق السابقة نجد:

1. أغلب الطرق تركز على البيانات المتماثلة.
2. البعض من هذه الطرق حساسة جدا إلى القيم المتطرفة (outliers).
3. تقريبا كل الطرق لا تأخذ في الحسبان تأثير مراكز المخرجات في إجراء تقدير معاملات نموذج الانحدار.
4. نقد واحد يوجه إلى طريقة البرمجة الخطية LP هو عدد القيود في نموذج LP يزداد بسرعة كلما زاد عدد المدخلات.

لتصحيح هذه الانتقادات، أقترح Hassanpour & Yaghoobi (2009) نموذج يأخذ بعين الاعتبار ملاحظات متغير الاستجابة أعداد مبهمة مثلثية غير متماثلة $\tilde{y} = (y_i, l_i, r_i), i = 1,.....,n,$ ومعاملات المعادلة (5.1) أعداد مبهمة مثلثية غير متماثلة $\tilde{A}_j = (a_j, \alpha_j, \beta_j), \quad i = 0,1,.....,p$ . علاوة على ذلك، يفترض $\forall i, j. \quad x_{ij} > 0$ . وباستعمال تجميع أعداد المبهمة المثلثية وجداء أعداد المبهمة المثلثية بسلم موجب، وبالتالي فالمعادلة يمكن أن يعاد كتابتها على النحو التالي:

$$\tilde{Y}_i = \left( \sum_{j=0}^{p} a_j x_{ij}, \sum_{j=0}^{p} \alpha_j x_{ij}, \sum_{j=0}^{p} \beta_j x_{ij} \right). \qquad (5.1)$$

إن الهدف من هذه الطريقة هو مطابقة دالة الانتماء لمتغير الاستجابة المتوقع إلى دالة انتماء لمتغير الاستجابة الملاحظ. وفيما يأتي الصيغة العامة لمسألة البرمجة بالأهداف : (GP) Goal Programming

[1] H Hassanpour; H R Maleki; M A Yaghoobi " Approch to fuzzy linear regression with non-fuzzy input " Asia-Pacific Journal of Operation Research; Vol. 26, No. 5 , 587-604. 2009.

$$(GP1): \min z = \sum_{i=1}^{n} \left( n_{il} + p_{il} + n_{ic} + p_{ic} + n_{ir} + p_{ir} \right) \qquad (5.2)$$

$$s.t. \quad \sum_{j=0}^{p} a_j x_{ij} + n_{ic} - p_{ic} = y_i, \quad i = 1,2,.....,n, \qquad (5.3)$$

$$\sum_{j=0}^{p} \alpha_j x_{ij} + n_{il} - p_{il} = l_i, \quad i = 1,2,.....,n, \qquad (5.4)$$

$$\sum_{j=0}^{p} \beta_j x_{ij} + n_{ir} - p_{ir} = r_i, \quad i = 1,2,.....,n, \qquad (5.5)$$

$$n_{ik} p_{ik} = 0, \quad i = 1,2,.....,n \quad k = l,c,r, \qquad (5.6)$$

$$a_j \in \Re, \quad \alpha_j, \beta_j \geq 0, \quad j = 0,1,....., p,$$

$$n_{ik}, p_{ik} \geq 0, \quad i = 1,2,.....,n, \quad k = l,c,r. \qquad (5.7)$$

في GP1، لكل i، $n_{ic}$ و $p_{ic}$ الانحرافات السالبة والموجبة بين المراكز المقدرة ومتغير الاستجابة الملاحظة، على التوالي. أيضا $n_{il}$ و $p_{il}$ الانحرافات السالبة والموجبة بين يسار (يمين) انتشاراتهم، على التوالي.

من الواضح تماثل البيانات أي أن $l_i = r_i$ ، $\tilde{y}_i$ من أجل كل $i$. لذا نأخذ النموذج FLR أين البيانات متماثلة، لذلك يجب أن نضع $\alpha_j = \beta_j$ من أجل كل $j$ في (5.1) و GP1. وفقا لذلك، القيود (5.4) و (5.5)، هذا يكون مكافئ لان نحذف أحدهما. وبالإضافة يمكن أن نحذف القيد (5.6) ولحل النموذج نستخدم طريقة السمبلكس[1]. إن الميزة الهامة في GP1 هو أن المتغيرات في القيود (5.3)، (5.4) و(5.5) مستقلة أو منفصلة. لذا يمكن تفكيك النموذج GP1 إلى ثلاث نماذج GP مستقلة :

[1]Hojati, M., Bector, C.R., Smimou, K. " Op cite ", pp. 172-184 , 2005.

$$(GP2): \min z = \sum_{i=1}^{n} (n_{ic} + p_{ic}) \tag{5.8}$$

$$s.t. \quad \sum_{j=0}^{p} a_j x_{ij} + n_{ic} - p_{ic} = y_i, \quad i = 1,2,.....,n, \tag{5.9}$$

$$n_{ic} p_{ic} = 0, \quad i = 1,2,.....,n \tag{5.10}$$

$$a_j \in \Re, \quad j = 0,1,....., p,$$

$$n_{ic}, p_{ic} \geq 0, \quad i = 1,2,.....,n, \tag{5.11}$$

$$(GP3): \min z = \sum_{i=1}^{n} (n_{il} + p_{il}) \tag{5.12}$$

$$s.t. \quad \sum_{j=0}^{p} \alpha_j x_{ij} + n_{il} - p_{il} = l_i, \quad i = 1,2,.....,n, \tag{5.13}$$

$$n_{il} p_{il} = 0, \quad i = 1,2,.....,n \tag{5.14}$$

$$\alpha_j \geq 0, \quad j = 0,1,....., p,$$

$$n_{il}, p_{il} \geq 0, \quad i = 1,2,.....,n, \tag{5.15}$$

$$(GP4): \min z = \sum_{i=1}^{n} (n_{ir} + p_{ir}) \tag{5.16}$$

$$s.t. \quad \sum_{j=0}^{p} \beta_j x_{ij} + n_{ir} - p_{ir} = r_i, \quad i = 1,2,.....,n, \tag{5.17}$$

$$n_{ir} p_{ir} = 0, \quad i = 1,2,.....,n \tag{5.18}$$

$$\beta_j \geq 0, \quad j = 0,1,....., p,$$

$$n_{ir}, p_{ir} \geq 0, \quad i = 1,2,.....,n, \tag{5.19}$$

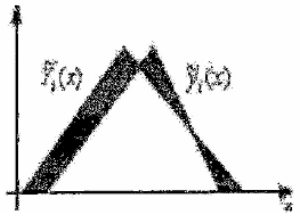
**5-6 تقييم أداء طرائق الانحدار المبهم:**

في عام (1998) قدما Kim and Bishu[1] طريق لتقيم أداء طرائق الانحدار المبهم، تتمثل في الاختلاف بين الدوال الانتماء $\widetilde{Y}_i(x)$ و $\widetilde{y}_i(x)$ :

$$D_i = \int_{S_{\widetilde{Y}_i} \cup S_{\widetilde{y}_i}} \left| \widetilde{Y}_i(x) - \widetilde{y}_i(x) \right| dx \quad i = 1,2,.....,n,$$

حيث أن $S_{\widetilde{Y}_i}$ و $S_{\widetilde{y}_i}$ عبارة عن أعداد مبهمة مثلثية لـ $\widetilde{Y}_i$ و $\widetilde{y}_i$، على التوالي. وننوه إلى أن $D_i$ هي عبارة عن المساحة مضللة في الشكل (5-2).

شكل (5-2): الفرق بين دوال الانتماء




Source: H Hassanpour; H R Maleki; M A Yaghoobi " Approch to fuzzy linear regression with non-fuzzy input " Asia-Pacific Journal of Operation Research; Vol. 26, No. 5 (2009) 587-604

من المتوقع أن يكون للعدد المبهم المقدر لدالة انتماء مقصور على دالة الانتماء للملاحظة المبهمة. لذلك، فإن الخطأ الملائم لدالة الانتماء يمكن أن يعرف بنسبة الفرق بين قيم دالة الانتماء والقيم الملاحظة للانتماء[2]. لذلك:

[1] Kim, B.,Bishu,R.R. Evaluation of fuzzy linear regression models by comparing membership functions. Fuzzy Sets and Systems 100, 342–352. 1998.
[2] Kim, B.,Bishu,R.R ." Op cite " 342–352. 1998.

$$E_i = D_i \Big/ \int_{S_{\tilde{y}_i}} \tilde{y}_i(x)dx, \qquad i = 1,2,.....,n.$$

من الواضح أن أصغر قيمة لـــ $E_i$ تدل على أن الطريقة أفضل في تقـــدير متغيـــر الاستجابة. كما أن استعمل متوسط الأخطاء $(AE)$ في مقارنة طرائـــق الانحـــدار المـــبهم يعطى بالعلاقة التالية:

$$AE = \left( \sum_{i=1}^{n} E_i \right) \Big/ n$$

**خلاصة:**

لقد استعرضنا في هذا الفصل فكرة الانحدار المبهم التي قدمها Tanaka في عام 1882 بديلا عن الانحدار الكلاسيكي الذي سيطر على الفكر البشري. وكما بينا سابقا فإن الانحدار المبهم يعتمد على المعلمات المبهمة والمخرجات المبهمة.

وفي هذا الفصل تم وصف كل من التقنيات تحليل الانحدار الخطي المبهم وقد تم أيضا عرض الدراسات السابقة. كما يحتوي هذا الفصل على طرائق الانحدار المبهم بدءا من طريقة Tanaka وطريقة Ozelkan وطريقة Peters وطريقة HBS1، كما تم تطرق إلى استخدام البرمجة بالأهداف في الانحدار الخطي المبهم بالمعاملات غير المتماثلة (FRGP)، وفي الأخير تم التطرق إلى طرق تقيم أداء طرائق الانحدار المبهم.

# الفصل السادس:
# دراسة ميدانية للتنبؤ باسعار البترول

**تمهيد:**

يعتبر البترول السلعة الإستراتيجية الأكثر شهرة في العالم إذ يعتبر المادة الحيوية الأساسية للصناعة و التجارة الدولية حيث يؤثر في جميع أوجه النشاط الاقتصادي لهذا يطلق عليه باسم الذهب الأسود فقد ارتبط التاريخ الاقتصادي الحديث بهذه السلعة الذي كان لها الأثر الأكبر في تشكيل معالم الخريطة الاقتصادية العالمية فليس من الصدفة أن تجد سلعة أساسية، نادرة ومحدودة جدا، تتحكم في اقتصاديات كاملة و تعد الورقة الرابحة التي يستعملها أصحاب القرار لبسط نفوذهم على شعوب لازالت تحت رحمة" حرب الأسعار " وقد تكفي صدمة بترولية واحدة لتشل اقتصاديات قائمة وتحدث حركة فاعلة في الاقتصاد، لتصل فيما بعد إلى إحداث شرخ في العلاقات الاقتصادية الدولية، بل تعدت أبعاد البترول إلى ميادين أخرى أكثر حساسية كالسياسة حيث أصبح يمثل سلاحا هجوميا و دفاعيا في الوقت ذاته و سببا كافيا لإعلان الحروب.

وتتميز دراسة أسعار البترول بأهمية بالغة خاصة بعد الأزمات الكبيرة التي شهدتها أسعار هذه السلعة الاقتصادية كأزمة 1986 والتي وصل فيها أسعار البترول إلى 8 دولار لترتفع سنة 1990 إلى 40 دولار لتعاود الانخفاض سنة 1998 إلى أقل من 10 دولار أما في الوقت الراهن فتعدت سقف 100 دولار ونظرا لأن اقتصاديات معظم الدول سواء المصدرة أو المستوردة لهذه السلعة مرتبط بأسعارها ويتحكم كثيرا مداخيلها ورسم السياسات الاقتصادية لها لهذا فإنه من المهم جدا تقديم دراسات قياسية يمكن على إثرها تقديم توقعات وتنبؤات تساعدها على فهم وتحليل التطورات المرتبطة بأسعار هذه المادة الإستراتيجية.

وتعد دراسة أسعار البترول من أكثر الدراسات تعقيد نظرا للمتغيرات الديناميكية الضخمة التي تحيط بهذه السلعة الإستراتيجية فبالإضافة إلى القوانين الاقتصادية التي تتحكم في أسعارها كقانون العرض والطلب نجد متغيرات أخرى أكثر تحكما في أسعارها وهي الظروف السياسية خاصة إذا تعلق الأمر بدولة تساهم كثيرا في الإنتاج العالمي مثل العراق إيران زد إلى ذلك الظروف المناخية كل هذه الأمور تجعل من دراسة أسعار البترول وإمكانية التنبؤ بها من الدراسات الصعبة جدا.

إن أسعار البترول تتأثر بالعديد من المتغيرات من أهمها حجم نمو الاقتصاد العالمي، عدد السكان، اكتشاف الحقول البترولية، التوترات السياسية بين الدول خاصة المنتجة للبترول .... إلى غير ذلك من المتغيرات والتي يصعب تحديدها كلها وأيضا قياسها لذلك فإن أفضل الطرق القياسية التي يمكن الاعتماد عليها في دراسة حركة وتطورا ت أسعار البترول تلك الطرق التي تعتمد على تحليل السلاسل الزمنية أي عزل المؤثرات الاتجاهية، الموسمية ، الدورية و العشوائية ، وذلك بغرض معرفة تأثير كل منها على أسعار البترول مع فرضية أن هذه العوامل التي تؤثر على أسعار البترول في الماضي و الحاضر سوف يستمر تأثيرها في المستقبل بنفس النمط و الأسلوب تقريبا.

وتعتبر الجزائر من بين الدول التي يعتمد اقتصادها اعتماد كبير على البترول حيث يشكل البترول حوالي 98% من الصادرات لهذا فإن أي انخفاض في أسعار هذه السلعة تنجر عنه عواقب قد تكون وخيمة ، ذلك لأن رسم السياسة الاقتصادية في الجزائر يعتمد على الأسعار المرجعية للبترول وهذا ما يؤكد أهمية التنبؤ بأسعار هذه السلعة الإستراتيجية.

في هذه الدراسة الميدانية سنقوم بنمذجة أسعار البترول باستخدام نماذج ARIMA(1976) وأيضا نماذج ARCH(1982) ونماذج GARCH(1988) وتطبيق طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية ANN وتطبيق طرائق الانحدار المبهم FR منها طريقة FRGP وطريقة HBS1 وطريقة TANAKA وطريقة OZEL وطريقة PETERS للتنبؤ بأسعار البترول خلال الـ12 شهر القادمة ابتداء من جانفي إلى غاية ديسمبر 2012.

## 6-1 لمحة تاريخية حول تطور أسعار البترول:

يتميز تاريخ أسعار البترول بظاهرة الاستغلال الذي مارسته الشركات البترولية للدول المنتجة. وقد أدى هذا الاستغلال إلى خلق تطورات مهمة على الصعيد البترولي تجلت في تكتل الدول المنتجة للدفاع عن حقوقها كمرحلة أولي، ثم الانتقال إلى تحقيق المكاسب في مرحلة ثانية. ولم تخل هذه التطورات من محاولات الشركات المستمرة ومناوراتها لطمس الحقائق وإظهار نفسها بمظهر المظلوم للحفاظ قدر الإمكان على وضعها الاستغلالي ولعدم دفع الدول المنتجة إلى مزيد من الوعي والمطالبة بحقوق مشروعة لها.

يمكن اعتبار عام 1970 نقطة تحول في مسار تطور أسعار البترول حيث تعتبر المرحلة الأولى ممتدة من تاريخ اكتشاف البترول إلى عام 1970 والمرحلة الثانية تبتدئ بعد هذا العام صعودا.

وقد اتصفت المرحلة الأولى بهيمنة الاحتكارات العالمية وباستقرار الأسعار حيث لا يتعدى التغير فيها بعض السنتات للبرميل الواحد صعودا أو هبوطا. بينما تميزت المرحلة الثانية بسيطرة الدول المنتجة وما رافق تلك المرحلة من صراع شديد حول الأسعار نجم عنه زيادات متتالية حتى بلغ عدة أضعاف ما كان عليه سابقا.

### 6-1-1 تطور أسعار النفط للفترة ما قبل عام 1970:

لقد سيطر على الصناعة البترولية منذ اكتشاف البترول الخام عدد قليل من الشركات لذلك اتصفت سوق البترول باحتكار القلة حيث أخذ الكارتل البترولي على عاتقه مهمة تقسيم الأسواق والأسعار وكانت تأتي دائما على حساب مصالح الدول المنتجة وتخلل هذه الحقبة التاريخية الطويلة أربع مراحل متعاقبة وهي[1]:

[1] د عبد العزيز مؤمنه " البترول.. والمستقبل العربي " طبع على مطابع: اكسبرس انتر ناشيونال برنتنغ كومباني بيروت لبنان الطبعة الاولى يناير 1986 ص 100.

**1- اعتبار خليج المكسيك أساسا للسعر:**

كانت نقطة الأساس في هذا النظام هي الأسعار المعلنة لبترول الحقول العربية من خليج المكسيك. ويتقرر بموجب هذا النظام أن يكون سعر البترول المصدر من أي ميناء في العالم مساويا لسعر خليج المكسيك. مضافا إليه تكاليف النقل والشحن من الخليج إلى ميناء التفريغ وليس من ميناء الشحن إلى ميناء التفريغ.

**2- اعتبار الخليج العربي نقطة أساس في التسعيرة:**

نظرا لتنامي احتياطات الشرق الأوسط وازدياد حاجة الدول الصناعية للبترول جعل مركز الثقل في التصدير ينتقل من خليج المكسيك إلى منطقة الشرق الأوسط.

ففي أوائل الخمسينات كان معظم البترول المستخرج من الشرق الأوسط ينقل إلى مراحل الإنتاج المتقدمة في الشركات الكبيرة المتكاملة وما كانت تمر منه سوى مقادير ضئيلة إلى السوق المفتوحة وتباع إلى أطراف خارجية عبر الشركات المنتجة لذلك أمكن التوصل إلى نظام جديد لتسعير البترول وذلك باعتبار الخليج العربي نقطة أساس ثابتة. وأصبح سعر البترول المصدر من موانئها مساويا للسعر المعلن لبترول خليج المكسيك مضافا إليه التكلفة الفعلية للشحن. وبالتالي اتسعت المنطقة التي تصدر إليها بترول الخليج العربي من رأس تنورة في السعودية بسعر 1,75 دولار.

**3- اتفاقية مناصفة الأرباح:**

اعتمدت هذه الاتفاقيات بعد عام 1950 حيث احتسبت عوائد هذه الدول على أساس اقتسام ما يتحقق من أرباح عمليات الإنتاج بصورة متساوية مع الشركات المنتجة في ضوء الأسعار المعلنة مما أثر كثيرا على عوائد الدول البترولية حيث انخفض سعر البرميل من 2,06 في عام 1956 إلى 1,90 دولار في عام 1959.

وفي عام 1959 فرضت الولايات المتحدة نظام الحصص على الواردات لتشجيع الإنتاج المحلي بحيث أدى ذلك إلى عزل السوق الأمريكي عن بترول الشرق الأوسط مما زاد من حدة مشكلة فائض العرض. واستمر انخفاض السعر حتى بلغ 1,80 دولار للبرميل في عام 1960. ودفع ذلك حكومات الدول المنتجة لتشكيل منظمة البلدان المصدرة للبترول أوبيك.

**4- انخفاض الأسعار ونشأة الاوبيك:**

على أثر التخفيضات المتتالية في أسعار البترول الخام والتأثير الكبير في عوائد هذه الدول عقدت بعض الدول المنتجة اجتماعها في بغداد في سبتمبر من عام 1960 وأعلنت قيام المنظمة التي كان أعضاؤها المؤسسين كل من العراق وإيران والسعودية والكويت وفنزويلا. وترك الباب مفتوحا للعضوية الجديدة وقد نجحت المنظمة في وقف تداعي الأسعار خلال الستينات إلى أن تمكنت من رفع أسعار البترول الخام في عام 1970.

**6-1-2 تطور أسعار البترول للفترة ما بعد عام 1970:**

لقد تميزت هذه المرحلة بسيطرة دول الاوبيك، وبذلك تحولت السوق البترولية من سوق مشترين إلى سوق الباعة. واعتمدت دول الاوبيك قرارات مؤتمر "كركاس" في فنزويلا عام 1970 لتكون دليل عملها للمرحلة المقبلة. وقد جاء في بنوده ما يلي[1]:

1- توحيد الأسعار المعلنة على أساس سعر بترول الدول التي تتمتع بوضع تفضيلي.
2- تحديد أسس جديدة لحساب الاختلافات في نوعية البترول وموقعه على أسعار السوق. أي الأخذ بعين الاعتبار آثار كل من كثافة الخام ودرجة نقاوته والموقع الجغرافي عند حساب فروقات الأسعار المعلنة.
3- رفع الأسعار المعلنة للبترول الخام بطريقة تتناسب مع التطور العام لأسعار السلع والخدمات في السوق العالمية.
4- إلغاء كافة الخصومات على أسعار تصدير الخام وذلك اعتبارا من أول يناير 1974.
5- وجوب زيادة الأسعار المعلنة للبترول الخام لتعويض النقص في القوة الشرائية للنقود.
6- ضرورة معاملة أسعار خام البحر الأبيض المتوسط، معاملة خاصة بحيث تراعي الارتفاع في أجور الشحن.

[1] د عبد العزيز مؤمنه " مرجع سبق ذكره " 1986 ص 107.

إن من أبرز التطورات في عام 1970 هو تمكن ليبيا من تحقيق وزيادة في الأسعار المعلنة لبترولها بمقدار 30 سنتا للبرميل وزيادة معدلات الضريبة على الشركات إلى 55% بدلا من 50% من الأرباح. وقد أدى هذا النجاح إلى تحفز كل من العراق والكويت وإيران والسعودية إلى رفع أسعار البترول بمقدار 20 سنتا للبرميل مع رفع نسبة الضريبة إلى 55%. وقد تضافرت عوامل متعددة ساعدت على تطور الأسعار المعلنة في عام 1970 وهي:

1- انخفاض معدل نمو الاحتياطي العالمي بالمقارنة مع نمو الاستهلاك علاوة على نضوب بعض الاحتياطات العالمية كما هو في حقول أمريكا وفنزويلا.
2- الزيادات غير المتوقعة في الاستهلاك العالمي حيث زاد بنسبة 8,5% بالقياس إلى عام 1969.
3- تخفيض يقف الإنتاج الليبي بدافع الحرص والمحافظة على الثروة الناضبة.

