مجلة جامعة الملك سعود، م١١، العلوم الإدارية (٢)، ص ص ٣٢٥-٣٥٥ الرياض (١٤١٩هـ/ ١٩٩٩م).

دراسة مقارنة لبعض مناهج البرمجة المتعددة الأهداف

عبدالله بن سليمان العزاز

أستاذ مشارك، قسم الأساليب الكمية، كلية الاقتصاد والإدارة،
جامعة الملك سعود، فرع القصيم

(قدم للنشر في ١٤/ ٦/ ١٤١٨هـ؛ وقبل للنشر في ٣/ ١/ ١٤١٩هـ)

ملخص البحث. يقدم هذا البحث مقارنة لأربعة مناهج تعتمد على أسس البرمجة الخطية التقليدية، والتي تمثل إطاراً علمياً لتحليل النظم المعقدة التي تحتوي على أهداف متعددة وهي: برمجة الأهداف، والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف، برمجة الأهداف المشوشة، والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة. ويهدف البحث إلى استخلاص طبيعة تلك المناهج وطرق حلها وإبراز أهم خصائصها بغرض زيادة وعي متخذ القرار وإثراء معرفته بها، ودعوته إلى بحث إمكانية الاستفادة منها في معالجة بعض المشكلات التي تتسم بتعدد الأهداف.

ويوضح البحث أن لكل منهج خصائصة المميزة، من حيث متطلبات صياغة النموذج وبناء الأهداف وترتيب أولوياتها، والنتائج التي يتم الحصول عليها ودور متخذ القرار في عملية التحليل. ويخلص البحث إلى أهمية إدراك عدم وجود منهج أمثل يمكن اعتباره منهجا معياريا لتحليل جميع المشكلات التي تتسم بتعدد الأهداف. كما يؤكد البحث على أهمية إدراك متطلبات الاستعانة بأحد هذه المناهج من حيث الطاقات البشرية المتاحة التي تتولى عمليات تحليل ودراسة المشكلة وخاصيتها ومهاراتها ووعيها بدور متخذ القرار في التحليل والاستنتاج، ودقة البيانات المتاحة، وهيكل أولويات الأهداف.

مقدمـــة

تواصلت خلال الأربعة العقود الماضية حركة التقدم التقني، فشملت كثيراً من مجالات النشاط البشري الصناعية، والزراعية، والتجارية، بل معظم الأنشطة الأخرى مما أدى إلى

تغيير طبيعة المنظمات واتساع حجم المنشآت الإنتاجية والتجارية وتنوع أنشطتها واتساع حجم السوق، وشدة المنافسة بين المنشآت المحلية والعالمية.

وصاحب تلك الحركة وتلازم معها تقدم منظم للعلوم الإدارية، فتغير كثير من المفاهيم والمبادىء والأساليب التي تدير استراتيجيات النشاط البشري وتخططها وترسمها. وتنوعت بذلك الوظائف الإدارية واتجهت إلى التخصص في الإنتاج، والتسويق، والتمويل، وإدارة الموارد المختلفة. كما تطورت الأساليب العلمية ذات الصلة الوثيقة بعمليات صنع القرار في مراحله المتلاحقة، حيث اهتم حقل علم الإدارة وبحوث العمليات في نهاية الخمسينيات بالتركيز على قضايا الكفاءة، أي إنجاز مهمة محددة بأفضل طريقة ممكنة بناء على معيار واحد ومحدد مسبقاً. وظهر ذلك جلياً في معالجة مشكلات التحكم في المخزون، وجدولة الإنتاج، ومشكلات النقل، وصفوف الانتظار، وتخصيص الموارد.

وفي السبعينيات اتجهت تلك الأساليب لمعالجة المشكلات الاستراتيجية والتركيز على قضايا الفعالية - أي التعرف على ما يجب فعله، والتأكد من ارتباط معيار التقويم المستخدم بالهدف المرغوب تحقيقه- والسعي نحو التحقيق المتوازن لمجموعة متنوعة وعريضة من الأهداف المتعارضة أحياناً.

وفي أواخر الثمانينيات وبداية التسعينيات استمر الاهتمام بتطوير أساليب اتخاذ القرار المتعدد الأهداف، لدعم متخذ القرار من خلال تزويده بمعلومات قيمة عن بيئة القرار ونتائج البدائل المتاحة.

هكذا تعددت الأساليب وتمايزت فيما بينها بخصائص تتيح معالجة مشكلة ما بعدة طرق، الأمر الذي أصبح معه اختيار أسلوب التعامل مع المشكلة ذا أهمية بالغة من حيث توفير الوقت والجهد والتكلفة، بل دقة النتائج وسلامتها ومطابقتها - قدر الإمكان - للواقع الفعلي.

وما هذه الدراسة التي بين أيدينا إلا خطوة نحو استعراض أربعة أساليب مختارة لتجانسها من حيث المنهجية وإن اختلفت في صياغتها وإجراءات حلها بهدف مقارنتها وإثراء معرفة متخذ القرار بإمكانياتها والظروف الملائمة لاستخدامها.

الدراسات السابقة

تعد نقطة الانطلاق التي تميز اتخاذ القرار المتعدد الأهداف منهجا رسميا لنوع من المشكلات التي تواجة متخذي القرارات هي محاولتها المستمرة لتمثيل الأهداف المتعددة وغير الواضحة من خلال عدة محاك دقيقة نوعا ما ومتعارضة بشكل عام. وقد اختلفت تلك الأساليب في فلسفتها وفرضياتها وطرق معالجتها للأهداف المتعددة حيث أشار جويكوشا وآخرون [١] إلى وجود خمسين أسلوباً على الأقل تم تطويرها للتعامل مع تعدد الأهداف. وفي ظل هذا العدد من الأساليب اهتم كثير من الباحثين بالمناهج التي تعالج المشكلات التي تسعى لتحقيق أهداف متعددة، وقاموا بدراستها ومقارنتها. على سبيل المثال، قام كوهون وماركس [٢] بدراسة هدفت إلى مراجعة اثني عشر أسلوبا من أساليب البرمجة المتعددة الأهداف وتقويم فائدتها في مجال تخطيط الموارد المائية. وقد قام الباحثان بتصنيف تلك الأساليب إلى ثلاث فئات هي:

الفئة الأولى:

أساليب مولدة للحلول (طريقة الأوزان Weighting method، طريقة القيد Constraint method طريقة اشتقاق العلاقة الدالية للفئة غير المثلى Derivation of functional relationship for the inferior set، طريقة البحث المتكيف Adaptive search).

الفئة الثانية:

أساليب تعتمد على الإفصاح المسبق لتفضيلات متخذ القرار (برمجة الأهداف Goal Programming، طريقة تقدير دوال المنفعة Assessing utility functions طريقة تقدير الأوزان المثلى Estimation of optimal weights، طريقة إليكتري Electre method طريقة تضحية قيمة البديل Surrogate worth trade off method).

الفئة الثالثة:

أساليب تتبنى التعريف المتكرر لتفضيلات متخذ القرار (طريقة المرحلة STEP method طريقة الأوزان التكرارية Iterative weighting method، طريقة حل المشكلات المتعددة الأهداف المتتابعة Sequential multiobjctive problem solving).

وقد استخدم الباحثان ثلاثة معايير ذاتية لتقويم فائدة تلك الأساليب هي الكفاءة الحسابية، وضوح التناقض بين الأهداف، وحجم المعلومات المقدمة إلى متخذ القرار.

وقد اعتبر الباحثان كثيرا من تلك الأساليب غير قابلة للتطبيق على مشكلات الموارد المائية. كذلك أشاروا إلى وجوب استخدام طريقة الأوزان أو طريقة القيد، عندما يكون عدد الأهداف أربعة أو أقل. كما أشاروا إلى أهمية استخدام الأساليب التي تستطيع أن تقيد مساحة منطقة الحلول المجدية إذا كان هناك أربعة أهداف أو أكثر.

وفي دراسة قام بها إيفانز [٣] تهدف إلى نقد أساليب حل البرمجة الرياضية المتعددة الأهداف ركزت الدراسة على الأساليب التي تتطلب من متخذ القرار الإفصاح عن تفضيلاته بالنسبة لترتيب أهمية الأهداف المتعددة قبل عملية الحل وخلالها أو بعدها.

وقد اقتصرت الدراسة على الأساليب التي تعنى بمتغيرات القرارات المستمرة أو بعض متغيرات القرارات الوثابة. وقد أوضح الباحث أن كثيرا من الدراسات السابقة في مجال مراجعة الأساليب المختلفة التي تعالج تعدد الأهداف وتقويمها قاصرة نوعا ما، لأنها تعتمد على البديهيات والفهم، وليس على اختبارات موضوعية أو ممارسات ذات دلالات معنوية، ويعلل ذلك بحداثة هذا الحقل العلمي وقلة التطبيقات الواقعية لتلك الأساليب. وقد أشار الباحث إلى صعوبة تقويم تلك الأساليب في ظل غياب المعايير الموضوعية التي تحكم تفضيلات متخذ القرار. وقد استنتج الباحث أن أفضل أسلوب لتوظيفه في موقف معين يعتمد على خصائص ذلك الموقف، والتي قد تشتمل على حجم النموذج الرياضي المستخدم ونوعه وعلى قدرة متخذ القرار ورغبته في الإفصاح عن كميات المعلومات المرتبطة بتفضيلاته وأنواعها.

