تقييم أثر المشروع في التنمية المستدامة باستخدام التحليل الاقتصادي الهندسي

د. محمَد الجلالي*

الملخص

يزداد الاهتمام بالتنمية المستدامة اليوم في مختلف دول العالم، ويحظى موضوع الاستدامة باهتمام الباحثين من مختلف الاختصاصات، ويصنف بأنه من الموضوعات متعددة الاختصاصات (multidesplinary)، وذلك نتيجة للجوانب والأبعاد المختلفة التي ينطوي عليها.

يشكل المهندسون حلقة الوصل بين حاجات المجتمع والتطورات في العلوم الطبيعية، حيث يقومون بتحويل الموارد الطبيعية والبيئية إلى سلع ومنتجات وخدمات لزيادة رفاهية الناس، ويجري ذلك غالباً من خلال المشروعات الهندسية.

ويزود المهندسون المتخرجون من الجامعات السورية والعالمية، بمجموعة من المبادئ والمفاهيم الأساسية للتحليل الاقتصادي الهندسي من خلال مقرر الاقتصاد الهندسي الذي يُدَرَّسُ في معظم الكليات والمعاهد الهندسية.

يبيّن هذا البحث إمكانية تطبيق التحليل الاقتصادي الهندسي لقياس أثر المشروع في الاستدامة، ويقترح تطبيق منهجية متكاملة لقياس الأثر الإجمالي للمشروع في التنمية المستدامة، تجمع بين تحليل المنفعة إلى التكلفة Benefit/Cost Analysis BCA وبين تحليل القرار متعدد المعايير Multi-Criteria Decision Making MCDM، ويبيّن البحث كيفية تطبيق هذه المنهجية من خلال أمثلة عملية.

الكلمات المفتاحية: تقييم الاستدامة، التحليل الاقتصادي الهندسي، التنمية المستدامة، تقييم المشروعات الهندسية.

* مدرس في قسم الإدارة الهندسية والتشييد، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق، سورية.

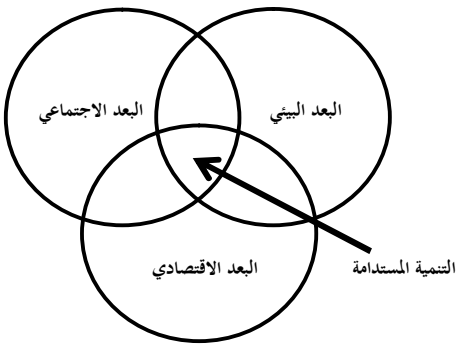
1- مقدمة

يحظى موضوع التنمية المستدامة اليوم باهتمام كبير، سواء من قبل صانعي القرار السياسي، أم الاقتصاديين، أم الباحثين العلميين، أم المهندسين. وأضحى تحقيق الاستدامة هدفاً استراتيجياً مضمناً في معظم -إن لم تكن جميع- السياسات العامة لحكومات دول العالم المختلفة، ورغم أن ظهور هذا المفهوم كان مرتبطاً في البداية بالبعد البيئي، إلا أن مفهوم التنمية المستدامة تطور اليوم ليغطي أبعاداً أخرى تشمل جوانب الحياة الإنسانية كافة (غنيم وأبو زلط 2010).

ورغم تعدد تعاريف التنمية المستدامة التي تصل إلى المئات (Vos 2007)، فإن تعريف اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (1989)، المعروفة باسم لجنة بروندتلاند (Brundtland)، يعدُّ أكثرها تداولاً وشمولاً، ووفقه تعرف التنمية المستدامة بأنها: "التأكد من تحقيق احتياجات الحاضر دون التأثير في قدرة الأجيال القادمة على تأمين احتياجاتها." (اللجنة 1989؛ Kates et al. 2005)، ومن وجهة نظر هندسية تعرف التنمية المستدامة بأنها: "تحدي تلبية حاجات الإنسان من الموارد الطبيعية، والمنتجات الصناعية، والطاقة، والطعام، والنقل، والإدارة الفعالة للمياه، مع الحفاظ على جودة البيئة وحمايتها، وعلى الموارد الطبيعية التي تشكل القاعدة الأساسية للتنمية المستقبلية." (Woodruff 2006; Rogers et. al. 2008).

يتفق الباحثون على أنّ للتنمية المستدامة أبعاداً ثلاثة، كما يبيّن الشكل(1)، تدعى بركائز التنمية المستدامة، وهذه الأبعاد هي:

- البُعد البيئي: ويتضمن الجوانب المتعلقة باستدامة المحيط الطبيعي الذي يعيش فيه الناس، ويعنى بتحقيق التنمية مع الحفاظ على البيئة والتخفيف -ما أمكن- من هدر الموارد الطبيعية، ولاسيَّما الموارد غير المتجددة.
- البُعد الاجتماعي: ويتضمن تحقيق العدالة بين الناس في المجتمع من حيث الحصول على الموارد الطبيعية، والدخل، وتخفيف الفقر، وتحقيق العدالة الاجتماعية بين الأجيال الحالية والأجيال القادمة (حياة أفضل للجميع الآن وفي المستقبل).
- البُعد الاقتصادي: ويتضمن تحقيق الرفاهية الاقتصادية التي تتمثل في رفع مستوى المعيشة وزيادة معدلات الاستهلاك للأجيال الحالية دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تحقيق رفاهيتها الاقتصادية.



الشكل (1) أبعاد التنمية المستدامة

ومن ثمَّ فإن تحقيق التنمية المستدامة يعني تحقيق التنمية التي توازن بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية، بحيث لا يؤدي حدوث التنمية في أحد هذه الأبعاد إلى الإخلال في تنمية الأبعاد الأخرى (حرفوش وآخرون 2008؛ غنيم وأبو زلط 2010).

تشكل التنمية المستدامة اليوم، بجوانبها الثلاثة، هدفاً استراتيجياً لجميع دول العالم، وللمجتمع العالمي ككل، وهذا يفرض سؤالاً مهماً يتعلق بالمؤشرات التي ينبغي أن

تحققها جهود التنمية في مختلف الدول للتأكد من تحقيقها لهدف التنمية المستدامة، وقد بُذلت جهود بحثية عديدة لوضع مؤشرات للتنمية المستدامة، وكيفية قياسها وتقييمها على المستوى العالمي، وعلى المستوى الكلّي للدول المختلفة (Kates et. al. 2005)، وتمّ التوصل إلى المئات من هذه المؤشرات.

تتصف معظم المؤشرات الخاصة بقياس التنمية المستدامة بأنها مؤشرات نوعية، يصعب قياسها والتعبير عنها بصورة كمية، وهو أمر يجد المهندسون صعوبة في التعامل معه بسبب اعتيادهم على الأرقام والدقة في عملهم (Vos 2007; The Institution 2002; Sahely et al. 2005).

هدَفَ هذا البحث -بصورة خاصة- إلى اقتراح منهجية لقياس أثر المشروع الهندسي في الاستدامة، وذلك باستخدام الأدوات المتاحة في التحليل الاقتصادي الهندسي، وذلك على مستوى المشروع (الميكروي)، بحيث تغطي هذه المنهجية الجوانب المختلفة للاستدامة.

يعتمد هذا البحث المنهج الوصفي التحليلي في تحقيق أهدافه، إذْ تتمُّ الإحاطة بموضوع البحث من خلال دراسة الأبعاد المختلفة للاستدامة وتحليلها، ومن ثم اختيار الأدوات المناسبة في التحليل الاقتصادي الهندسي التي يمكن استخدامها في تقييم أثر المشروع الهندسي في هذه الأبعاد المتعددة، حيث ينطلق البحث من الدور المحوري الذي يؤديه المهندسون في توظيف الموارد الاقتصادية، وفي الدراسات الأولية والتمهيدية للمشروعات الهندسية، بغية الوصول إلى اقتراح منهجية قابلة للتطبيق لتقييم الآثار المتوقعة للمشروع الهندسي في الأبعاد المختلفة للاستدامة، ويقدم البحث أمثلة عملية لكيفية تطبيق هذه المنهجية المقترحة.