أما في عام 1971 فقد تدهورت أسواق النقد العالمية بسبب إيقاف تحويل الدولار إلى ذهب وتقويم العملات الرئيسية الأخرى، مما أدى إلى تخفيض أسعار البترول وبالتالي ازدياد مكاسب الشركات على حساب الدول المنتجة.

لقد ارتفعت حصة الشركات في السعر المحقق 17% في عام 1971 ثم ازدادت إلى 39% في عام 1973. وبذلك تكون قد انخفضت حصة الأول المنتجة من 77% إلى 63% لنفس الفترة.

ومن الجدير بالذكر أن السعر المعلن للبترول العربي الخفيف قد ارتفع في تلك الفترة من 3,011 دولار للبرميل إلى 5,119 دولار للبرميل عام 1973. غير أن المشكلة كانت تتمثل في وجود سعرين وهما: المعلن والمتحقق فعلا. فخلال الأشهر الثلاثة التي أعقبت حرب أكتوبر عام 1973 تصاعدت الأسعار المتحققة للنفط بشكل سريع جدا بحيث وصلت إلى 20 دولارا للبرميل، مما دفعه بلدان الاوبيك من رفع السعر المعلن لبترول الإشارة من 5,119 دولار إلى 11,651 دولار للبرميل اعتبارا من 1974/1/1.

ومنذ أن أخذت الاوبيك زمام المبادرة في تحديد أسعار البترول دون الرجوع إلى الشركات كانت تحاول الوصول دائما إلى سعر عادل لبترول الإشارة وهو البترول السعودي الخفيف لذلك اتخذت قرارا في 1974.12.13 يجعل معدل عائدات معدل عائدات

الحكومة بالنسبة لبترول الإشارة العربي الخفيف 12 و 10 دولارات للبرميل وقد كان الهدف من ذلك توحيد سعر البترول وإلغاء السعر المعلن.

وقد حاولت الاوبيك تجميد الأسعار إلى عام 1978 رغم القلق الذي كان ينتابها من جراء تسارع معدلات التضخم وانخفاض سعر الدولار. لذلك تقرر في مؤتمر أبو ظبي عام 1978 رفع سعر البترول بنسبة 14,5% واشترطت الأوبك أن تعمل الدول الصناعية من جهتها على تثبيت أسعار السلع الصناعية لكي لا تمتص الزيادات في أسعار البترول، وفي منتصف عام 1979 جرى الاتفاق على رفع سعر بترول الإشارة إلى 18 دولار مع السماح للدول الأعضاء إضافة علاوة السوق قدرها دولاران.

وفي عام 1980 قدرت الاوبيك رفع مستوى بترول الإشارة إلى 30,5 دولارا للبرميل وعلى أن لا تزيد فوارق النوعية والموقع الجغرافي على 5 دولارات للبرميل.

أما في عام 1981 فقد قرر مؤتمر الاوبيك في جنيف من توحيد السعرين وتحديد سعر بترول الإشارة بمقدار 34 دولارا للبرميل. ولكن عوامل الركود الاقتصادي والنقص الحاصل في الطلب العالمي وتزايد السحب من الاحتياطي الاستراتيجي أدى إلى حصول فائض في السوق العالمي، سبب هبوطا حادا في الأسعار، لذلك عمدت الاوبيك في عام 1982 بتحديد سقف الإنتاج بمقدار 18 مليون برميل / يوميا لمنع تدهور الأسعار.

وفي عام 1983 وبسبب تزايد الإنتاج من خارج الاوبيك مثل بريطانيا والمكسيك دفع الاوبيك في اجتماع لندن في مارس 1983 إلى تخفيض سعر بترولها ليبلغ 28,1 دولار للبرميل وتحديد سقف إنتاجها إلى 17,5 مليون برميل / يوميا.

وفي عام 1984 أخذت أسعار البترول بالهبوط نظرا لعدم التزام الدول الأعضاء بحصصهم الإنتاجية لذلك قررت الاوبيك الهبوط بسقف إنتاجها من 17,5 إلى 16 مليون برميل يوميا للمحافظة على تماسك الأسعار، غير أن هذه الأسباب مجتمعة قادت إلى هبوط مستمر في الأسعار فقد وصل سعر البرميل من البترول الخام 26,5 في عام 1985 وبلغ أدنى مستوى له في عام 1986 حيث بلغ 13,5 دولارا للبرميل بسبب فائض العرض المتواصل في السوق البترولية العالمية. وقد جرى تحسنا نسبيا في عام 1987 حيث عاد سعره ليرتفع مرة أخرى إلى 17 دولارا للبرميل، إلا أن التنافس الشديد بين المنتجين أدى إلى تذبذب ملحوظ في الأسعار لعام 1988 بحيث تراوحت تقلبات الأسعار الفورية ما بين

10- 15 دولارا للبرميل وهي معدلات تقل كثيرا عن السعر الرسمي الذي تحاول الاوبيك الدفاع عنه والبالغ 18 دولارا للبرميل.

وفي عام 1989 شهدت السوق العالمية تحسنا ملحوظا حيث ارتفع السعر إلى 17,3 دولارا للبرميل على أثر توصل الاوليك وفق اتفاقية نوفمبر عام 1988 إلى تركيز جهودها وتوحيد سياساتها بشأن الإنتاج والاستشعار في محاولة لنشوء نوع من الاستثمار في السوق البترولية العالمية، غير أن الأحداث الهامة التي شهدتها السوق البترولية عام 1990 قد أثرت بشكل مباشر على الأسعار فقد تجاوزت أسعار البترول حاجز 40 دولار للبرميل في شهر أكتوبر. وعلى صعيد سلم خامات الاوبيك فقد وصل أعلى مستوى له 34,6 دولار في نفس الشهر إلا أن زيادة الإنتاج من داخل وخارج الاوبيك لتعويض النقص في إمدادات كل من العراق والكويت قادت إلى تدهور الأسعار مرة أخرى بحيث وصل إلى 22,17 دولارا للبرميل.

**6-2 آثار التغيرات في أسعار البترول على الاقتصاد العالمي:**

لقد شهد العالم تذبذبا واسعا في أسعار البترول خلال العقدين الأخيرين. فقد شهدت أعوام السبعينات وأوائل الثمانينات ارتفاعا متواصلا في الأسعار حتى بلغ قيمه في عام 1981 عندما وصل إلى 34 دولارا للبرميل. وأعقبت ذلك فترة من الانخفاض التدريجي حتى بلغ 22 دولارا للبرميل في عام 1990.

إن عدم استقرار الأسعار وثباتها لا بد أن يلقي بآثار متنوعة على الاقتصاد العالمي، ولدراسة هذا الموضوع يمكن تناول الآثار عبر اتجاهين أي في حالة ارتفاع الأسعار وفي حالة انخفاضها.

**6-2-1 الآثار المترتبة على الاقتصاد العالمي في حالة ارتفاع الأسعار[1]:**

إن هذه الآثار يمكن أن تلعب دورا مزدوجا، فهي من جهة تلعب دورا ايجابيا في مصلحة الدول المصدرة للبترول ومن جهة أخرى تؤثر تأثير سلبيا على اقتصاديات الدول الصناعية والدول النامية المستوردة للنفط.

إن الآثار السلبية من جراء ارتفاع الأسعار التي يتحمل عبؤها اقتصاديات معظم الدول الصناعية تظهر من خلال العجز في موازين مدفوعات هذه الدول وفي ازدياد تكاليف البحث عن الطاقة البديلة. إلا أن طبيعة الأسواق التي تعمل بها الشركات الكبرى وهي أسواق احتكار القلة يسمح للدول الصناعية بتحميل باقي دول العالم بجزء من تلك التكاليف من خلال زيادة أسعار منتجاتها النهائية وبذلك ينخفض العبء الحقيقي الذي يضعه عليها البترول ومن ناحية أخرى فإن دول العالم الثالث وبصفة عامة ليس القدرة الكافية لتغيير شروط تبادلها التجاري كما أنها لا تملك في الغالب سوى مقادير صغيرة جدا من الاحتياطيات النقدية الدولية. وبالتالي فإنها تتحمل قسطا وافرا من الآثار كما يبدو ذلك من تفاقم العجز في موازين مدفوعات هذه الدول. فقد تضاعف العجز أربع مرات عام 1974 بالقياس إلى العام الذي سبقه وارتفع إلى الضعفين في عام 1979 بالقياس إلى عام 1978. وبناء على ذلك ازدادت المديونية الخارجية لدول هذه المجموعة من 86 مليار عام 1971 إلى 524 مليار عام 1981 وإلى 1184 مليار في عام 1990.

أما الآثار الايجابية التي حصلت عليها الدول المصدرة للبترول فتتمثل بتنامي العوائد البترولية وانعكاس ذلك على تطور مستوى معيشة الفرد في هذه المجموعة. فقد بلغت تخصيصات الإنفاق الاستهلاكي عام 1979 حوالي 90 مليار أي ما يشكل 43% من حجم ناتجها القومي.

[1] د سالم عبد الحسن رس " إقتصاديات النفط " الجامعة المفتوحة طرابلس، الطبعة الاولى 1999 ص 205.

### 6-2-2 الآثار المترتبة على الاقتصاد العالمي في حالة انخفاض الأسعار[1]:

ويبدو أن هذه الآثار إيجابية لصالح الدول الصناعية، ويدل على ذلك انخفاض قيمة الواردات بأكثر من 40 مليارا في عام 1983 بالنسبة لمنظمة انخفاض قيمة الواردات بأكثر من 40 مليارا في عام 1983 بالنسبة لمنظمة التعاون والإنماء الاقتصادي، مما أدى إلى تحسن ميزان المدفوعات لديها بحيث ارتفع معدل الناتج القومي الإجمالي من 1 إلى 2% وانخفض معدل التضخم بنسبة 1% لعام 1983.

أما بالنسبة للدول النامية المستوردة للبترول فإن انخفاض الأسعار يعود بالمنافع الكثيرة على اقتصادياتها من خلال انخفاض قيمة وارداتها من البترول.

فحسب تقديرات بنك "مور كان" فإن قيمة الواردات البترولية لاثنتي عشرة دولة 1982 ومن المقدر أن تكون قد انخفضت في عام 1983 بنحو 5 مليارات. كما أدى بالوقت نفسه إلى انخفاض أعباء خدمة الديون الخارجية وتحسن شروط تبادلها التجاري مع الدول الصناعية.

أما الآثار السلبية التي تعرضت لها اقتصاديات الدول المصدرة للبترول من جراء انخفاض الأسعار فتمثل في انخفاض حجم العوائد الذي انعكس على الإنفاق العام لديها. كما قامت بعض الدول خاصة الخليجية منها بالسحب من الأموال المودعة لتغطية جزء من إنفاقها الجاري. كما أنعكس ذلك على حجم المعونات الخارجية التي كانت تقدمها دول هذه المجموعة.

### 6-2-3 العرب وتقلبات أسعار البترول[2]:

تلقت دول الأوبك عائدات أكبر مما تحصل عليه في الوقت الحاضر عن ارتفاع أسعار البترول وتجاوزها عتبة الـ 50 دولار للبرميل الواحد، فقد تلقت دول أوبك عائدات أكبر عام 1979، ومنذ عام 1973 وحتى أزمة انخفاض أسعار البترول عام 1986 وصلت دول أوبك عائدات ضخمة لم تستعملها في تنويع اقتصادياتها. وحتى الآن معظم الدول العربية المصدرة لبترول تعتمد على دخلها من البترول. ولو نظرنا إلى الموازنات العامة لهذه الدول لنجد أن 70 – 80 بالمائة هي إيرادات بترولية. وهذا عكس ما نشاهده في

[1] د سالم عبد الحسن رس " مرجع سبق ذكره " 1999 ص 206.
[2] ضياء مجيد الموسوي " ثورة أسعار النفط 2004 " ديوان المطبوعات الجامعية 02- 2005 ص 87

معظم دول العالم التي تقوم في الأساس موازنات الدول فيها على جبي الضرائب من منشآت اقتصادية منتجة.

المطلوب من الدول العربية للبترول أن تستقرأ الدرس من تجارب الماضي وتقرأ المستقبل لمعرفة ما سيجلبه من احتمالات، يعني أن لا تقع في الفخ الذي وقعت فيه خلال الفورة البترولية في السبعينات، وعدم توظيف الفائض في مواجهة ما قد يحدث من تقلبات في السوق البترولية. الآن إذا لم تستخدم الدول العربية المنتجة والمصدرة للبترول العوائد البترولية المرتفعة في زيادة طاقتها الإنتاجية وتنويع اقتصادياتها فإنها ستذهب هدرا في استيراد السيارات والأشياء غير الضرورية من الولايات المتحدة والدول الأوربية واليابان. فبينما بلغت نسبة القطاع الخارجي (المستوردات والصادرات إلى الناتج القومي الإجمالي) 60 بالمائة سنة 1970 للبلدان العربية الإحدى والعشرين، ارتفعت إلى 94 بالمائة سنة 1979 من خلال تضخم المستودعات من السلع الاستهلاكية والتكنولوجيا والأسلحة، فزادت تبعية الدول العربية للدول العربية.

مشكلة أسعار البترول أنها متذبذبة، ففي عام 1998 انخفضت إلى أقل من 10 دولار للبرميل الواحد، وفي هذا العام 2004 تجاوزت عتبة الـ 50 دولار. فالضرورة تقتضي عدم المراهنة على استمرار ارتفاع أسعار البترول لفترة طويلة قادمة، والعمل على استخدام أمثل للعوائد البترولية المرتفعة هذا العام.

يعلمنا التاريخ أن ارتفاع البترول يعقبها هبوط في أسعار البترول. عقب التعديلات السعرية لسنة 74/73 رأت الدول الصناعية العمل بسرعة على إبطال مفعول قوة أوبك الجديدة وتقليصها، فعملت على إيجاد البدائل والانتقال على مورد الطاقة الأخرى بشكل نسبي، فتم التحول إلى استخدام التكنولوجيا الحريصة على الموارد الطبيعة التي تتيح تقليل الحاجة إلى البترول. ففي الولايات المتحدة الأمريكية أخذ الاقتصاد يسير باستخدام القليل من البترول والتعويض عنه بالبدائل، كما تم استخدام السيارات المقتصدة صناعة الطاقة في حالة من المنافسة، فتنوعت مصادر الطاقة، فعمدت الصناعة إلى استخدام الوقود من الغاز الطبيعي واليورانيوم. وعلى سبيل المثال فإن كميات الكهرباء المتولدة عن استخدام البترول قد انخفضت من 16.8 بالمائة عام 1977 إلى 4.9 بالمائة عام 1984. وأصبح

بإمكان الكثيرين من المستخدمين الكبار للطاقة أن يتحولوا إلى استخدام البدائل من الوقود المنافسة[1].

وارتفعت الأسعار مرة أخرى وواكب هذا الارتفاع نشوب الثورة في ايران واندلاع الحرب العراقية في سبتمبر 1980. وقد ساهمت هذه العوامل مجتمعة على اتساع الفزع في السوق والاتجاه إلى التخزين الواسع للبترول، ثم انخفاض الأسعار عام 1986 بسبب حرب الأسعار بين أعضاء دول أوبك، وانخفضت أسعار البترول إلى اقل من 13 دولار للبرميل الواحد. وحاليا يواجه العالم ارتفاع في أسعار البترول. وبالمقابل، إضافة إلى البدائل المستخدمة حاليا كالهيدروجين والطاقة الذرية والطاقة النووية، هناك أبحاث تجري الآن، مثلا على السيارات الهجينة التي تستعمل مزيج من الهيدروجين والبنزين، ويمكن أن يدفعوا بهذه الأبحاث نحو الأمام، إذ تنفق حكومات الدول الصناعية مليارات الدولارات على بحوث الطاقة البديلة، وكذلك شركات إنتاج السيارات في اليابان. ومن الملاحظ أن قطاع المواصلات يكاد يكون آخر قطاع لا يزال يعتمد كليا على استخدام البترول. الآن بالكاد يستخدم البترول في توليد الطاقة الكهربائية، فإذا استطاع علم بدائل البترول اختراق قطاع المواصلات، فستحل السيارة البديلة محل السيارة الحالية المسيرة بالبنزين، وسيقل استهلاك النفط ويتبعها دورة جديدة من هبوط أسعار البترول.

### 6-3 العوامل المؤثرة على الأسعار:

يمكن إجمال هذه العوامل فيما يلي[2]:

**أولا: الاضطرابات السياسية:** وهنا علينا أن نتذكر دائما أن ما يحدث في أي بلد، لا يمكن تعويضه من بلد آخر. وهناك نقطة جوهرية، وتتمثل بنوعية البترول. إذ ليس بالضرورة أن يكون ما ينتج في بلد معين يمكن تعويضه بالنوعية ذاتها من بلد آخر، علما أن مصافي البترول ليست قادرة على استيعاب كل أصناف البترول، بل إن كل مصفاة مصممة حسب نوعيات معينة للبترول، ضمن مواصفات ومعدلات معينة.

وبالنسبة للعراق، كان له دور سلبي في ما يتعلق بالخطط الموضوعة استنادا إلى أنه بلد غني بالبترول، وبالتالي سيكون قادرا على توفير الإيرادات البترولية لسد كلف

[1] د ضياء مجيد الموسوي " مرجع سبق ذكره " 2005 ص 89

[2] د عصام الجلبي " مستقبل الاقتصاد العربي بين النفط والاستثمار " التوزيع في الاردن دار الفارس للنشر والتوزيع الطبعة الاولى 2008، ص 59

كالحرب، ولأعماره، وزيادة طاقته الإنتاجية إلى 6 ملايين برميل يوميا، بحدود العام 2006 أو 2007. لكن هذه الطاقة سوف لن تكون متاحة قبل العام 2015 بأحسن الأحوال. ولن يصل العراق إلى ما كان عليه قبل الحرب الأخيرة، قبل سنة 2008، وربما أكثر من ذلك.

وثمة مشاكل سياسية تحدث أيضا في دول أخرى، مثل فنزويلا، التي يرأسها شافيز ذو العلاقة السيئة مع الولايات المتحدة الأمريكية، وتهديداته المتكررة من حين إلى آخر، وهي أحداث لها دور كبير في الاضطرابات البترولية، لاسيما إذا علمنا أن لفنزويلا ثماني مصافي كبيرة في الولايات المتحدة الأمريكية، التي تستورد نحو 60% من استهلاكها البترولي، علما أن الدول الخمس الرئيسية التي تعتمد عليها أمريكا وارداتها البترولية هي المكسيك وفنزويلا ونيجيريا وكندا والسعودية. ومن ثم فإن أي اضطراب في الدول المنتجة سيؤثر عليها بالتأكيد، تماما كما حدث إبان الحرب العراقية – الإيرانية، حيث توقف الإنتاج البترولي في العراق تقريبا، في حين هبط الإنتاج الإيراني إلى النصف، حيث ارتفعت أسعار البترول، ثم عاودت الهبوط ليصل سعر البرميل إلى نحو 7 أو 8 دولارات. وكذلك إبان الاحتلال العراقي للكويت، حيث ارتفع سعر البترول لمدة ثلاثة أو أربعة شهور، فوصل إلى أربعين دولارا، ثم عاود الهبوط، وذلك لأنه كانت هناك احتياطات طاقوية من دول أخرى داخل الأوبك وخارجها.

أما النقطة الرئيسية التي لعبت دورا هاما في زيادة الأسعار، فتدور حول أن أمريكا تمثل المستهلك الرئيسي للبترول، وبالتالي فإن ما يحدث في أمريكا سيكون له التأثير الأول، والكبير جدا، علما أنه لم يتم بناء أي مصفاة بترولية جديدة في الولايات المتحدة منذ ثلاثين سنة. وهذا أمر مثير للاستغراب حقا، إذا لا يعقل أن لا يبني بلد كبير مثل الولايات المتحدة أي مصفاة طوال هذه المدة.

الواقع أن الأسباب الرئيسية كانت تعزى إلى أن الولايات المتحكمة في منح إجازات بناء المصافي أصبح لديها شروطها الصارمة في ما يتعلق بسلامة البيئة. أما السبب الكامن وراء ذلك فيعزى، على الأرجح، إلى رغبة الولايات المتحدة في توفير بترولها الخام.

على صعيد آخر، وضعت بعض الولايات الأمريكية الرئيسية المستهلك للمشتقات النفطية، مثل كاليفورنيا، مواصفات من الصعب تلبيتها في ما يتعلق بالبنزين الذي يتم استعماله، إضافة إلى بقية المشتقات. وعليه فإن أي نقص في الإمدادات نتيجة تلك المواصفات، سيؤدي حتما إلى ارتفاع الأسعار. ولهذا نجد أن سعر البرميل في كاليفورنيا يصل إلى أكثر من 3 دولارات للجالون الواحد، ولكنه لا يزال أقل كثيرا من الأسعار المعتمدة في أوروبا.

**ثانيا: العوامل الجوية:** وتتمثل بالأعاصير والزلازل، وغير ذلك، فمثلا ارتفعت أسعار البترول إلى أكثر من 70 دولارا للبرميل في أمريكا توقعا لتبعات إعصار (كاترينا)، كما حدثت أضرار تسببت في توقف جزء كبير من إنتاج البترول الأمريكي في خليج المكسيك، إضافة إلى تدمير العديد من منشآت الإنتاج وأبراج الحفر في تلك المنطقة، وقد ضاعف من آثار الأزمة أنه لم تكن هناك طاقات بديلة، سواء من البترول الخام، أو من مصافي البترول. علما أن عدد الأعاصير التي ضربت الولايات المتحدة عام 2005 بلغ رقما قياسيا في تاريخها، وفي شدتها.

كما يحدث بين الحين والآخر، أن تكون بعض مواسم الشتاء قارسة البرودة، حيث يتحول الاستهلاك الرئيسي من البنزين إلى السولار، وخاصة في منطقة شمال شرق الولايات المتحدة، مثل نيويورك، وفيلادلفيا وواشنطن، وهو الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع الأسعار غالبا.

