

تطبيق أسلوب عملية التحليل الهرمي لتحديد وسائط نقل السلع المسؤولة بيئياً

د. سليم بوهيدل، جامعة باتنة 1 الحاج لخضر

أ. عادل عشي، جامعة باتنة 1 الحاج لخضر

ملخص

ترمي هذه الورقة إلى دراسة أسلوب حديث نسبياً، والمتمثل في عملية التحليل الهرمي، وتطبيقه على مجموعة من وسائط النقل، من أجل التعرف على أي منها يمكن أن يكون مسؤول بيئياً. ولهذا الغرض تم الاعتماد على أسلوب عملية التحليل الهرمي، لأنه يناسب كثيراً المسائل التي تحتاج إلى اتخاذ قرار، في ظل تعدد المعايير، وهو ما يناسب حالة تعدد معايير تقييم وسائط النقل. وتتجسد وسائط النقل في القطارات، والشاحنات بنوعيهما الكبيرة، والصغيرة، وطائرات الشحن، فيما تتمثل المعايير المعايير في تلوث الهواء، والتلوث الضوضائي، والازدحام، والحوادث المرورية، وكفاءة الطاقة. الكلمات المفتاحية: عملية التحليل الهرمي، مسؤولية بيئية، وسائط نقل السلع

Abstract

The present paper aims to investigate analytic hierarchy process that is relatively recent, and to apply it to a range of transport means, in order to identify which of them can be environmentally responsible. We have used the analytic hierarchy process because the problem investigated is complex, there are four alternatives and five criteria. The former are train, big truck, small truck and cargo aircraft, the latter are air pollution, noise pollution, congestion, traffic accidents, and energy efficiency.

Keywords : analytic hierarchy process, environmental responsibility, means of goods transport.

1- مقدمة

يشكل قطاع النقل بالنسبة لمعظم الدول عنصراً مركزياً في تحقيق أهدافها الرئيسية، المتعلقة بالتنمية الاقتصادية، والاجتماعية، والحضرية. فعلى المستوى الاقتصادي يكون عنصر النقل الوسيلة اللازمة لربط عناصر ومناطق الإنتاج فيما بينها، من خلال نقل الأفراد والبضائع والسلع والمواد الأولية، وعلى المستوى الحضري والعمري فتعتبر شبكة الطرق والمواصلات في المدينة بمثابة الشرايين والأوردة،

التي بموجبها تتغذى كافة مناطق وقطاعات المدينة بما يلزمها للنهوض بكافة الوظائف، التي تؤديها المدينة عموماً من انتقال المواد والبضائع والسلع والخدمات والسكان من مكان لآخر، لتحقيق أغراضهم من العمل والتسوق والترفيه والتعليم .

رغم هذه المزايا إلا أن النقل يسبب الكثير من المشاكل والأضرار التي تستوجب إيجاد الحلول، حيث تعتبر الأضرار البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية الناجمة عن استخدام وسائط النقل على عموم أشكاله وصوره، من أخطر الأضرار التي تهدد الكرة الأرضية ونظامها البيئي، كما تعتبر هذه الأضرار من أكبر المشاكل، التي تمثل التحدي الكبير للمسؤولين السياسيين ولكافة المشتغلين والمتخصصين بكافة العلوم التطبيقية الحالية.

2- إشكالية الدراسة

إشكالية تحديد وسائط النقل المسؤولة بيئياً هي مشكلة اتخاذ قرار معقد، ويرجع هذا التعقيد إلى تعدد المعايير التي تدخل في تقييم كل بديل من وسائط النقل، إذا إشكالية الدراسة تتمحور حول تقييم وسائط النقل المستخدمة لنقل البضائع بين المدن وداخلها وفقاً لمجموعة من المعايير التي تعكس مفهوم المسؤولية البيئية.