وفي دراسة قام بها والينوس[٤] هدفت إلى نشر نتائج تجربة معملية لمقارنة أداء ثلاث طرق تفاعلية لمعالجة مشكلات تعدد الأهداف هي: طريقة جيفرون وطريقة بنيون وآخرين والمعروفة باسم طريقة المرحلة STEP method، وطريقة المنهج غير المهيكل وهي عبارة عن إجراء بسيط مبني على أساس التجربة والخطأ لحل المشكلات المتعددة الأهداف. وقد اشتملت التجربة المعملية على عرض مشكلة لتخطيط الإنتاج الكلي والمخزون والعمالة لشركة تنتج منتجا موسميا. وقد تم إجراء التجربة على فئتين: **الفئة الأولى** شملت ثمانية عشر طالبا من طلاب إدارة الأعمال يدرسون مقررا في بحوث العمليات. أما **الفئة الثانية** فشملت ثمانية عشر مديرا تم استدعاؤهم من الشركات الصناعية والذين سبق لهم أن واجهوا مشكلات في الإنتاج والمخزون والعمالة وتعاملوا معها. وقد تم تقويم الثلاثة

الأساليب من خلال عدة معايير أداء من بينها : ثقة متخذ القرار في أفضل حل، سهولة استخدام الأسلوب، سهولة فهم منطق الأسلوب بناء على التوجيهات المعطاة للمشاركين في التجربة، فائدة المعلومات المقدمة لمساعدة متخذ القرار، سرعة الحصول على الحل (تم قياسها بعدد المحاولات المتكررة للوصول للحل والزمن الكلي المطلوب لذلك)، والوقت الذي استغرقته وحدة المعالجة المركزية للحصول على الحل. وقد استنتج الباحث أن الأداء العام لطريقة جيفرون لم يكن جيداً مثلما أشير إليه في بعض دراسات سابقة. كذلك استنتج الباحث أن طريقة التجربة والخطأ (المنهج غير المهيكل) نافس الطرق الأخرى بنجاح في كثير من معايير الأداء التي سبق ذكرها.

وفي دراسة قام بها كل من موريس وليرو [٥] لمقارنة منهج برمجة الأهداف مع منهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف من ناحية الصياغة وفلسفة متخذ القرار حيال الإفصاح عن تفضيلاته ووصف مميزات كل منهما ومساوئه. وقد أشار الباحثان إلى وجود عدة انتقادات موجهة إلى كلا المنهجين تتلخص في أن برمجة الأهداف تفترض هيكل تفضيلات هرميا صارما للأهداف في المستويات العليا، والتي لابد من تحقيقها بقدر المستطاع قبل التفكير في تحقيق الأهداف في المستويات الدنيا، غير أن الباحثين أشارا إلى مرونة برمجة الأهداف في التعامل مع هذه الصرامة من خلال استخدام الأوزان المناسبة بين الأهداف بحيث يمكن تفادي هيكل التفضيلات الصارم. أما بالنسبة لمنهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف فغالبا ما يكون غير عملي في معالجة المشكلات الكبيرة الحجم بسبب ضخامة الوقت المطلوب لإجراء الحسابات المطلوبة للحصول على جميع الحلول الممكنة. وقد استنتج الباحثان إمكانية تفضيل برمجة الأهداف عندما يكون لدى متخذ القرار صورة واضحة عن أهدافه قبل البدء في إجراءات الحل. أما إذا رغب متخذ القرار في فحص جميع الحلول الممكنة قبل الإفصاح عن تفضيلاته بشأن ترتيب أهمية الأهداف فيكون من الأفضل استخدام منهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف.

وفي دراسة لستيوارت [٦] هدفت إلى مراجعة بعض نظريات اتخاذ القرار المتعدد المحاك وممارساته ومقارنتها والتعرف على الصعوبات الكامنة في استخدام المناهج المختلفة واقتراح المناهج الأكثر كفاءة من ناحية الاستخدام خصوصاً بالنسبة للمستخدم غير المختص في مجال طرق اتخاذ القرار المتعدد المحاك. وتستند عملية التقويم إلى الفائدة العملية لكل

منهج من حيث سهولة الاستخدام بالنسبة لغير المختص، سهولة فهم منطق المنهج بالنسبة لمتخذ القرار، وسهولة تفسير المدخلات المعلوماتية المطلوبة من متخذ القرار. وقد تطرقت هذه الدراسة إلى أكثر المناهج المعروفة: دالة القيمة وبرمجة الأهداف. كذلك استعرضت الدراسة الطرق التي تستخدم مبادىء الترتيب ودورها في اتخاذ القرار المتعدد المحاك. أخيراً قامت الدراسة بمراجعة منهج الفئات المشوشة وبعض الأساليب الإحصائية الوصفية.

وقد أوصى ستيوارت بالأخذ في الاعتبار ثلاثة أمور مهمة عند اختيار منهج معين لاستخدامه هي:

١- يجب أن تكون المدخلات المعلوماتية المطلوبة من متخذ القرار عملية وذات أهمية وواضحة المعنى.

٢- ترجمة المدخلات المعلوماتية إلى توصيات تامة أو جزئية بحيث تكون متسقة مع المدخلات المعلوماتية المستخدمة ومع فرضيات متخذ القرار.

٣- يجب أن يكون المنهج سهلا وفعالا.

ومع تعدد الأساليب التي تمت الأشارة إليها في الدراسات السابقة لمعالجة تعدد الأهداف، فإن بعض المتخصصين في مجال اتخاذ القرار المتعدد المحاك يرى أن تلك الأساليب أصبحت تقليدية وغير ملائمة للتعامل مع مشكلات القرار التي تتضمن التشويش أو عدم الدقة في تحديد قيم الأهداف التي تسعى المنظمة إلى تحقيقها أوبعض القيود التي تؤثر في إنجاز تلك الأهداف. ويرى أولئك المختصون أنه كلما تعمقت علوم القرار أكثر فأكثر في تحليل النظم البشرية المعقدة ونمذجتها أصبحت ظاهرة التشويش هي السائدة في وصف تلك النظم. إن أساس هذا الاتجاه هو ما يسميه زاده [٧] «مبدأ عدم الانسجام Principal of incompatibility » والذي عرفه بطريقة غير رسمية على النحو التالي:

«كلما زادت درجة تعقيد النظام، انخفضت قدرتنا على التعبير بدقة ومعنوية حتى يتم الوصول إلى مستوى تصبح بعده الدقة والمعنوية صفات شبه مانعة بالتبادل».

ومع أن العقل البشري قادر على التعامل مع عناصر مشكلات القرار المشوشة، على سبيل المثال يستطيع العقل البشري التعامل مع مشكلة تنظيم جلوس مجموعة أفراد مختلفين في أطوال قاما تهم بحيث يمكن ترتيب جلوسهم بطريقة تضمن جلوس الأفراد طويلي القامة في المؤخرة وقصيري القامة في المقدمة، فإن الأساليب الكمية التقليدية غير مجهزة

لمعالجة مثل تلك العناصر . وكلما تعددت عناصر القرار بحيث يصعب على العقل البشري التعامل معها ، أصبح من الضروري تطوير أساليب دقيقة تعالج القرارات المشوشة بأسلوب منظم وبمساندة الحاسوب . ولقد كانت أولى هذه المحاولات الجادة ، البحث الذي قدمه زاده [٨] بعنوان «الفئات المشوشة» والذي وضع فيه الأساسيات الأولى لنظرية تعالج المشكلات المشوشة المعقدة . ولقد تم لاحقاً الاستعانة بهذه النظرية لتطوير بعض مناهج البرمجة الرياضية مثل البرمجة الخطية المشوشة ، برمجة الأهداف المشوشة ، والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة .

هدف البحث

يقدم هذا البحث دراسة مقارنة لأربعة مناهج تعتمد على أسس البرمجة الخطية التقليدية ، والتي تمثل إطارا علميا لتحليل النظم المعقدة التي تحتوي على أهداف متعددة وهي : برمجة الأهداف Goal Programming ، والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف Multi-objective Linear Programming ، وبرمجة الأهداف المشوشة Fuzzy Goal Programming ، والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة Fuzzy Multi-objective Linear Programming . وتهدف هذه المقارنة إلى استجلاء طبيعة تلك المناهج وطرق حلها وإبراز أهم خصائصها وتحديد الفروق الجوهرية بينها بغرض زيادة الوعي بهذه الأساليب ودعوة متخذي القرارات إلى بحث إمكانية الاستفادة منها في معالجة بعض المشكلات التي تواجههم .

تعريف الأربعة المناهج

قبل استعراض صياغة المناهج نود أن نشير إلى أن البحث سوف يستخدم المثال الذي قدمه كل من موريس وليرو [٥] في الدراسة التي تمت الأشارة إليها سابقا لتوضيح الصياغات والحلول المختلفة للأربعة المناهج . و يشير هذا المثال [٥ ، ص ٣٩] إلى وجود أربعة منتجات مختلفة يتم تصنيعها في خط تجميع يشتمل على أربع عمليات تجميعية . وتحدد البيانات الموضحة بالجدول رقم (١) عدد الساعات المطلوبة في كل عملية تجميع لكل منتج من المنتجات ، وعدد الساعات المتاحة ، وهامش الربح من كل منتج ، والوقت اللازم لفحص كل منتج .