**ثالثا: المضاربات في الأسواق البترولية:** وهي ظاهرات بدأت تبرز في السنوات العشرين الأخيرة. وأعتقد أنها ظاهرة تنسحب على جميع أسواق البورصات العالمية. فالمتعاملون في هذه الأسواق لا يكترثون بالسعر الحقيقي، بل بالصعود والهبوط للبترول، وذلك حتى يستطيعوا مواصلة عمليات البيع والشراء.

ويذكر أنه حتى عقد السبعينات من القرن الماضي، لم يكن هناك متعاملون حقيقيون في الأسواق البترولية، بل مجرد جيوب للتعاملات في بورصة نيويورك، ثم امتدت في الثمانينات إلى هولندا إضافة إلى دول قليلة أخرى، غير أن الظاهرة امتدت لاحقا بأحجام كبيرة، وتم استنباط أفكار جديدة، مثل التعامل بالبراميل الورقية، والشحنات المستقبلية .. إلخ .. كل ذلك من أجل المضاربة وهي أمور تؤثر على أسعار البترول.

ويعد بترول " برنت " عاملا رئيسيا في تسعير كثير من النفوط الأخرى، على الرغم من أنه لا يزيد على 20 شحنة سنوية، وربما أقل من ذلك. وفي منطقة الخليج العربي تعتمد نفوط دبي وعمان مؤشرا لتسعير النفوط المتجهة شرقا إلى اليابان والصين وغيرهما. علما أن بترول دبي لا يتجاوز إنتاجه 200 ألف برميل يوميا حاليا.

**رابعا:** تحدث أحيانا بعض التوقفات في التصدير أو الإنتاج لأسباب شتى كأعمال التخريب، والحرائق في منشآت الإنتاج أو التصدير، وكذلك الإضرابات العمالية في بعض المناطق، مثل نيجيريا والبرازيل .. وهي عوامل تؤثر جميعها على الأسعار.

**خامسا:** من العوامل الرئيسية المؤثرة على أسعار البترول أيضا، المخزون البترولي الأمريكي، وذلك بحكم ثقل أمريكا، حيث يتم أسبوعيا إصدار تقريرين من جهتين رئيسيتين في الولايات المتحدة، هما المعهد الأمريكي للبترول ووزارة الطاقة الأمريكية، لتحديد مخزون النفط الخام، والمشتقات البترولية. وبالتالي فإن أسعار البترول تتبدل تبعا للأرقام التي ترد في التقريرين. وهكذا يتوالي الصعود والهبوط أسبوعيا في أسعار البترول، وليس بشكل سنوي كما كان يتم سابقا.

**سادسا:** كلف النقل.

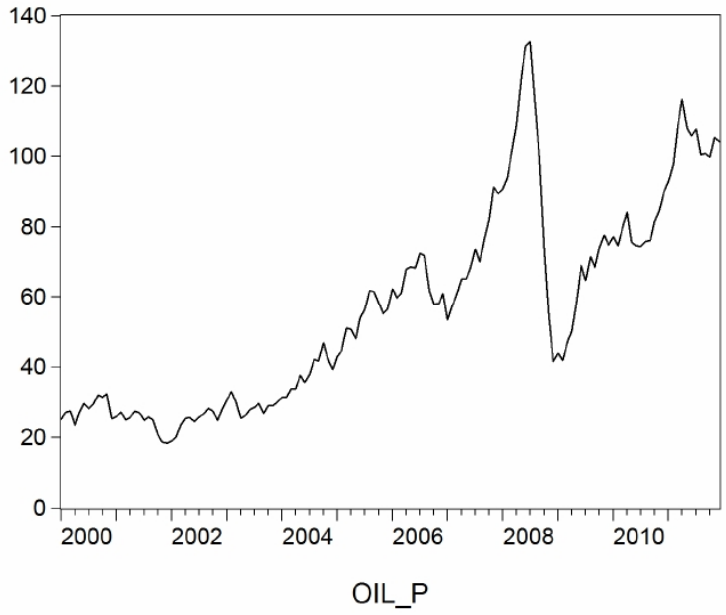
**سابعا:** نلاحظ هنا أن من مصلحة شركات البترول، أن ترتفع أسعار البترول. وقد ثبت أن جميع شركات البترول العالمية حققت خلال العام 2005 أرباحا خيالية غير مسبوقة في تاريخها، وهذا الأمر ينعكس على دول تلك الشركات، لكونها تدفع ضرائب على جزء كبير من أرباحها. وبالتالي فإن من مصلحة تلك الشركات أن ترتفع أسعار البترول، لاسيما كلما حان الوقت لتسعير وتثمين مخزوناتها.

## 6-4 استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بأسعار البترول:

### 6-4-1 التمثيل البياني لأسعار البترول:

السلسلة المبينة أدناه تعبر عن سلسلة أسعار البترول خلال الفترة الممتدة من 2000/01/01 إلى غاية 2011/12/31[1]، أنظر الملحق (6-1).

شكل (6-1): رسم بياني لسلسلة أسعار البترول




### 6-4-2 اختبار الإستقرارية KPSS:

من أجل القيام باختبار KPSS لابد من تحديد أولا معامل التأخير الذي يقوم بتدنية معيار AKAIKE، وبعد التجربة والخطأ اتضح أنه 5 والجدول (6-1) يوضح نتائج الاختبار:

[1] http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=crude-oil

جدول (6-1) : نتائج اختبار KPSS للإستقرارية

KPSS Unit Root Test on OIL_P

| | | |
|---|---|---|
| Null Hypothesis: OIL_P is stationary<br>Exogenous: Constant<br>Bandwidth: 4 (Fixed using Bartlett kernel) | | |
| | | LM-Stat. |
| Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic | | 2.363048 |
| Asymptotic critical values*: | 1% level | 0.739000 |
| | 5% level | 0.463000 |
| | 10% level | 0.347000 |
| *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1) | | |
| Residual variance (no correction) | | 823.4126 |
| HAC corrected variance (Bartlett kernel) | | 3847.703 |

KPSS Test Equation
Dependent Variable: OIL_P
Method: Least Squares
Date: 05/28/13 Time: 14:34
Sample: 2000M01 2011M12
Included observations: 144

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| C | 56.23090 | 2.399610 | 23.43335 | 0.0000 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.000000 | Mean dependent var | 56.23090 |
| Adjusted R-squared | 0.000000 | S.D. dependent var | 28.79532 |
| S.E. of regression | 28.79532 | Akaike info criterion | 9.565223 |
| Sum squared resid | 118571.4 | Schwarz criterion | 9.585847 |
| Log likelihood | -687.6961 | Hannan-Quinn criter. | 9.573604 |
| Durbin-Watson stat | 0.035153 | | |

نلاحظ من خلال الشكل أعلاه أن احتمال إحصاءة $LM_{cal} > LM_{tab}$ وهذا يدل على أن سلسلة أسعار البترول غير مستقرة وهذا عند جميع مستوى المعنويات وعليه فإن سلسلة أسعار البترول هي سلسلة غير مستقرة من النوع DS دون انحراف، وإرجاع إستقراريتها يكون باستخدام طريقة الفروق.

### 6-4-3 إرجاع الإستقرارية لسلسلة أسعار البترول:

نلاحظ من خلال الشكل (6-1) أن سلسلة أسعار البترول بها اتجاه غير خطي وبالتالي لا يمكن معرفة الدالة التي ترافق هذا الشكل، وبالتالي فإن أحسن طريقة لإرجاعها مستقرة هي طريقة الفروق.

### 6-4-4 إختبارالإستقرارية KPSS لسلسلة الفروق:

جدول (6-2): نتائج إختبار KPSS للإستقرارية سلسلة الفروق

KPSS Unit Root Test on D(OIL_P)

Null Hypothesis: D(OIL_P) is stationary
Exogenous: Constant
Bandwidth: 4 (Fixed using Bartlett kernel)

| | | LM-Stat. |
|---|---|---|
| Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic | | 0.034323 |
| Asymptotic critical values*: | 1% level | 0.739000 |
| | 5% level | 0.463000 |
| | 10% level | 0.347000 |

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

| | |
|---|---|
| Residual variance (no correction) | 28.84222 |
| HAC corrected variance (Bartlett kernel) | 59.92021 |

KPSS Test Equation
Dependent Variable: D(OIL_P)
Method: Least Squares
Date: 05/28/13 Time: 14:32
Sample (adjusted): 2000M02 2011M12
Included observations: 143 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| C | 0.552797 | 0.450682 | 1.226579 | 0.2220 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.000000 | Mean dependent var | 0.552797 |
| Adjusted R-squared | 0.000000 | S.D. dependent var | 5.389373 |
| S.E. of regression | 5.389373 | Akaike info criterion | 6.213704 |
| Sum squared resid | 4124.438 | Schwarz criterion | 6.234423 |
| Log likelihood | -443.2798 | Hannan-Quinn criter. | 6.222123 |
| Durbin-Watson stat | 1.133512 | | |

نلاحظ من خلال الجدول أعلاه أن احتمال إحصاءة $LM_{cal}$ أصغر من $LM_{tab}$ الجدولية وهذا يدل على أن سلسلة الفروق الأولى لأسعار البترول مستقرة.

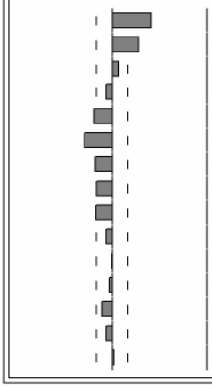
### 6-4-5 تحديد الدرجات p,q للنموذج ARMA (p , q):

للتعرف على درجة النموذج، سوف نستعين ببيان الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي والشكل (6-2) يوضح ذلك:

شكل (6-2): بيان الارتباط الذاتي لسلسلة الفروق الأولى

Correlogram of D(OIL_P)

Date: 12/15/12 Time: 09:14
Sample: 2000M01 2011M12
Included observations: 143



| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0.433 | 0.433 | 27.337 | 0.000 |
| | | 2 | 0.290 | 0.126 | 39.676 | 0.000 |
| | | 3 | 0.078 | -0.107 | 40.584 | 0.000 |
| | | 4 | -0.063 | -0.120 | 41.168 | 0.000 |
| | | 5 | -0.190 | -0.143 | 46.591 | 0.000 |
| | | 6 | -0.300 | -0.179 | 60.243 | 0.000 |
| | | 7 | -0.188 | 0.060 | 65.657 | 0.000 |
| | | 8 | -0.168 | -0.029 | 69.968 | 0.000 |
| | | 9 | -0.173 | -0.136 | 74.594 | 0.000 |
| | | 10 | -0.063 | 0.022 | 75.214 | 0.000 |
| | | 11 | -0.004 | 0.000 | 75.216 | 0.000 |
| | | 12 | -0.032 | -0.127 | 75.380 | 0.000 |
| | | 13 | -0.106 | -0.149 | 77.174 | 0.000 |
| | | 14 | -0.060 | -0.016 | 77.753 | 0.000 |
| | | 15 | 0.031 | 0.071 | 77.908 | 0.000 |

ومن خلال بيان الارتباط الذاتي البسيط والجزئي، يتضح أنهما بيان يبقيان يستمران في التناقص وهذا يعني أن سلسلة البواقي من الشكل $ARIMA(p,1,q)$ لذلك سوف يتم المفاضلة بين النماذج بناء على معيار $AKAIKE$ .

وبعد التجربة والخطأ تبين النموذج الملائم هو من الشكل $ARIMA(2,1,0)$ وبعد عدة تقديرات وحذف المعلمات التي لا تختلف جوهريا عن الصفر، فإن الجدول (6-3) يبين النتائج الآتية:

جدول (6-3): نتائج عملية تقدير النموذج $ARIMA(2,1,0)$

Dependent Variable: D(OIL_P)
Method: Least Squares
Date: 05/28/13 Time: 15:54
Sample (adjusted): 2000M04 2011M12
Included observations: 141 after adjustments
Convergence achieved after 3 iterations

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic |
|---|---|---|---|
| C | 0.540384 | 0.830550 | 0.650634 |
| AR(1) | 0.378412 | 0.084626 | 4.471585 |
| AR(2) | 0.126005 | 0.084853 | 1.484974 |

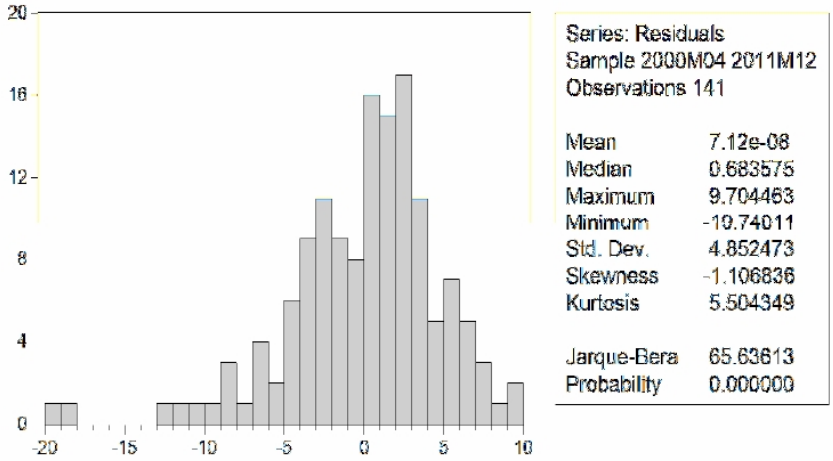
وعليه فإنه يمكن كتابة النموذج المقدر كما يلي:

$$ARIMA(2,1,0): D(PRICE)_t = 0.540 + 0.378 \times D(PRICE)_{t-1} + 0.126 \times D(PRICE)_{t-2}$$

### 6-4-6 اختبار جودة النموذج المقدر:

من أجل ذلك سوف نستخدم إختبار Jarque-Bera والجدول (6-4) يوضح النتائج الآتية:

جدول (6-4): إختبار Jarque-Bera لسلسلة بواقي عملية التقدير




يلاحظ من خلال الجدول أعلاه أن إحتمال إحصاءة Jarque-Bera يساوي الصفر أي أصغر من 5% وهذا يعني أن سلسلة الإضطراب الأبيض لا تتبع التوزيع الطبيعي.

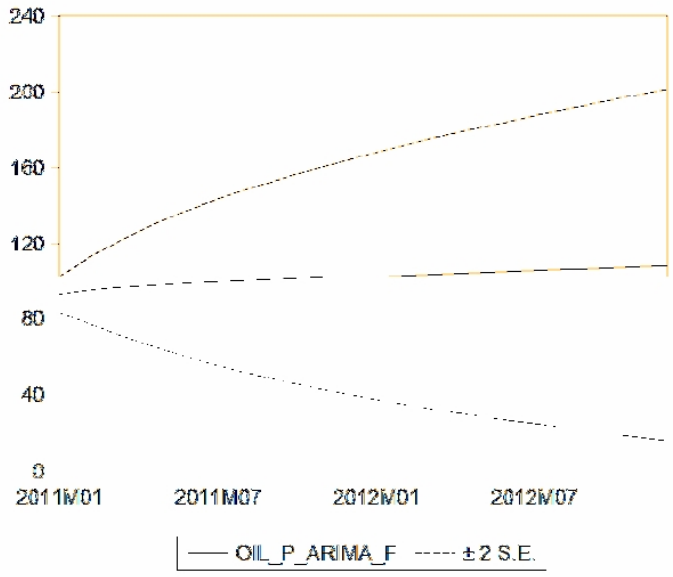
### 6-4-7 التنبؤ باستخدام نموذج $ARIMA(2,1,0)$ :

في هذه الخطوة نستعمل نموذج $ARIMA(2,1,0)$ للتنبؤ بأسعار البترول، بحيث تم استخراج القيم المتنبأ بها للفترة من جانفي لغاية ديسمبر 2012، ويوضح الجدول (6-5) القيم المتنبأ بها بالمقارنة بالقيم الفعلية، والشكل (6-3) يوضح القيم المتوقعة.

جدول (6-5): القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية

| الشهر | القيم المتنبأ بها | القيم الفعلية |
|---|---|---|
| | **ARIMA(2-1-0)** | |
| $2012_1$ | 104,37 | 106,89 |
| $2012_2$ | 104,91 | 112,7 |
| $2012_3$ | 105,45 | 117,79 |
| $2012_4$ | 105,99 | 113,75 |
| $2012_5$ | 106,53 | 104,16 |
| $2012_6$ | 107,07 | 90,73 |
| $2012_7$ | 107,61 | 96,75 |
| $2012_8$ | 108,15 | 105,28 |
| $2012_9$ | 108,69 | 106,32 |
| $2012_{10}$ | 109,23 | 103,39 |
| $2012_{11}$ | 109,78 | 101,17 |
| $2012_{12}$ | 110,32 | 101,17 |

شكل (6-3): رسم بياني للتنبؤ بأسعار بالبترول باستعمال النموذج *ARIMA*(2,1,0)



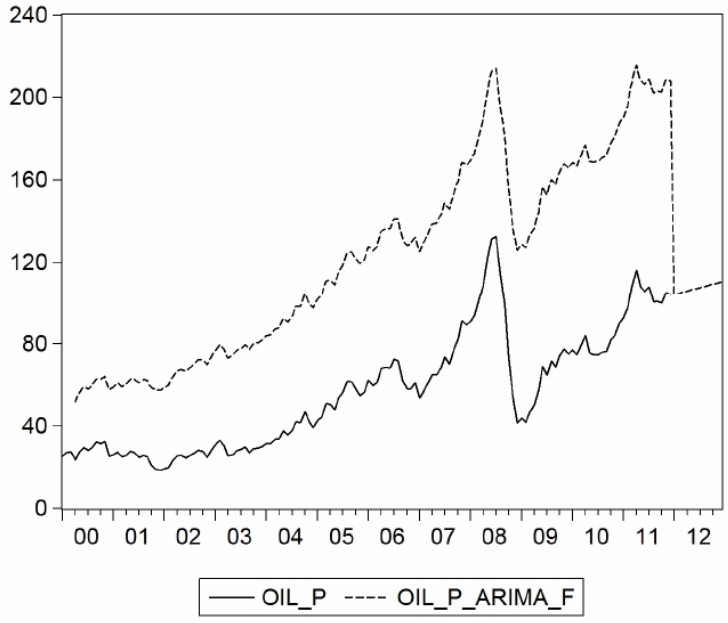
إن تقييم جودة التنبؤ باستعمال النموذج *ARIMA*(2,1,0) مبين في الجدول (6-6):

يبين الجدول (6-6) بعض مقاييس جودة التنبؤ الممتـــازة مثـــل RMSE، MAE، MAPE، Theil-U، للمقارنة مع النماذج الأخرى كما هو منصوص عليه في أهداف هذا البحث.

جدول (6-6): تقييم جودة التنبؤ باستعمال النموذج *ARIMA*(2,1,0)

| | |
|---|---|
| Forecast: OIL_P_ARIMA_F | |
| Actual: OIL_P | |
| Forecast sample: 2011M01 2012M12 | |
| Included observations: 12 | |
| Root Mean Squared Error | 8.048089 |
| Mean Absolute Error | 5.684015 |
| Mean Abs. Percent Error | 5.212282 |
| Theil Inequality Coefficient | 0.039693 |
| Bias Proportion | 0.461008 |
| Variance Proportion | 0.152382 |
| Covariance Proportion | 0.386610 |

شكل (6-4): بيان السلسلة الأصلية لأسعار البترول والمتنبأ بها



يوضح الشكل (6-4) بيان السلسلة الأصلية لأسعار البترول والمبين بالخط المستمر، وبيان السلسلة المتوقع باستعمال النموذج $ARIMA(2,1,0)$ بالخط المتقطع.

## 6-5 استخدام نماذج GARCH للتنبؤ بأسعار البترول:

### 6-5-1 إختبار نموذج ARCH:

1- **بيان الارتباط الذاتي لمربع بواقي عملية التقدير:** قبل استخدام اختبار $ARCH$ سوف نقوم بإجراء بيان الارتباط الذاتي لعملية مربع البواقي والشكل (6-5) يوضح ذلك:

شكل (6-5): بيان الارتباط الذاتي لسلسلة مربع البواقي لعملية التقدير

Correlogram of Residuals Squared

Date: 12/17/12 Time: 09:05
Sample: 2000M04 2011M12
Included observations: 141
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0.137 | 0.137 | 2.7226 | |
| | | 2 | 0.376 | 0.364 | 23.232 | |
| | | 3 | 0.178 | 0.112 | 27.874 | 0.000 |
| | | 4 | -0.033 | -0.226 | 28.039 | 0.000 |
| | | 5 | 0.207 | 0.147 | 34.399 | 0.000 |
| | | 6 | -0.045 | 0.007 | 34.698 | 0.000 |
| | | 7 | 0.039 | -0.070 | 34.924 | 0.000 |
| | | 8 | 0.060 | 0.040 | 35.468 | 0.000 |
| | | 9 | 0.103 | 0.203 | 37.090 | 0.000 |
| | | 10 | 0.147 | 0.060 | 40.400 | 0.000 |
| | | 11 | 0.155 | 0.035 | 44.133 | 0.000 |
| | | 12 | 0.115 | 0.019 | 46.214 | 0.000 |
| | | 13 | 0.014 | -0.107 | 46.247 | 0.000 |
| | | 14 | 0.046 | -0.043 | 46.585 | 0.000 |
| | | 15 | -0.010 | 0.037 | 46.601 | 0.000 |

نلاحظ من خلال الشكل أن معظم احتمالات إحصاءة Ljung-Box أصغر مـــن 5% وهذا يدل على أنه من الممكن أن تكون سلسلة البواقي من الصيغة *ARCH* أو *GARCH*.