2- دور المهندس في تحقيق الاستدامة

تعرّف الهندسة وفق مجلس التأهيل الأمريكي للهندسة والتكنولوجيا بأنها "المهنة التي تطبق فيها المعرفة بعلوم الرياضيات والعلوم الطبيعية المكتسبة عبر الدراسة والخبرة والممارسة، وباستخدام الحكم الصائب لتطوير وسائل استخدام مواد الطبيعة وقواها استخداماً اقتصادياً لخدمة الإنسان." (سوليفان وآخرون 2004).

يعدُّ دور المهندسين في تحقيق الاستدامة دوراً محورياً، وذلك عبر الوظائف المختلفة لعملهم سواء في التصميم أم الابتكار أم اقتراح وسائل لتوظيف مواد الطبيعة وقواها في خدمة الإنسان، وعلى المهندسين أن يضمّنوا تحقيق التنمية المستدامة في مختلف مجالات عملهم، وذلك في المراحل المختلفة من تقديم خدماتهم (Huntzinger et al. 2007; The Royal Academy 2005)، بل إن الحلول الهندسية التي لا تأخذ في الحسبان القيود الأخلاقية والاجتماعية والثقافية والتنظيمية هي ليست حلولاً حقيقية (Ruth 2006).

وقد ازداد اهتمام المهندسين بالتنمية المستدامة بشكل كبير، إذْ يعدُّ تحقيق الاستدامة معياراً أخلاقياً مهماً لممارسة المهنة، وفق ما تنص عليه كودات الأخلاق لمهنة الهندسة التي أُقِرَّتْ من قبل العديد من النقابات والجمعيات والهيئات الهندسية في دول العالم المختلفة (Martin and Schinzinger 2005; Woodruff 2006)، كما عملت هذه الهيئات على تطوير العديد من السياسات والمبادئ والمؤشرات التي تمكن المهندس من تحقيق التنمية المستدامة في ممارسته العملية لمهنته، وتتضمن هذه المبادئ ضرورة أن ينظر المهندسون نظرة بعيدة المدى وأن يأخذوا في الحسبان التبعات البيئية والاجتماعية والاقتصادية لقراراتهم (The Institution

2002; Boyle and Coates 2005; Fenner et al. 2006; Engineering 2009)، ومن ناحية أخرى تتجلى زيادة الاهتمام بالتنمية المستدامة من قبل المهندسين من خلال إدخال موضوع التنمية المستدامة في المناهج الجامعية، وفي مناهج الدراسات العليا، في المعاهد والكليات الهندسية، وذلك في دول العالم المختلفة (Woorduff 2006; Siller 2001).

ولا يشكل موضوع الاستدامة موضوعاً جديداً ينبغي للمهندس دراسته بشكل مستقل، وإنما ينبغي عليه أن يأخذ في الحسبان موضوع الاستدامة، وأن يواظب على الوعي بها في ممارسته لمهنته، ويمكنه -بصورة عامة- أن يضمن تحقيق التنمية المستدامة من خلال الأدوار المختلفة التي يقوم بها عادة وهو يمارس مهنته، وفيما يلي عرض للأدوار المختلفة للمهندس وكيفية إسهامه في تحقيق الاستدامة من خلال ممارسته لكل من هذه الأدوار:

2-1 الدور التقني

يمكن حساب الموارد الطبيعية اللازمة للمنتجات أو المشروعات الهندسية، وكذلك حساب التلوث البيئي وتقييمه كمياً (Park et. al. 2003; Tam 2002)، ويقوم المهندسون بدور فعّال في التصميم الهندسي التقني الذي ينبغي أن يضمن -ما أمكن- الحفاظ على الموارد الطبيعية، واستخدام المواد المعادة التصنيع، والاستغلال الأمثل للمواد، واستخدام الوحدات القابلة للفك وإعادة التركيب، والتخفيف من الهدر واستخدام الطاقة، والتقليل من الانبعاثات الملوثة للبيئة، والتصميم مع الأخذ في الحسبان الحفاظ على البيئة بمفهومها الأشمل؛ وذلك عبر ما يعرف بالتصميم لأجل البيئة (Design for Environment DfE)(Boyle and Coates 2005; Woodruff 2006; Vezzoli and Manzizi 2008).

2-2 الدور الاجتماعي

يتمثل هذا الدور في ضرورة تأكد المهندسين من التزامهم بالمسؤولية الاجتماعية، ومن ثَـمَّ ضمان تحقيق المشروعات الهندسية التي يعملون بها للعدالة بين الفئات الاجتماعية المختلفة في المجتمع من ناحية، وبين الأجيال المختلفة من ناحية أخرى، ومن ثمَّ تحسين جودة الحياة للجميع، وكذلك ينبغي عليهم الالتزام بتحقيق الجوانب المتعلقة بالصحة والسلامة للعاملين في هذه المشروعات.

كما ينبغي على المهندسين ايضاً أن يتأكدوا من تحقيق المشروعات التي يعملون بها، والابتكارات التي يقدمونها، منافع للأفراد جميعاً في المجتمع، وللأجيال المتعاقبة فيه، وليس لمجرد زبائنهم في هذه المشروعات (The Institution 2002).

2-3 الدور الاقتصادي

يتمثل هذا الدور في ضرورة أن يتضمن التقييم الاقتصادي الهندسي للمشروعات وللمقترحات الهندسية جانب الاستدامة، من خلال العمل -ما أمكن- على تخفيض التكاليف، ودراسة البدائل الأوفر واختيارها بتكلفة دورة الحياة، وتحقيق الكفاءة الاقتصادية في توظيف الموارد (The Institution 2002).

3- الاقتصاد الهندسي والاستدامة

مع بدايات القرن العشرين توسع اهتمام المهندسين بالأبعاد الاقتصادية لقراراتهم، إذْ لم تعد مهمتهم محصورة بالتصميم والإنتاج والتشييد والتشغيل، وتجلى هذا الاهتمام بظهور فرع خاص من العلوم الهندسية، وهو الاقتصاد الهندسي الذي يمثل معرفة مجمّعة من الاقتصاد والهندسة، تزود المهندسين بمجموعة من التقنيات والأدوات التي تمكّن من تقييم الجدوى الاقتصادية للمشروعات الهندسية، ويتضمن التحليل

الاقتصادي الهندسي تشكيل التبعات الاقتصادية للبدائل المختلفة وتقديرها وتقييمها، من خلال مجموعة من التقنيات الرياضية التي تسهل المقارنة الاقتصادية (جرانت وآخرون 1982؛ Blank and Tarquin 2005; Riggs and West 1986).

يتضمن التحليل الاقتصادي الهندسي عموماً تقييم الأبعاد الاقتصادية للبدائل الهندسية، سواء كانت بدائل تصميم أم تشغيل أم صيانة، وذلك باستخدام الأدوات والتقانات الاقتصادية، ويستند في ذلك إلى عدد من المبادئ والأسس التي طُوِّرَت في هذا المجال.

ومن ثَمَّ فإن الاقتصاد الهندسي يمثل الأداة المساعدة الرئيسة للمهندس التي تمكنه من صنع القرارات في ظل محدودية الموارد ورأس المال، ويتم عبره إجراء المبادلات بين العوامل المختلفة التي تؤثر في صنع القرار الاقتصادي الهندسي (Sullivan et al. 2006).

ورغم عدم إهمال دراسات الاقتصاد الحالية، وانطلاقاً من أن معظم المشروعات الهندسية تمتد عادة على مدد زمنية طويلة، فإن التحليل الاقتصادي الهندسي يعطي أهمية خاصة للتدفقات النقدية المتوقعة للمشروعات الهندسية، وتقييم هذه التدفقات باستخدام مفهوم الفائدة والقيمة الزمنية للنقود.