2-1 وسائط النقل المستخدمة لنقل البضائع بين المدن وداخلها: يمكن حصر وسائط النقل

المستخدمة لنقل البضائع بين المدن الجزائرية في الوسائط التالية:

القطار : هو شكل من أشكال وسائل النقل، يقوم بنقل الركاب والبضائع من مكان إلى آخر، وهو عبارة عن سلسلة متصلة من العربات تتحرك في مسار محدد يسمى " خطوط السكك الحديدية " وهذه الخطوط تتكون عادة من مسارين في اتجاهين مختلفين، لكن أحياناً قد يتكون الخط من مسار واحد فقط. والقطار عبارة عن محرك قوي يوجد في بداية القطار ويسمى " قاطرة"، وتعمل بعدة أشكال من الطاقة، فهناك قطارات تعمل بالفحم وقطارات تعمل بالنفط وبعضها يعمل بالكهرباء، وتجر هذه القاطرة سلسلة من العربات خلفها.

الشاحنة : هي مركبة نقل ثقيل، ذات محرك تستخدم لحمل (شحن) البضائع. تستطيع الشاحنات حمل جميع أنواع البضائع تقريباً. فهي تجلب الموارد الغذائية والسلع الأخرى إلى المتاجر والمنازل، كما تأخذ المواد الخام من مصنع إلى آخر. وتحمل الشاحنات أيضاً السلع المخزومة مثل الصناديق الكرتونية المعبأة بالمواد الغذائية، أو المواد غير المعبأة مثل زيت الوقود، الذي ينقل إلى محطات البنزين. فهي

تساعد في نقل كل شيء تقريباً. يمكن التمييز بين نوعين من الشاحنات، الأولى كبيرة والثانية صغيرة. للشاحنات الصغيرة عادة نفس المحركات وصناديق التروس الموجودة في السيارات ذات الأحجام المشابهة. أما الشاحنات الأكبر حجماً، فتتصف بتركيب أكثر تعقيداً، وبمحركات أعظم قوة مقارنة بالسيارات. فنادراً ما تزيد قدرة محركات السيارات على 200 حصان أما قدرة محركات الشاحنات الثقيلة فتتراوح عموماً بين 200 و 400 قدرة حصاني و في بعض الحالات تتجاوز ذلك.

طائرة الشحن : هي طائرة مصممة أو معدلة للشحن بدلا من نقل الركاب وهي تخلو من وسائل نقل الركاب ولديها باب كبير أو أكثر لتحميل وتفريغ الشحنات. تتميز طائرة الشحن عن طائرة نقل الركاب بميكل كبير، أجنحة مرتفعة تسمح بأن تكون منطقة الشحن قريبة من الأرض، عدد كبير من العجلات وذيل معلق عالياً ليسمح بنقل الشحنات من وإلى الطائرة.

2-2 معايير التقييم و المفاضلة: جاء في تقرير المسؤولية البيئية لشركة ابل 2014، أنها ستسعى إلى تجسيد ثلاث أولويات بيئية تتمثل في الحد من التأثير السلبي على تغير المناخ من خلال استخدام مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، والريادة في استخدام مواد صديقة للبيئة في منتجاتها وعملياتها، والحفاظ على الثروات النفيسة من أجل التقدم للجميع.¹

واستخدام النقل بكيفية أو أسلوب بيئي، يعني التحكم والحد من الأضرار المترتبة عنه والمتثلة أساساً في : تلوث الهواء ، التلوث الضوضائي ، الازدحام ، الحوادث المرورية ، والإسراف في استخدام الطاقة.²

تلوث الهواء : هو الوضع الذي توجد به مركبات بحالة غازية، سائلة أو صلبة بتركيز يؤثر بشكل سيء (سليبي) على الكائنات الحية أو على المواد أو الأجهزة التي يستعملها الإنسان . هذه المركبات ممكن أن تكون جديدة في الهواء ولم تكن موجودة في السابق أو موجودة أصلاً في الهواء. ويعد قطاع النقل من أكثر القطاعات مساهمة فيه حيث يحل ثانياً بعد قطاع الصناعة في معظم دول العالم. إذا المسبب الأساسي لتلوث الهواء هو من عملية الحرق الناتجة من حرق الوقود في وسائل النقل أو في الصناعة. هذا الحرق يؤدي إلى انطلاق أنواع مختلفة من الملوثات من أهمها :

ثاني أكسيد الكربون (CO2) : وهو غاز ينتج من عملية الحرق التام للوقود. يعتبر احد غازات الدفيئة ويمتص الأشعة تحت الحمراء المنطلقة من الكرة الأرضية ، يحولها إلى حرارة مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي.