2- **إختبار وجود ARCH:** بعد تجريب معاملات التأخير تبين أن معامل التـــأخير 4 هو الذي يقوم بتدنية معيار AKAIKE وعليه فإن نتائج الإختبـــار موضـــحة فـــي الجدول (6-7) كما يلي:

جدول (6-7): نتائج اختبار نموذج *ARCH*

Heteroskedasticity Test: ARCH

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 8.465614 | Prob. F(4,134) | 0.0000 |
| Obs*R-squared | 28.04011 | Prob. Chi-Square(4) | 0.0000 |

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 09/08/12 Time: 11:13
Sample (adjusted): 2000M06 2011M12
Included observations: 139 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| C | 13.88235 | 4.764823 | 2.913447 | 0.0042 |
| RESID^2(-1) | 0.071873 | 0.084162 | 0.853798 | 0.3947 |
| RESID^2(-2) | 0.432506 | 0.083761 | 5.163595 | 0.0000 |
| RESID^2(-3) | 0.124334 | 0.083754 | 1.484516 | 0.1400 |
| RESID^2(-4) | -0.223355 | 0.084179 | -2.653345 | 0.0089 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.201727 | Mean dependent var | 23.39314 |
| Adjusted R-squared | 0.177898 | S.D. dependent var | 50.15891 |
| S.E. of regression | 45.47899 | Akaike info criterion | 10.50768 |
| Sum squared resid | 277157.4 | Schwarz criterion | 10.61324 |
| Log likelihood | -725.2842 | Hannan-Quinn criter. | 10.55058 |
| F-statistic | 8.465614 | Durbin-Watson stat | 1.928830 |
| Prob(F-statistic) | 0.000004 | | |

من خلال الجدول (6-7) يتضح أن إحتمال إحصاءة $LM_{cal}$ اصغر من 5% وهذا مـــا يجعلنا نرفض الفرضية العدمية القائلة بأن المعلمات $\alpha_i$ تختلف جوهريا عن الصفر أي أن تباين الأخطاء غير تابت عبر الزمن وبالتالي فإن السلسلة من النوع *ARCH*.

### 6-5-2 تقدير النموذج GARCH:

بعد عدة محاولات لتقدير نمـــاذج ( $ARCH(1)$ ، $ARCH(2)$ ، $ARCH(3)$ ، $GARCH(1,1)$ ) إتضح بأن النموذج الذي جميع معلماته تختلف جوهريا عن الـــصفر هـــو: $GARCH(1,1)$ والجدول (6-8) يوضح نتائج عملية التقدير الآتية:

جدول (6-8): نتائج عملية تقدير النموذج $GARCH(1,1)$

Dependent Variable: D(OIL_P)
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
Date: 05/28/13 Time: 16:01
Sample (adjusted): 2000M04 2011M12
Included observations: 141 after adjustments
Convergence achieved after 27 iterations
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic |
|---|---|---|---|
| C | 0.306060 | 0.387457 | 0.789921 |
| AR(1) | 0.167456 | 0.104721 | 1.599066 |
| AR(2) | 0.003396 | 0.095614 | 0.035513 |
| Variance Equation | | | |
| C | 0.383525 | 0.559853 | 0.685045 |
| RESID(-1)^2 | 0.188861 | 0.073368 | 2.574154 |
| GARCH(-1) | 0.813661 | 0.075584 | 10.76503 |

نلاحظ من الجدول (6-8) أن جميع المعلمات المقدرة للنموذج تختلف جوهريـــا عـــن الصفر وهذا ما يزيد من القوة الإحصائية للنموذج.

وعليه فإنه يمكن كتابة النموذج المقدر كما يلي:

$$ARIMA(2,1,0): D(OIL_P)_t = 0.306 + 0.167 * D(OIL_P)_{t-1} - 0.003 * D(OIL_P)_{t-2}$$

مع:

$$GARCH(1,1): h_t^2 = 0.383 + 0.188 * \varepsilon_{t-1}^2 + 0.813 * h_{t-1}^2$$

### 6-5-3 إختبار جودة النموذج المقدر:

**1- بيان الارتباط الذاتي لسلسلة بواقي عملية التقدير:** الشكل (6-6) يوضح بيان الارتباط الذاتي لسلسلة بواقي عملية التقدير.

شكل (6-6): بيان الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي

Correlogram of Standardized Residuals

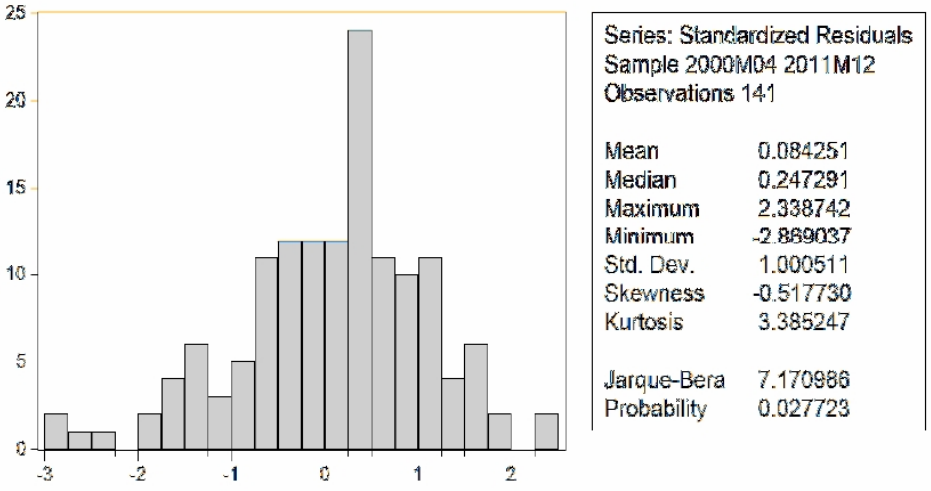
Date: 12/15/12 Time: 09:46
Sample: 2000M04 2011M12
Included observations: 141
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0.032 | 0.032 | 0.1496 | |
| | | 2 | 0.029 | 0.028 | 0.2683 | |
| | | 3 | 0.004 | 0.002 | 0.2703 | 0.603 |
| | | 4 | -0.020 | -0.021 | 0.3311 | 0.847 |
| | | 5 | 0.009 | 0.010 | 0.3432 | 0.952 |
| | | 6 | -0.155 | -0.155 | 3.9356 | 0.415 |
| | | 7 | -0.022 | -0.013 | 4.0070 | 0.548 |
| | | 8 | -0.069 | -0.062 | 4.7345 | 0.578 |
| | | 9 | -0.146 | -0.144 | 7.9993 | 0.333 |
| | | 10 | 0.061 | 0.069 | 8.5768 | 0.379 |
| | | 11 | 0.074 | 0.083 | 9.4174 | 0.400 |
| | | 12 | 0.006 | -0.030 | 9.4234 | 0.492 |
| | | 13 | -0.123 | -0.141 | 11.791 | 0.380 |
| | | 14 | -0.095 | -0.109 | 13.228 | 0.353 |
| | | 15 | 0.097 | 0.089 | 14.742 | 0.324 |

نلاحظ أن معظم بواقي عملية التقدير تقع ضمن مجال ثقتها، كما أن الاحتمالات التي تناظر إحصائية Ljung-Box أي $Q'$ أكبر من 5 % وهذا يعني قبول فرضية أن سلسلة البواقي تحاكي تشويشا أبيضا، وهذا يعني أنه قد تمت نمذجة جميع المركبات الجوهرية للنموذج ويمكن استخدامه في عملية التنبؤ.

**2- إختبار Jarque-Bera:**

جدول (6-9): يوضح نتائج إختبار Jarque-Bera




نلاحظ من خلال الجدول (6-9) أن سلسلة البواقي لا تتبع التوزيع الطبيعي.

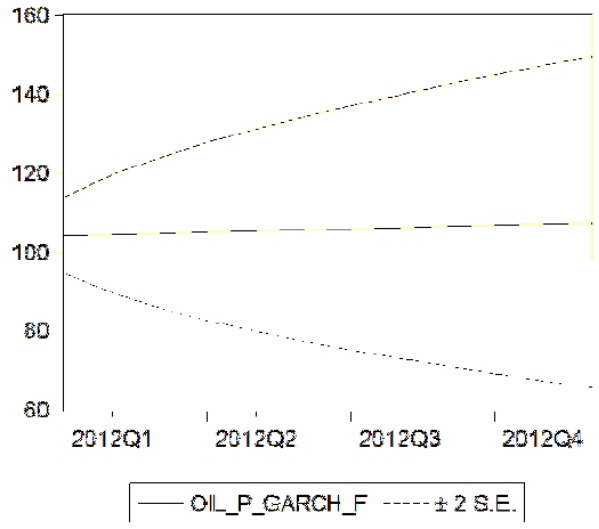
### 6-5-4 التنبؤ باستخدام نموذج GARCH(1,1):

في هذه المرحلة نستعمل نموذج $GARCH(1,1)$ للتنبؤ بأسعار البترول، بحيث تم استخراج القيم المتنبأ بها للفترة من جانفي لغاية ديسمبر 2012، ويوضح الجدول (6-10) القيم المتنبأ بها بالمقارنة بالقيم الفعلية، والشكل (6-7) يوضح القيم المتوقعة. ويبين الشكل (6-8) قيم التنبؤ بالتباين الشرطي.

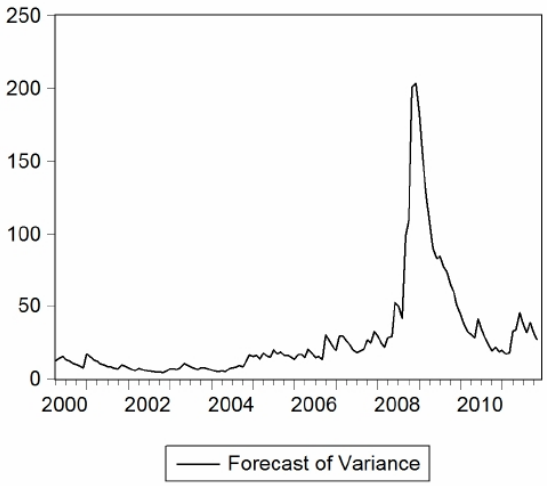
جدول (6-10): القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية

| الشهر | القيم المتنبأ بها | القيم الفعلية |
|---|---|---|
| | **GARCH(1-1)** | |
| $2012_1$ | 104,34 | 106,89 |
| $2012_2$ | 104,61 | 112,7 |
| $2012_3$ | 104,91 | 117,79 |
| $2012_4$ | 105,21 | 113,75 |
| $2012_5$ | 105,52 | 104,16 |
| $2012_6$ | 105,82 | 90,73 |
| $2012_7$ | 106,13 | 96,75 |
| $2012_8$ | 106,43 | 105,28 |
| $2012_9$ | 106,74 | 106,32 |
| $2012_{10}$ | 107,05 | 103,39 |
| $2012_{11}$ | 107,35 | 101,17 |
| $2012_{12}$ | 107,66 | 101,17 |

شكل (6-7): رسم بياني للتنبؤ بأسعار البترول باستخدام نموذج $GARCH(1,1)$



شكل (6-8): رسم بياني للتنبؤ بالتباين الشرطي باستعمال نموذج $GARCH(1,1)$




ومن خلال الشكل (6-8)، يتبين أن توقع التباين الشرطي غير ثابت وأن عدم تبـــات التباين غير خطي.

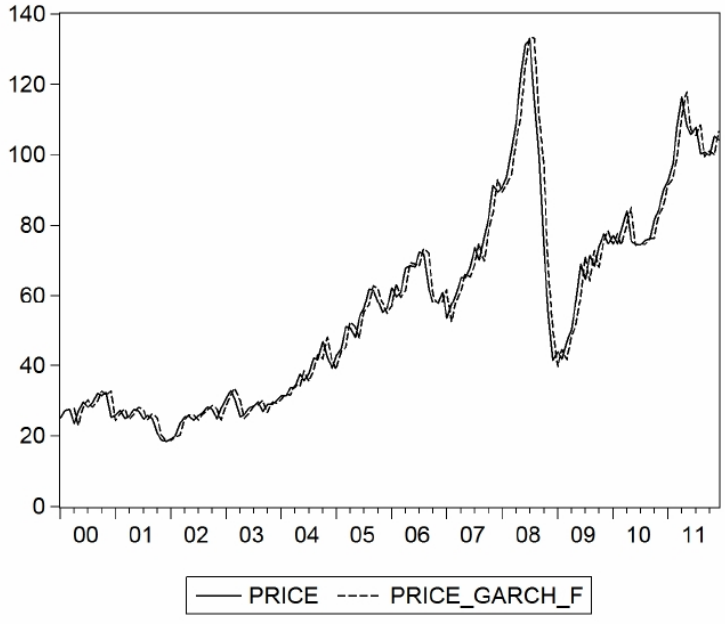
إن تقييم جودة التنبؤ باستعمال النموذج $GARCH(1,1)$ مبين في الجدول (6-11).

جدول (6-11): تقييم التنبؤ باستعمال نموذج $GARCH(1,1)$

| | |
|---|---|
| Forecast: OIL_P_GARCH | |
| Actual: OIL_P | |
| Forecast sample: 2000M01 2011M12 | |
| Adjusted sample: 2000M04 2011M12 | |
| Included observations: 141 | |
| Root Mean Squared Error | 5.080629 |
| Mean Absolute Error | 3.649295 |
| Mean Abs. Percent Error | 6.774628 |
| Theil Inequality Coefficient | 0.039953 |
| Bias Proportion | 0.001488 |
| Variance Proportion | 0.000061 |
| Covariance Proportion | 0.998450 |

ويبين الشكل (6-9) السلسلة الفعلية والمتنبأ بها لأسعار البترول باستعمال نموذج $GARCH(1,1)$.

شكل (6-9): بيان السلسلة الأصلية والمتوقعة لأسعار البترول باستخدام نموذج $GARCH(1,1)$



من خلال الشكل البياني (6-9) يتبين أن السلسلة المتنبأ بها تتبع نفس مسار السلسلة الأصلية.

### 6-6 تقيم أداء التنبؤ باستخدام نموذج ARIMA(2,1,0) و GARCH(1,1):

في مرحلة التنبؤ قمنا بحساب مقاييس الخطأ RMSE، MAE، MAPE و Theil-U من أجل نموذج $ARIMA(2,1,0)$ و $GARCH(1,1)$، والجدول (6-12) يبين ذلك، إذا تبين أن القيم المتوقع اقرب من القيم الفعلية، وبالتالي يكون الخطأ صغير، فأن النموذج المفضل هو الذي يحقق القيم الدنيا لـ RMSE، MAE، MAPE و Theil-U.

جدول (6-12): تقيم أداء التنبؤ باستخدام نموذج $ARIMA(2,1,0)$ و $GARCH(1,1)$

| أداء التنبؤ | $ARIMA(2,1,0)$ | $GARCH(1,1)$ |
|---|---|---|
| RMSE | 4,8367 | 4,0819 |
| MAE | 3,6249 | 2,6511 |
| MAPE | 6,9120 | 5,7762 |
| Theil-U | 0,0379 | 0,0299 |

ومن خلال الجدول (6-12) يمكن أن نستنتج أن كل أخطاء التنبؤ في نموذج $GARCH(1,1)$ أصغر من نموذج $ARIMA(2,1,0)$.

لذا، يمكن أن نستنتج بأن نموذج $GARCH(1,1)$ ذو جودة أفضل من نموذج $ARIMA(2,1,0)$.

من خلال تحليل استعمال نموذجين للتنبؤ بأسعار البترول، فإن نموذج $ARIMA(2,1,0)$ قادر على إنتاج تنبؤات مستندة على أنماط التاريخية من البيانات. أما نموذج $GARCH(1,1)$ من ناحية أخرى يعطي تنبؤ أفضل أخذا بعين الاعتبار تطاير أسعار البترول. هذا بسبب قدرة نموذج $GARCH(1,1)$ على تبيان تطاير أسعار البترول.

**6-7 استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية ANN للتنبؤ بأسعار البترول:**

إن الشبكات العصبية الاصطناعية بوصفها احد مجالات الذكاء الاصطناعي تعمل على تمثيل عقل الإنسان عن طريق شبكة من المعطيات الرقمية (التي تمثل الخلية العصبية) متصلة بروابط موزونة (التي تمثل الروابط بين الخلايا) والتي تتم معالجتها بواسطة نموذج رياضي محدد. فالمعطيات لوحدها لا تقوم بأي تأثير، أما إذا اتحدت هذه المعطيات مع الأوزان فإنها تؤدي إلى تحديد المهمة المطلوبة من الشبكة العصية. لقد نشط هذا الأسلوب في العديد من المجالات الإحصائية ومنها تقدير معلمات نماذج الانحدار. من هنا كان الهدف من استخدام الشبكات العصبية للتنبؤ بأسعار البترول هو تقديم أسلوب يعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية. إذ تمت مقارنة أساليب الشبكات العصبية الاصطناعية في تقدير النماذج عن طريق المفاضلة بينها باستخدام معيار متوسط مربعات الخطأ.

لقد تم استخدام برنامج حاسوبي STATISTICA V8 للحصول على قيم التنبؤ لسلسلة المشاهدات لأسعار البترول دون الحاجة إلى معالجة عدم الاستقرارية، وان أول خطوة في استخدام البرنامج هي تحديد المدخلات للشبكة العصبية، إذ ان المدخلات هي أسعار البترول، وتحديد عدد العقد المخفية والذي يتحدد من خلال التدريب والذي يتضمن إجراء العديد من التجارب الحاسوبية، وكذلك يمكن حسابه من خلال المعادلة التي قدمها (Lin et al., 1995)[1] إذ ذكروا بان عدد العقد المخفية يمكن حسابه بالشكل الآتي:

$$N_{hidden} \approx \frac{N_{train} E_{tolerance}}{N_{pts} + N_{output}}$$

حيث أن:

$N_{hidden}$ : يمثل عدد العقد المخفية.

$E_{tolerance}$ : يمثل مقدار الخطأ الاحتمالي.

$N_{pts}$ : يمثل عدد البيانات التي تم إجراء التدريب عليها.

$N_{output}$ : يمثل عدد عقد المخرجات.

[1] Lin, Feng; Yu, Xing Huo; Gregor, Shirely and Irons, Richard. "Time Series Forecasting with Neural Networks", Complexity International, Volume 02, ISSN 1320-0682, Australia. 1995

وفي هذه الدراسة تم التوصل إلى نماذج الشبكة العصبية التالية والمبينة في الجـــدول (6-13):

جدول (6-13): نماذج الشبكة العصبية

| Summary of active networks (Spreadsheet1) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Index | Net. name | Training error | Test error | Error function | Hidden activation | Output activation |
| 1 | MLP 1-7-1 | 0,001205 | 0,000545 | SOS | Exponential | Logistic |
| 2 | MLP 1-8-1 | 0,001217 | 0,000478 | SOS | Exponential | Identity |
| 3 | MLP 1-7-1 | 0,001209 | 0,000477 | SOS | Tanh | Identity |
| 4 | MLP 1-4-1 | 0,001195 | 0,000469 | SOS | Exponential | Tanh |
| 5 | MLP 1-3-1 | 0,001683 | 0,000609 | SOS | Exponential | Logistic |

من خلال الجدول (6-13) تم التوصل إلى خمسة نماذج على أن يتم اختيار النمـــوذج $MLP\ 1-7-1$ ذو أقل خطأ في سلسلة التدريب وسلسلة الاختبار.

في هذه الدراسة وبالنسبة إلى بيانات أسعار البترول كانت عدد الوحـــدات المخفيـــة تساوي 7 وعدد وحدات الإدخال تساوي 1 وعدد المخرجات تساوي 1.

بالنسبة إلى البيانات الأصلية تم احتفاظ بنسبة 80 % من المشاهدات للتدريب والباقي للاختبار، ليتم استخدامها في بناء النموذج وتم مقارنتها بالتنبؤات لفترة الاختبار.

ومن خلال الجدول (6-14) يتبين أن دالة التنشيط Exponential للطبقة المخفية ودالـــة التنشيط Logistic لطبقة الإخراج.

جدول (6-14): دالة التنشيط للطبقة المخفية والإخراج

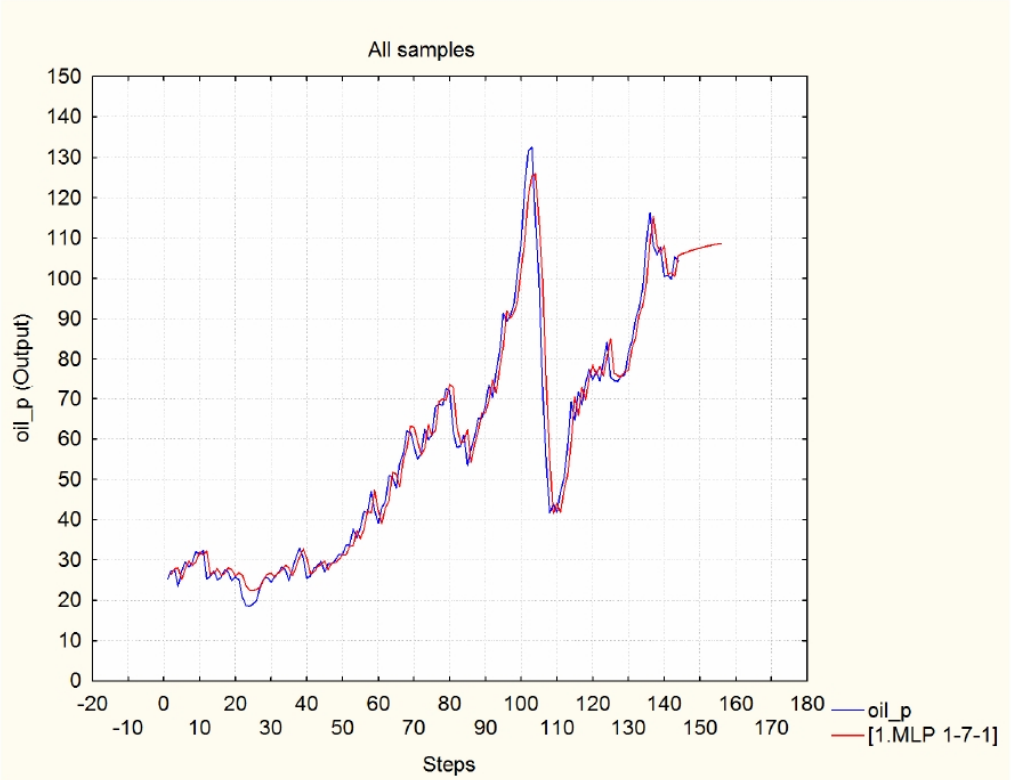
| Summary of active networks (Spreadsheet1) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Index | Net. name | Training error | Test error | Error function | Hidden activation | Output activation |
| 1 | MLP 1-7-1 | 0,001205 | 0,000545 | SOS | Exponential | Logistic |

ويبين الجدول (6-15) نتائج التنبؤ والشكل (6-10) يمثل البيانات الأصلية مـــع القـــيم المتنبأ بها حسب النموذج MLP 1-7-1.