كما أنّ الاقتصاد الهندسي يهتم أيضاً بصورة خاصة بتحليل المشروعات العامة، عبر تحليل المنفعة/التكلفة، وتطوير الأسس الخاصة بهذا التحليل، وذلك عبر الأخذ في الحسبان خصائص المشروعات العامة والفروق بينها وبين المشروعات الخاصة (جرانت وآخرون 1982؛ سوليفان وآخرون 2004؛ Blank and Tarquin 2005; Collier and Glagola 1998; White et al. 1989).

وقبل الوصول إلى القرار النهائي لقبول المشروع، أو ترتيب المشروعات الهندسية، يؤكد التحليل الاقتصادي الهندسي على الأخذ في الحسبان المعايير المتعلقة بهذا القرار جميعها، سواء كانت معايير قابلة للقياس الكمي، أم معايير يمكن تقييمها ذاتياً من قبل الجهة المعنية بصنع القرار، وقد طُوِّرَ العديد من التقنيات المساعدة في صنع القرار الاقتصادي الهندسي استناداً إلى معايير أو خصائص متعددة، وليس مجرد الاكتفاء بالتدفقات النقدية المتوقعة المخصومة للمشروع (Sullivan et al. 2006; Blank and Tarquin 2005).

وهذا يعني أن التحليل الاقتصادي الهندسي يتضمن المبادئ والأسس التي يمكن استخدامها في تقييم أثر المشروع الهندسي في الاستدامة، وتبيّن الفقرة التالية أنه يمكن توسيع مبادئ التحليل الاقتصادي الهندسي وتقاناته بحيث تغطي تقييم أثر المشروعات الهندسية في الاستدامة، كما تقدم اقتراحاً للأدوات التي يمكن استخدامها لتقييم الجوانب والأبعاد المتعددة لهذا التحليل، تمهيداً لاقتراح منهجية متكاملة تستخدم أدوات التحليل الاقتصادي الهندسي في تقييم أثر المشروع الإجمالي في الاستدامة.

4- إسهام الاقتصاد الهندسي في تحليل الاستدامة

يمكن للمبادئ والأدوات والتقنيات التي تندرج ضمن الاقتصاد الهندسي أن تقدم إسهاماً فعّالاً في تقييم أثر المشروعات الهندسية في الاستدامة، ولا يقتصر إسهام الاقتصاد الهندسي على بعد واحد من أبعاد الاستدامة، بل إن التحليل الاقتصادي الهندسي يمكن أن يسهم في تحليل أثر المشروع في الأبعاد المختلفة للاستدامة.

4-1 الأبعاد البيئية

تمكّن أدلّة تقييم الآثار البيئية (Environmental Impact Assessment EIA) التي تعتمدها العديد من الدول عبر الهيئات المعنية بالبيئة لديها، من حصر الآثار البيئية السلبية المحتملة للمشروع وبيان احتمالات حدوثها وحجمها ومدتها وإمكانات تجنبها (Weston 2000; Goodman and Hastak 2006).

وبعد حصر هذه الآثار، يمكن تقدير تكاليف التدهور البيئي لكل من البدائل المختلفة للمشروع، ومقارنتها بحالة عدم تنفيذ المشروع، وتتمثل الصعوبة الأساسية في هذا الأمر في التعبير عن هذه التكاليف بوحدات نقدية، ويمكن التغلب على هذه الصعوبة من خلال الاعتماد على مفهوم التكلفة الاقتصادية للأثر البيئي باستخدام التكاليف الحقيقية عبر ما يعرف بأسعار الظل (Shadow prices)، ويتم الوصول إلى هذه الأسعار بتتبع الآثار الخارجية (Externalities) للتلوث البيئي، وتقدير تكاليفها.

نُقدَّرُ تكاليف التلوث البيئي عبر تقدير التكاليف الإضافية التي يتحملها المجتمع نتيجة لارتفاع معدلات التلوث التي تتجلى في انخفاض الإنتاجية، أو الزيادة في تكاليف الرعاية الصحية وتكاليف خسارة الحياة، أو التكاليف الإضافية الناجمة عن تغيّر سلوك الأفراد في منطقة المشروع نتيجة لبحثهم عن أماكن أخرى للاستجمام خالية من التلوث، أو حتى انتقالهم إلى هذه الأماكن (بولت وآخرون 2005؛ Friedrich and Bickel 2001).

ومع أن تقنيات تقييم الآثار البيئية باستخدام اسعار الظل ما زالت بدائية، وتحتاج إلى المزيد من البحوث لتتبع الآثار المتعددة للتلوث البيئي وتقييمها، إلا أن ذلك لا يمنع من محاولة إجراء الحسابات اللازمة لها (داسكوبتا 2008).

ويمكن باستخدام تقانات الحساب نفسها تقدير المنافع البيئية الناجمة عن مشروعات التحسين البيئي، إذْ تمثل المنافع في هذه الحالة الفرق بين التكاليف البيئية لاستمرار الوضع الراهن، والتكاليف البيئية الناجمة عن التحسينات المتوقعة من المشروع.

4-2 الأبعاد الاجتماعية

تُقيَّمُ الآثار الاجتماعية للمشروع من خلال دراسة التبعات المتوقعة للمشروع على المجتمع ككل؛ وذلك عبر تقدير المنعكسات الاجتماعية للمشروع، ومن ثمَّ مدى إسهامه في رفع مستوى الحياة للناس، وتحقيق الرفاهية الاجتماعية، وجودة الحياة.

يمكن القيام بذلك من خلال رصد المؤشرات الاجتماعية دون المشروع، ومقارنتها بالمؤشرات الاجتماعية المتوقع تحقيقها نتيجة تنفيذ المشروع، وتقييم مدى التحسن في هذه المؤشرات بعد إنجاز المشروع، ومع توافر تقانات لتقييم الأبعاد الاجتماعية، إلا أنّ عملية التقييم لا تخلو من استخدام الحكم الذاتي والخبرة الشخصية (Goodman and Hastak 2006)، فضلاً عن ضرورة رصد إسهام المشروع في زيادة الرفاهية الإجمالية لأفراد المجتمع، إلا أن هذه الزيادة ينبغي ألا تضر بالعدالة الاجتماعية بين أفراد المجتمع من جهة، وبين الأجيال المتعاقبة من جهة أخرى.

4-2-1 العدالة بين أفراد المجتمع

يؤثر المشروع في أفراد المجتمع في المدخلات أو المخرجات أو في كليهما، وتؤدي بعض المشروعات إلى إعادة توزيع الدخل بين الفئات المختلفة في المجتمع، إذْ يؤدي توظيف العمّال في المشروع إلى زيادة دخلهم ومن ثمَّ إلى رفاهيتهم، كما تؤدي بعض المشروعات إلى الإضرار بفئاتٍ في المجتمع على حساب فئاتٍ أخرى، إذْ

يمكن لمشروعات السدود مثلاً أن تغمر أراضي بعض المواطنين، وتحسّن في الوقت ذاته قيَم الأراضي لمواطنين آخرين، ويعدُّ التقييم الكمي للأثر الإجمالي للمشروع في تحقيق العدالة بين أفراد المجتمع أمراً معقّداً، ويمكن التغلب على هذا التعقيد باستخدام ما يعرف بأجور الظل للعمالة (Labor shadow wages) التي تمثل العبء الحقيقي الذي يتحمله اقتصاد المجتمع نتيجة للأجور التي تُدفَعُ من المشروع للعمال (Matheson et. al. 1998; Dasgupta et al. 1972; UNIDO 1978; Squire and Tak 1981).

4-2-2 العدالة بين الأجيال المتعاقبة

ينطوي مفهوم الاستدامة على تحقيق العدالة في توزيع الموارد بين الأجيال المتعاقبة، وحتى يتحقق ذلك ينبغي التأكد أن منافع المشروعات الهندسية في المدى البعيد تتجاوز تكاليفها، وتتضمن المشروعات الهندسية استثمار الموارد في المدى القصير، بغية تحقيق رفاهية لمستخدمي المشروع في المدى البعيد، وهذا يستلزم إجراء الحسابات الاقتصادية للمشروع التي تتضمن إجراء المبادلات بين التكاليف قصيرة الأجل والمنافع بعيدة الأجل.