الجدول رقم (١). مثال.

		المنتجات				
		1	2	3	4	عدد الساعات المتاحة
عملية التجميع	1	3.2	4.5	6.0	4.1	80.0
	2	5.1	4.6	2.4	7.2	50.0
	3	2.3	1.9	3.8	0.8	45.0
	4	12.8	15.7	9.5	11.2	150.0
		39.0	34.0	29.0	43.0	هامش الربح (دولار)
		6.1	5.7	5.5	7.2	وقت الفحص (ساعات)

١ - برمجة الأهداف Goal Programming

تعتبر برمجة الأهداف أحد مناهج البرمجة الرياضية القادرة على التعامل مع المشكلات ذات الأهداف المتعددة والمتعارضة. وتختلف برمجة الأهداف عن البرمجة الخطية التقليدية في أنها لاتتطلب تحويل الأهداف المتعددة والمتعارضة، والتى غالباً ما يتم قياسها بوحدات قياس مختلفة، إلى محك ذي بعد واحد. فبرمجة الأهداف تسمح بقياس الأهداف المتعددة بوحدات قياسها الطبيعية وبعد ذلك تتعامل معها آنياً أو على مراحل.

وترجع بداية برمجة الأهداف إلى بحوث تشارنز وكوبر [٩] حيث استنبطا طريقة برمجة الأهداف لحل مشكلات البرمجة الخطية غير المجدية التي كانت تحدث بسبب وجود عدة أهداف متعارضة. وقد طور تشارنز وكوبر نموذجا خطيا متعدد الأهداف وحولاه إلى نموذج برمجة خطية تقليدي باستخدام انحرافات موزونة. وتسمى هذه الطريقة برمجة الأهداف الخطية الموزونةWeighted linear goal programming. وتبع ذلك مساهمات كبيرة في تطورات أخرى على أيدي باحثين آخرين، من هؤلاء أيجري [١٠] الذي أضاف مبدأ عناصر الأولوية المسبقة Preemptive priority factors الذي يشير إلى أن إنجاز الأهداف ذات الأولوية الأولى يجب تحقيقها قبل الأهداف ذات الأولويات الأقل أهمية بحيث يخضع تحقيق الأولويات إلى النمط التالي $P_1 >> P_2 >> P_3 >> ... P_k$ حيث تعني الأشارة «>>> أعلى من» أو «أهم

من» . كذلك قدم لي [١١] خوارزم السمبلكس المعدل لحل مشكلة برمجة الأهداف ، كما قام بتطبيق هذا المنهج على كثير من المشكلات الإدارية منها على سبيل المثال تخطيط الإنتاج ، قرارات التمويل ، التخطيط الأكاديمي والعناية الصحية . كذلك قدم أجنزيو [١٢] صياغة عامة غير كسرية وغير خطية لبرمجة الأهداف . ويزخر أدب علم الإدارة وبحوث العمليات بكثير من التطبيقات في مختلف مجالات الأعمال (انظر على سبيل المثال المراجع في [١٣]،[١٤]، [١٥]، وبعض التطبيقات الحديثة في [١٦]،[١٧]، [١٨]،[١٩]، [٢٠]،[٢١]).

ويمكن صياغة النموذج العام لبرمجة الأهداف على النحو التالي :

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{m} p_i (d_i^- + d_i^+)$$

$$\text{Subject to: } A x + I d_i^- - I d_i^+ = b \qquad (1)$$

$$\text{and}$$

$$x, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

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 لبرمجة الأهداف فإن النموذج (1) يقدم الإطار العام الذي سوف يستخدم لغرض المقارنة.

بناء على صياغة النموذج (1) يمكن صياغة مثال الإنتاج على هيئة برمجة أهداف كالتالي:

Minimize $Z = P_1 d_6^+ + P_2 d_5^-$

Subject to:

$$3.2\,x_1 + 4.5\,x_2 + 6\,x_3 + 4.1\,x_4 \leq 80 \quad (1.1)$$

$$5.1\,x_1 + 4.6\,x_2 + 2.4\,x_3 + 7.2\,x_4 \leq 50 \quad (1.2)$$

$$2.3\,x_1 + 1.9\,x_2 + 3.8\,x_3 + .8\,x_4 \leq 45 \quad (1.3)$$

$$12.8\,x_1 + 15.7\,x_2 + 9.5\,x_3 + 11.2\,x_4 \leq 150 \quad (1.4)$$

$$39\,x_1 + 34\,x_2 + 29\,x_3 + 43\,x_4 + d_5^- = 1000 \quad (1.5)$$

$$6.1\,x_1 + 5.7\,x_2 + 5.5\,x_3 + 7.2\,x_4 - d_6^+ = 50 \quad (1.6)$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, d_5^-, d_6^+ \geq 0 \quad (1.7)$$

حيث الأولوية الأولى (P_1) تمثل الهدف الأول المرتبط بعدم تجاوز قيمة زمن الفحص المحددة في الطرف الأيمن (50 ساعة فحص) في المعادلة (1.6). 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 (1.5). وقد قدم موريس وليرو [٥] حل هذه المسألة باستخدام طريقة السمبلكس المعدلة الخاصة ببرمجة الأهداف وكانت النتائج كالتالي:

$$x_1 = 8.197,\ x_2 = x_3 = x_4 = 0.000$$

حيث تم إنجاز هدف زمن الفحص تماماً. أما هدف الربح فقد تم تحقيق ربح قدره 319.67 دولارا وكان الانحراف عن الهدف المحدد مسبقاً بمقدار 680.33 دولاراً.

٢ - البرمجة الخطية المتعددة الأهداف Multi - objective Linear Programming

هناك عدة أشكال لصياغة البرمجة الخطية المتعددة الأهداف التي غالبا ما يختلف كل منها عن الآخر في أسلوب تخصيص قيم المنفعة للأهداف التي تتضمنها المشكلة. والصياغة

المعروفة لنموذج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف لاتتضمن وضع أولويات للأهداف لتفضيل أحدها على الآخر، حيث يتم ذلك من خلال تحديد الأفضلية النسبية من قبل متخذ القرار بعد الحصول على مجموعة الحلول المثلى النهائية.

وتتم صياغة نموذج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف على النحو التالي:

$$\text{Max - dominate } Z = \left[Z_1(x), Z_2(x), \ldots, Z_p(x)\right]$$

Where

$$Z_k(x) = \sum_{j=1}^{n} C_{jk} X_j \quad (k = 1, 2, \ldots, p) \qquad (2)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

$$X_j \geq o$$

حيث Z متجه دالة الهدف، C_{jk} معاملات دالة الهدف k، a_{ij} معاملات الاستخدام لمتغيرات القيود، b_i تمثل قيم الطرف الأيمن للقيود.

وتستند الصياغة السابقة للنموذج على مفهوم الأمثلية عند باريتو (Pareto optimality) أو ما يعرف بمفهوم عدم السيطرة الذي قدمه باريتو عام ١٩٠٦م. ويتبين عند تطبيق مفهوم الأمثلية عند باريتو على النموذج السابق أن الحل يعتبر مسيطرا إذا لم يوجد حل مجد آخر يعطي القيم نفسها لكل دوال الهدف.

وتتعدد طرق حل مشكلات البرمجة الخطية المتعددة الأهداف، على سبيل المثال طريقة الأوزان التي قدمها زاده [٢٢]، وطريقة قيد أبسلون لجوكوتشا وآخرين [٢٣] وطريقة السمبلكس للأهداف المتعددة التي قدمها فيليب [٢٤]. غير أن جميع هذه الطرق لاتعطي حلاً أمثل وحيداً، ولكن تحدد فئة من النقاط الطرفية المسيطرة، أي أن الحلول تقع دائماً في النقاط الطرفية للفراغ المجدي- منطقة الحلول المجدية- والتي تقع دائماً على حدود تلك المنطقة وليس داخلها.

ولقد تبع ذلك تطوير طرق أخرى تسعى لتقليل عدد الحلول المسيطرة في الفراغ

المجدي، من هذه الطرق طريقة ستيور [٢٥] التي استخدمت فكرة الأوزان المعيارية للمدى، وذلك لتقليل حجم المنطقة المجدية، وكذلك طريقة موريس [٢٦] والتي تعرف بالطريقة العنقودية، والتي تقسم فيها الحلول المسيطرة إلى أقسام متجانسة (عناقيد)، ويخصص لكل قسم فيها حل. بالأضافة إلى تلك الطرق المشار إليها فإنه توجد مجموعة كبيرة من طرق الحل التي تتضمن التعامل مع تفضيلات متخذ القرار خلال تطور عملية الحل. على سبيل المثال، طريقة بنيون وآخرين [٢٧] وطريقة جيفرون وآخرين [٢٨]. ولعل من أهم ما يميز تلك الطرق أنها تطرح على متخذ القرار حلاً مسيطراً ثم تطلب منه إعطاء معلومات أضافية مرتبطة بالأهداف المتعارضة، وعن طريقها يعاد توصيف المشكلة وحلها مرة أخرى، وتستمر تلك العملية حتى يتم الحصول على حل مرض لمتخذ القرار. ويشتمل أدب علم الإدارة وبحوث العمليات على بعض التطبيقات للمنهج (انظر على سبيل المثال [٢٩]، [٣٠]، [٣١]).