جدول (6-15): التنبؤ بأسعار البترول باستخدام الشبكة العصبية من جانفي إلى ديسمبر 2012

| | Time series projection for oil_p (Spreadsheet1) All samples | |
|---|---|---|
| Case name | oil_p Target | oil_p(Output) 1. MLP 1-7-1 |
| 144 | 104,2600 | 105,7369 |
| 2 | | 108,0926 |
| 3 | | 108,4270 |
| 4 | | 108,7407 |
| 5 | | 107,0340 |
| 6 | | 107,3074 |
| 7 | | 107,5617 |
| 8 | | 107,7975 |
| 9 | | 108,0156 |
| 10 | | 108,2169 |
| 11 | | 108,4023 |
| 12 | | 108,5726 |
| 13 | | 108,7288 |

شكل (6-10): رسم بياني للتنبؤ بأسعار البترول باستخدام نموذج الشبكة العصبية



## 6-8 استخدام تحليل الانحدار المبهم (FR) للتنبؤ بأسعار البترول:

### 6-8-1 طريقة Tanaka (1982):

من خلال الدراسة أسعار البترول تبين أن بيانات المخرجات مبهمة والمعلمات المبهمة والمدخلات غير مبهمة ولتطبيق البيانات على النموذج تستخدم مسألة البرمجة الخطية (LP) والتي تمثل دالة الهدف مع متباينات القيود، سيتولد 288 قيد باعتبار $(2\times N = 288)$ وبذلك تكون مسألة (LP) كما في المنظومة التالية:

$$
\begin{aligned}
&(Tan)\\
&Minimize \quad c_0 + c_1 + .... + c_k\\
&subject\,to: \ \sum_{j=0}^{k}\left(\alpha_j + (1-H)c_j\right)x_{ij} \geq \overline{y_i} + (1-H)e_i, \quad i = 1,.....,n\\
&\qquad \sum_{j=0}^{k}\left(\alpha_j - (1-H)c_j\right)x_{ij} \text{ " } \overline{y_i} - (1-H)e_i, \quad i = 1,.....,n\\
&\qquad \alpha_j = free, \quad c_j \geq 0, \ j = 0,...,k
\end{aligned}
$$

وتكون قيمة (h) المختارة مساوية لـ (0) أما التحليل فقد تم تنفيذه في برنامج الجاهز (LINGO) للحصول على المعلمات المبهمة والمجموع الأقل لانتشارات المعلمات الذي يتمثل بدالة الهدف. وكان النموذج الخطي كما يأتي:

$$
\begin{aligned}
&\widetilde{Y}_i = \widetilde{A}_0 + \widetilde{A}_1 X_i\\
&\widetilde{Y}_i = (\alpha_0 + c_0) + (\alpha_1 + c_1)X_i\\
&\widetilde{Y}_i^{0} = (95.921, 4.381) + (1.926, 0.00)X_i
\end{aligned}
$$

إذ أن $(95.921,4.381)$ هو المقطع المبهم، القيمة المركزية (95.921) والانتشار (4.381).

### 6-8-2 طريقة Ozel (1994):

باعتبار بيانات المخرجات مبهمة والمعلمات المبهمة والمدخلات غير مبهمة ولتطبيق البيانات على النموذج تستخدم مسألة البرمجة الخطية (LP) والتي تمثل دالة الهدف مع متباينات القيود، وبذلك تكون مسألة (LP) كما في المنظومة الاتية:

$$
\begin{aligned}
&(Ozel)\\
&Minmize \quad \sum_{i=1}^{n}(d_{iU}+d_{iL})\\
&Subject\,to:\\
&\sum_{j=0}^{k}(\alpha_j+(1-H)c_j)x_{ij} \geq \bar{y}_i+(1-H)e_i-d_{iU}, \quad i=1,....,n,\\
&\sum_{j=0}^{k}(\alpha_j-(1-H)c_j)x_{ij} \text{ " } \bar{y}_i-(1-H)e_i+d_{iL}, \quad i=1,....,n,\\
&\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0}^{k}c_j x_{ij} \text{ " } v,\\
&d_{iL}, d_{iU} \geq 0, \ i=1,.....,n,\\
&\alpha_j = free, \ \ c_j \geq 0, j=0,...,k.
\end{aligned}
$$

وتكون قيمة (h) المختارة مساوية لـ (0) اما التحليل فقد تم تنفيذه في برنامج الجاهز (LINGO) للحصول على المعلمات المبهمة والمجموع الأقل لانتشارات المعلمات الذي يتمثل بدالة الهدف. وكان النموذج الخطي كما يأتي:

$$
\begin{aligned}
&\tilde{Y}_i = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_i\\
&\tilde{Y}_i = (\alpha_0 + c_0) + (\alpha_1 + c_1)X_i\\
&\tilde{Y}_i^{\,0} = (98.577, 2.500) + (1.152, 0.00)X_i
\end{aligned}
$$

إذ أن (98.577,2.500) هو المقطع المبهم، القيمة المركزية (98.577) والانتشار (2.500).

### 6-8-3 طريقة Pet (2000):

باعتبار بيانات المخرجات مبهمة والمعلمات المبهمة والمدخلات غير مبهمة ولتطبيق البيانات على النموذج تستخدم مسألة البرمجة الخطية (LP) والتي تمثل دالة الهدف مع متباينات القيود، وبذلك تكون مسألة (LP) كما في المنظومة الآتية:

$$
\begin{aligned}
&(Pet)\\
&Maximize\ \overline{\lambda}\\
&Subject\ to:\ \sum_{j=0}^{k}(\alpha_j + c_j)x_{ij} \geq \overline{y}_i - (1-\lambda_i)e_i, \quad i = 1,.....,n,\\
&\qquad \sum_{j=0}^{k}(\alpha_j - c_j)x_{ij} \geq \overline{y}_i + (1-\lambda_i)e_i, \quad i = 1,.....,n,\\
&\qquad \overline{\lambda} = (\lambda_1 + \lambda_2 + ..... + \lambda_n)/n,\\
&\qquad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0}^{k} c_j x_{ij} \text{ " } P_0(1-\overline{\lambda}),\\
&\qquad 0 \text{ " } \lambda_i \text{ " } 1, \quad i = 1,....,n,\ \overline{\lambda} \geq 0,\\
&\qquad \alpha_j = free, \quad c_j \geq 0,\ j = 1,....,k.
\end{aligned}
$$

وتكون قيمة (h) المختارة مساوية لـ (0) أما التحليل فقد تم تنفيذه في برنامج الجاهز (LINGO) للحصول على المعلمات المبهمة والمجموع الأقل لانتشارات المعلمات الذي يتمثل بدالة الهدف. وكان النموذج الخطي كما يأتي:

$$
\begin{aligned}
&\widetilde{Y}_i = \widetilde{A}_0 + \widetilde{A}_1 X_i\\
&\widetilde{Y}_i = (\alpha_0 + c_0) + (\alpha_1 + c_1)X_i\\
&\widetilde{Y}_i^{0} = (97.827,1.100) + (1.152,0.00)X_i
\end{aligned}
$$

إذ أن (97.827,1.100) هو المقطع المبهم، القيمة المركزية (97.827) والانتشار (1.100).

### 6-8-4 طريقة HBS1 (2005):

في عام (2005) قدما Hojati et al مقترحا أساسه برمجة الأهداف لنماذج الانحدار الخطي المبهم بالمعاملات المتماثلة مع مدخلات (غير مبهمة / مبهمة) ومخرجات (غير مبهمة / مبهمة)، إذ كانت من مميزات هذا المقترح أنه بسيط في البرمجة والحسابات واقل اختلافا في مجموع الانتشار بين قيم المشاهدات والقيم المركزية.

وباعتبار بيانات المخرجات مبهمة والمعلمات المبهمة والمدخلات غير مبهمة ولتطبيق البيانات على النموذج تستخدم مسألة برمجة الأهداف (GP) والتي تمثل دالة الهدف مع متباينات القيود، وبذلك تكون مسألة (GP) كما في المنظومة الآتية:

$$(HBS1)$$

$$Minmize \quad \sum_{i=1}^{n}\left(d_{iU}^{+}+d_{iU}^{-}+d_{iL}^{+}+d_{iL}^{-}\right)$$

$$Subject\ to:$$

$$\sum_{j=0}^{k}\left(\alpha_j+(1-H)c_j\right)x_{ij}+d_{iU}^{+}-d_{iU}^{-}\geq \bar{y}_i+(1-H)e_i,\quad i=1,....,n, \qquad (8)$$

$$\sum_{j=0}^{k}\left(\alpha_j-(1-H)c_j\right)x_{ij}+d_{iL}^{+}-d_{iL}^{-}\ '' \ \bar{y}_i-(1-H)e_i,\quad i=1,....,n, \qquad (9)$$

$$d_{iU}^{+},d_{iU}^{-},d_{iL}^{+},d_{iL}^{-}\geq 0,\ i=1,.....,n,$$
$$\alpha_j=free,\ \ c_j\geq 0, j=0,...,k.$$

وتكون قيمة (h) المختارة مساوية لـ (0) أما التحليل فقد تم تنفيذه في برنامج الجاهز (LINGO) للحصول على المعلمات المبهمة والمجموع الأقل لانتشارات المعلمات الذي يتمثل بدالة الهدف. وكان النموذج الخطي كما يأتي:

$$\widetilde{Y}_i=\widetilde{A}_0+\widetilde{A}_1X_i$$
$$\widetilde{Y}_i=(\alpha_0+c_0)+(\alpha_1+c_1)X_i$$
$$\widetilde{Y}_i^{0}=(99.192,1.364)+(1.009,0.207)X_i$$

إذ أن (99.192,1.364) هو المقطع المبهم، القيمة المركزية (99.192) والانتشار (1.364).

### 6-8-5 طريقة FRGP (2009):

بين كل من Hassanpour et al (2009) مقترحا أساسه استخدام برمجة الأهداف في الانحدار الخطي المبهم بالمعاملات غير المتماثلة مع مدخلات (غير مبهمة / مبهمة) ومخرجات (غير مبهمة / مبهمة) إذ كانت من مميزات هذا المقترح أنه بسيط في البرمجة والحسابات واقل اختلافا في مجموع الانتشار بين قيم المشاهدات والقيم المركزية.

وباعتبار بيانات المخرجات مبهمة والمعلمات المبهمة والمدخلات غير مبهمة ولتطبيق البيانات على النموذج تستخدم مسألة برمجة الهداف (GP) والتي تمثل دالة الهدف مع متباينات القيود، وبذلك تكون مسألة (GP) كما في المنظومة الآتية:

$$
\begin{aligned}
(GP1): \min z = & \sum_{i=1}^{n} (n_{il} + p_{il} + n_{ic} + p_{ic} + n_{ir} + p_{ir}) \\
s.t. \quad & \sum_{j=0}^{p} a_j x_{ij} + n_{ic} - p_{ic} = y_i, \quad i = 1,2,.....,n, \\
& \sum_{j=0}^{p} \alpha_j x_{ij} + n_{il} - p_{il} = l_i, \quad i = 1,2,.....,n, \\
& \sum_{j=0}^{p} \beta_j x_{ij} + n_{ir} - p_{ir} = r_i, \quad i = 1,2,.....,n, \\
& n_{ik} p_{ik} = 0, \quad i = 1,2,.....,n \quad k = l,c,r, \\
& a_j \in \Re, \quad \alpha_j, \beta_j \geq 0, \quad j = 0,1,.....,p, \\
& n_{ik}, p_{ik} \geq 0, \quad i = 1,2,.....,n, \quad k = l,c,r.
\end{aligned}
$$

أما التحليل فقد تم تنفيذه في برنامج الجاهز (LINGO) للحصول على المعلمات المبهمة والمجموع الأقل لانتشارات المعلمات الذي يتمثل بدالة الهدف. وكان النموذج الخطي كما يأتي:

$$
\begin{aligned}
\widetilde{Y}_i &= \widetilde{A}_0 + \widetilde{A}_1 X_i \\
\widetilde{Y}_i &= (\alpha_0 + c_0) + (\alpha_1 + c_1) X_i \\
\widetilde{Y}_i^0 &= (100.070, 1.800) + (0.360, 0.200) X_i
\end{aligned}
$$

إذ أن (100.070,1.800) هو المقطع المبهم، القيمة المركزية (100.070) والانتشار (1.800).

## 6-9 النتائج وتحليل الأخطاء

فيما سبق تم الحصول على تنبؤات نموذج ARIMA وتنبؤات نموذج GARCH وأيضا تنبؤات أسلوب الشبكات العصبية، وتنبؤات أسلوب الانحدار المبهم بجميع أنواعه، ولتحديد أي من الأساليب السابقة يعطي نتائج تنبؤ أفضل، فقد استخدمنا مقياسين مختلفين لقياس دقة التنبؤ وهما:

- ✓ مقياس القيم المطلقة لنسبة الخطأ Absolute Percentage of Error (APE).
- ✓ مقياس متوسط القيم المطلقة لنسبة الخطأ Mean Absolute Percentage of Error (MAPE).

### 6-9-1 المقارنة بين طرائق الانحدار المبهم:

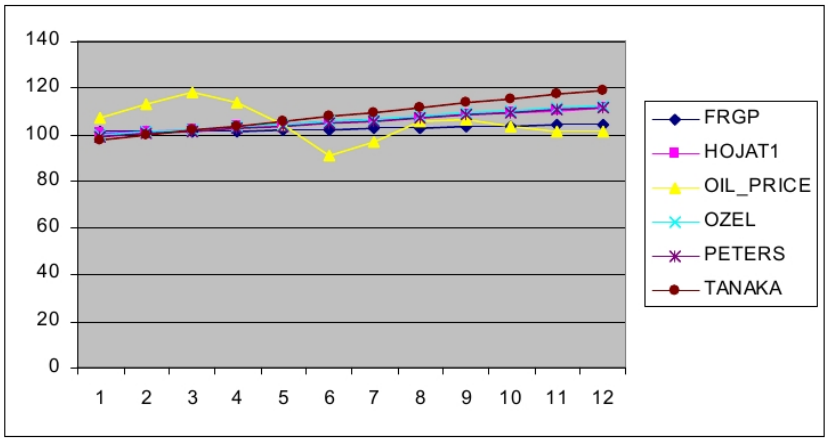
يتم في هذا الجزء مقارنة أساليب مختلفة من طرائق الانحدار المبهم والممثلة في طريقة FRGP وطريقة TANAKA وطريقة OZEL وطريقة PET، وذلك باستخدام سلسلة أسعار البترول الشهرية في الفترة من جانفي 2000 لغاية ديسمبر 2011 ولقد تم تشغيل هذه السلسلة على كل أسلوب من أجل التنبؤ بالقيم المستقبلية، ولقياس دقة تنبؤات طرائق الانحدار المبهم، تم استخراج القيم المتنبأ بها من كل طريقة للفترة من جانفي لغاية ديسمبر 2012، ويوضح الجدول (6-16) القيم المتنبأ بها بالمقارنة بالقيم الفعلية.

جدول (6-16): القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية

| الشهر | القيم المتنبأ بها | | | | | القيم الفعلية |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TANAKA | OZEL | PET | HBS1 | FRGP | |
| $2012_1$ | 97,84 | 99,72 | 98,97 | 100,2 | 100,43 | 106,89 |
| $2012_2$ | 99,77 | 100,88 | 100,13 | 101,21 | 100,79 | 112,7 |
| $2012_3$ | 101,69 | 102,03 | 101,28 | 102,21 | 101,15 | 117,79 |
| $2012_4$ | 103,62 | 103,18 | 102,43 | 103,22 | 101,51 | 113,75 |
| $2012_5$ | 105,55 | 104,33 | 103,58 | 104,23 | 101,87 | 104,16 |
| $2012_6$ | 107,47 | 105,48 | 104,73 | 105,24 | 102,23 | 90,73 |
| $2012_7$ | 109,4 | 106,64 | 105,89 | 106,25 | 102,59 | 96,75 |
| $2012_8$ | 111,32 | 107,79 | 107,04 | 107,26 | 102,95 | 105,28 |
| $2012_9$ | 113,25 | 108,94 | 108,19 | 108,27 | 103,31 | 106,32 |
| $2012_{10}$ | 115,18 | 110,09 | 109,34 | 109,28 | 103,67 | 103,39 |
| $2012_{11}$ | 117,1 | 111,24 | 110,49 | 110,29 | 104,03 | 101,17 |
| $2012_{12}$ | 119,03 | 112,4 | 111,65 | 111,3 | 104,39 | 101,17 |

والشكل (6-11) يوضح المقارنة بين القيم الفعلية والمتنبأ بها لكل من طرائق الانحدار المبهم.

شكل (6-11): رسم بياني للمقارنة بين التنبؤات والقيم الفعلية




وتم حساب مقياس دقة التنبؤات باستخدام مقياس القيم المطلقة لنسبة الخطأ (APE) و مقياس متوسط القيم المطلقة لنسبة الخطأ (MAPE) بعد الحصول على القيم الفعلية للمشاهدات المراد التنبؤ بها. وكانت النتائج كما هو موضح بالجدول (6-17).

جدول (6-17): مقياس دقة التنبؤ APE و MAPE لطرائق الانحدار المبهم

| APE% FRGP | APE% HBSI | APE% PETERS | APE% OZEL | APE% TANAKA | التنبؤ بأسعار البترول | | | | | أسعار البترول | تاريخ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | FRGP | HBSI | PETERS | OZEL | TANAKA | | |
| 0,05108055 | 0,062587707 | 0,074094864 | 0,067078305 | 0,08466648 | 101,43 | 100,2 | 98,97 | 99,72 | 97,84 | 106,89 | 1-2012 |
| 0,105678793 | 0,101952085 | 0,111535049 | 0,104880213 | 0,11472937 | 100,79 | 101,21 | 100,13 | 100,88 | 99,77 | 112,7 | 2-2012 |
| 0,141268359 | 0,132269293 | 0,1401647 | 0,133797436 | 0,136683929 | 101,15 | 102,21 | 101,28 | 102,03 | 101,69 | 117,79 | 3-2012 |
| 0,107604396 | 0,092571429 | 0,099516484 | 0,092923077 | 0,089054945 | 101,51 | 103,22 | 102,43 | 103,18 | 103,62 | 113,75 | 4-2012 |
| 0,021985407 | 0,000672043 | 0,005568356 | 0,001632104 | 0,013344854 | 101,87 | 104,23 | 103,58 | 104,33 | 105,55 | 104,16 | 5-2012 |
| 0,126749697 | 0,159925052 | 0,154303979 | 0,162570263 | 0,184503472 | 102,23 | 105,24 | 104,73 | 105,48 | 107,47 | 90,73 | 6-2012 |
| 0,060361757 | 0,098191214 | 0,094470284 | 0,102222222 | 0,130749354 | 102,59 | 106,25 | 105,89 | 106,64 | 109,4 | 96,75 | 7-2012 |
| 0,022131459 | 0,018806991 | 0,016717325 | 0,023841185 | 0,057370821 | 102,95 | 107,26 | 107,04 | 107,79 | 111,32 | 105,28 | 8-2012 |
| 0,02831076 | 0,018340858 | 0,017588412 | 0,024642588 | 0,065180587 | 103,31 | 108,27 | 108,19 | 108,94 | 113,25 | 106,32 | 9-2012 |
| 0,002708192 | 0,056968759 | 0,057549086 | 0,064803172 | 0,114034239 | 103,67 | 109,28 | 109,34 | 110,09 | 115,18 | 103,39 | 10-2012 |
| 0,02826925 | 0,0901453 | 0,092122171 | 0,099535435 | 0,157457744 | 104,03 | 110,29 | 110,49 | 111,24 | 117,1 | 101,17 | 11-2012 |
| 0,031827617 | 0,100128497 | 0,10358802 | 0,111001285 | 0,176534546 | 104,39 | 111,3 | 111,65 | 112,4 | 119,03 | 101,17 | 12-2012 |
| 0,060664686 | 0,077713269 | 0,080601561 | 0,082410607 | 0,110359195 | MAPE | | | | | | |

ويتضح لنا من الجدولين (6-17) التالي:

بالنسبة لمقياس MAPE فقد حقق هذا المقياس نتائج جيدة لجميع طرائق الانحدار المبهم حيث تكاد قيمته تقترب من الصفر وبمقارنة مقياس MAPE لطرائق الانحدار المبهم نجد أن قيمة طريقة FRGP **(0,060664686)** ولطريقة HBS1 **(0,077713269)** ولطريقة PET **(0,080601561)** ولطريقة OZEL **(0,082410607)** ولطريقة TANAKA **(0,110359195)** ويتضح لنا بأن طريقة FRGP يحقق نتائج أفضل من طرائق الانحدار المبهم الأخرى.

وهذا يعني أن تنبؤات الانحدار المهم باستخدام برمجة الأهداف FRGP أقرب إلى القيم الفعلية من تنبؤات طرائق الانحدار المبهم الأخرى. مما يدل على أن طريقة FRGP حققت نتائج أفضل من طرائق الانحدار المبهم السالفة الذكر.

### 6-9-2 المقارنة بين طرائق التنبؤ:

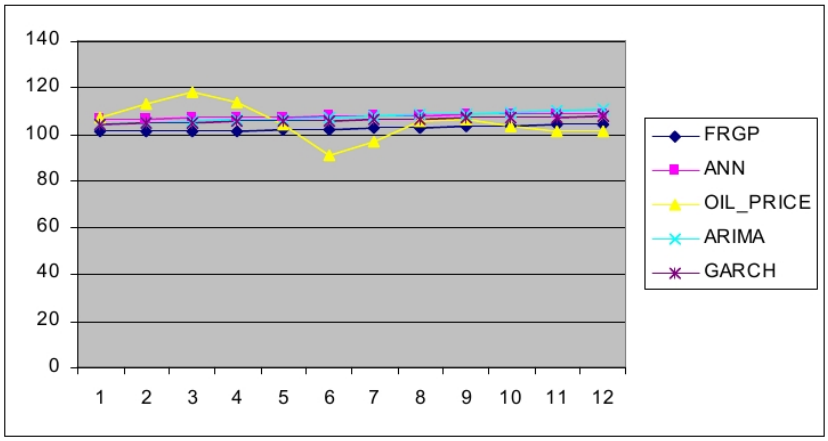
يتم في هذا الجزء مقارنة أساليب مختلفة من طرائق التنبؤ والممثلة في نماذج ARIMA ونماذج GARCH والشبكات العصبية الاصطناعية ANN وطريقة FRGP وذلك باستخدام سلسلة أسعار البترول الشهرية في الفترة من جانفي 2000 لغاية ديسمبر 2011 ولقد تم تشغيل هذه السلسلة على كل أسلوب من أجل التنبؤ بالقيم المستقبلية، ولقياس دقة التنبؤات تم استخراج القيم المتنبأ بها من كل طريقة للفترة من جانفي لغاية ديسمبر 2012 ويوضح الجدول (6-18) القيم المتنبأ بها بالمقارنة بالقيم الفعلية.