يمكن للاقتصاد الهندسي الإسهام في إجراء هذه المبادلات عبر مفهوم القيمة الزمنية للنقود، وهو مفهوم محوري في الاقتصاد الهندسي، ويستخدم معدل الفائدة (الخصم) للأخذ في الحسبان القيم الحالية للتبعات المستقبلية للمشروع الهندسي، وذلك عبر تقييم المستقبل من وجهة نظر الحاضر (Pearce et. al. 2003; Pearce et al. 1990).

3-4 الأبعاد الاقتصادية

تتمثل المهمة الأساسية للتحليل الاقتصادي الهندسي في التأكد من أنّ المنافع الاقتصادية للمشروع الهندسي تتجاوز تكاليفه خلال كامل عمر الدراسة له، أو ما يعرف بدورة الحياة للمشروع، ومن ثمَّ يمكن عبر تطبيق أدوات التحليل الاقتصادي الهندسي التأكد أن الموارد التي ستُخصَّصُ للمشروع، والتي سيُخرَمُ باقي القطاعات الاقتصادية ستعطي أعلى قيمة اقتصادية مضافة من هذا التخصيص، وهو ما تتمحور حوله أسس المقارنات الاقتصادية الهندسية للبدائل التي تزودنا بها التقانات التي طُوِّرَتْ في مجال الاقتصاد الهندسي، كمؤشرات المقارنة الاقتصادية بين البدائل، وطرائق تقييم المشروعات العامة، والتحليل البنيوي للبدائل، وغيرها (سوليفان وآخرون 2004؛ جرانت وآخرون 1982؛ Blank and Tarquin 2005; Thuesen and Fabrycky).

5- الأثر الإجمالي للمشروع في التنمية المستدامة

تتضمن هذه الفقرة عرضاً للمنهجية المقترحة لتقييم الأثر الإجمالي للمشروع في التنمية المستدامة، إذْ يُبتدَأُ بعرض التقانات المستخدمة في هذه المنهجية، وهي التقانات التي يزودنا بها التحليل الاقتصادي الهندسي، كتحليل المنافع إلى التكاليف (Benefit/Cost Analysis)، وتحليل القرار متعدد المعايير (Multi-Criteria Decision Making MCDM)، والتحسينات والمواءمات المقترحة على هذه التقانات بما يمكن من تطبيقها في تقييم الاستدامة، وعرض الخطوات المقترحة لتطبيق هذه المنهجية، مع أمثلة توضيحية تبيّن كيفية تطبيق هذه المنهجية في المشروعات الهندسية.

5-1 تحليل المنافع إلى التكاليف (Benefit-Cost Analysis BCA)

يعتمد التحليل الاقتصادي الهندسي طريقة تحليل المنفعة/التكلفة (BCA) لتقييم المشروعات العامة، وهي

الطريقة التي تعتمدها الهيئات الحكومية في مختلف دول العالم لتقييم المشروعات العامة، ويستند المبدأ الأساسي لهذه الطريقة إلى التقدير الإجمالي لمنافع المشروع وإلى تكاليفه على المجتمع ككل، ويتم ذلك عادة بتحويل المنافع والتكاليف إلى وحدات نقدية عبر تقانات متعددة، وعبر تطبيق معدل مناسب لخصم المنافع المستقبلية إلى قيمها الحالية، يدعى عادة معدل الخصم الاجتماعي (Social Discount Rate) (سوليفان وآخرون 2004؛ Pearce et. al. 2003).

ومع الصعوبات العديدة التي تواجه تطبيق هذا التحليل لتقييم أثر المشروع في الاستدامة، ولاسيَّما تلك المتعلقة بتقدير المنافع البيئية والاجتماعية بوحدات نقدية، وأيضاً تقدير معدل الخصم الاجتماعي (Goodman and Hastak 2006) ، إلا أنْ التطورات في طرائق تقدير المنافع والتكاليف الاجتماعية، واستخدام تقانات أسعار الظل، يمكن أنْ تسهم في التخفيف من هذه الصعوبات، ومن ثمَّ الحصول على نتائج مقبولة لهذه الطريقة.

ولتطبيق طريقة تحليل المنفعة/التكلفة لقياس الآثار المتوقعة للمشروع في الاستدامة، يمكن اقتراح منهجين، تبيّن المعادلة (1) المنهج الأول الذي تُحسَبُ فيه المنافع الناجمة عن المشروع بما في ذلك المنافع البيئية والاجتماعية والاقتصادية، وتُقسَّمُ على التكاليف البيئية والاقتصادية والاجتماعية، وذلك لكل سنة من سنوات دورة حياة المشروع، وتُخصَمُ إلى الوقت الحاضر باستخدام معدّل الخصم الاجتماعي.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left[B(Env.)+B(Soc.)+B(Eco.)\right]_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^{n}\left[C(Env.)+C(Soc.)+C(Eco.)\right]_t (1+r)^{-t}} \quad (1)$$

إذْ:

$B(Env.)$ المنافع البيئية للمشروع في السنة t.

$B(Soc.)$ المنافع الاجتماعية للمشروع في السنة t.

$B(Eco.)$ المنافع الاقتصادية للمشروع في السنة t.

$C(Env.)$ التكاليف البيئية للمشروع في السنة t.

$C(Env.)$ التكاليف الاجتماعية للمشروع في السنة t.

$C(Env.)$ التكاليف الاقتصادية للمشروع في السنة t.

r معدل الخصم الاجتماعي.

n سنوات دورة حياة المشروع.

ويمثل معدل الخصم الاجتماعي r للمشروع، التفضيل الزمني للمجتمع لمنافع المشروع البعيدة المدى، مقارنة بالتكاليف التي غالباً ما تُدفَعُ في وقت مبكر، ولا تعدُّ مهمّة تقدير هذا المعدل مهمة سهلة، خاصة أنّه يعبّر عن التفضيلات الزمنية للمجتمع من ناحية، وعن تكلفة فرصة تكاليف المشروع من ناحية أخرى، ويعكس هذا المعدل أيضاً نظرة المجتمع إلى العدالة بين الأجيال، إذْ إنَّ انخفاض قيمة هذا المعدل إلى الصفر، يعني مساواة المنافع التي يحققها المشروع في المستقبل بالمنافع التي يحققها الآن، وهو أمر يقترحه بعض الباحثين، إلا أن الاتجاه الغالب في هذا الصدد هو في تطبيق معدل للخصم أكبر من الصفر، مع اقتراح عدم المغالاة في قيمته (Friedrich and Bickel 2001; Pearce et. al. 2003; Rogers et. al. 2008).

كما أنّ حساب هذا المعدل ينبغي أن يتم بصورة مركزية في الدولة، لأنّ استخدام معدلات مختلفة للمشروعات المختلفة قد يعطي تفضيلات لأنواع من المشروعات على حساب أنواع أخرى، وذلك مالم تكن هذه التفضيلات مقصودة، إذْ يمكن في هذه الحالة استخدام معدلات متعددة للخصم.

أمَّا إذا كان من المتوقع استمرار آثار المشروع على الأبعاد المختلفة للاستدامة مدة طويلة جداً، أمكن في هذه

الحالة اعتبار قيمة n مساوية للانهاية، واستخدام تقنية التكلفة أو المنفعة الرأسمالية في الحساب.

وحتى يكون المشروع مقبولاً وفق هذا المنهج، وذلك من وجهة نظر الاستدامة، ينبغي أن تكون نسبة المنفعة إلى التكلفة الناجمة عن المعادلة (*1*) أكبر من الواحد.