أول أكسيد الكربون (CO) : هو غاز ينتج من حرق جزئي (غير تام) للوقود، مصدره الأساسي من وسائل النقل. هذا الغاز يضر بتزويد الأكسجين للجسم لأنه يتصل بمادة الهيموغلوبين التي تنقل الأكسجين بالجسم ويمنع اتصال الأكسجين بها بتركيزات عالية نسبياً يؤدي إلى الموت.

الجسيمات (PM) : للجسيمات خطر شديد على الصحة، منها الجسيمات الحشنة والتي حجمها يتراوح من 2.5 إلى 10 ميكرون والتي تسمى PM10، تصل عادة من الغبار الصحراوي، من الحقول الزراعية ومن الطرق الترابية. تتراكم هذه الجسيمات في مجرى التنفس ويمكن أن تسبب المشاكل الصحية مثل الربو والالتهاب المزمن في مجرى التنفس. الجسيمات الصغيرة والتي قطرها اقل من 2.5 ميكرون وتدعى PM2.5، تنطلق عادة من المصانع، من السيارات ومن التدفئة المنزلية.

الجدول رقم (1) يوضح نصيب الراكب بالغرام/كلم من الغازات المنبعثة عن مختلف الوسائط³.

جدول رقم (1) : نصيب الراكب بالغرام/كلم من الغازات المنبعثة

الواسطة	CO ₂	CO	PM10
السيارة	186	51	0.063
البنزين	141	38	0.188
المازوت	125	34	/
الهجينة	73	20	/
السكك الحديدية	213	58	/
النقل الجوي	56	16	0.019
الحافلة	107	29	/
الميترو			

Source: David Banister, **unsustainable transport city transport in the new city**, routledge, London, 2005, p. 35

التلوث الضوضائي : التلوث الضوضائي هو خليط متنافر من الأصوات ذات استمرارية غير مرغوب فيها، وتحدث عادة بسبب التقدم الصناعي، يرتبط التلوث السمعي أو الضوضائي ارتباطاً وثيقاً في الأماكن المتقدمة وخاصة الأماكن الصناعية. وتقاس عادةً بمقاييس مستوى الصوت، و الديسيبل هو الوحدة المعروفة عالمياً لقياس الصوت وشدة الضوضاء.⁴

ضوضاء وسائل المواصلات والطرق : تعتبر ضوضاء المواصلات والطرق السبب الأول للضوضاء البيئية في بعض الدول، يمكن تصنيف مصادر الضوضاء إلى عدة تصنيفات، من أهمها :
 ضوضاء السيارات : حركة المرور تزيد بدرجة أكثر من ضوضاء وسائل المواصلات في المدن، وكلما اشتدت حركة المرور أكثر وأكثر في المدن كلما زادت الضوضاء في الشوارع.
 ضوضاء السكك الحديدية : وهي مشكلة تؤرق القاطنين بالقرب من السكك الحديدية أو محطات القطارات، حيث ارتفاع صرير عجلات القطارات على القضبان، وإن كانت مشكلة أقل تعقيداً مقارنة بضجيج السيارات بالنسبة للسكان.