جدول (6-18): القيم المتنبأ بها والقيم الفعلية

| الشهر | القيم المتنبأ بها | | | | القيم الفعلية |
|---|---|---|---|---|---|
| | ARIMA | GARCH | ANN | FRGP | |
| 1 | 104,37 | 104,34 | 106,09 | 101,43 | 106,89 |
| 2 | 104,91 | 104,61 | 106,42 | 100,79 | 112,7 |
| 3 | 105,45 | 104,91 | 106,74 | 101,15 | 117,79 |
| 4 | 105,99 | 105,21 | 107,03 | 101,51 | 113,75 |
| 5 | 106,53 | 105,52 | 107,3 | 101,87 | 104,16 |
| 6 | 107,07 | 105,82 | 107,56 | 102,23 | 90,73 |
| 7 | 107,61 | 106,13 | 107,79 | 102,59 | 96,75 |
| 8 | 108,15 | 106,43 | 108,01 | 102,95 | 105,28 |
| 9 | 108,69 | 106,74 | 108,21 | 103,31 | 106,32 |
| 10 | 109,23 | 107,05 | 108,4 | 103,67 | 103,39 |
| 11 | 109,78 | 107,35 | 108,57 | 104,03 | 101,17 |
| 12 | 110,32 | 107,66 | 108,72 | 104,39 | 101,17 |

والشكل (6-12) يوضح المقارنة بين القيم الفعلية والمتنبأ بها لكل من طرائق التنبؤ.

شكل (6-12): رسم بياني للمقارنة بين التنبؤات والقيم الفعلية



وتم حساب مقياس دقة التنبؤات باستخدام مقياس القيم المطلقة لنسبة الخطأ (APE) و مقياس متوسط القيم المطلقة لنسبة الخطأ (MAPE) بعد الحصول على القيم الفعلية للمشاهدات المراد التنبؤ بها. وكانت النتائج كما هو موضح بالجدول (6-19).

جدول (6-19): مقياس دقة التنبؤ APE و MAPE لطرائق التنبؤ

| تاريخ | أسعار البترول | التنبؤ بأسعار البترول | | | | APE% GARCH | APE% ANN | APE % ARIMA | APE % FRGP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | FRGP | ANN | ARIMA | GARCH | | | | |
| 1-2012 | 106,89 | 101,43 | 106,09 | 104,37 | 104,34 | 0,023856301 | 0,00748433 | 0,023575639 | 0,05108055 |
| 2-2012 | 112,7 | 100,79 | 106,42 | 104,91 | 104,61 | 0,071783496 | 0,055723159 | 0,069121562 | 0,105678793 |
| 3-2012 | 117,79 | 101,15 | 106,74 | 105,45 | 104,91 | 0,109347143 | 0,09381102 | 0,104762713 | 0,141268359 |
| 4-2012 | 113,75 | 101,51 | 107,03 | 105,99 | 105,21 | 0,075076923 | 0,059076923 | 0,06821978 | 0,107604396 |
| 5-2012 | 104,16 | 101,87 | 107,3 | 106,53 | 105,52 | 0,013056836 | 0,030145929 | 0,022753456 | 0,021985407 |
| 6-2012 | 90,73 | 102,23 | 107,56 | 107,07 | 105,82 | 0,166317646 | 0,185495426 | 0,180094787 | 0,126749697 |
| 7-2012 | 96,75 | 102,59 | 107,79 | 107,61 | 106,13 | 0,096950904 | 0,114108527 | 0,112248062 | 0,060361757 |
| 8-2012 | 105,28 | 102,95 | 108,01 | 108,15 | 106,43 | 0,010923252 | 0,025930851 | 0,027260638 | 0,022131459 |
| 9-2012 | 106,32 | 103,31 | 108,21 | 108,69 | 106,74 | 0,003950339 | 0,017776524 | 0,022291196 | 0,02831076 |
| 10-2012 | 103,39 | 103,67 | 108,4 | 109,23 | 107,05 | 0,035399942 | 0,048457298 | 0,056485153 | 0,002708192 |
| 11-2012 | 101,17 | 104,03 | 108,57 | 109,78 | 107,35 | 0,061085302 | 0,073144213 | 0,08510428 | 0,02826925 |
| 12-2012 | 101,17 | 104,39 | 108,72 | 110,32 | 107,66 | 0,064149451 | 0,074626866 | 0,090441831 | 0,031827617 |
| MAPE | | | | | | 0,060991461 | 0,065481755 | 0,071863258 | 0,060664686 |

ويتضح لنا من الجدولين (6-19) التالي:

بالنسبة لمقياس MAPE فقد حقق هذا المقياس نتائج جيدة لجميع طرائق التنبؤ تكاد قيمته تقترب من الصفر وبمقارنة مقياس MAPE لطرائق التنبؤ نجد أن قيمة طريقة FRGP **(0,060664686)** ولطريقة GARCH **(0,060991461)** ولطريقة ANN **(0,065481755)** ولطريقة ARIMA **(0,071863258)**، ويتضح لنا بأن طريقة FRGP تحقق نتائج أفضل من طرائق التنبؤ الأخرى.

وهذا يعني أن تنبؤات الانحدار المهم باستخدام برمجة الأهداف FRGP أقرب إلى القيم الفعلية من طرائق التنبؤ الأخرى. مما يدل على أن طريقة FRGP حققت نتائج أفضل من طرائق التنبؤ السالفة الذكر.

وكما هو واضح فإن أسلوب الانحدار المبهم باستخدام برمجة الأهداف متفوق على طريقة الشبكات العصبية وطريقة GARCH وطريقة ARIMA وفق المعايير الإحصائية منها معيار MAPE. إذ تم الحصول على نتائج ذوات قيم اقل للمعايير الإحصائية المستخدمة لحساب أخطاء التنبؤ. لذلك يعتبر الانحدار المبهم باستخدام برمجة الأهداف هي الطريقة الأفضل والأكثر دقة للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية قيد الدراسة، مما يشجع على استخدام الأسلوب للتنبؤ بالسلاسل الزمنية المختلفة.

وبالتالي الانحدار المبهم هو طريقة بديلة لطريقة الشبكات العصبية وطريقة GARCH وطريقة ARIMA، خاصة في حالة وجود صفة الإبهام في البيانات والمعلمات. وتعتبر كل الطرق جيدة في التنبؤ ولكن طريقة الانحدار المبهمة هي الأفضل لأنها لا تحتاج خطوات أساسية للتوصل إلى نموذج التنبؤ الأفضل كما في حالة نماذج ARIMA.

**خلاصة :**

يشكل البترول المورد الأكثر أهمية خاصة للدول العربية بصفة عامة والجزائر بصفة خاصة ، حيث يشكل 98 % من صادرات الجزائر وبالتالي فإن حجم وقيمة برامج التنمية الاقتصادية في الجزائر يعتمد اعتماد كبيرا على سعر هذه السلعة الإستراتيجية في الأسواق العالمية، لذلك تعد دراسة أسعار البترول والتنبؤ بها من بين الدراسات التي تشكل أهمية بالغة بالنسبة لجميع الدول التي تصدر هذه السلعة وحتى الدول المستوردة لها .

تعتبر دراسة أسعار البترول والتنبؤ بها من بين الدراسات الأكثر صعوبة ذلك للحجم الكبير من المتغيرات الاقتصادية والسياسية والطبيعية... والتي يمكن أن تؤثر على هذه السلعة الإستراتيجية ولكن ومع التطور الكبير التي شهدته النماذج القياسية خاصة النماذج المتعلقة بالانحدار المبهم أصبح من الممكن نمذجة سلسلة أسعار البترول ودراسة تطوراتها وتحديد أرقام يمكن أن تقترب من الأسعار الحقيقية لهذه السلعة ومن بين هذه الطرائق نذكر طريقة FRGP وطريقة TANAKA وطريقة OZEL وطريقة PET.

نظرا للأهمية البالغة التي تكتسيها أسعار البترول في تحقيق برامج التنمية الاقتصادية بالنسبة لجميع الدول سواء المصدرة أو المستوردة ، وحيث أن الجزائر من بين الدول التي يعتمد إقتصادها على تقلبات سعر هذه السلعة. قمنا في هذا الفصل بنمذجة أسعار البترول باستخدام نماذج ARIMA(1976) وأيضا نماذج ARCH(1982) ونماذج GARCH(1988) وتطبيق طريقة الشبكات العصبية وتطبيق طرائق الانحدار المبهم منها طريقة FRGP وطريقة TANAKA وطريقة OZEL وطريقة PET للتنبؤ بأسعار البترول خلال الـ12 شهر القادمة ابتداء من جانفي إلى غاية ديسمبر 2012.

ومن خلال نتائج الجدولين (6-17) و(6-19) فإن أسلوب الانحدار المبهم (FRGP) بالاعتماد على البرمجة بالأهداف أفضل وأكثر دقة مقارنة مع أسلوبي الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) وتحليل السلاسل الزمنية لنماذج (ARIMA) و(GARCH).

# الخاتمة العامة

إن تخطي سعر برميل البترول الخام حاجز السبعين دولارا خلال الفترة الماضية، أصبحت التساؤلات تتزايد حول تأثير ارتفاع أسعار البترول على اقتصادات الدول المستهلكة ومستويات العرض والطلب العالمي وردود الفعل المحتملة من قبل الحكومات، وإمكانية استمرار الأسعار عند هذه المستويات[1].

وبنظرة عاجلة على الأسواق البترولية، نرى أن الأسعار الحالية لخام غرب تكساس الوسيط هي ضعف متوسط السعر خلال الخمس السنوات الماضية. وكما هو متوقع فلقد أدلى المحللون والخبراء والصحافة بدلوهم للإجابة على هذه التساؤلات، فنجد في مختلف وسائل الإعلام الكثير من الآراء حول موضوع تأثير الأسعار على اقتصادات الدول. وكثيرا ما تتم المقارنة بين أوضاع اليوم وأوضاع الاقتصاد والسوق البترولي في أواخر السبعينات وأوائل الثمانينات حيث شهد السوق آنذاك ارتفاعا كبيرا في الأسعار كما له تأثير قوي وسلبي في الاقتصاد والطلب على البترول.

ومن المثير للاهتمام أيضا أن جميع الدراسات التي تمت من قِبل شركات البترول والمعاهد العلمية والجامعات والمستشارين في السنوات الماضية لم تضع أي تصور أو سيناريوهات لوصول الأسعار إلى مستوياتها الحالية. وكان التفكير السائد أن اقتصادات العالم ومستويات الطلب سوف تنهار عند هذه المستويات. ولعل الدرس الحقيقي في هذا الشأن هو أن الجميع كان مخطئا بشأن إمكانية وصول الأسعار إلى مستويات اليوم من ناحية، ومستويات النمو الاقتصادي وما يرتبط به من طلب مرتقب على البترول في ظل هذه الأسعار من ناحية أخرى.

ويعزى السبب الأساسي في عدم صحة التوقعات السابقة إلى أن أسعار البترول تخضع لمجموعة كبيرة من العوامل المتشابكة والمتغيرة في آن واحد. وبعض تلك العوامل منظور، بينما البعض الآخر غير منظور ويكاد يستحيل التنبؤ بحدوثه مثل إعصار كاترينا الذي اجتاح خليج المكسيك وهي المنطقة المهمة من حيث إنتاج وتكرير البترول. ولكن العوامل الأساسية التي ينبغي أخذها في عين الاعتبار عند النظر في مسألة تأثير أسعار البترول على الاقتصاد وتقديرات الطلب المستقبلي كثيرة ومتشابكة، فالعلاقة بين سعر البترول والطلب معقدة وفي تغير وتطور مستمر.

[1] http://www.aawsat.com/details.asp?issueno=9532&article=331005#.URa_k8hwZbI

إن الهدف الرئيسي لهذا البحث هو دارسة أسعار البترول، وذلك لأجل التعرف على نمط تغير أسعار البترول. ومن ثم بناء نموذج يساعد على التنبؤ بقيم أسعار البترول في الأجل القصير. من أجل ذلك تم استخدام البيانات الشهرية المتاحة من البنك الدولي، وذلك للفترة من الشهر الأول (2000) إلى الشهر ديسمبر (2011). حيث تم تطبيق الأساليب الإحصائية المتعلقة بدراسة السلاسل الزمنية مثل اختبارات السكون عن طريق تفحص معالم الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي وتفحص شكل الارتباط لهذه المعالم. بالإضافة إلى اختبار ديكي فور الموسع للسلسلة الزمنية. وقد تم استخدام منهجية الارتباط الذاتي والمتوسط المتحرك (ARIMA). كما تم استخدام بعض المعايير الإحصائية لاختبار النموذج المناسب مثل اختبار سكون البواقي وتطبيق معايير (Akaike) و (Schwarz) وخطأ التنبؤ واختبارات اختلاف التباين المشروط ذي الانحدار الذاتي (ARCH) للنموذج المختار.

وإن الهدف من نماذج ARCH أو GARCH هو نمذجة التباين (variance)، وأكثر استخدامها يكون في نماذج البيانات المالية، لان الاتجاه الحديث لدى المستثمرين لا ينصب فقط على دراسة والتنبؤ، وإنما يهتمون أيضا بعنصر المخاطرة أو عدم التأكد (uncertainty)، ولدراسة عدم التأكد فنحن بحاجة إلى نماذج خاصة تتعامل مع تطاير (voltaility) قيم الظاهرة عبر سلسلة زمنية أو ما يمكن أن نطلق عليه بتباين السلسلة (variance)، والنماذج التي تتعامل مع هذا النوع من التباين تنتمي إلى ما يمكن تسميته بأسرة نماذج GARCH.

وتهدف هذه الدراسة بشكل رئيسي لاستخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم (FRGP) ومقارنتها مع نماذج ARIMA ونماذج GARCH والشبكات العصبية (NN) لما لها من مقدرة كما هو معروف من الدراسات السابقة التي استخدمت هذه التقنيات فيها وذلك لعمل تنبؤات بأسعار البترول من الفترة جانفي إلى ديسمبر 2012. كما تم مقارنة أداء هذه النماذج مع أداء النموذج المعد خصيصا للتنبؤ بأسعار البترول والمبني على طريقة استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم وتم تسميته بـ FRGP.
تم استخدام العديد من الأدوات والبرامج لتنفيذ هذه الدراسة وتشمل: برنامج EVEIWS V6 وبرنامج STATISTICA V8 وبرنامج LINGO V11، وما يحتويه هذه البرنامج

من أدوات لتقنيات السلاسل الزمنية ونظرية المجموعات المبهمة (Fuzzy Sets) والشبكات العصبية (NN) وتم استخدام وتوفير البيانات لأسعار البترول الشهرية من 2000 إلى 2011 وجعل أشهر سنة 2012 للاختبار.

وتعتبر كل من نماذج ARIMA ونماذج GARCH والشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) وطرائق الانحدار المبهم (FR) أدوات جيدة وأعطت نتائج مقبولة في فترة بناء النموذج وفترة اختبار القدرة التنبؤية للنموذج المقترح. حيث تفوقت طريقة الانحدار المبهم باستخدام البرمجة بالأهداف في أدائها وقدرتها على تقدير والتنبؤ بأسعار البترول في فترتي التدريب والتحقق.

بحيث أظهرت النتائج بشكل واضح بان تقنيات الانحدار المبهم والبرمجة بالأهداف أنها تقنيات واعدة في حقل التنبؤ بأسعار البترول. كما أن هذه الدراسة أكدت أن تقنيات الانحدار المبهم والبرمجة بالأهداف يعتبران بديلاً للنماذج التقليدية لنمذجة أسعار البترول.

وقد خلصت هذه الدراسة إلى النتائج الرئيسية التالية:

1- تفترض النماذج الحالية لعملية التقدير، البيانات غير مبهمة والمعلمات غير مبهمة، غير أن البيانات مبهمة والمعلمات مبهمة وبالتالي تؤدي هذه النماذج إلى نتائج غير واقعية.
2- من وجهة نظر الباحثين فإن سبب كفاءة أسلوب الانحدار المبهم باعتماد على برمجة الهداف مقارنة بأسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية والسلاسل الزمنية هو تميزها بالبساطة وإمكانية اخذ المعلمات المبهمة والمخرجات مبهمة بعين الاعتبار.
3- تعد طريقة الانحدار المبهم طريقة بديلة عن الطرائق الكلاسيكية المستخدمة في التنبؤ والتي هي الطريقة الأفضل والأكثر دقة للتنبؤ بالقيم المستقبلية للانحدار الخطي المبهم قيد الدراسة.
4- تعتمد النماذج الحالية لعملية التنبؤ على نظرية الاحتمالات، ورغم أن هذه النظرية مفيدة في دراسة التنبؤات، إلا أنها لا تحقق التكامل المطلوب الذي يجب أن تعتمد عليه التنبؤ بأسعار البترول نتيجة لوجود الإبهام المحيط بالعمليات الواقعية.

5- إن نظرية المجموعات المبهمة يمكن استخدامها في تحليل الانحدار لوصف كل من المفاهيم الإبهام (Fuzzy)، كما يمكن استخدام صيغها الرياضية في نماذج الانحدار.

6- توفر نظرية المجموعات المبهمة إطارا رياضيا يمكن من خلاله تعديل نماذج الانحدار.

7- إن صلاحية نظرية المجموعات المبهمة للتطبيق في الواقع العملي لنماذج التنبؤ تؤكد تسهيل مهمة اتخاذ القرارات. إذ أن هذه النظرية تحقق لعملية التنبؤ التطور المستهدف منها.

8- بيانات أسعار البترول المتوفرة غير دقيقة ويجب التعامل معها بحذر.

9- تقنيات الانحدار المبهم (FUZZY REGRESSION) والبرمجة بالأهداف (GOAL PROGRAMMING) أظهرت أنها تقنيات واعدة في حقل التنبؤ بأسعار البترول.

10- كما أن هذه الدراسة أكدت أن تقنيات الانحدار المبهم (FR) والبرمجة بالأهداف يعتبران بديلاً للنماذج التقليدية لنمذجة أسعار البترول.

11- أظهرت تقنية الانحدار المبهم قدرتها أن تكون أداة فعالة في كونها تأخذ بعين الاعتبار البيانات المبهمة والمعلمات المبهمة واستخدامها في نمذجة أسعار البترول.

12- أداء نماذج تقنيات الانحدار المبهم (FR) باستخدام البرمجة بالأهداف تفوق بشكل كبير على أداء نموذج GARCH ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) ونماذج ARIMA. ومن ناحية أخرى تعتبر كل من النماذج ANN و GARCH و ARIMA أدوات جيدة وأعطت نتائج مقبولة في فترتي التدريب والتحقق. بينما تفوقت نماذج FRGP في قدرتها على تقدير والتنبؤ بأسعار البترول.

وعلى هذا فإن من أهم التوصيات التي خرجت من هذه الدراسة ما يلي:

1- المعلومات المكتسبة في هذه الدراسة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار والاستفادة منها في أي دراسة مستقبلية.

2- الاستفادة من ارتفاع أسعار البترول لتطوير المشاريع الكبرى وزيادة المشاريع البترولية، كذلك زيادة الاستثمارات الخارجية من قبل الشركات الأجنبية، فمن الأفضل للجزائر أن تستقطب الشركات التي لها رغبة كبيرة في العمل في الجرائر خاصة الشركات التي لها خبرة كبيرة في هذا البلد.

3- الاستفادة من عوائد البترول في تطوير قطاع الصناعة في الجزائر بشكل عام وتطوير الصناعة البترولية بشكل خاص.

4- الاستفادة من عوائد البترول من اجل تحسين الحالة المعيشية للمواطن الجزائري وتحسين المشاريع الخدمية.

5- المعلومات المكتسبة في هذه الدراسة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار والاستفادة منها في أي دراسة مستقبلية.

6- ضرورة الاستفادة من استخدام نظرية المجموعات المبهمة في إجراء عليمة التقدير، حيث أنها تحقق العديد من المزايا المتكاملة، والتي من أهمها أنها تساعد على عملية التنبؤ خاصة البيانات المبهمة والمعلمات المبهمة.

7- يجب عدم تجاهل الإبهام وعدم الوضوح اللذان تتصف بهما مشاكل أو معالجتها بطريقة خاطئة، لان ذلك هو المصدر الرئيسي لعدم صحة عملية التقدير، وذلك عن طريق تعديل النماذج الموجودة حاليا لكي تأخذ الإبهام وعدم والوضوح في الاعتبار.

8- ضرورة قيام مراكز البحث بتشجيع البحوث التي تتناول نظرية المجموعات المبهمة وسد أوجه النقص فيها، حتى تكون مرشدا شاملا للمراجع في تحليل الانحدار المبهم.

9- القيام بالمزيد من الدراسات التي تغطي كافة جوانب تحليل نظرية المجموعات المبهمة، مع توفير نظام المعلومات الملائم الذي يقدم المعلومات لازمة لاستخدام النظرية حتى يمكن وضع أساس علمي لطرائق التنبؤ.

10- استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم للتنبؤ، وذلك لما لهذا الأسلوب من مقدرة فائقة في التنبؤ عن الأساليب الأخرى.

11- تهيب هذه الدراسة للمسئولين وواضعي السياسات الاقتصادية الاستعانة بالأساليب العلمية في التنبؤ بأسعار البترول حتى يتمكنوا من وضع الخطة الاقتصادية بصورة عليمة.

12- توافر قاعدة للبيانات على المستوى القومي تراعي الدقة في نشر البيانات فكلما كانت البيانات المستخدمة في التحليل دقيقة أدى ذلك إلى الحصول على نتائج أفضل وساعد متخذي القرار على وضع سياستهم بصورة صحيحة، حيث لوحظ أثناء مرحلة تجميع البيانات اختلاف القيم المنشورة عن متغير معين من جهة لأخرى.