وفضلاً عن الصعوبات التي ذكرت سابقاً، والمتعلقة بتقييم المنافع والتكاليف بصورة نقدية، وبحساب معدل الخصم الاجتماعي، ينبغي الحذر من ازدواج الحساب عند تطبيق هذا المنهج لحساب نسبة المنفعة/التكلفة، ولاسيَّما وأن منافع المشروعات غالباً ما تمثل وفورات في التكاليف مقارنة باستمرار الوضع الراهن، وللتغلب على هذه المشكلة يمكن اقتراح المنهج الوارد في المعادلة (*2*) لحساب نسبة المنفعة التكلفة.

$$\boldsymbol{B/C} = \frac{\sum_{t=1}^{n} [\boldsymbol{B}_{eco.}]_t (1+\boldsymbol{r})^{-t}}{\sum_{t=1}^{n} [\boldsymbol{C}_{eco.+env.+soc.}]_t (1+\boldsymbol{r})^{-t}} \qquad (2)$$

إذْ:

$B_{eco.}$ المنافع الاقتصادية للمشروع في السنة t.

$C_{eco.+env.+soc.}$ التكاليف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية للمشروع في السنة t.

r معدل الخصم الاجتماعي.

n سنوات دورة حياة المشروع.

ويفترض هذا المنهج للحساب أن المشروع سيرتب تكاليف بيئية واجتماعية تضاف إلى التكاليف الاقتصادية للمشروع، وهي الحالة الأكثر شيوعاً للمشروعات الهندسية، ومع ذلك، وفي حال أدى المشروع إلى منافع بيئية أو اجتماعية، يمكن الاكتفاء بطرح هذه المنافع من التكاليف الاقتصادية، بحيث تتحول الإشارة التي ترمز إلى إضافة التكاليف البيئية أو الاجتماعية من موجبة إلى سالبة.

2-5 القرار متعدد المعايير أو الخصائص Multi-Criteria Decision Making MCDM

يمكن لتحليل المنافع إلى التكاليف الوارد في الفقرة السابقة أن يعطي نتائج كمية لدعم القرار المتعلق باختيار البديل الهندسي الأفضل من وجه نظر التنمية المستدامة، إلا أنّ هذا التحليل يستند إلى تقييم كمي لعدد من المعايير المتعلقة بالاستدامة التي يمكن تحويلها إلى قيم ومؤشرات اقتصادية وتقييمها بالنقود.

وللتغلب على صعوبات التقييم الكمّي بقيم مالية لمعايير التنمية المستدامة وضماناً للأخذ في الحسبان التأثيرات المحتملة للمشروع كلّها في الاستدامة، يمكن تعزيز تحليل المنافع إلى التكاليف باستخدام تقانات القرار متعدد المعايير أو الخصائص المتوافرة في الاقتصاد الهندسي، حيث تُدخَلُ المعايير التي يمكن تقييمها بصورة كمية وتُحوَّلُ إلى مؤشرات مالية في تحليل المنافع إلى التكاليف وفق ما هو وارد في الفقرة 5-1 أعلاه، ويتم التعامل مع مؤشر نسبة المنفعة إلى التكلفة B/C بوصفه أحد معايير القرار، وتُدرَجُ المعايير الأخرى التي يمكن أن تعطى قيماً كمية أو تفضيلية كمؤشرات نوعية الحياة البرية، والآثار النفسية للمشروع، وغيرها من المعايير التي يصعب إدخالها في نموذج تحليل المنفعة التكلفة، وينبغي وفق هذا المقترح أن يعطى الثقل الأكبر في التحليل لمعيار نسبة المنفعة إلى التكلفة B/C، وتعطى أثقالاً للمعايير الأخرى عبر الجهة صاحبة المشروع تأخذ في الحسبان الظروف الخاصة بالمشروع، والجهات ذات العلاقة به، وينبغي في هذه الحالة تجنب الحساب المزدوج لأي من المنافع أو التكاليف في المشروع.

طُوِّرَتِ العديد من التقانات التي يمكن استخدامها لتحليل القرار متعدد المعايير، ويوصي التحليل الاقتصادي الهندسي باستخدام هذه التقانات عند وجود معايير أو خصائص متعددة لا يمكن توحيدها أو تحويلها إلى قيم مالية، ومن ثمَّ إجراء التحليل الاقتصادي الهندسي التقليدي عليها، ويمكن استخدام أي من هذه التقانات لقياس أثر المشروع الإجمالي في التنمية المستدامة، وخاصة في حالة المقارنة بين أكثر من بديل لتنفيذ المشروع (سوليفان وآخرون 2004؛ جرانت وآخرون 1982؛ Blank and Tarquin 2005).

3-5 منهجية مقترحة لقياس الأثر الإجمالي للمشروع في الاستدامة

تتضمن هذه الفقرة منهجية متكاملة مقترحة لتقييم الأثر الإجمالي للمشروع الهندسي في الاستدامة، وذلك باستخدام أدوات التحليل الاقتصادي الهندسي، وبصورة خاصة تقييم المنافع إلى التكاليف (Benefit/Cost Analysis)، وتحليل القرار متعدد المعايير (Multi-Criteria Decision Making MCDM)، وذلك عبر ثلاث فقراتٍ جزئية تتضمن الأولى الخطوات المقترحة للتحليل، وتعرض الثانية مثالاً عملياً لكيفية إنجاز هذه الخطوات لتقييم أثر المشروع في الاستدامة، وتبيّن الثالثة كيفية استخدام تحليل القرار متعدد المعايير في دعم التقييم المستند إلى تحليل المنافع إلى التكاليف بإدخال معايير إضافية للتقييم.

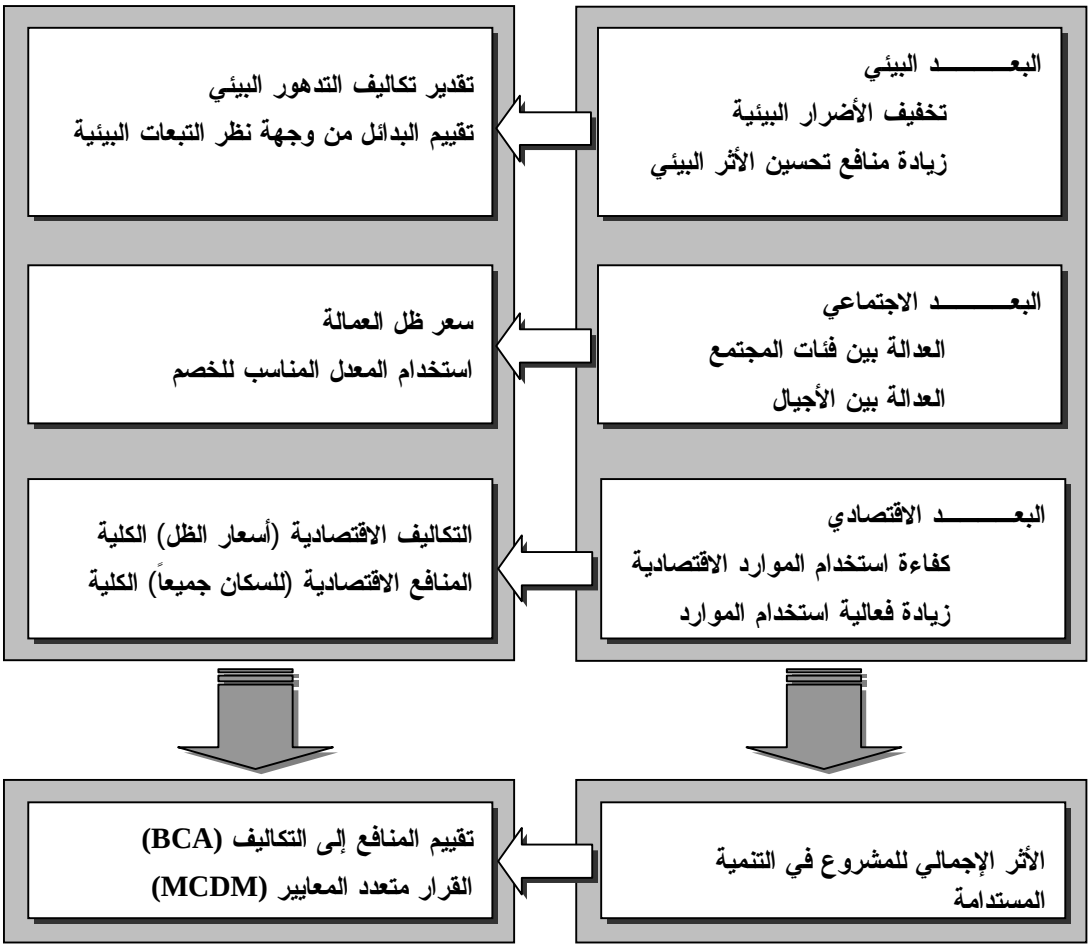
5-3-1 خطوات قياس أثر المشروع في التنمية المستدامة