وبناء على صياغة النموذج (2) يمكن صياغة المثال على هيئة نموذج برمجة خطية متعدد الأهداف على النحو التالي:

$$\text{Maximize } Z_1 = 39\,x_1 + 34\,x_2 + 29\,x_3 + 43\,x_4$$

$$\text{Maximize } Z_2 = -6.1\,x_1 - 5.7\,x_2 - 5.5\,x_3 - 7.2\,x_4$$

$$\text{Subject to:} \qquad (2.1)$$

(1.7),(1.4), (1.3), (1.2), (1.1) باستثناء متغيرات الانحراف.

وقد قدم موريس وليرو [٥] حل المسألة السابقة باستخدام طريقة ستيور [٢٥] وكانت النتائج مجموعة الحلول المثلى التالية:

الحل	x_1	x_2	x_3	x_4	Z_1 (الربح)	Z_2 (زمن الفحص)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	9.80	0.00	0.00	0.00	382.35	-59.80
3	6.49	0.00	7.05	0.00	457.42	-78.34
4	3.85	0.00	9.27	1.13	467.50	-82.60

٣- برمجة الأهداف المشوشة Fuzzy Goal Programming

يعد منهج برمجة الأهداف المشوشة امتدادا لبرمجة الأهداف التقليدية. فالفرق الرئيسى بين برمجة الأهداف التقليدية وبرمجة الأهداف المشوشة هو أن برمجة الأهداف التقليدية تتطلب من متخذ القرار تحديد مستوى كل هدف مرغوب في تحقيقه بدرجة دقيقة، بينما يتم تحديد مستوى كل هدف مرغوب في حالة برمجة الأهداف المشوشة بدرجة مرنة وغير دقيقة (بمعنى آخر، يرغب متخذ القرار في تحقيق مستوى قريب من الهدف، نوعا ما أعلى أو أقل من الهدف المحدد).

ويعد نارسمان[٣٢] وهانين [٣٣] ، [٣٤] ، [٣٥] وأجنزيو [٣٦] وروبن ونارسمان [٣٧] هم أول من استخدموا نظرية الفئات المشوشة Fuzzy set theory في التعامل مع برمجة الأهداف . تلت ذلك بحوث متعددة لعدة أوجه من مشكلات القرار قام بها تيواري وآخرون [٣٨] ، [٣٩]، ووانق وفو [٤٠]، وتشانق ووانق [٤١]، واهوتا وياماقوشي [٤٢].

قدم تيواري وآخرون [٣٩] ثلاثة نماذج برمجة أهداف مشوشة هي نموذج الجمع البسيط حيث يرغب متخذ القرار في تحقيق أهداف ليس لها أولويات أو أوزان . النموذج الثاني يعد نموذج جمع موزونا يمثل الأهمية النسبية التي يعلقها متخذ القرار للأهداف. النموذج الثالث يمثل نموذج الجمع ذا الأولويات المسبقة ذات التسلسل الهرمي. هذا النموذج الأخير هو محل اهتمامنا، والذي سوف تقوم الدراسة بناء عليه. ففي كثير من مشكلات القرار تحتوي الأهداف على وحدات قياس مختلفة مثل وحدات نقدية، وحدات وزنية، وحدات نسبية، أضافة إلى ذلك قد تتبع الأهداف أحيانا نمط أولويات معينا بحيث إذا لم يتم تحقيق هدف محدد أو جزء منه، فإن الأهداف الأخرى لا ينبغى التفكير فيها. في مثل هذه الأوضاع لا بد من ترتيب الأهداف على هيئة تسلسل هرمي بحيث تعطى أولويات لكل هدف (أولوية مسبقة). ويمكن صياغة هيكل الأولوية المسبقة على هيئة $p_i >>> p_{i+1}$ وهذا يعني أن الهدف الموجود في مستوى الأولوية i له أهمية أعلى من الهدف الموجود في مستوى الأولوية $i + 1$.

ويمكن صياغة النموذج (1) بصيغة مشوشة باستخدام مبادئ برمجة الأهداف المشوشة التي قدمها تيواري وآخرون [٣٩] ، من خلال استخدام دالة عضوية membership function بدلا من متغيرات الانحراف. تقوم دالة العضوية بتحديد درجة قرب كل هدف من المستوى

المرغوب في تحقيقه باستخدام مدى يقع بين الصفر والواحد لتمثيل علامة قيمة العضوية لكل هدف حيث تأخذ أسوأ قيمة ممكنة لدالة الهدف علامة عضوية تساوي الصفر .

تستند دالة العضوية لكل هدف من خلال سؤال متخذ القرار عن مستوى التحقيق المرغوب لكل دالة هدف . خذ في الاعتبار مثلا مسألة برمجة الأهداف المشوشة التالية :

أوجد قيمة X التي تحقق الأهداف $G_i(x) \gtrsim g_i$

والتي تخضع للقيود

$$AX \leq b$$

$$X \geq o$$

حيث $i = 1,2,..m$

و X متجه رتبته n يحتوي على متغيرات القرار $x_1, x_2, x_3, ..., x_n$

و $AX \leq b$ نظام القيود الخطية على صيغة متجه

والرمز « $\gtrsim$ » يشير إلى التشويش في مستوى الطموح(القيمة العددية للهدف) .

ويدل الهدف المشوش i في $G_i(x) \gtrsim g_i$ على أن متخذ القرار راضٍ عن مستوى تحقيق الأهداف ، حتى لو كان مستوى تحقيق الهدف g_i في حدود مدى مقبول . ويمكن تعريف دالة عضوية خطية μ_i للهدف i المشوش $G_i(x) \gtrsim g_i$ وفقا لزمرمن [٤٣] كالتالي :

$$\mu_i = \begin{cases} 1 & \text{if } G_i(x) \geq g_i, \\ \dfrac{G_i(x) - L_i}{g_i - L_i} & \text{if } L_i \leq G_i(x) \leq g_i, \\ 0 & \text{if } G_i(x) \leq L_i, \end{cases} \qquad (3)$$

حيث تمثل L_i قيمة الحد الأدنى للمدى الذي يمكن التغاضي عنه في تحقيق الهدف $G_i(x)$. في حالة كون الهدف هو تحقيق مستوى أقل من g_i ولكن في حدود مدى مقبول $G_i(x) \lesssim g_i$ فيمكن تعريف دالة العضوية الخطية على النحو التالي :

$$\mu_i = \begin{cases} 1 & \text{if } G_i(x) \leq g_i, \\ \dfrac{U_i - G_i(x)}{U_i - g_i} & \text{if } g_i \leq G_i(x) \leq U_i, \\ 0 & \text{if } G_i(x) \geq U_i, \end{cases} \qquad (3.1)$$

حيث تعبر U_i عن الحد الأعلى للمدى الذي يمكن التغاضي عنه في تحقيق الهدف $G_i(x)$.

في هذه المرحلة يمكن صياغة نموذج مشكلة برمجة الأهداف المشوشة من خلال أضافة دوال العضوية مع بعضها البعض على النحو التالي :

$$\text{Maximize} \quad V(\mu) = \sum_{i=1}^{m} \mu_i$$

$$\text{Subject to}$$

$$\mu_i = \frac{G_i(x) - L_i}{g_i - L_i}, \qquad (3.2)$$

$$A X \leq b,$$

$$\mu_i \leq 1,$$

$$X, \mu_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

حيث تسمى $V(\mu)$ دالة الإنجاز المشوش fuzzy achievement function أو دالة القرار المشوش fuzzy decision function .

عندما ترتبط الأهداف بأولويات (بمعنى أن الأهداف مرتبة حسب الصيغة إذا كان $s<r$ فإن الهدف $G_r(x)$ له أولوية أعلى من الهدف $G_s(x)$ [٣٣]، فإن المشكلة تجزأ إلى عدد Kمن المشكلات الجزئية ، حيث تمثل K عدد مستويات الأولويات . في المشكلة الجزئية الأولى، يتم حل الأهداف المرتبطة بالأولوية الأولى فقط باستخدام نموذج الجمع البسيط (3.2) . ولكن في مستوى الأولويات الأخرى يتم فرض قيم دالة العضوية التي تم الحصول عليها في مستويات أولوية عليا كقيود إضافية على المشكلة . عموما، تصبح المشكلة الجزئية، كالتالي :

$$\text{Maximize} \quad V(\mu) = \sum_{s} (\mu_s)_{P_i}$$

$$\text{Subject to}$$

$$\mu_s = \frac{G_s - L_s}{g_s - L_s}$$

$$A X \leq b \qquad (3.3)$$

$$(\mu)_{P_r} = (\mu^*)_{P_r}$$

$$\mu_s \leq 1$$

$$X , \mu_i \geq 0 \ , \ i = 1,2,...,m. \ r = 1,2,...,J-1$$

حيث تشير $(\mu_s)_{P_i}$ إلى دوال العضوية للأهداف في مستوى الأولوية i .

وتشير $(\mu^*)_{P_r}$ إلى قيم دوال العضوية المحققة في مستوى الأولويات r حيث $r \leq j-1$.