ضوضاء الطائرات : وتظهر هذه المشكلة للأشخاص الذين يعيشون بالقرب من المطارات بشكل عام. وإن أصبحت الطائرات الآن أقل إزعاجاً بسبب التقدم في صناعة الطائرات.
 الازدحام : تعريف الازدحام هو بشكل مبسط عندما يزيد معدل الطلب على الطريق أو على المرفق الخاص بالنقل على السعة المتاحة. إذا تكمن مشكلة الازدحام المروري في أن الطاقة الاستيعابية للطرق غير قادرة على استيعاب التدفق المروري في ساعات الذروة، بيد أنها تكاد تكون فارغة عند انتهاء ساعات الذروة. هناك نوعان من الازدحام :

الازدحام الروتيني : وهو المعتاد عليه في أوقات الذروة ، هنا يتكرر الازدحام بشكل معروف وفي مناطق معروفة مسبقاً .

الازدحام المفاجئ : الذي يكون ناتجاً عن حادث وقع على الطريق أو مفاجئاً، وهذا يحدث في أي مكان من الطريق.

حوادث المرور : هي الحوادث التي تحدث في الطرق عند اصطدام مركبة بأخرى أو بإنسان أو بحيوانات أو أشياء أخرى، وينتج عن هذه الحوادث خسائر مادية يتم قياسها من خلال : عدد الحوادث حسب واسطة النقل، عدد الوفيات، عدد الإصابات الخطيرة، عدد الإصابات الطفيفة. ويجب ربط هذه القيم بعدد الركاب لكل كيلومتر للحصول على نسبة تمكن من المقارنة بين مختلف الوسائط.⁵

كفاءة الطاقة (التكلفة) : تقاس عادة نسب الطاقة المستهلكة من طرف وسائط النقل باستخدام الوحدة كيلووات ساعة لكل طن كيلومتر (kWh/t-km). وتعتمد هذه النسب على عوامل

مختلفة مثل القدرة والسرعة ومستوى تحميل.⁶ الجدول رقم () يبين نسب استهلاك الطاقة حسب مجموعة من وسائط النقل.

جدول رقم (2): نسب استهلاك الطاقة حسب وسائط النقل

واسطة النقل	قطار	شاحنة كبيرة	شاحنة صغيرة	طائرة شحن
استهلاك الطاقة kWh/t-km	0.9	12.6	5.5	113.6
مصدر الطاقة	مازوت وكهرباء	مازوت	مازوت	كيروسين

Source : Garcia-Álvarez, A.; Pérez-Martínez, P. J.; González-Franco, I., **Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in Rail and Road Freight Transport in Spain: A Case Study of Car Carriers and Bulk Petrochemicals**, Journal of Intelligent Transportation Systems, 17(2013), 235.

طرح التساؤل : من التقدم السابق لمعايير التقييم (تلوث الهواء ، التلوث الضوضائي ، الازدحام ، الحوادث المرورية ، كفاءة الطاقة) و وسائط النقل المستخدمة لنقل البضائع بين المدن الجزائرية (القطار، الشاحنة، طائرة الشحن)، يمكن طرح التساؤل الآتي : " ماهي أفضل واسطة نقل مسؤولة بيئياً يمكن الاعتماد عليها أكثر في نقل السلع بين المدن الجزائرية ؟" بما أن المعايير متعددة ومتعارضة، فلعل انسب أسلوب يمكن الاعتماد عليه هو أسلوب عملية التحليل الهرمي.

3- عملية التحليل الهرمي (AHP Analytic Hierarchy Process) : تم تطوير عملية التحليل الهرمي بواسطة البروفيسور Saaty ، وكان أول تطبيق عملي على النظرية في عام 1973 لعلاج مشكلة واقعية وقد تم نشر النظرية لأول مرة في عام 1980 ، ومنذ ذلك الحين أصبحت هذه النظرية هي أكثر الطرق انتشاراً في العالم في عملية تحليل واتخاذ القرار المعقد، وذلك للعديد من الأسباب خصوصاً لوجود برنامج محوسب يمكن من خلاله تطبيق النظرية وبناء الأشكال الهرمية، وعمل تحليل الحساسية واستخلاص النتائج بطريقة مبسطة وفعالة، كذلك فإن نفس مبدأ التحليل الهرمي عموماً هو مبدأ سهل وقريب لطريقة التفكير المنطقي للإنسان العادي.⁷