يُقاسُ أثر المشروع الإجمالي في الاستدامة باتباع الخطوات الآتية:

1. تقدير تكاليف المشروع ومنافعه خلال دورة حياة المشروع وفق الأسس المتبعة في تحليل الاقتصاد الهندسي.
2. حساب نسبة المنافع إلى التكاليف وفق الأسس المتبعة في تحليل الاقتصاد الهندسي.
3. تقييم المنافع والتكاليف البيئية والاجتماعية وفق التقانات المقترحة في هذا البحث، ووفق ما يبيّن الشكل – 2.
4. حساب نسبة المنافع إلى التكاليف بعد إدخال المنافع والتكاليف البيئية والاجتماعية، وإضافتها أو طرحها إلى المنافع والتكاليف الاقتصادية، وذلك عبر تطبيق المعادلة *(1)* أو *(2)* المقترحة في هذا البحث.
5. إدخال المعايير الأخرى لتقييم التنمية المستدامة في تحليل متعدد الخصائص أو المعايير، وعَدّ نسبة المنافع إلى التكاليف معياراً من المعايير.
6. استخلاص النتيجة النهائية لأثر المشروع في التنمية المستدامة واتخاذ القرار بتنفيذ المشروع من عدمه، أو باختيار البديل الأفضل عند المقارنة بين بدائل مختلفة لتنفيذ المشروع.

5-3-2 مثال على تطبيق تحليل المنافع إلى التكاليف

يتضمن الجدول (1) مثالاً عملياً لتقييم أثر مشروع تشييد طريق في الاستدامة؛ وذلك باستخدام المنهجية المقترحة في هذا البحث، وتوضح البيانات المتعلقة بالمشروع الوارد في



الشكل (2) المنهجية المقترحة لتقييم أثر المشروع الهندسي في الاستدامة

الجدول (1) مثال عملي لتقييم أثر المشروع الهندسي في الاستدامة (المبالغ بآلاف الليرات السورية)

Year	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*	*2024*	*2025*	*2026*
Initial Costs	6,000	115,000	148,000											-100,000
O & M Costs				10,000	10,000	10,000	15,000	20,000	60,000	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000
Total Costs	*6,000*	*115,000*	*148,000*	*10,000*	*10,000*	*10,000*	*15,000*	*20,000*	*60,000*	*20,000*	*25,000*	*30,000*	*35,000*	*-60,000*
VOC Benefits				35,000	36,750	38,588	40,517	42,543	44,670	46,903	49,249	51,711	54,296	57,011
TTC Benefits				15,000	15,750	16,538	17,364	18,233	19,144	20,101	21,107	22,162	23,270	24,433
Total Benefits	*0*	*0*	*0*	*50,000*	*52,500*	*55,125*	*57,881*	*60,775*	*63,814*	*67,005*	*70,355*	*73,873*	*77,566*	*81,445*
	NPV (Benefits) =	352,547												
	NPV (Costs) =	316,008												
	B/C =	*1.12*												
Env. Costs	0	25,000	20,000	500	500	500	750	1,000	2,500	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000
Soc. Costs	10,000	0	0	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Total Costs (Env + Eco + Soc.)	*16,000*	*140,000*	*168,000*	*15,500*	*15,500*	*15,500*	*20,750*	*26,000*	*67,500*	*26,000*	*31,250*	*36,500*	*41,750*	*-53,000*
Env. Benefits	0	0	0	2,500	2,625	2,756	2,894	3,039	3,191	3,350	3,518	3,694	3,878	4,072
Soc. Benefits	0	3,500	5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Benefits (Env + Eco + Soc)	*0*	*3,500*	*5,000*	*52,500*	*55,125*	*57,881*	*60,775*	*63,814*	*67,005*	*70,355*	*73,873*	*77,566*	*81,445*	*85,517*
	NPV (Benefits) =	443,769												
	NPV (Costs) =	430,854												
	B/C	*1.03*												

الجدول أنّ عمر الدراسة (مدة التحليل) تمتد من عام 2013 وهو العام المتوقع لإنجاز الدراسات الهندسية للمشروع، حتى عام 2026 أي بعد عشرة أعوام من بدء السير على الطريق.

يبيّن الصف الأول من الجدول التكاليف الأولية (Initial costs) للمشروع، وتتضمن تكاليف التصميم في عام 2013، وتقدر بستة ملايين ليرة سورية، تليها تكاليف التشييد في العامين 2014 و2015، إذْ تبلغ التكلفة الكلية للمشروع 263 مليون ليرة سورية خلال سنتي التنفيذ، ويُستَعادُ مبلغ 100 مليون ليرة في نهاية المشروع بوصفها قيمة متبقية (Salvage Value)، وتمثل القيمة المتبقية من عمر المشروع التي يفترض أنها تمثل قيمة الأرض والأعمال الترابية وغيرها من الأعمال الصناعية.

يبيّن الصف الثاني من الجدول تكاليف التشغيل والصيانة (O & M costs) التي يقدر البدء بتخصيصها للطريق منذ العام 2016، وتتزايد بعد ذلك نتيجة لاستخدام الطريق، كما يبيّن هذا الصف تخصيص مبلغ 60 مليون ليرة عام 2021 الذي يتضمن القيام بعمل إصلاح كبير في الطريق. تُجمَعُ التكاليف الكلية لمشروع الطريق خلال دورة حياته في الصف الثالث من الجدول.

يبيّن الصفين الرابع والخامس المنافع الناجمة عن مشروع الطريق، وهي منافع التوفير في تكاليف تشغيل المركبات (Vehicle Operating Costs VOC)، والمنافع المتمثلة في وفورات وقت السفر* (Time Travel Cost TTC)، ويتضمن الصف السادس مجموع هذه المنافع لكل سنة من سنوات المشروع.

بفرض معدل للخصم يبلغ 8% سنوياً، وبحساب القيمة الحالية لكل من المنافع والتكاليف للمشروع يتضح أن نسبة المنافع إلى التكاليف تبلغ 1.12، أي أكبر من الواحد، وهذا يعني أن المشروع مقبول من وجهة نظر التقييم الاقتصادي.

يتضمن الصف السابع من الجدول التكاليف البيئية للمشروع (Environmental Costs)، وتُقدَّرُ وفق أي من مناهج التقدير الخاصة بتكاليف التدهور البيئي، وتمثل التكاليف الناجمة نتيجة لإسهام أعمال المشروع في تلوث البيئة في مرحلة التشييد وفي مرحلة التشغيل والصيانة، ويبيّن الصف الثامن التكاليف الاجتماعية (Social Costs) التي يُفترض هنا أنها تنجم عن استملاك بعض الأراضي في مرحلة التصميم مما يحرم بعض صغار المزارعين من دخولهم، وكذلك سيؤدي تشغيل المشروع إلى حرمان بعض العاملين في خدمات النقل على الطريق الحالي من أعمالهم، وهذا سيؤدي إلى تكاليف اجتماعية في مرحلة تشغيل المشروع. بجمع هذه التكاليف إلى التكاليف الاقتصادية يتم الحصول على القيمة الإجمالية لتكاليف المشروع الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.