بناء على الصياغة في نموذج (3.3) أعلاه يمكن صياغة المثال على هيئة برمجة أهداف مشوشة كالتالي :

$$\text{Maximize } V(\mu) = \mu_1 + \mu_2$$

$$\text{Subject to:} \qquad (3.4)$$

$$6.1 x_1 + 5.7 x_2 + 5.5 x_3 + 7.2 x_4 + 10 \mu_1 = 60$$

$$39 x_1 + 34 x_2 + 29 x_3 + 43 x_4 + 100 \mu_2 = 419.67$$

إضافة إلى القيود (1.1), (1.2), (1.3), (1.4), (1.7) باستثناء متغيرات الانحراف وقيود قيمة دالة العضوية التالية :

$$\mu_1 = 1.0$$

$$\mu_2 \leq 1.0$$

حيث يفترض متخذ القرار أن زمن الفحص المتاح (الهدف الأول) هو 50 ساعة ، لكن لديه بعض المرونة بحيث يمكنه أن يتغاضى عن تحقيق هذا الهدف بحدود 10 ساعات إضافية

فقط (أي أن $L_{s=1}$= 60 ساعة و $g_{s=1}$ = 50 ساعة) . أما بالنسبة للهدف الثاني، فإن متخذ القرار يرغب في تحقيق ربح قدره 519.67 دولارا، لكنه يسمح بانخفاضه بمقدار 100 دولار إلى 419.67 دولارا فقط (أي أن $L_{s=2}$ = 419,67 دولارا، و $g_{s=2}$ = 519.67 دولارا) .

وقد تم حل المشكلة أعلاه باستخدام طريقة السمبلكس التقليدية، وكانت النتائج كالتالي :

$$x_1 = 8.197,\ x_2 = x_3 = x_4 = 0$$

$$\mu_1 = 1.0,\ \mu_2 = 1.0$$

حيث تم إنجاز هدف زمن الفحص تماماً، كما تشير إليه قيمة دالة العضوية (μ_1) ، وكذلك تم إنجاز هدف الربح تماماً كما تشير إليه قيمة دالة العضوية (μ_2 .)

٤ – البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة Fuzzy Multi-objective Linear Programming

تعد البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة إحدى الجهود الحديثة نسبيا في نمذجة المشكلات المتعددة الأهداف وحلها والتي تستخدم مبادىء نظرية الفئات المشوشة [٤٤]،[٤٥] .

عند صياغة المشكلات المتعددة الأهداف يتم تحويل دوال الأهداف إلى متجه تعظيم (أو تدنية) حسب طبيعة الهدف . ولكل هدف، يتم حساب قيمتين تعرف هاتان القيمتان بـ L_k,U_k حيث U_k أعلى مستوى يُطمح إلى إنجازه لكل هدف Z_k وتعنى L_k أدنى مستوى مقبول لتحقيق الهدف Z_k، وتعرف d_k بأنها المدى المسموح التغاضى عنه في تحقيق الهدف أو الفرق بين المستوى الذي يُطمح إلى إنجازه وأدنى مستوى مقبول لتحقيق الهدف (أي $d_k = U_k - L_k$) .

ويرتبط بكل مستوى طموح دالة عضوية مشوشة يمكن تعريفها على النحو التالى :

$$\mu_k(\tilde{X}) = \begin{cases} 0 & \text{if } Z_k \le L_k \\ \mu_k(\tilde{X}) & \text{if } L_k < Z_k < U_k \\ 1 & \text{if } Z_k \ge U_k \end{cases}$$

حيث $\mu_k(\tilde{X})$: دالة العضوية المشوشة التي تقيس مستوى تحقيق الهدف k

Z_k : الهدف k

U_k : مستوى الطموح الأعلى للهدف k

L_k : المستوى الأدنى المقبول للهدف k

و تعكس $\mu_k(\tilde{X})$ درجة الإنجاز أو عدم الإنجاز لمستوى الطموح، حيث تشير القيمة 1 إلى الإنجاز التام وتشير القيمة صفر إلى عدم الإنجاز مطلقا، بينما تشير القيم التي تقع بين القيمتين إلى نسبة الإنجاز التي تحققت بها الأهداف المختلفة . و يمكن صياغة الدالة المشوشة على نحو آخر كالتالي :

$$\mu_k(\tilde{X}) = 1 - \frac{U_k - Z_k}{d_k}$$

وتجدر الأشارة هنا إلى أن $\mu_k(\tilde{X})$ سوف تأخذ القيمة 1 عندما تتساوى Z_k مع U_k وسوف تأخذ القيمة صفرا عندما تتساوى Z_k مع L_k، وسوف تأخذ قيما متوسطة في الحالات الأخرى .

تهدف البرمجة المتعددة الأهداف المشوشة إلى تدنية أسوأ عدم إنجاز لأي من الأهداف من خلال تعظيم المتغير الوهمي λ كالتالي :

Maximize λ

Subject to:

$$\lambda \le \frac{U_k - Z_k}{d_k} \quad \text{for all k} \quad , 0 \le \lambda \le 1 \qquad (4)$$

إضافة إلى القيود الأخرى على النظام كما سيرد لاحقا .

ولكي تتم صياغة مثال الإنتاج على هيئة برمجة خطية متعددة الأهداف المشوشة لابد من إيجاد قيم L_k, U_k لجميع الأهداف . ولهذا الغرض سوف نستخدم الطريقة التي اقترحها سنق ودوتا [٤٦] والتى تعتمد على تحديد قيم L_k, U_k لكل هدف كالتالي :

١- للهدف Z_1، حل المسألة بأسلوب البرمجة الخطية التقليدية مرة على أنها مسألة تعظيم للحصول على L_1 ومرة أخرى على أنها مسألة تدنية للحصول على U_1. استخدم الأسلوب نفسه للهدف Z_2 للحصول على L_2, U_2

٢- من نتائج الخطوة الأولى، حدد قيم Z_1 و Z_2، اختر أفضل U وأسوأ L لكل هدف، واحسب قيمة d_1, d_2

وباستخدام الخطوات السابقة لمثال الإنتاج، حصلنا على القيم التالية:

$$L_1 = 467.528 \text{ (for } Z_1)$$
$$U_1 = 0 \text{ (for } Z_1)$$
$$L_2 = 0 \text{ (for } Z_2)$$
$$U_2 = -84.555 \text{ (for } Z_2)$$
$$d_1 = U_1 - L_1 = -467.528$$
$$d_2 = U_2 - L_2 = 84.555$$

ويمكن الآن صياغة مشكلة الإنتاج على هيئة برمجة خطية متعددة الأهداف المشوشة على النحو التالي:

Maximize λ

Subject to:

$$39x_1 + 34x_2 + 29x_3 + 43x_4 - 467.528\ \lambda \geq 0$$
$$6.1x_1 + 5.7x_2 + 5.5x_3 + 7.2x_4 + 84.555\ \lambda \leq 84.555$$
$$3.2x_1 + 4.5x_2 + 6x_3 + 4.1x_4 \leq 80$$
$$5.1x_1 + 4.6x_2 + 2.4x_3 + 7.2x_4 \leq 50$$
$$2.3x_1 + 1.9x_2 + 3.8x_3 + .8x_4 \leq 45$$
$$12.8x_1 + 15.7x_2 + 9.5x_3 + 11.2x_4 \leq 150$$
$$x_j \geq 0,\ 0 \leq \lambda \leq 1, \text{ and } j = 1,2,3,4$$

وقد تم حل المشكلة أعلاه باستخدام طريقة السمبلكس التقليدية وكانت النتائج كالتالي:

(مستوى الرضاء العام) $\lambda = .536$ ، $x_1 = 6.428\ x_2 = 0.00,\ x_3 = 0,\ x_4 = 0$

كما تم إنجاز هدف الربح (دولار $Z_1 = 250.69$) وهدف زمن التفتيش (ساعة $Z_2 = 39.22$) .

المناقشـــــة

لعل إحدى أهم الطرق لإجراء مقارنة هادفة بين مجموعة من المناهج العلمية هي إبراز أهم خصائص كل منهج ومميزاته على حدة دون ما حاجه إلى إجراء تحليل منطقي لمقابلة كل منهج بآخر . وعلى الجانب الآخر قد يجد بعض المحللين وجاهة في عقد مقارنة متلازمة لخصائص المناهج ككل ومسوغاتها من خلال استبيان الفروق الجوهرية بين الخصائص المتناظرة .

وفي مجال بحثنا هذا نرى أن عملية الدمج بين الأسلوبين قد تكون الأجدى والأصلح ، ولبلوغ هذا الغاية سوف نستعرض نتائج حل المثال السابق بالأربعة المناهج كما يوضحها الجدول رقم(٢) ثم نقوم باستقراء تلك النتائج وتحليلها لاستخلاص أهم مميزات تلك المناهج ، ثم نتناول مجموعة من المعايير لتقويم مدى شمولية هذه الأساليب المقارنة لمقتضيات عملية صنع القرار ومتطلباتها ، خاصة ما يفيد منها في إثراء معرفة متخذ القرار بإمكانيات هذه المناهج .