**أفاق البحث:**

في إطار الحديث عن طرائق الانحدار المبهم والشبكات العصبية تثار العديد من القضايا التي تحتاج إلى المزيد من البحث والتوسع ذات الصلة بالموضوع غير أن إطار الدارسة لم يسمح بتناولها بإسهاب، والتي يمكن أن تكون مفاتيح لبحوث مستقبلية، والتي نذكر من بين أهمها تلك المتعلقة بتهجين الشبكات العصبية المبهمة وطرائق الانحدار المبهم للتنبؤ بأسعار البترول.

هذا ما استطعنا عليه في الوقت الراهن، فإن وفقنا فذلك ما كنا نود ونبتغي وإن جانبنا الصواب فيما سطرناه فلا حيلة لنا فيما كان: **" وما تشاءون إلا أن يشاء الله "**.

وسبحان ربك رب العزة عما يصفون وسلام على المرسلين والحمد لله رب العالمين.

# المراجع

**أولا: المراجع باللغة العربية.**


1- إبراهيم أحمد مخلوف " التحليل الكمي في الإدارة " جامعة الملك سعود1994.

2- إبراهيم رسادن حجازي " التحليل الكمي لقياس كفاءة الوحدة الاقتصادية " رسالة دكتوراة غير منشورة كلية التجارة، جامعة القاهرة، 1986.

3- أحمد حسن زغلول " استخدام نظرية المجموعات غير المحددة في علاج مشكلة الغموض في المحاسبة والمراجعة " المجلة المصرية للدراسات التجارية ، المجلد الرابع عشر العدد السادس ، ص 141-175. 1990.

4- أحمد حلمي جمعة " استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في اكتشاف الاخطاء الجوهرية في البيانات المالية: دراسة تطبيقية " المؤتمر العلمي السنوي الحادي عشر، ذكاء الأعمال واقتصاد المعرفة، عمان- الاردن، 23-26 ابريل 2012.

5- أحمد محمد غنيم "الأساليب الكمية المفاهيم العلمية والتطبيقات الإدارية، الجزء الأول" المكتبة العصرية للنشر والتوزيع مصر- المنصورة- 2009.

6- الأميرة إبراهيم عثمان " استخدام نموذج برمجة الأهداف في تخطيط الأرباح وأثر ذلك على البيانات المحاسبة " رسالة لنيل درجة الماجستير في المحاسبة، جامعة الإسكندرية كلية التجارة، 1977.

7- باسل يونس الخياط، إيمان حازم أحمد " النمذجة الرياضية لعدم اليقين: عامل اليقين ونظرية الدليل " المجلة العرقية للعلوم الإحصائية (20) ص ص (47-60)، 2011.

8- بدر نبيه أرسانيوس " دراسة اختبارية لاستخدام الشبكات العصبية لتطوير دور مراقب الحسابات في التقرير عن القوائم المالية المضللة " المؤتمر العلمي السنوي الحادي عشر ذكاء الاعمال واقتصاد المعرفة، عمان – الاردن 23-26 ابريل 2012.

9- برنارد تايلور، تعريب سرور على ابراهيم سرور " مقدمة في علم الادراة " الكتاب الاول، دار المريخ للنشر، 2007 ص 534.

10- بركات، خالد سعيد: مدخل النظرية الضبابية لدعم قـــدرة متخـــذ القـــرار علـــى الاستفادة من المعلومات المحاسبية، مجلة البحوث التجارية، كلية التجارة، جامعـــة الزقازيق، العدد الثاني، الجزء الاول، المجلد 22، يوليه، ص 188. 2000.

11- ترجمة وإعداد د م نذير المحرز " المنطق العائم وتطبيقاته الهندسية " دار النـــشر غير موجودة، 2010.

12- تومي صالح " مدخل النظرية القياس الاقتصادي " ديوان المطبوعـــات الجامعيـــة 1999.

13- جعفر محمد حاجي، محمد عبد الهادي المحميد " الشبكة العصبية: التنبؤ بأســـعار صرف الدينار الكويتي مقابل الدولار الأمريكي " المجلة العربية للعلوم الاداريـــة، مجلد 6، عدد 1، يناير ، 17-35. 1999.

14- جورج كانافوس، دون ميلر، تعريب د سلطان محمد عبد الحميد، مراجعة د محمد توفيق البلقيني " الاحصاء للتجاريين مدخل حديث " دار المريخ للنشر، الريـــاض، المملكة العربية السعودية، 2004.

15- حسن محمد الياس، هبة على طه الصباع، " تحليل الانحدار المـــضبب " المجلـــة العراقية للعلوم الاحصائية (10) ص ص (61-84)، 2006.

16- حسين ياسين طعمة، إيمان حسين حنوش، " الاحصاء الاســـتدلالي " دار صـــفاء للنشر والتوزيع – عمان، الطبعة الأولى 2012.

17- خالد وليد عطا الشبيبي، " دراسة بعض الطرائق التقليديـــة والـــشبكة العـــصبية الاصطناعية في التنبؤات المستقبلية "، ماجستير في بحوث العمليات، جامعة بغداد، 2007.

18- الخياط، باسل يونس ذنون " اللاتاكدية من خـــلال نظريـــة الاحتمـــال ونظريـــة المجموعات المضببة "، المجلة العراقية للعلوم الاحصائية، العدد (6)، كلية علـــوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، 2004.

19- ريجي بوربوبي، جان كلود إيزينيه، ترجمة أيمـــن نـــايف العـــشعوش، " التنبـــؤ بالمبيعات بين النظرية والتطبيق " فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثنـــاء النـــشر. 2008.

20- سالم عبد الحسن رس " إقتصاديات النفط " الجامعة المفتوحة طـــرابلس، الطبعـــة الاولى 1999.

21- سرور علي إبراهيم سرور "نظم دعـــم القـــرارات لإدارة العمليـــات، وبحـــوث العمليات" دار المريخ للنشر الرياض 2007.

22- سهام النويهي " المنطق الغائم FUZZY LOGIC " الناشر المكتبـــة الاكاديمـــة 2001.

23- سهيل نجم عبد الله " مقارنة بعض معايير تحديد الرتبة لانموذج الانحدار الـــذاتي (الطبيعي وغير الطبيعي) من الرتبة الاولى باستخدام المحاكـــاة " مجلـــة العلـــوم الاقتصادية والادراية، المجلد غير مدكور.

24- ساهد عبد القادر " طرق ونماذج التنبؤ في الميدان الصناعي مـــع وضـــع نظـــام للتنبؤ– دراسة ميدانية بمركب تحويل الذرة بمغنية – " ، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، تخصص: إدارة العمليـــات والإنتـــاج، جامعـــة تلمسان، 2006.

25- صفاء علي ناصر " الرياضيات والتحليل العددي " دار اليازوري العلمية للنـــشر والتوزيع، عمان ، 2008.

26- صفاء يونس الصفاوي، عزة حازم زكي، " مقارنة بين طريقتي التنقيـــة المكيفـــة والشبكات العصبية مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحـــصائية (9) ص ص (49–66)، 2006.

27- صفاء كريم كاظم " استخدام برمجة الاهداف الخطية لتخطيط طلبة التعليم العـــالي والتقني في محافظة المثنى " المجلة العراقية للادارة والاقتـــصاد، العـــدد التاســـع والخمسون، ص ص 69–78، 2006.

28- صلاح محمد شيخ ديب " استخدام نموذج برمجة الاهداف في إدارة سلسلة التوريد دراسة تطبيقية على قطاع الغزل والنسيج في مصر " دكتوراه الفلـــسفة فـــي إدارة الاعمال، كلية التجارة قسم ادارة الاعمال جامعة عين شمس، 2004.

29- صوار يوسف " محاولة تقدير خطر عدم تسديد القرض بإستعمال طريقة القرض التنقيطي والتقنية الشكبة العصبية الاصطناعية بالبنوك الجزائرية دراسة حالة: بنك

الجزائري للتنمية الريفية BADR " دكتوراه في العلوم الاقتصادية تخصص تسيير، جامعة تلمسان، 2008.

30- ضياء مجيد الموسوي " ثورة أسعار النفط 2004 " ديوان المطبوعات الجامعيـــة 2005-02.

31- ظافر حسين رشيد النجار، محمد جاسم محمد " التقـــديرات الحـــصينة لانحـــدار الضبابي " المؤتمر الإحصائي العربـــي الأول، عمـــان الأردن 12-13 نـــوفمبر 2007.

32- عباس برايس " تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في الهندســـة الإنـــشائية: نظرة عامة " مجلة جامعة الملك سعود، م 12، العلوم الهندسية (1)، ص ص 1-18، 2000.

33- عبد الرحمن محمد أبو عمه، أحمد العش؛ "البرمجـــة الخطيـــة"؛ جامعـــة الملـــك سعـــود؛ السعـــودية، 1990.

34- عبد العزيز مؤمنه " البترول.. والمستقبل العربي " طبع على مطابع: اكـــسبرس انتر ناشيونال برنتنغ كومباني بيروت لبنان الطبعة الاولى يناير 1986.

35- عبد الغفار شحاته عبده فرحات " استخدام نموذج برمجة الأهـــداف فـــي تعظـــيم شركة النصر للغزل والنسيج بالزقازيق وبورسعيد" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التجارة، جامعة الزقازيق، 1985.

36- عبد القادر محمد عبد القادر عطية " الحديث في الاقتصاد القياسي بين النظريـــة والتطبيق " الدار الجامعية، الاسكندرية، 2005.

37- عائدة يونس محمد المراد " مقارنة بين الانحدار الكلاسيكي والـــشبكات العـــصبية الاصطناعية في التنبؤ بمستويات نتائج بحوث طلبة كلية التربية الرياضية" المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (21) ص ص 286-303، 2012.

38- عبد الله بن سليمان العزاز " دراسة مقارنة لـــبعض منـــاهج البرمجـــة المتعـــددة الأهداف " مجلة جامعة الملك سعود، م11، العلوم الاداريـــة (2)، ص ص 325-355 الرياض 1999.

39- عصام الجلبي " مستقبل الاقتصاد العربي بين النفط والاستثمار " التوزيع في الاردن دار الفارس للنشر والتوزيع الطبعة الاولى 2008.

40- على الجازي وآخرون، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (1) ص 197-211، 2009.

41- على السلمي " الأساليب الكمية في الإدارة " القاهرة : دار المعارف 1975.

42- عمر صابر قاسم، إسراء رستم محمد " دراسة رياضية تحليلية لخوارزميات الشبكات العصبية الاصطناعية في ملائمة نموذج للتشخيص الطبي " المؤتمر العلمي للرياضيات-الاحصاء والمعلوماتية 2012، جامعة الموصل- كلية علوم الحاسبات والرياضيات.

43- فاضل عباس الطائي، ساندي يوسف هرمز " التنبؤ بالسلسلة الزمنية باستخدام طريقة الجار الاقرب المضبب مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (19) ص ص (181-196)، 2011.

44- فاضل عباس الطائي، نجلاء سعد الشرابي " المنطق المضبب لنموذج سلسلة زمنية غير المراوحة مع التطبيق " المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (18) ص ص [91-116]، 2010.

45- فريد عبد الفتاح زين الدين " بحوث العمليات وتطبيقات في حل المشكلات واتخاذ القرارات " جامعة الزقازيق 1997.

46- فوزي بندر بدر العتيبي " استخدام السلاسل الزمنية والشبكات العصبية في التنبؤ بالأرقام القياسية دراسة تطبيقية على الأرقام القياسية لأسعار المستهلك بدول الكويت " بحث مقدم للحصول على درجة الماجستير في الإحصاء التطبيقي جامعة قناة السويس قسم الإحصاء التطبيقي والتأمين 2003.

47- فارس غانم احمد وآخرون " التنبؤ الالكتروني لفعاليات الاركاض للنساء باستخدام الشبكات العصبية " المؤتمر العلمي الثاني للرياضيات – الإحصاء والمعلوماتية 2012 جامعة الموصل – كلية علوم الحاسبات والرياضيات.

48- قازي ثاني لطفي " تحليل نمطي لمتغيرات نموذج البرمجة بالأهداف " رسالة لنيل درجة الماجستير تخصص تسيير العلميات والإنتـــاج، جامعـــة تملـــسان، الـــسنة الجامعية: 2006-2007.

49- م.م. مظهر خالد عبد الحميد " بناء نماذج برمجة الاهداف لقدير نموذج الانحـــدار الخطي البسيط " مجلة تكريت للعلوم الادارية والاقتصادية / المجلد 5 / العدد 14 / ص ص 182- 206 /2009.

50- محمد الحناوي " بحوث العمليات في مجال الإدارة " الإسكندرية ، مؤسسة شباب الجامعة 1981.

51- محمد شريف توفيق " برمجة الأهداف منهج متقدم لصياغة وحل نماذج البـــرامج الرياضية متعددة الأهداف " الطبعة الثانية مكتبة التكامل – الزقازيق، 1985.

52- محمد طه أحمد الغنام، هبة على طه الصباغ، " دراسة في المتغيـــرات المـــضببة والانحدار المتعدد المضبب " مجلة تكريت للعلوم الادارية والاقتصادية، المجلد 5، العدد 14، 2009.

53- محمد عبد الله عبد المقصود حسان " تخطيط الإنتاج الكلي في ظل تعدد الأهداف دراسة حالة على شركة الشرقية للغزل والنسيج " رسالة ماجستير غير منـــشورة، كلية التجارة، جامعة المنوفية، 1989.

54- محمد عبد المنعم جوده حزين " استخدام البرمجة الرياضـــية متعـــددة الأهـــداف التفاعلية في تخطيط برامج إعادة التأمين مدخل نظم دعم القرار " المجلة المصرية للدراسات التجارية، المجلد السابع والعشرون العدد الأول 2003.

55- محمد جاسم محمد " استخدم نماذج GARCH للتنبؤ بمؤشر سوق الاوراق المالية السعودية "، السنة غير موجودة.

56- محمد على الشرقاوي "الذكاء الاصطناعي والـــشبكات العـــصبية" الكتـــاب الأول ضمن سلسلة علوم وتكنولوجيا حاسبات المـــستقبل، مطـــابع المكتـــب المـــصري الحديث، سنة النشر غير مذكورة.

57- محمود ، أسيل سمير محمد ، "مقارنة بين طرائق تحليل وتنبؤ السلاسل الزمنيـــة وتطبيقها على مبيعات الشركة العامة لتوزيع كهرباء بغداد" ، أطروحة مقدمة الـــى قسم الأحصاء / كلية الأدارة والأقتصاد / جامعة بغداد. 2005.

58- مسعود عبد الله بدري واخرون " استخدام تحليل التمايز والشبكات العـــصبية فـــي التنبؤ بدرجة اعتمادية العميل المصرفي " المجلة العربية للعلوم الادارية، مجلد 3، عدد 2، مايو ، 295-315. 1996.

59- مثنية عبد الله مصطفى " مقارنة بين تحليل المكونات المستقلة والمنطق المضبب " المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (21) ص ص 316-345، 2012.

60- مظهر خالد عبد الحميد " بناء نماذج برمجة الأهداف لتقـــدير نمـــوذج الانحـــدار الخطي البسيط " مجلة تكريت للعلوم الادراية والاقتصادية، المجلد 5، العـــدد 14، ص ص 182-206، 2009.

61- ملفي منشر عوض دخيل الظفيري " اســـتخدام الـــشبكات العـــصبية والأســـاليب الإحصائية التقليدية للتنبؤ بأعداد الركاب على الخطوط الجوية الكويتية " ماجستير في الإحصاء التطبيقي والتأمين، جامعة قناة السويس، 2004.

62- مكيديش محمد، ساهد عبد القادر " دراسة قياسية لأسعار البترول باستخدام نماذج GARCH " مجلة الاقتصاد المعاصر، العدد 03 أفريل 2008.

63- مكيديش محمد " التخطيط الإجمالي للطاقة الإنتاجية باستخدام البرمجة الرياضـــية مع وضع نموذج رياضي للتخطيط الإجمالي للطاقة الإنتاجية في المؤسسة الوطنية للصناعات المعدنية غير الحديدية والمواد النافعة وحدة Bental مغنيـــة " مـــذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتـــصادية تخـــصص: إدارة العمليـــات والانتاج، جامعة تلمسان، 2005.

## ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية.


1- A. Charnes and W. W. Cooper, Management Models and Industrial Applications of Linear Programming (New York: John Wiley and Sons, 1961).
2- Alizadeh, A., & Mafinezhad, K. Monthly Brent oil price forecasting using artificial neural networks and a crisis index. In: Proceedings of the international conference on electronics and information engineering (vol. 2 (5559818), pp. V2465–V2468). 2010.
3- Arthur Charpentier "Séries temporelles; theorie et applications" université de Dauphine paris 2003.
4- B. Carsberg, " On the Linear Programming Approach to Asset Evaluation, " Journal of Accounting Research, pp. 165-182. Autumn 1969
5- B.Aouni, J. Martel " Real estata through au imprecise goal programming model, méthode and reuristics for decision making " , 2000.
6- Bardossy, A., Hagaman, R., and et al. Fuzzy least squares regression, theory and application. In Kacprzyk, J. and Fedrizi, M.,editors, Fuzzy Regression Analysis, pages 21–44. Omnitech Press. 1992.
7- Bargiela, A., Pedrycz, W., and Nakashima, T. Multiple regression with fuzzy data. Fuzzy Sets and Systems, 158:2169–2188. 2007.
8- Bector, C.R. and Chandra Suresh,"Fuzzy Mathematical Programming and Fuzzy Matrix Games", Springer-Verlag Berlin Heidelberg Printed in Germany. 2005
9- Bernard Rapacchi " Les séries chronologiques " paris 1993.
10- Bollerslev, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of Econometrics 31, 307–327. 1986.
11- Bollerslev, T., Chou, R.Y., Kroner, K.F. ARCH modeling in finance: a review of the theory and empirical evidence. Journal of Econometrics 52, 5–59. 1992.
12- BourBonnais.R ;"économétrie,Manuel et exercices corrigés" 4$^{eme}$ ed :Dunod ; paris ; 2002.
13- Buckley , James J,"An introduction to fuzzy logic and fuzzy sets " , Esfandiar Eslami Heidelberg ,ISBN 3-7908-1447-4 2002
14- Chan, K., Kwong, C., and et al .An intelligent fuzzy regression approach for affective product design that captures nonlinearity and fuzziness. Journal of Engineering Design, 22:523–542. 2011.
15- Chang,Y.-H. and Ayyub, B.M. Fuzzy Regression Methods—A Comparative Assessment. Fuzzy Sets and Systems 119, 187–203. 2001.
16- Chen Sh , and Chen Ltu, oil prices and real exchanges rates , Energy economic , Vol.29 , PP.390 – 404. 2007
17- Chen, L. and Hsueh, C. Fuzzy regression models using the least-squares method based on the concept of distance. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 17:705–712. 2009.
18- Chen, S. and Dang, J. A variable spread fuzzy linear regression model with higher explanatory power and forecasting accuracy. Information Sciences, 178:3973–3988. 2008.
19- Chung, W. Using the fuzzy linar regression method to benchmark the energy efficiency of commercial buildings. Applied Energy, 95:45–49. 2012.
20- Coppi, R., D'Urso, P., and et al. Least squares estimation of a linear regression model with lr fuzzy response. Computational Statistics & Data Analysis, 51:267–286. 2006.

21- Coppola, A. Forecasting oil price movements: Exploiting the information in the futures market. Journal of Futures Markets, 28(1), 34–56. 2008.
22- D.S.G.Pollock " A Handbook of time-series analysis. Signal processing and dynamics " Copyright by academic press London 1999.
23- D'Urso, P. and Gastaldi, T. A least-squares approach to fuzzy linear regression analysis. Computational Statistics & Data Analysis, 34:427–440. 2000.
24- D'Urso, P. Linear regression analysis for fuzzy/crisp input and fuzzy/crisp output data. Computational Statistics & Data Analysis, 42:47–72. 2003.
25- Diamond, P. Fuzzy least squares. Information Sciences, 46:141–157. 1988.
26- Dickey, D. and W. Fuller "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root," Journal of the American Statistical Association, 74, 427-431. 1979 .
27- Dickey, D. and W. Fuller . "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root," Econometrica, 49, 1057-1072. 1981.
28- Dubois and H. Prade, "Possibility Theory", New York: Plenum. 1988
29- Dubois, J. Lang and H. Prade, "Possibilistic logic". In D.M. Gabbay, et al., eds, Handbook of Logic in AI and Logic Programming, Vol. 3, Oxford University Press, 439-513. 1994
30- Dubois, L.Foulloy.G. Mauris, H. Prade, "Probabilitypossibility transformations, triangular fuzzy sets, and probabilistic inequalities". Reliable Computing 10:273-397. 2004
31- Engle, Robert F. "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation," Econometrica, 50, 987-1008. 1982.
32- Evans, G.W, " An overview of technique for solving multiobjective mathematical programs ", management science, p : 1274- 1276. 1984.
33- F. K. Wright, " Measuring Asset Services: A Linear Programming Approach, " Journal of Accounting Research, pp. 222-236. Autumn 1968.
34- Franco Percchi " Econometrics " John wiley-Sons,LTD New York 2001.
35- G ladysz, B. and Kuchta, D. Least squares method for l-r fuzzy variables. In Gesu, V. D., Pal, S., and Petrosino, A., editors, WILF 2009, LNAI 5571, pages 36–43. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 2009
36- George Dantzig, Linear Programming and Extensions (New Jerssy: Princeton University Press, 1963)
37- George, J. Klir and Bo Yuan;Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and applications. publ. By Prentice Hall PTR. New Jersey 07458. 199
38- Georges Bresson , Alain Pirotte " Econometrie des series temporelles " presses universitaires de France 1998.
39- Gourieroux.C ;Monfort .A ;"séries temporelles et modèles dynamique",ed :économica ,1990.
40- H Hassanpour; H R Maleki; M A Yaghoobi " Approch to fuzzy linear regression with non-fuzzy input " Asia-Pacific Journal of Operation Research; Vol. 26, No. 5 .587-604. 2009.
41- Haidar, I., Kulkarni, S., & Pan, H. Forecasting model for crude oil prices based on artificial neural networks. In Proceedings of the 2008 international conference on intelligent sensors, sensor networks and information processing (4761970), pp. 103–108. 2008.