3-1 مفهوم عملية التحليل الهرمي : عرف Thomas Saaty (1994) عملية التحليل الهرمي على أنها نظرية القياس التي تعني اشتقاق الأولويات المهيمنة من خلال المقارنات الثنائية للعناصر المتجانسة وفقاً لمعيار أو خاصية معينة.⁸ وعرفها مرة أخرى على أنها نظرية القياس النسبي المبني على

المقاييس المطلقة، وتعامل مع المعايير الملموسة وغير الملموسة القائمة على أحكام العارفين والمختصين وأيضاً الإحصاءات والقياسات الموجودة من أجل اتخاذ القرار. وتعد كيفية قياس الأشياء غير الملموسة الشغل الشاغل للجانب الرياضي لهذه الطريقة.⁹

يتكون مصطلح عملية التحليل الهرمي من ثلاث كلمات هي العملية والتحليل والهرمية، ولكل واحدة منها مدلول خاص.

- العملية: تقتضي العملية أن يقوم متخذ القرار بتوضيح المعايير ويحدد الأهمية النسبية لكل معيار ثم يبين كيف للبدائل أن تساهم في كل معيار من المعايير.
- الهرمية: ويقصد بها تنظيم أجزاء المشكلة من هدف ومعايير و معايير جزئية وبدائل في شكل هرمي يسمح باستيعابها بشكل جيد، ومن أجل الوصول في النهاية إلى مختلف الأوزان المرتبطة بكل مستوى.¹⁰

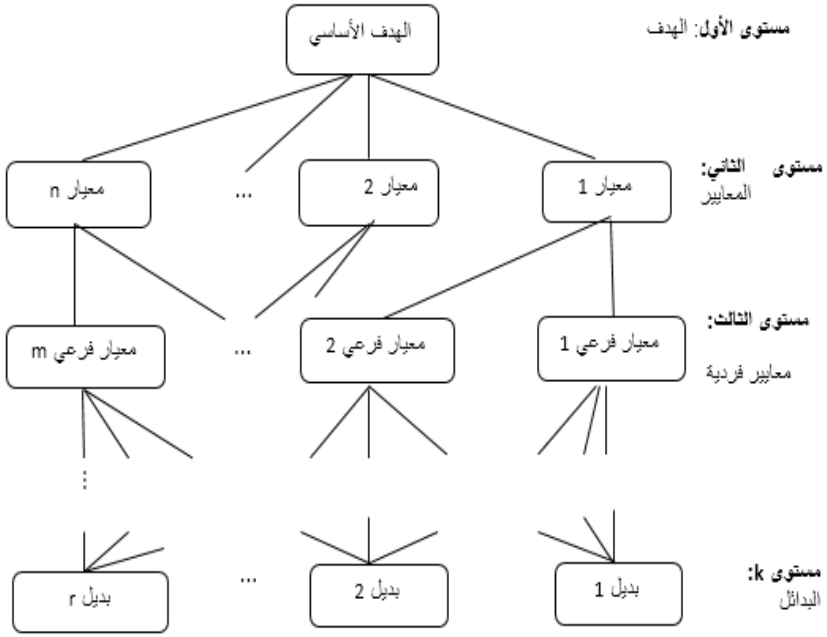
- التحليل: يستمد هذا الأسلوب قوته ومتانته من التفكير المنطقي و الرياضي، ويقصد بالتحليل استعمال المقارنات الثنائية من أجل مساعدة متخذ القرار على التعبير عن تفضيلاته المتعلقة بالمعايير والحصول على قيم رقمية مفهومة من طرف الجميع.¹¹

3-2 خطوات عملية التحليل الهرمي: يمكن حصر خطوات أسلوب التحليل الهرمي في خمس خطوات رئيسية تتمثل في هيكلية المشكلة وبناء مصفوفات المقارنات الزوجية و اشتقاق الأولويات و حساب التناسق وفي الأخير دمج الأولويات للحصول على أوزان البدائل. قد تحتوي كل خطوة من الخطوات الرئيسية على مجموعة من الخطوات الفرعية.