من ناحية أخرى يتسبب المشروع وفق ما يبيّن الصف العاشر من الجدول بمنافع بيئية نتيجة لتحسين ظروف السير على الطريق الجديد الذي ينعكس تحسناً في ظروف تشغيل المركبات يؤدي إلى التقليل من الانبعاثات الملوثة للبيئة، كما أنّ توظيف بعض عمال منطقة الطريق في أعمال المشروع يؤدي إلى منافع اجتماعية وفق ما يظهر الصف الحادي عشر من الجدول، وبجمع

* اكتُفِيَ في هذا المثال بمنافع الوفورات في تكاليف تشغيل المركبات والوفورات في اختصار تكاليف زمن الرحلة، وتتضمن مشروعات الطرق عادة منافع أخرى كمنافع التوفير في تكاليف حوادث المرور، والتوفير في تكاليف الصيانة للطرق القائمة، وأُهمِلَت هنا بهدف التركيز على الغاية من المثال وهي عرض منهَجية تقييم أثر المشروع في التنمية المستدامة.

هذه المنافع إلى المنافع الاقتصادية يتم الحصول على المنافع الإجمالية للمشروع من وجهة نظر الاستدامة.

باستخدام معدل للخصم 6% سنوياً، وهو أقل من المعدل المستخدم في التقييم الاقتصادي التقليدي، وذلك للأخذ في الحسبان جدوى المشروع للأجيال القادمة بصورة أفضل، يمكن حساب نسبة المنافع إلى التكاليف التي تأخذ في الحسبان أثر المشروع في الاستدامة؛ وذلك وفق المعادلة *(1)* المقترحة في هذا البحث، ويتبيّن أن هذه النسبة تصبح 1.03، وهي ما زالت مقبولة لأنَّها أكبر من الواحد إلا أنها أقل بشكل ملموس من النسبة السابقة، وهذا يعني أنّ تقييم أثر المشروع في الاستدامة أدى إلى الحصول على مؤشرات تقلل من جدوى المشروع مقارنة بالتقييم الاقتصادي الهندسي دون أخذ الاستدامة في الحسبان.

5-3-3 مثال على تطبيق تحليل القرار متعدد المعايير

يبيّن هذا المثال كيفية تطبيق المنهجية المقترحة في هذا البحث عبر دمج تحليل القرار متعدد المعايير بتقييم المشروع بطريقة نسبة المنافع إلى التكاليف، إذْ يفترض وجود بديلين لتنفيذ المشروع، يحقق كل منهما ميزات مختلفة وفقاً لمعايير متعددة، ويبيّن الجدول (2) ثلاثة بدائل افتراضية لمشروع هندسي مع قيم نسبة المنافع إلى التكاليف لكل منها التي تحسب وفق ما هو وارد في المثال السابق، وكذلك الآثار المتوقعة لكل من هذه البدائل على الحياة البرية، ويُقدَّرُ عدد الأنواع الحيوانية التي تتأثر بكل بديل، ويكون البديل أسوأ كلما كان عدد الحيوانات المتأثرة أكثر، في حين يتضمن المعيار الثالث مدى إسهام المشروع في الإضرار بالتواصل الاجتماعي للسكان الذين يمكن أن يتسبب مسار المشروع في الفصل فيما بينهم، وهنا يعطى تقييم وصفي للتأثير من قبيل شديد، أو متوسط، أو ضعيف، في حين يتضمن المعيار الثالث جودة الهواء في منطقة المشروع نتيجة للمشروع، ويُعبَّرُ أيضاً عن هذا المعيار بقيم تعكس مدى التلوث.

يبيّن الجدول (2) ثلاثة بدائل بمعايير متعددة، وتتوافر طرائق عديدة لتحليل هذه البدائل للوصول إلى البديل الأفضل ، ويمكن مثلاً إعطاء قيم بعدية لكل معيار من 0 إلى 100 بحيث تعكس 100 العلامة الفُضلَى، وهكذا يعطى المشروع ذو القيمة الكبرى لنسبة المنافع إلى التكاليف العلامة 100 وتنسب قيم باقي البدائل إلى هذه القيمة، ويمكن القيام بالأمر نفسه لعدد الحيوانات المتضررة إذْ يعطى المشروع ذو القيمة الأقل العلامة 100، ويتم الحصول على علامات باقي البدائل بتقسم عدد الأنواع المتضررة فيه في عدد الأنواع المتضررة في باقي البدائل، ويمكن إعطاء علامة 25 من مئة للتأثير الكبير للمشروع في التواصل الاجتماعي في حين تعطى علامة 50 للتأثير المتوسط، وعلامة 75 للتأثير الكبير، والأمر نفسه بالنسبة إلى جودة الهواء، وبذلك يتم الحصول على الجدول – 3 الذي يتضمن علامات المعايير المختلفة من 100.

الجدول (2) المعايير المتعددة لثلاثة بدائل لتنفيذ المشروع

	B/C	عدد الأنواع الحيوانية المتضررة	أثر المشروع في التواصل الاجتماعي	جودة الهواء
البديل 1	1.67	7	كبير	سيء
البديل 2	1.45	4	متوسط	وسط
البديل 3	1.56	5	ضعيف	سيء جداً

الجدول (3) المعايير المتعددة لثلاثة بدائل لتنفيذ المشروع

	B/C	عدد الأنواع الحيوانية المتضررة	أثر المشروع في التواصل الاجتماعي	جودة الهواء
البديل 1	1.67/1.67 = 100	4/7 = 57	كبير = 25	سيء = 25
البديل 2	1.45/1.67 = 87	4/4 = 100	متوسط = 50	وسط = 50
البديل 3	1.56/1.67 = 93	5/7 = 71	ضعيف = 75	سيء جداً = 12

وبإعطاء أوزان (تثقيل) نسبية لكل معيار، بحيث تعطى نسبة المنافع إلى التكاليف وزن 0.70 وعدد الأنواع الحيوانية المتضررة 0.15، وأثر المشروع في التواصل الاجتماعي 0.05، ومعيار جودة الهواء 0.10، وباستخدام تقنية التثقيل والجمع للمقارنة بين البدائل، يتم الوصول إلى الجدول (4) الذي يوضّح التقييم النهائي لكل من هذه البدائل من حيث أثره في القيمة المستدامة.

الجدول (4) التقييم النهائي للبدائل باستخدام تحليل القرار متعدد المعايير بحسب تقنية التثقيل والجمع.

المعيار	الوزن	البديل 1		البديل 2		البديل 3	
		العلامة	العلامة الموزونة	العلامة	العلامة الموزونة	العلامة	العلامة الموزونة
نسبة B/C	0.70	100	70.00	87	60.90	93	65.10
الأنواع المتضررة	0.15	57	8.55	100	15.00	71	10.65
التواصل الاجتماعي	0.05	25	1.25	50	2.50	75	3.75
جودة الهواء	0.10	25	2.50	50	5.00	12	1.20
		العلامة الكلية	82.30		83.4		80.70

ويتضح من نتائج التحليل متعدد المعايير أن البديل 2 هو البديل الأفضل لأنَّه حصل على أعلى الدرجات في المعايير المتعددة وهي علامة 83.4 من مئة.

6- النتائج والتوصيات

فيما يأتي عرض لأهم النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث، فضلاً عن التوصيات الناجمة عنه.

6-1 النتائج

- النظر إلى تقييم أثر المشروع الهندسي في التنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة على أنه التزام مهني وأخلاقي على المهندس.
- إمكانية تطبيق مبادئ التحليل الاقتصادي الهندسي لتقييم أثر المشروع الهندسي في الاستدامة.
- إمكانية الجمع بين تحليل المنافع إلى التكاليف وتحليل القرار متعدد المعايير لتقييم أثر المشروع في الاستدامة.