ومع أن الأربعة المناهج تسعى إلى نمذجة المشكلات المرتبطة بأهداف متعددة والتي غالبا ما تكون متعارضة ، وتحليلها وحلها فإن صياغة الحل والمفاهيم العامة وإجراءاتهما لكل منهج تختلف عن المناهج الأخرى ، وهذا ما سوف نتناوله من خلال مدخلين هما : تحليل النتائج ومقارنتها ، وتقويم المناهج بناء على مجموعة مختارة من المعايير المهمة .

أولا: تحليل النتائج ومقارنتها

يتضح من الجدول رقم (٢) أن النتائج المستخلصة من منهجي برمجة الأهداف وبرمجة الأهداف المشوشة سواء كان ذلك بالنسبة لقيم المتغيرات أو تحقيق الأهداف جاءت شبه متطابقة حيث تم إنجاز هدف زمن الفحص تماماً . أما هدف الربح فقد تم تحقيق ربح قدره 319.67 دولاراً فقط . كذلك يوضح الجدول تباين نتائج حلول منهجي البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف ، إذ يقدم حل البرمجة الخطية

المتعددة الأهداف المشوشة حلاً أمثل يحقق ربحاً قدره 250.69 دولاراً من خلال استخدام أدنى مستوى ممكن من زمن الفحص. في المقابل تقدم حلول البرمجة الخطية المتعددة الأهداف، باستثناء الحل الأول، مستويات أعلى من الربح على حساب زيادة ساعات زمن الفحص.

جدول (٢). النتائج المستخلصة من المناهج الأربعة.

قيم متغيرات القرار والأهداف	برمجة الأهداف	برمجة الأهداف المشوشة	البرمجة الخطية المتعددة الأهداف				البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة
			حل١	حل٢	حل٣	حل٤	
x_1	8.197	8.197	0.00	9.80	6.49	3.85	6.428
x_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
x_3	0.00	0.00	0.00	0.00	7.05	9.27	0.000
x_4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.000
هدف الربح: (دولار)							
مستوى الإنجاز	319.67	319.67	0	382.35	457.42	461.56	250.69
هدف زمن الفحص: (ساعة)	50.00	50.00	0	59.00	78.34	82.60	39.22
مستوى الإنجاز							(λ = .536)

ويتضح من نتائج الحل أيضا أن مخرجات حل نموذج برمجةالأهداف يشتمل على حل أمثل وحيد يوضح قيم متغيرات القرار، ومستوى إنجاز الأهداف المحددة سلفاً ومعدلات الإحلال الهامشي، والتي تقدم معلومات عن مقدار التضحية المطلوبة لإنجاز هدف آخر يتعارض معه. بينما تشتمل مخرجات حل نموذج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف على عدة حلول مثلى، كل حل من هذه الحلول يبين قيم متغيرات القرار ومستوى تحقق الأهداف.

أما مخرجات نموذج برمجة الأهداف المشوشة فإنها تعد حلاً أمثل وحيدا يشتمل على قيم متغيرات القرار وعلى مستوى إنجاز الأهداف التي تم تحقيقها من خلال قيم دوال العضوية لتلك الأهداف. أما بالنسبة لمخرجات نموذج البرمجةالخطية المتعددة الأهداف المشوشة فهي عبارة عن حل أمثل يشتمل على قيم المتغيرات ومستوى تحقيق الأهداف من خلال قيمة المتغير الوهمي (λ) الذي يعبر عن الرضاء الإجمالي لمتخذ القرار عن الحل المقترح.

ثانيا : معايير تقويم المناهج

في هذا الجزء سوف نقوم بانتقاء مجموعة من المعايير التي نرى أنها ضرورية للتمييز والمقارنة بين المناهج المختلفة عموماً - والمناهج تحت الدراسة بصفة خاصة - وهي :

١- مراحل الصياغة

الصياغة هي وضع المشكلة على هيئة نموذج يمثل عناصر المشكلة الأساسية التي يواجهها متخذ القرار. وتختلف طبيعة الأربعة المناهج الرياضية من ناحية المراحل التي تمر بها عملية الصياغة، فالصياغة في برمجة الأهداف تتم على مرحلة واحدة فقط يتم فيها صياغة قيود الأهداف وقيود النظام ودالة الهدف. كذلك تتم صياغة المشكلة على هيئة البرمجة الخطية المتعددة الأهداف على مرحلة واحدة فقط بعد تحديد الأهداف والقيود المفروضة على النظام. أما في منهج برمجة الأهداف المشوشة فإن الصياغة تتم على عدة مراحل تساوي عدد الأولويات التي تتطلبها المشكلة ذاتها. وكما أشرنا سابقاً، إذا كانت المشكلة تحتوي على ثلاث أولويات فإن الصياغة تتم على ثلاث مراحل. كل مرحلة تعكس أولوية يتم خلالها تحديد قيمة العضوية التي تُستخدم كقيد أضافي في المرحلة التالية، حتى يتم تمثيل جميع الأولويات في الصياغة النهائية للمشكلة. أما في منهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة فإن الصياغة تتم على مراحل تتطلب حل عدة مسائل برمجة خطية تقليدية لتحديد الحدود العليا والدنيا لجميع الأهداف التي تتضمنها المشكلة ومن ثم يتم وضع المشكلة بصيغتها النهائية من خلال استخدام المتغير الوهمي λ. وبناء على ما تقدم يتضح أن عملية الصياغة في النموذج (1)، (2) أقل تعقيداً من النموذج (4)، (3.3).

العنصر الثاني في الصياغة هو الحاجة إلى متخذ القرار لاستكمال بعض عناصر الصياغة، فبرمجة الأهداف تستعين بمتخذ القرار فقط قبل البدء بالصياغة بسبب الحاجة إلى تحديد قيم الأهداف المرغوب في تحقيقها. هذا بالطبع لايعني عدم الاستعانة مطلقا بمتخذ القرار في مراحل تالية للحصول على صياغة مناسبة أخرى بل يعني فقط أن الصياغة الأولية للمشكلة تحت الدراسة تيسر البدء في عملية حلها بمجرد تحديد قيم الأهداف المرغوب في تحقيقها. إذا نتجت الصياغة الأولية عن عدم جدوى الحل فلا بد من اللجوء إلى متخذ القرار لتعديل قيم الأهداف المرغوب في تحقيقها للحصول على حل مجد. أما في منهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف فلا يتطلب هيكل الصياغة بتاتاً معلومات من متخذ القرار سوى الأهداف التي يسعى إلى تحقيقها فقط. وتشابه برمجة الأهداف المشوشة برمجة الأهداف التقليدية في حاجتها إلى متخذ القرار، لتحديد قيم الأهداف مسبقاً، غير أنه يوجد اختلاف واضح في أن متخذ القرار لا يضع قيما دقيقة للأهداف عند استخدام منهج برمجة الأهداف المشوشة، بل يحدد مدى مقبولا، ويكون الحل مرضياً من وجهة نظره إذا ما وقع خلال هذا المدى المغلق بحد أدنى وحد أقصى، متغاضياً بذلك عن رغبته في تحقيق قيم دقيقة للأهداف.

أما بالنسبة للبرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة فهي تشبه البرمجة الخطية المتعددة الأهداف التقليدية، حيث لاتتطلب من متخذ القرار سوى تحديد الأهداف فقط. ومع أن صياغة البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة تتطلب تحديد حدود عليا ودنيا للأهداف المرغوب في تحقيقها فإن ذلك يتم من خلال حل مسائل برمجة خطية متعددة وبمنأى عن متخذ القرار.

٢- صياغة الأهداف

مع أن الصياغة الرياضية تتمحور حول عملية تحقيق الأهداف المرجوة، فإن تلك الصياغة تختلف من حيث تركيب المعادلات المكونة للنموذج وسهولة فهمها فنجد نموذجي برمجة الأهداف والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف امتداداً لصياغة البرمجة الخطية المعتادة - والمتعارف عليها على نطاق واسع - بينما يزداد الأمر تعقيدا في نموذج برمجةالأهداف المشوشة والبرمجة المتعددة الأهداف المشوشة، وذلك بسبب دمج مفاهيم رياضية جديدة هي دالة العضوية ومتغير الرضاء العام.

٣ - هيكل بناء الأولويات

يعطي نموذج برمجة الأهداف تمثيلاً جيداً وواضحا لعملية بناء الأولويات وتحديد الأوزان المناسبة للأهداف بما يتلاءم مع تفضيلات متخذ القرار من بداية الحل. ويتوافق معه نموذج برمجة الأهداف المشوشة من حيث إمكانية بناء الأولويات أو استخدام الأوزان الترجيحية للتعبير عن التفضيلات تجاه الأهداف. أما بالنسبة لمنهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف فإنها لاتهيكل الأولويات بوضوح في صياغتها، لكنها موجودة ضمنياً في عملية اختيار أفضل حل من بين مجموعة الحلول المقدمة لمتخذ القرار. وما عملية التقويم والاختيار إلا تعبير عن أولويات متخذ القرار. كذلك لاتهيكل الأولويات ضمن صياغة نموذج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة، بل تعالج الأهداف كقيود أضافية في نظام يسعى إلى تدنية أسوأ عدم إنجاز لمجموعة الأهداف من خلال تعظيم متغير وهمي يعكس رضاء متخذ القرار العام عن إنجاز الأهداف. هذه الصياغة تستغني عن بناء الأولويات، ومن ثم تفضيلات متخذ القرار تجاه الأهداف.