42- Heshmaty, B. and Kandel, A.. Fuzzy Linear Regression and Its Applications to Forecasting in Uncertain Environment. Fuzzy Sets Systems 15, 159-191. 1985.
43- Hog, E., & Tsiaras, L.. Density forecasts of crude-oil prices using optionimplied and ARCH-type models. Journal of Futures Markets. doi:10.1002/ fut.20487. 2010.
44- Hojati, M., Bector, C., and Smimou, K. A simple method for computation of fuzzy linear regression. European Journal of Operational Research, 166:172–184. 2005.
45- Hong, D., Song, J., and Young, H. Fuzzy leastsquares linear regression analysis using shape preserving operations. Information Sciences, 138:185–193. 2001
46- http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=crude-oil
47- Hurlin.C;" économétrie appliquée des séries tenporelles"; Université de paris Dauphine 2003.
48- J. Liu, Y. Bai and B. Li, "A new approach to forecast crude oil price based on fuzzy neural network," in FSKD '07: Proceedings of the Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, pp. 273-277, 2007.
49- J. S. Kornbluth, " Accounting in Multiple Objective Linaer Programming, " The Accounting Review, PP. 284-295. April 1974.
50- J.M. Samules, " Opportunity Costing: An Application of Mathematical Programming, " Journal of Accounting Research, pp. 182-191. Autumn 1965
51- James P. Ignizio, Goal Programming and Extensions (Massachusets: D. C. Heath and Co., 1979).
52- Jinliang, Z., Mingming, T., & Mingxin, T. Based on wavelet-Boltzman neural network and kernel density estimation model predict international crude oil prices. International Conference on Future Computer and Communication, 5235682, 150–153. 2009.
53- Joel Demski " An Accounting System Structured on a Linear Programming Model, " The Accounting Review, pp. 701-712. October 1967.
54- Juan M. Rodriguez Poo " Computer-aided introduction to econometrics " New york: springer 2003.
55- Jui-Cheng Hung , Ming-Chih Lee, Hung-Chun Liu,. Estimation of value-atrisk for energy commodities via fat-tailed GARCH models. Energy Economics 30 ,1173–1191. 2008.
56- Kaboudan, M. A. Chapter 61 – Short-term compumetric forecast of crude oil prices. In Modeling and control of economic systems 2001, a proceedings volume from the 10th IFAC symposium, Klagenfurt, Austria, pp. 365–370. 2001.
57- Kao, C. and Chyu, C. Least-squares estimates in fuzzy regression analysis. European Journal of Operational Research, 148:426–435. 2003.
58- Kao, C. and Lin, P. Entropy for fuzzy regression analysis. International Journal of Systems Science, 36:869– 876. 2005
59- Khashei, M., Hejazi, S., and Bijari, M. A new hybrid artificial neural networks and fuzzy regression model for time series forecasting. Fuzzy Sets and Systems, 159:769–786. 2008
60- Kim, B.,Bishu,R.R. Evaluation of fuzzy linear regression models by comparing membership functions. Fuzzy Sets and Systems 100, 342–352. 1998.
61- Kim, K.J., Moskowitz, H., and Koksalan, M.. Fuzzy Versus Statistical Linear Regression. Eur. J. Oper. Res. 92, 417–434. 1996
62- Knetsch, T. A. Forecasting the price of crude oil via convenience yield predictions. Journal of Forecasting, 26(7), 527–549. 2007.
63- Kratschmer, V. Least-squares estimation in linear regression models with vague concepts. Fuzzy Sets and Systems, 157:2579–2592. 2006.

64- Kuo, R. J., Hit, T. L., & Chen, Z. Y. Evolutionary algorithm-based RBF neural network for oil price forecasting. ICIC Express Letters, 3(3), 701–705. 2009.
65- Kwiatkowski, D., P.C.B. Phillips, P. Schmidt and Y. Shin . "Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root," Journal of Econometrics, 54, 159-178. 1992.
66- L. Yu, K.K. Lai, S. Wang and K. He, "Oil price forecasting with an EMD-based multiscale neural network learning paradigm," in Lecture notes in computer science, Berlin / Heidelberg: Springer, , pp. 925-932. 2007.
67- Lackes, R., Börgermann, C., & Dirkmorfeld, M. Forecasting the price development of crude oil with artificial neural networks. Lecture Notes in Computer Science, 5518 LNCS(Part 2), 248–255. 2009.
68- Leili Nikbakht , oil prices and exchange eates , the case of OPEC , Business intelligence journal , PP102 – 120 . 2009.
69- Lin, Feng; Yu, Xing Huo; Gregor, Shirely and Irons, Richard. “Time Series Forecasting with Neural Networks”, Complexity International, Volume 02, ISSN 1320-0682, Australia. 1995.
70- Lorterapog, Pasit and Osama Moselhi " Project-Network Analysising Using Fuzzy Sets Theory ", P308-309. 1996.
71- Martel.J- M, B. Aouni, « Diverse imprécise goal programming model formulations », Journal of global optimisation, 1998.
72- Mohamed Boutaher " Analyse des series chronologiques " www.lumimath. Univ-mrs.fr /~ boutahar/ AE2pro.pdf.
73- Moshiri, S., & Foroutan, F. Forecasting nonlinear crude oil futures prices. Energy Journal, 27(4), 81–95. 2006.
74- Nasrabadi, M.M. and Nasrabadi, E. A Mathematical – Programming Approach to Fuzzy Linear Regression Analysis, Applied Mathematics and Computation, Vol.155, 3, 873-881. 2004 .
75- Nagoor Gani. A " Applied Mathematical Science, Vol. 6, no. 11, 525-532, 2012
76- Ozelkan, E. and Duckstein, L. Multi-objective fuzzy regression: A general framework. Computers & Operations Research, 27:635–652. 2000.
77- Pan, H., Haidar, I., & Kulkarni, S. Daily prediction of short-term trends of crude oil prices using neural networks exploiting multimarket dynamics. Frontiers of Computer Science in China, 3(2), 177–191. 2009.
78- Peter J Brockwell, Richard A Davis "Introduction to Time Series and Forecasting " Springer-Verlag New York, Inc.2002.
79- Peters, G. Fuzzy linear regression with fuzzy intervals. Fuzzy Sets and Systems, 63:45–55. 1994.
80- Phillips, P.C.B. and P. Perron . "Testing for Unit Roots in Time Series Regression," Biometrika, 75, 335-346. 1988.
81- Qunli, W., Ge, H., & Xiaodong, C. Crude oil price forecasting with an improved model based on wavelet transform and RBF neural network. International Forum on Information Technology and Applications, 1(5231578),231–234. 2009.
82- Régis BourBonnais.R ;Terraza.M ;"Analyse des séries temporelles en économie "; 1$^{ere}$ ed :presse universitaires de France ; 1998.
83- Ross Oppenheim "Forecasting via the Box-Jenkins method " Academy of marketing science, journal 1986.

84- Ruey S.Tsay " Analysis of finanaciel time series " John wiley & sons, INC 2000.
85- Russell davidson, James G Machimon " Econometric Theory and Methods " Copyright 1999.
86- S. Moshiri and F. Foroutan, "Forecasting nonlinear crude oil futures prices," The Energy Journal, vol. 27, pp. 81-95, 2005.
87- S. Wang, L. Yu and K. K. Lai, "Crude oil price forecasting with TEI@I methodology," Journal of Systems Science and Complexity, vol. 18, pp. 145-166, 2005.
88- Sakawa, M. and Yano, H. Multi-objective fuzzy linear regression analysis for fuzzy input-output data. Fuzzy Sets and Systems, 47:173–181. 1992.
89- Sang M. Lee, Goal Programming for Decision Analysis (Philadelphia: Aurbach Publishing Inc., 1972)
90- Savic, D.A. and Pedrycz, W. Evaluation of Fuzzy Linear Regression Models. Fuzzy Sets and Systems, 39, 51-63. 1991
91- Sanhita Banerjee " An Official journal of Turkish Fuzzy Systems Association Vol.3, No.1, pp. 16-44, 2012.
92- Sun, D. L., & Lai, J. Oil price forecasting using neural networks method. Shiyou Huagong Gaodeng Xuexiao Xuebao/Journal of Petrochemical Universities, 19(2), 89–92. 2006.
93- Tanaka, H., Uejima, S., and Asai, K. Linear regression analysis with fuzzy model. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 12:903–907. 1982.
94- Tanaka, H. Fuzzy Data Analysis by Possibilistic Linear Models, Fuzzy Sets and Systems 24 ,363 - 375. 1987.
95- Timothy W. Ruefli, " A Generalized Goal Decomposition Model, " Mnagement Science, PP. B505-B517. April 1971.
96- Tsay, Ruey S. .Analysis of Financial Time Series. JOHN WILEY & SONS, INC. 2008.
97- Valérie Mignon ,Sandrine Lardic" Econometrie des séries temporelles macroeconomiques et financieres" Economica , paris 2002.
98- Védrine.j.p ; Bringuier.e ; Brisard.A ;"Techniques quantitatives de gestion " ;ed :Vuibert gestion ;Paris ; 1985
99- W. J. Baumol and T. Fabian, "Decomposition Pricing for Decentralization and External Economics, " Management Science, PP. 1-31. September 1964.
100- Yang, M. and Lin, T. Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input-output data. Fuzzy Sets and Systems, 126:389–399. 2002.
101- Yang, X. L., Zhu, D. H., & Liu, Y. F. Application of BP neural network to the prediction of crude oil futures price. Beijing Ligong Daxue Xuebao/Transaction of Beijing Institute of Technology, 26(Suppl.), 195–198. 2006.
102- Yu, L., Lai, K. K., Wang, S., & He, K. Oil price forecasting with an EMD-based multi-scale neural network learning paradigm. Lecture Notes in Computer Science, 4489 LNCS(Part 3), 925–932. 2007.
103- Yu, L., Wang, S., & Lai, K. K. Forecasting crude oil price with an EMD-based neural network ensemble learning paradigm. Energy Economics, 30(5), 2623–2635. 2008.
104- Yuji Ijiri, Management Goals and Accounting for control (Chicago: Rand-McNally and Co., 1965).

105- Zadeh L.A.," Fuzzy Sets as A Basis for A Theory of Possibility " , Fuzzy Sets and Systems 100 Supplement: 9-34, North-Holland. 1999.
106- Zadeh, L.A, " Fuzzy Sets , Information and Control " , Vol. 8, pp. 338-353 . 1965

# الملاحق

الملحق (6-1): البيانات الشهرية لأسعار البترول من 2000 إلى 2011

| Month | Price | Change |
|---|---|---|
| janv-00 | 25.21 | 0.80 % |
| Feb 2000 | 27.15 | 7.70 % |
| mars-00 | 27.49 | 1.25 % |
| Apr 2000 | 23.45 | -14.70 % |
| May 2000 | 27.23 | 16.12 % |
| juin-00 | 29.62 | 8.78 % |
| juil-00 | 28.16 | -4.93 % |
| Aug 2000 | 29.41 | 4.44 % |
| sept-00 | 32.08 | 9.08 % |
| oct-00 | 31.40 | -2.12 % |
| nov-00 | 32.33 | 2.96 % |
| Dec 2000 | 25.28 | -21.81 % |
| janv-01 | 25.95 | 2.65 % |
| Feb 2001 | 27.24 | 4.97 % |
| mars-01 | 25.02 | -8.15 % |
| Apr 2001 | 25.66 | 2.56 % |
| May 2001 | 27.55 | 7.37 % |
| juin-01 | 26.97 | -2.11 % |
| juil-01 | 24.80 | -8.05 % |
| Aug 2001 | 25.81 | 4.07 % |
| sept-01 | 25.03 | -3.02 % |
| oct-01 | 20.73 | -17.18 % |
| nov-01 | 18.69 | -9.84 % |
| Dec 2001 | 18.52 | -0.91 % |
| janv-02 | 19.15 | 3.40 % |
| Feb 2002 | 19.98 | 4.33 % |
| mars-02 | 23.64 | 18.32 % |
| Apr 2002 | 25.43 | 7.57 % |
| May 2002 | 25.69 | 1.02 % |
| juin-02 | 24.49 | -4.67 % |
| juil-02 | 25.75 | 5.14 % |
| Aug 2002 | 26.78 | 4.00 % |
| sept-02 | 28.28 | 5.60 % |
| oct-02 | 27.53 | -2.65 % |
| nov-02 | 24.79 | -9.95 % |
| Dec 2002 | 27.89 | 12.51 % |
| janv-03 | 30.77 | 10.33 % |
| Feb 2003 | 32.88 | 6.86 % |
| mars-03 | 30.36 | -7.66 % |
| Apr 2003 | 25.49 | -16.04 % |
| May 2003 | 26.06 | 2.24 % |

| | | |
|---|---|---|
| juin-03 | 27.91 | 7.10 % |
| juil-03 | 28.59 | 2.44 % |
| Aug 2003 | 29.68 | 3.81 % |
| sept-03 | 26.88 | -9.43 % |
| oct-03 | 29.01 | 7.92 % |
| nov-03 | 29.12 | 0.38 % |
| Dec 2003 | 29.95 | 2.85 % |
| janv-04 | 31.40 | 4.84 % |
| Feb 2004 | 31.32 | -0.25 % |
| mars-04 | 33.67 | 7.50 % |
| Apr 2004 | 33.71 | 0.12 % |
| May 2004 | 37.63 | 11.63 % |
| juin-04 | 35.54 | -5.55 % |
| juil-04 | 37.93 | 6.72 % |
| Aug 2004 | 42.08 | 10.94 % |
| sept-04 | 41.65 | -1.02 % |
| oct-04 | 46.87 | 12.53 % |
| nov-04 | 42.23 | -9.90 % |
| Dec 2004 | 39.09 | -7.44 % |
| janv-05 | 42.89 | 9.72 % |
| Feb 2005 | 44.56 | 3.89 % |
| mars-05 | 50.93 | 14.30 % |
| Apr 2005 | 50.64 | -0.57 % |
| May 2005 | 47.81 | -5.59 % |
| juin-05 | 53.89 | 12.72 % |
| juil-05 | 56.37 | 4.60 % |
| Aug 2005 | 61.87 | 9.76 % |
| sept-05 | 61.65 | -0.36 % |
| oct-05 | 58.19 | -5.61 % |
| nov-05 | 54.98 | -5.52 % |
| Dec 2005 | 56.47 | 2.71 % |
| janv-06 | 62.36 | 10.43 % |
| Feb 2006 | 59.71 | -4.25 % |
| mars-06 | 60.93 | 2.04 % |
| Apr 2006 | 68.00 | 11.60 % |
| May 2006 | 68.61 | 0.90 % |
| juin-06 | 68.29 | -0.47 % |
| juil-06 | 72.51 | 6.18 % |
| Aug 2006 | 71.81 | -0.97 % |
| sept-06 | 61.97 | -13.70 % |
| oct-06 | 57.95 | -6.49 % |
| nov-06 | 58.13 | 0.31 % |
| Dec 2006 | 61.00 | 4.94 % |
| janv-07 | 53.40 | -12.46 % |
| Feb 2007 | 57.58 | 7.83 % |

| | | |
|---|---|---|
| mars-07 | 60.60 | 5.24 % |
| Apr 2007 | 65.10 | 7.43 % |
| May 2007 | 65.10 | 0.00 % |
| juin-07 | 68.19 | 4.75 % |
| juil-07 | 73.67 | 8.04 % |
| Aug 2007 | 70.13 | -4.81 % |
| sept-07 | 76.91 | 9.67 % |
| oct-07 | 82.15 | 6.81 % |
| nov-07 | 91.27 | 11.10 % |
| Dec 2007 | 89.43 | -2.02 % |
| janv-08 | 90.82 | 1.55 % |
| Feb 2008 | 93.75 | 3.23 % |
| mars-08 | 101.84 | 8.63 % |
| Apr 2008 | 109.05 | 7.08 % |
| May 2008 | 122.77 | 12.58 % |
| juin-08 | 131.52 | 7.13 % |
| juil-08 | 132.55 | 0.78 % |
| Aug 2008 | 114.57 | -13.56 % |
| sept-08 | 99.29 | -13.34 % |
| oct-08 | 72.69 | -26.79 % |
| nov-08 | 54.04 | -25.66 % |
| Dec 2008 | 41.53 | -23.15 % |
| janv-09 | 43.91 | 5.73 % |
| Feb 2009 | 41.76 | -4.90 % |
| mars-09 | 46.95 | 12.43 % |
| Apr 2009 | 50.28 | 7.09 % |
| May 2009 | 58.10 | 15.55 % |
| juin-09 | 69.13 | 18.98 % |
| juil-09 | 64.65 | -6.48 % |
| Aug 2009 | 71.63 | 10.80 % |
| sept-09 | 68.38 | -4.54 % |
| oct-09 | 74.08 | 8.34 % |
| nov-09 | 77.56 | 4.70 % |
| Dec 2009 | 74.88 | -3.46 % |
| janv-10 | 77.12 | 2.99 % |
| Feb 2010 | 74.72 | -3.11 % |
| mars-10 | 79.30 | 6.13 % |
| Apr 2010 | 84.14 | 6.10 % |
| May 2010 | 75.54 | -10.22 % |
| juin-10 | 74.73 | -1.07 % |
| juil-10 | 74.52 | -0.28 % |
| Aug 2010 | 75.88 | 1.83 % |
| sept-10 | 76.11 | 0.30 % |
| oct-10 | 81.72 | 7.37 % |
| nov-10 | 84.53 | 3.44 % |

| | | |
|---|---|---|
| Dec 2010 | 90.07 | 6.55 % |
| janv-11 | 92.66 | 2.88 % |
| Feb 2011 | 97.73 | 5.47 % |
| mars-11 | 108.65 | 11.17 % |
| Apr 2011 | 116.32 | 7.06 % |
| May 2011 | 108.18 | -7.00 % |
| juin-11 | 105.85 | -2.15 % |
| juil-11 | 107.88 | 1.92 % |
| Aug 2011 | 100.45 | -6.89 % |
| sept-11 | 100.83 | 0.38 % |
| oct-11 | 99.92 | -0.90 % |
| nov-11 | 105.36 | 5.44 % |
| Dec 2011 | 104.26 | -1.04 % |

**الملخص:** تُعد دراسة التنبؤ بأسعار البترول من أكثر الدراسات تعقيدا نظرا لتعدد المتغيرات الديناميكية التي تؤثر في هذه السلعة الإستراتيجية فبالإضافة إلى القوانين الاقتصادية التي تتحكم في أسعارها كقانون العرض والطلب نجد متغيرات أخرى أكثر تحكما في أسعارها وهي الظروف السياسية خاصة إذا تعلق الأمر بدولة تساهم كثيرا في الإنتاج العالمي. وقد تزايد الاهتمام بموضوع التنبؤ خلال السنوات الأخيرة وظهرت أساليب حديثة خاصة، منها نماذج *GARCH*، الشبكات العصبية الاصطناعية *Artificial Neural Networks*، نظرية المجموعات المبهمة *Fuzzy Sets Theory* ونماذج الانحدار المبهم *Fuzzy Regression Models*. لذلك ظهرت الحاجة لمقارنة الطرائق الاعتيادية المستخدمة في التنبؤ بأسعار البترول مع الأساليب المعاصرة لإيجاد الأسلوب الأكثر كفاءة في التنبؤ، فقد تم مقارنة الطرائق الاعتيادية مع الطرائق المعاصرة وطريقة استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم في هذه الأطروحة، وتم الاعتماد على معيار متوسط القيم المطلقة لنسبة الخطأ Mean Absolute Percentage Error للمفاضلة بين الطرائق. وأثبتت طريقة استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم تفوقها على الطرائق الاعتيادية والمعاصرة.
**الكلمات المفتاحية: البرمجة بالأهداف، نظرية المجموعات المبهمة، نماذج الانحدار المبهم ، أسعار البترول**

**Résumé:** La prévision du prix du pétrole importantes est considérée comme la plus complexe dans le contexte des grands variables dynamiques qui influent sur cette marchandise stratégique. Outre les lois économiques qui déterminent son prix comme l'offre et la demande ; les conditions politiques sont considérées comme un facteur déterminant particulièrement quand il s'agit de grands pays producteurs. L'intérêt donné à cette théorie ne cesse de croitre pendant ces dernières années notamment envers les méthodes les plus spécifiques et modernes tels que le modèle de *GARCH,* les *Réseaux Neuraux Artificiels*, la Th*éorie des Ensembles Flous, les modèles de régression flous.* Cependant, il s'agit maintenant de les comparer et d'en trouver le modèle de prévision le plus adéquat et le plus performant de parmi les méthodes habituelles et les modèles les plus récents. L'objectif de cette recherche est de comparer ces modèles entre eux et avec la méthode de "goal programming" pour l'analyse de la régression floue en se basant sur le niveau moyen des valeurs absolues du taux de l'erreur. Dans ce contexte comparatif, c'est la méthode qui utilise la "goal programming" dans l'analyse de la régression floue qui a donné le plus des résultats significatifs.
**Mots clés: " goal programming ", théorie des ensembles flous, réseaux neuraux artificiels, modèles de régressions floues, prix du pétrole.**

**Abstract:** The study of forecast oil prices is considered among the most complex studies due to the various dynamic variables which influence on these strategic goods. In addition to the economic laws that control its prices such as the law of supply and demand, we find other variables which control more over its prices characterized in the political conditions, especially if it is concerned with the state that contributes a lot to the world production. There has been proving interest in the subject of forecasting during recent years and there have appeared specific modern methods for example, *GARCH Models, Artificial Neural Networks, Fuzzy Sets Theory and Fuzzy Regression Models.* For this reason, there has appeared the need of comparing the used ordinary methods to forecast the oil prices with modern methods to find the most competent method in forecasting. A comparison between the usual methods and the modern ones has been tackled in this research as well as with the use of Goal Programming in the analysis of Fuzzy Regression Models, and Mean Absolute Percentage Error has been adopted to make a comparison between the methods. Goal Programming Method has proved its superiority over the usual and modern methods in analyzing Fuzzy Regression Models.
**Key Words: goal programming, fuzzy sets theory, fuzzy regression models, oil prices.**