6-2 التوصيات

- ضرورة القيام بتحليل أثر المشروعات الهندسية في التنمية المستدامة، وليس مجرد إجراء التحليل الاقتصادي الهندسي التقليدي لها.
- تطبيق المنهجية المقترحة في هذا البحث لتقييم أثر المشروع الهندسي في الاستدامة، وذلك عبر دعم تحليل المنافع إلى التكاليف بتحليل القرار متعدد المعايير، وذلك وفق ما يبيّن الشكل – 2.
- القيام بالمزيد من البحوث الخاصة بمناهج تقييم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية للمشروعات الهندسية، وخاصة قياس الآثار الاقتصادية للتلوث البيئي ولتحقيق العدالة الاجتماعية.

المراجع:

1. اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (1989). مستقبلنا المشترك، ترجمة: محمد كامل عارف، مراجعة علي حسين حجاج، سلسلة عالم المعرفة 142، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.

2. بولت، كاثرين؛ روتا، جوفاني؛ صراف، ماريا (2005). تقدير كلفة التدهور البيئي، قسم البيئة في البنك الدولي، واشنطن.

3. جرانت، إيجين ل.؛ أريسون، و. جرانت؛ و ليفنورث، ريتشارد س. (1982). المبادئ الأساسية للاقتصاد الهندسي، ترجمة: جمال محمد نوارة وعمرو مصطفى الشهابي، دار جون وايلي وأبنائه.

4. حرفوش، سهام؛ صحراوي ، إيمان؛ وبوبابة ذهبية، ريما (2008). "الإطار النظري للتنمية الشاملة المستدامة ومؤشرات قياسها." من أوراق المؤتمر العلمي الدولي الأول: التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة، تنظيم كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير في جامعة فرحات عباس – سطيف في الجزائر، في الفترة 7-8 إبريل (نيسان).

5. داسكوبتا، بارثا (2008). علم الاقتصاد مقدمة مختصرة جداً، ترجمة: خضر الأحمد، مكتبة العبيكان، الرياض.

6. سوليفان، ويليام ج.؛ ويكس، إلين م.؛ ولوكسهوج، جيمس ت. (2004). الاقتصاد الهندسي، ترجمة: محمد نايفة؛ محمد الجلالي؛ لبانة مشوح؛ ومحمد نوار العوا، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق.

7. Blank, Leland; and Tarquin, Anthony (2005). *Engineering Economy*, McGraw-Hill, 5th edition.
8. Boyle, Carol and Coates, Gerry Te Kapa (2005). "Sustainability principles and practice for engineers." *IEEE Technology and Society Magazine*, FALL 2005, pp. 32-39.
9. Collier, Courtland A.; and Glagola, Charles R. (1998). *Engineering Economic and Cost Analysis*, 3rd edition, Addison-Weseley, USA.
10. Dasgupta, Partha; Sen, Amartya; and Marglin, Stephen (1972). *Guidelines for Project Evaluation*, United Nations.
11. Engineering Council UK (2009). *Guidance on Sustainability for the Engineering Profession*. EC UK.
12. Fenner, R. A., Ainger, C. M., Cruickshank, H. J., and Guthrie, P. M. (2006). "Widening engineering horizons: addressing the complexity of sustainable development." *Engineering Sustainability, Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Vol. 159, Issue ES4, pp. 145-154.
13. Friedrich, Rainer; and Bickel, Peter (2001). *Environmental External Costs of Transport*, Springe-Verlag Berlin.
14. Goodman, Alvin S.; and Hastak, Makarand (2006). *Infrastructure Planning Handbook, Planning, Engineering, and Economics*, American Society of Civil Engineers ASCE, McGraw-Hill, USA.
15. Huntzinger, Deborah N., Hutchins, Margot J., Gierke, John S., and Sutherland, John W. (2007). "Enabling Sustainable Thinking in Undergraduate Engineering Education." *International Journal of Engineering Education*, Great Bretain, Vol. 23, No. 2, pp. 218-230.
16. Kates, Robert W.; Parris, Thomas M.; and Leiserowitz, Anthony A. (2005). "What is sustainable development, goals, indicators, values, and practice." *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, Vol.

Economy, 13th edition, Pearson Eucation, Inc., USA.

29. Tam, Edwin K.L. (2002). "Challenging in using environmental indicators for measuring sustainability practices." *Journal of Environmental Engineering and Science*, National Research Council Canada NRC, Volume 1, No.6, pp. 417-425.
30. The Institution of Civil Engineers (2002). Society, *Sustainability, and Civil Engineering*. ICE, UK.
31. The Royal Academy of Engineering (2005). *Engineering for Sustainable Development: Guiding Principles*, The Royal Academy o Engineering, London, UK.
32. Thuesen, Gerald J. and Fabrycky W. J. (2009). *Engineering Economy*, 9th edition, PHI Learning Private Limited, New Delhi, India.
33. UNIDO United Nations Industrial Development Organization (1978). *Guide to Practical Appraisal – Social Benefit-Cost Analysis in Developing Countries*, United Nations.
34. Vezzoli, Carlo; and Manzini, Ezio (2008). *Design for Environmental Sustainability*, Springer-Verlag London Limited.
35. Vos, Robert O. (2007). "Perspective Defining sustainability: a conceptual orientation." *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol 82, pp. 334-339.
36. Weston, Joe (2000). "EIA and public inquiries." in *Planning and Environmental Impact Assessmnet in practice*, edited by: Joe Weston, Longman, UK, pp. 120-140.
37. White, John A.; Agee Marvin H.; and Case, Kenneth E. (1989). *Principles of Engineering Economic Analysis*, 3rd edition, John Wiley & Sons, USA.
38. Woodruff, Paul H. (2006). "Educating Engineers to Create a Sustainable Future." *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, vol. 132, No. 4, April, pp. 434-444.

47, No. 3, April, pp. 8-21.

17. Matheson, Sam; Lence, Barbara; and Fürst, Josef (1997). Distributive faireness considerations in sustainable project selection, hydrological Sciences-Journal 42(4) August.
18. Martin, Mike W., and Schinzinger, Ronald (2005). *Ethics in Engineering*, Fourth Edition, McGraw-Hill, Inc.
19. Park, Kwangho; Hwang, Yongwoo; Seo, Seongwon; and Seo, Hyungjoon (2003). "Quantitative Assessment of Environmental Impacts on Life Cycle of Highways." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, vol. 129, No. 1, January/February, pp. 25-31.
20. Pearce, David; Barbier, Edward; and Markandya, Anil (1990). *Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World*, Earthscan Publications Ltd., London, UK.
21. Pearce, David; Groom, Ben; Hepburn, Cameron; and Koundouri, Phoebe (2003). "Valuing the Future – Recent advances in social discounting." in *World Economics*, Vol. 4, No. 2, April-June, pp. 121-141.
22. Riggs, James L.; and West, Thomas M. (1986). *Engineering Economics*, McGraw-Hill, Inc. 3rd edition, USA.
23. Rogers, Peter P.; Jalal, Kazi F.; and Boyd, John A. (2008). *An Introduction to Sustainable Development*, Prentice-Hall of India, New Delhi, India.
24. Ruth, Matthias (2006). "A quest for the economics of sustainability and the sustainability of economics." *Ecological Economics*, Elsevier, Vol. 56, pp. 332-342.
25. Sahely, Halla R., Kennedy, Christopher A., and Adams, Barry J. (2005). "Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems." *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 32, pp. 72-85.
26. Siller, Thomas J. (2001). "Sustainability and Critical Thinking in Civil Engineering Curriculum." *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, ASCE, Vol. 127, No. 3, July, pp. 104-108.
27. Squire, Lyn; and Tak, Herman G. van der (1981). *Economic Analysis of Projects*, The World Bank, Washington D.C., USA.
28. Sullivan, William G.; Wicks, Elin M.; and Luxhoj, James T. (2006). Engineering

تاريخ ورود البحث إلى مجلةى جامعة دمشق 2012/4/22.