ويتضح هنا أنه باستثناء نموذج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة تتضمن تفضيلات متخذ القرار فإنه يوجد اختلاف جوهري مهم يكمن في تحديد أولويات الأهداف قبل بداية الحل في منهجي برمجة الأهداف وبرمجة الأهداف المشوشة، وهذا يعني أن لمتخذ القرار دوراً أساسياً في توجيه ديناميكية الحل لتحقيق الأهداف طبقاً لرغباته وميوله، بينما يفتقد نموذج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف آلية التأثير الموجه لتحقيق الأهداف طبقاً لنمط مخطط ومرسوم مسبقاً، حيث يقتصر دور متخذ القرار على تفضيل حل على آخر من خلال مجموعة حلول معطاة.

هذه السمة المتباينة بين المناهج عند بناء الأولويات تتيح إمكانية تحيز متخذ القرار تجاه حل معين حيث يظهر التحيز جلياً في البرمجة الخطية المتعددة الأهداف، عندما يقوم بتفضيل حل على آخر من بين مجموعة الحلول المتاحة. ويظهر التحيز بصورة معقوله في منهج برمجة الأهداف وبرمجة الأهداف المشوشة التي تتطلب صراحة تحديد أولويات الأهداف قبل استنتاج أي حل، وينعدم التحيز تجاه أهمية الأهداف في البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة لأن إجراءات الحل لا تحتاج من متخذ القرار سوى تحديد الأهداف المرجوة فقط.

٤ - طريقة الحل

تعتمد طريقة حل مسائل برمجة الأهداف التقليدية على طريقة السمبلكس المعدلة (Revised Simplex method) التي طورها اجنزيو ولي كما أشرنا سابقاً . أما بالنسبة للبرمجة الخطية المتعددة الأهداف فهناك عدة طرق ، نذكر منها على سبيل المثال طريقة الأوزان (Weighting method) ، طريقة قيد ابسلون(ε-constraint method) ، والتي أشرنا إليها سابقاً . أما برمجة الأهداف المشوشة والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة فتعتمد على طريقة السمبلكس التقليدية المعروفة ، ومن ذلك يتضح أن طريقة الحل سهلة إلا أنها قد تكون معقدة نسبيا بالنسبة لمنهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف .

٥ - إجراءات الحل والعمليات الحسابية

تعتبر برمجة الأهداف من أسهل الطرق من حيث إجراءات الحل ، حيث تتم صياغة المشكلة والحصول على حل واحد دون الحاجة إلى إجراءات لإعادة حل المشكلة أكثر من مرة ، بينما تتطلب إجراءات الحل في برمجة الأهداف المشوشة تكرار عملية الحل أكثر من مرة حسب عدد الأولويات تحت الدراسة . وفي حالة عدم وجود أولويات عند متخذ القرار فإن طريقة حل برمجة الأهداف المشوشة تعتمد على طريقة السمبلكس التقليدية المعروفة . بالنسبة للبرمجة الخطية المتعددة الأهداف فإن حجم إجراءات الحل وكثرة العمليات الحسابية تعتمد على طريقة الحل المستخدمة ، كما أشرنا سَابقاً إلى وجود عدة طرق لحل مسائل البرمجة الخطية المتعددة الأهداف . أما في البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة فإن إجراءات الحل طويلة ومعقدة نسبياً بسبب استخدام البرمجة الخطية التقليدية لتحديد الحدود العليا والدنيا للأهداف المرغوب في تحقيقها قبل حل المشكلة ، وتتمشى بالتبعية التعقيدات الحسابية في إجراءات الحل مع زيادة عدد الأهداف في المشكلة . ونستدل من ذلك على وجود علاقة طردية بين زيادة عدد الأهداف وهيكل الأولويات في المشكلة من جانب والتعقيدات الحسابية وإجراءات الحل من جانب آخر . وتعتبر طريقة البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة وطريقة برمجة الأهداف المشوشة من أكثر الطرق تعقيدا هنا بصفة عامة .

٦ - تقدير قيمة الأهداف المرغوب في تحقيقها

تتفق كل من برمجة الأهداف وبرمجة الأهداف المشوشة في أن تحديد مستوى

الأهداف المرجوة يعتمد بالدرجة الاولى على تجربة متخذ القرار، وعلى خبرته الذاتية وقدرته الشخصية على تجسيد تفضيلاته بما يتلاءم مع احتياجات منشآته- والتي غالبا ما تكون مشفوعة بمبررات للإدارة العليا- والاختلاف الوحيد بينهما أنه في برمجة الأهداف المشوشة يحتاج متخذ القرار إلى تحديد مدى مقبول لقيم الأهداف التي يسعى إلى تحقيقها بدلاً من قيم محددة بدقة كما هو الحال في برمجة الأهداف التقليدية، ولأن تحديد قيم الأهداف هنا يعتمد بالدرجة الأولى على الصبغة الذاتية لمتخذ القرار - وليس المعايير الموضوعية - فإن عملية صياغة الأهداف وترتيب أولوياتها للحصول على نتائج تتوافق مع ذلك يجعل من هذين المنهجين مجالا كبيرا للتحيز الشخصي الذي قد يخفي في بعض توجهاته أهدافا مستترة وراء الأهداف الحقيقية.

أما في منهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف فإن دور متخذ القرار يقتصر على اختيار أحد الحلول المثلى، وإن سلَّمنا جدلاً أن عملية الاختيار ما هي إلا ضرب من ضروب الذاتية إلا أنه يبقى ثمة خلاف جوهري. ففي منهج برمجة الأهداف يتم التوصل حتما إلى حل يرضي تفضيلات متخذ القرار - المحددة مسبقا - بينما يقتصر دور متخذ القرار هنا على اختيار حل من بين عدد من الحلول المثلى التي تم الحصول عليها بموضوعية طبقا لمقتضيات المشكلة وطبيعتها. أما في منهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة فينعدم دور ذاتية الاختيار، بل يتجلى في هذا المنهج موضوعية اختيار قيم الحدود الدنيا والعليا للأهداف من خلال حل سلسلة من مسائل البرمجة الخطية.

الخلاصة

يقدم هذا البحث دراسة مقارنة لأربعة مناهج تعتمد على أسس البرمجة الخطية التقليدية، والتي تمثل إطاراً علمياً لتحليل النظم المعقدة التي تحتوي على أهداف متعددة وهي: برمجة الأهداف، والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف، برمجة الأهداف المشوشة، والبرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة. ويهدف البحث إلى استخلاص طبيعة تلك المناهج وطرق حلها وإبراز أهم خصائصها بغرض زيادة وعي متخذ القرار وإثراء معرفته بها ودعوته إلى بحث إمكانية الاستفادة منها في معالجة بعض المشكلات التي تتسم بتعدد الأهداف.

ويتضح من المقارنة السابقة واستخدام بعض المعايير لتقويم كفاءة الأداء لكل منهج على حدة أن تلك المناهج تنتمي إلى منهجية واحدة وهي البرمجة الرياضية، وتعالج مشكلات القرار التي تتسم بتعدد الأهداف وتعارضها. ويتضح من العرض والتحليل أن لكل منهج خصائصه المميزة، من حيث متطلبات صياغة النموذج وبناء الأهداف وترتيب أولوياتها، والنتائج التي تم الحصول عليها ودور متخذ القرار في التحليل.

ويركز البحث على توضيح تلك الخصائص، من خلال عرض نتائج مثال تمت صياغته وتحليله وحله، ثم استخدام مجموعة من المعايير لتقويم تلك المناهج بهدف إثراء معرفة متخذ القرار بمعطيات كل منهج ومتطلباته.

ويشير البحث إلى أنه إذا كانت الأهداف واضحة وأولوياتها محددة، فقد يكون من الملائم الاستعانة بمنهج برمجة الأهداف. أما إذا كانت طبيعة المشكلة تحتمل المرونة في تحقيق الأهداف بحيث تحدها سقوف دنيا وعليا، فقد يكون من الملائم الاستعانة بمنهج برمجة الأهداف المشوشة أو منهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف المشوشة. أما في حالة عدم رغبة متخذ القرار في تحديد الأهمية النسبية للأهداف، ومن ثم عدم رغبته في بناء هيكل أولوية مسبق لأهدافه لأن ذلك قد يكون عائقاً في بعض الظروف، ويرغب في الوقت نفسه في الحصول على مجموعة اقتراحات (حلول) مثلى يختار من بينها ما يتلاءم مع ظروف منظمته، فيمكنه أن يستعين بمنهج البرمجة الخطية المتعددة الأهداف.

ويخلص هذا البحث إلى أهمية إدراك عدم وجود منهج أمثل يمكن أن يكون منهجا معياريا لتحليل جميع المشكلات التي تتسم بتعدد الأهداف ولتطوير الخطط البديلة في جميع الظروف. كما يؤكد البحث على أهمية إدراك متطلبات الاستعانة بأحد هذه المناهج من حيث الطاقات البشرية المتاحة التي تتولى عمليات تحليل ودراسة المشكلات وخاصيتها ومهاراتها ووعيها بدور متخذ القرار في التحليل والاستنتاج، ودقة البيانات المتاحة، وهيكل أولويات الأهداف.