هيكلية المشكلة: تتمثل هذه الخطوة في تحديد المشكلة وتعريف متغيراتها بشكل دقيق كي يتسنى تمثيلها في شكل هرمي. وتعتمد عملية بناء الشكل الهرمي كثيراً على نوع القرار الذي يراد اتخاذه، فإذا كان هذا القرار عبارة عن اختيار البدائل، فيمكن البدء من المستوى الأخير و ذلك بوضع البدائل المتاحة في قائمة. وسيكون المستوى التالي من المعيار الذي سنحكم من خلاله على هذه البدائل. أما المستوى الأعلى فسيشكل من عنصر واحد فقط هو الهدف الشامل الذي من أجله يتخذ القرار بناء على المعايير الموجودة و أهمية إسهام كل منها.¹²

بعد تحديد الهدف الأساسي ومختلف المعايير الرئيسية والفرعية وحصر مختلف البدائل المرتبطة بمشكلة ما، يمكن عندئذ تمثيلهم في شكل هرمي، والشكل رقم (1) يبين البنية العامة للهرمية.

الشكل رقم (1): الشكل الهرمي العام لأسلوب التحليل الهرمي



Source: Fatemeh Zahedi, **the analytic hierarchy process : a survey of the method and its applications**, Interfeces, 16 (1986), p. 97

تطوير مصفوفة المقارنات الزوجية: كما يتضح من شكل الهرمية العام، هناك عقد متصلة فيما بينها بواسطة أقواس، عند كل عقدة يمكن تطوير مصفوفة مقارنة زوجية ما عدا عقد البدائل التي تنتهي عندها عملية التطوير. ولكل مشكلة يمكن تطوير نوعين من المصفوفات، مصفوفات خاصة بالمعايير ومصفوفات خاصة بالبدائل. وبما أن المقارنة تتم دائماً بين عنصرين في ضوء خاصية (مقيار) معينة، فيطرح السؤال التالي: ما مقدار ما يملكه هذا العنصر (أو النشاط) أو يساهم - أو يغلب على، أو يؤثر أو يرضى أو يفيد- الخاصية أكثر من العنصر المقارن به ؟. وللملاء مصفوفة المقارنات الزوجية تستخدم الأرقام لتمثل الأهمية النسبية لعنصر واحد بالنسبة للعنصر الآخر فيما يتعلق بالخاصية محل المقارنة، و يحتوي الجدول رقم (3) على المقياس الأساسي للمقارنة الثنائية لعملية التحليل الهرمي، و يحدد هذا المقياس القيم و يفسرها من (1 إلى 9) حسب الأحكام المعطاة في المقارنة الزوجية للعناصر المتماثلة في كل مستوى من الهرمية بالنسبة لصفة في المستوى الأعلى مباشرة.

جدول رقم (3): المقياس الأساسي للمقارنات الزوجية

مدى الأهمية	التعريف	الشرح
1	متساويان في الأهمية	يساهم النشاطان بنفس المقدار للهدف (النشاطان متساويان من حيث الأهمية بالنسبة للهدف)
2	طفيف	
3	أهمية معتدلة	الخبرة و التقدير يفضلان نشاطا على الآخر بدرجة بسيطة
4	معتدل بزيادة	
5	أهمية كبيرة	الخبرة و التقدير يفضلان بقوة نشاطا على الآخر
6	أهمية كبيرة بزيادة	
7	أهمية كبيرة جدا	نشاط يفضل على الآخر بدرجة كبيرة جدا، أهميته توضحها الممارسة
8	أهمية كبيرة جدا جدا	
9	أهمية قصوى	الدليل على تفضيل نشاط على آخر يمثل أعلى درجة ممكنة من التأكيد
1.1-1.9	عندما تكون الأنشطة شديدة التشابه يتم إضافة الأجزاء العشرية إلى الواحد من اجل إظهار الفارق بينهم	لمعرفة الفرق الطفيف الموجود بين نشاطين يستحسن مقارنتهما بنشاط ثالث يتجاوزهما أو يقل عنهما بأهمية كبيرة وهذا من اجل التعرف على الفرق بينهما
مقلوب القيم أعلاه	إذا كان النشاط i له إحدى القيم الصحيحة أعلاه عندما قورن بالنشاط j ، حينئذ يأخذ النشاط j مقلوب تلك القيمة حينما يقارن بالنشاط i.	افتراض منطقي
أعداد حقيقية تتخلل الأعداد الصحيحة أعلاه		عندما يكون الشخص القائم على عملية المقارنة على دراية عالية بالأنشطة، يمكن له استعمال أعداد حقيقية تتخلل الأعداد الصحيحة أعلاه