المراجع

[١] Goicoechea, A., D.R. Hansen, and L.Duckstein "*Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*",1982,John Wiley & Sons, Inc., New York.

[٢] Cohon, J.L. and D.H. Marks "A Review and Evaluation of Multiobjective Programing Techniques" *Water Resources Research* Vol.11 No.2, April 1975 . 208 - 220.

[٣] Evans, G.W.,"An overview of Techniques for Solving Multiobjective Mathematical Programs" *Management Science,* Vol. 30, No.ll, November 1984, 1268-1282.

[٤] Wallenius,J.,"Comparative Evaluation of Some Interactive Approaches to Multicriterion Optimization", *Management Science*, Vol.21, 1975, No.12 , August 1387 - 1396.

[٥] Morris, R.L, and A.J. Lerro, "A Comparison of Goal Programming and Multiobjective Linear Programming", *The Mid-Atlantic Journal of Business*, Vol. 23, NO. 1 Winter 1984/85, 35-44.

[٦] Stewart, T.J." A Critical Survery on the Status of Multiple Criteria Decision Making Theory and Practice" *Omega,* Vol.20, No. 5\6, 1992, 569- 586.

[٧] Zadeh, L.A." Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes". *IEEE Trans. On Systems Management and Cyberntics.* Vol. 3 (Jan.1973), 28-44.

[٨] Zadeh, L.A." Fuzzy Sets", *Information and Control*, Vol. 8 (1965), 338-353.

[٩] Charnes, A. and W.W. Cooper," *Management Models and Industrial Applications of Linear Proramming*", NewYork: John Wiley and Sons, Inc. 1961.

[١٠] Ijiri,Y., "*Management Goals and Accounting for Control*, "Chicago, Rand-Mc Nally,1965.

[١١] Lee,S.M., "*Goal programming for Decision Analysis*", philadelphia, Aerbach publishers, Inc. 1972.

[١٢] Ignizio, J.P., "*Goal programming and Extensions"*, Heath, Boston, Mass. 1976.

[١٣] Schniederjans, M.J., "Linear Goal Programming", Petrocelli, Princeton, New Jersey, 1974.

[١٤] Zanakis, S.H., and S.K. Gupta, "A Categorized Survey of Goal Programming". *Omega* 13, (1985) 211-222.

[١٥] Romero, C. "A survey of Generaliz of Goal Programming (1970-1982)". *European Journal of Operational Research 25*, (1986) 183-191.

[١٦] Yao, Ming-Jong, and K. Jo Min, " Repair-unit Location Models for Power Failures", I*EEE Transactions on Engineering Management,* Vol. 45, No. 1, (1998), 57-65.

[١٧] Giannikos, Ioannis, " A multiobjective Programming Model for Locating Treatment Sites and Routing Hazardous wastes", *European Journal of Operational Research,* Vol. 99, (1998), 333-342.

[١٨] Gupta, Surendra M., and Jacqueline A. Isaacs, " Value Analysis of Disposal Strategies for Automobiles", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 1,2, (1997), 325-328.

Sumpsi, Jose Maria, Francisco Amador, and Carlos Romero, " On farmers` objectives : A multi- criteria Approach", *European Journal of Operational Research,* Vol. 96,No. 1, (1997), 64-71. [١٩]

Hoffman, James, " A two Stage Model for the introduction of Products into International Markets, " *Journal of Global Marketing*, Vol. 11, No. 1, (1997), 65-86. [٢٠]

Alp, N., and S.L. Murray, " A Goal Programming Model to Evaluate the Production Decision through the Productivity of Sub-systems", *Computers & Industrial Engineering*,Vol. 1,2, (1996), 363-366. [٢١]

Zadeh. L "Optimality and Non-Scalar-Valued Performance Criteria" *IEEE Transactions on Automatic Control,* (1963) AC-8, NO. 59 [٢٢]

Goicoechea, A., L. Duckstein, and M. Foge,"Multiobgective Programming Watershed Management: A Case Study of the Charleston Watershed", *Water Resources Research*, 12, (1976) 1085-1092. [٢٣]

Philip. J. "Algorithms for the Vector Maximization Problem", *Mathematical programming*, (1972) 2,207-229. [٢٤]

Steuer. R. "An Interactive Multiple Objective Linear Programming Procedure". *TIMS studies in the Management Sciences*, 6, (1977) 225-239. [٢٥]

Morse. J."Reducing the Size of the Nondominated Set: Pruning by Clustering". Computers and Operations Research: Special Issue on Mathematical Programming with Multiple Objectives, 7, (1980) 55-66. [٢٦]

Benayn, J., J. de Montgolfier, J. Tergny, and O. Laritchey. "Linear Programming and Multiple Objective Function: STEP Method (STEM)". Mathematical Programming, 1, (1971) 366-375. [٢٧]

Geoffrion, A., J. Dyer, and A., Feinberg, "An Interactive Approach for Multicriterion Optimization, with an Application to the Operation of an Academic Department",*Managemet Science*, 19, (1972) 357-368. [٢٨]

Ringuest, J.L., and C.E. Downing, " Multiobjective Linear Programming with Context-dependent Preferences", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 48, No. 7, (1997), 714-725. [٢٩]

Al-Harbi, K.A., S.Z. Selim, and M. Al-Sinan, " A Multiobjective Linear Program for Scheduling Repetitive Projects", *Cost Engineering*, Vol. 38, No. 12, (1996), 41-45. [٣٠]

Abel, Ami, and Pekka Korhonen, " Using Aspiration Levels in An Interactive interior Multiobjective Linear Programming Algorithm", *European Journal of Operational Research*, Vol. No. 1, (1996), 193-201. [٣١]

Narasimhan., R., "Goal Programming in a Fuzzy Enviornment", *Decision Science.* 11 (1970) 325-336. [٣٢]

Hannan, E.L. "Linear Programming with Multiple Fuzzy Goals", *Fuzzy Sets and* [٣٣]

Systems, 6, (1981), 235-248..

Hannan, E.L. "On Fuzzy Goal Programming", *Decision Science*, 12, (1981), 522-531. [٣٤]

Hannan, E.L. "Contrasting Fuzzy Goal Programming and Fuzzy Multicriteria Programming" *Decision Science*, 13, (1982), 337-339. [٣٥]

Ignizio, J.P. "On the (re) discovery of Fuzzy Goal Programming", *Decision Science*, 13, (1982), 331-336. [٣٦]

Rubin, P.A. and R. Narasimhan, "Fuzzy Goal Programming with Nested Priorities", *Fuzzy Sets and Systems*, 14, (1984), 115-129. [٣٧]

Tiwari, R.N., S. Dharmar and J.R. Rao, "Priority Structure in Fuzzy Goal Programming" *Fuzzy Sets and Systems*, 19, (1986), 251-259. [٣٨]

Tiwari, R.N., S. Dharmar and J.R. Rao, "Fuzzy Goal Programming - An additive model" *Fuzzy Sets and Systems*, 24, (1987), 27-34. [٣٩]

Wang, Hsiao-Fan, and Ching-Chun Fu," A Generalization of Fuzzy Goal Programming with Preemptive Structure", *Computers & Operations Research*, Vol. 24, No. 9, (1997), 819-828. [٤٠]

Chang, Ni-Bin, and S.F. Wang, " A Fuzzy Goal Programming Approach for the Optimal Planning of Metropolitan Solid Waste Management Systems.", *European Journal of Operational Research*, Vol. 99, No. 2, (1997), 303-321. [٤١]

Ohta, Hideichi, and Toshikazu Yamaguchi, " Linear Fractional Goal Programming in consideration of Fuzzy Solution", *European Journal of Operational Research*, Vol. 92, No. 1, (1996), 157-165 [٤٢]

Zimmermann, H.J. "Fuzzy Programming and Linear Programming with Serveral Objective Functions", *Fuzzy Sets and Systems*, 1, (1978), 45-55. [٤٣]

Ignizio, J.P. "Linear Programming in Single and Multiple Objective Systems", Prentice- Hall Inc., *Englewood Cliffs, N.J.* 474-494 (1982) [٤٤]

Zimmermann, H.J. "Fuzzy Mathematical Programming", *International Journal of Computers and Operations Research*, 10, (1983), 291-298. [٤٥]

Singh, N. and S.P. Dutta, "Some Multi- objective Approaches to Diamond Dressing Optimizations", *Engineering Optimization*, 12, (1987), 235-245. [٤٦]

A Comparative Study of Some Multi-objective Programming Approaches

Abdallah S. Al-Azzaz

Associate Professor, Quantitative Methods Department, College of Business and Economics, King Saud University, Qasseem, Saudi Arabia

(Received 14/6/1418H., accepted for publication 3/1/1419H.)

Abstract. A comparative study of four multi-objective programming approaches, namely Goal Programming, Multi-objective Linear Programming, Fuzzy Goal Programming, and Fuzzy Multi-objective Linear Programming, is presented. The paper attempts to examine these approaches, contrast them, and describe the advantages and disadvantages of each. An example from the literature is used to expound the primary differences among the aforementioned approaches with respect to decision maker involvement in model formulation and solution procedure. The results indicate that each approach is appropriate under certain operational setting and that there is no single rational multi-objective approach to all types of multi-objective decision problems.