Source: Thomas L. Saaty, Analytic hierarchy process. In Saul Guss, Michael Fu, **Encyclopedia of operations research and management science**, 3 ed, Springer Science Business Media, New York, USA, 2013, p. 54

اشتقاق الأولويات: حساب الأولويات أو اشتقاقها، تعد من أهم خطوات عملية التحليل الهرمي، ومن خلالها يمكن استخراج الوزن أو الأهمية النسبية لكل عنصر تم إدراج له سابقاً مصفوفة المقارنات الزوجية. فالأساس الذي يعتمد عليه لاشتقاق أي أولوية هو مصفوفة المقارنات الزوجية. ونظراً لأهمية هذه الخطوة، تم اقتراح وتطوير العديد من الطرق لحساب الأولوية، من بين هذه الطرق: طريقة متوسط القيم المطبوعة، طريقة القيمة الذاتية (EM)، طريقة المربعات الصغرى اللوغاريتمية (LLSM)، طريقة برجة الأهداف (GPM)، طريقة المربعات الصغرى الهندسية (GLSM)، نماذج البرجة الخطية، نموذج تحليل مغلف البيانات، طريقة تجزئة القيمة المفردة (DVSM).¹³

اختبار التناسق: يعد اختبار التناسق أو قياس الثبات خطوة مهمة تطبق على جميع مصفوفات المقارنات الزوجية من أجل اختبار ثباتها أو تناسقها.¹⁴ ويقصد بثبات أحكام مصفوفة المقارنات الزوجية التناسق في أحكام المصفوفة وعدم تعارضها. ولاختبار التناسق اقترح Saaty حساب مؤشر يسمى بنسبة التناسق ويتمشى مع طريقة القيم الذاتية لاشتقاق الأولويات. ويسمح هذا المؤشر بمعرفة تناسق المصفوفة منه من عدمه. ولحساب التناسق هناك مجموعة من الخطوات يجب القيام بها. تتمثل هذه الخطوات في:

1- حساب القيمة الذاتية العظمى λ_{max} لمصفوفة المقارنات الزوجية.

2- حساب دليل الثبات (CI).

3- حساب نسبة الثبات.

4- مقارنة نسبة الثبات المحسوبة بالنسبة المسموح بها.

ولكي تكون أحكام المصفوفة مقبولة يجب أن تكون نسبة الثبات (معدل التناسق) CR بصفة اقل أو تساوي 10%. ولأكثر دقة اقترح Saaty نسبة 5% لمصفوفة مقارنات ذات ثلاث عناصر، و 9% لمصفوفة مقارنات ذات أربعة عناصر، و 10% للمصفوفات ذات خمس عناصر فأكثر.¹⁵

دمج الأولويات: بعد التأكد من أن أحكام كل المصفوفات متناسقة يمكن استعمال مختلف الأولويات الأولية المحسوبة عند كل مستوى من مستويات الهرمية من أجل حساب الأولويات الكلية. وللحصول على الأولويات الكلية أو تطوير الترتيب الشامل نقوم بعملية الترجيح والجمع من أعلا الهرم إلى الأسفل.¹⁶ عندما يتعلق الأمر بالمعايير فيما بينها يتم ترجيح أي مستوى أدنى بأوزان المستوى الذي يعلوه، وهكذا يتم التحرك نحو الأسفل حتى الوصول إلى آخر مستوى من المعايير، ثم تدمج الأوزان المرجحة لهذه الأخيرة مع أوزان البدائل من خلال الترجيح والجمع.

4- نمذجة مشكلة ترتيب وسائط النقل باستخدام أسلوب عملية التحليل الهرمي: من خلال هذه النمذجة، سيتم تقييم وترتيب وسائط نقل السلع بالجملة تبعاً لمساهمتها في تحقيق مبادئ المسؤولية الاجتماعية للمؤسسات. وتمثل هذه الوسائط في القطارات والطائرات والشاحنات الصغيرة والكبيرة، أما معايير التقييم فتتجسد في تلوث الهواء، التلوث الضوضائي، الازدحام، الحوادث المرورية، وكفاءة الطاقة.

4-1 بناء الشكل الهرمي للمشكلة

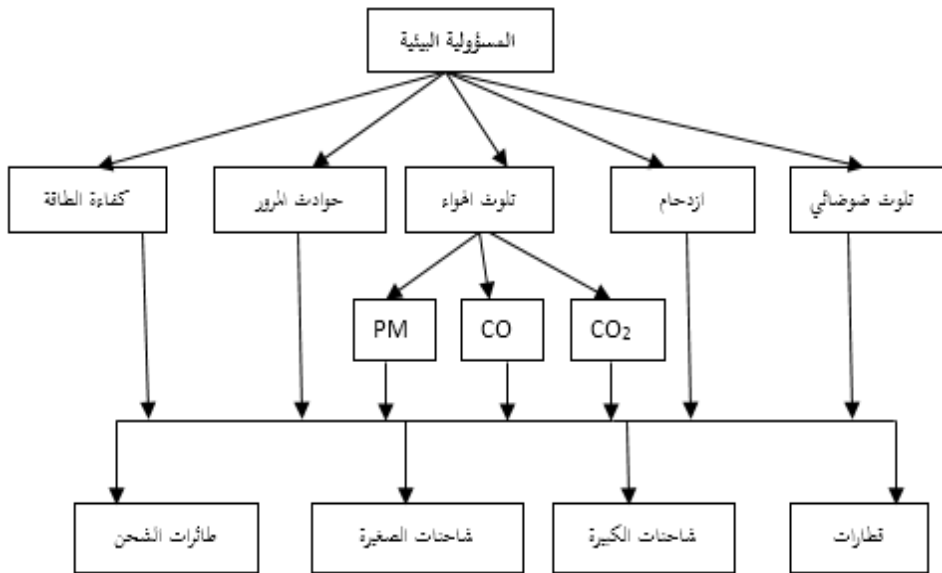
الهدف الرئيسي: أفضل واسطة نقل تحمّد المسؤولية الاجتماعية.

المعايير الرئيسية: تلوث الهواء، التلوث الضوضائي، الازدحام، الحوادث المرورية، كفاءة الطاقة.

المعايير الجزئية (الفرعية): لدينا فقط معيار تلوث الهواء الذي تتفرّع عنه معايير جزئية تتمثل في ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وأول أكسيد الكربون (CO) والجسيمات (PM).

البدائل: وهي القطار، شاحنة كبيرة، شاحنة صغيرة و طائرة الشحن. والشكل رقم (1) يوضح الشكل الهرمي للمشكلة قيد الدراسة.

الشكل رقم (2): الشكل الهرمي لمشكلة وسائط النقل



4-2 المقارنات الزوجية للمعايير والبدائل: إن الأحكام المتعلقة بمصفوفات المقارنات الزوجية للمعايير الرئيسية والمعايير الفرعية والبدائل في ظل كل من الضوضاء والازدحام وحوادث المرور تم الحصول عليها من خلال مقابلة أجريت مع مجموعة من المختصين في النقل من مخبر الإدارة والنقل و الإمداد بجامعة باتنة -1، وأما الأحكام المتعلقة بمصفوفة المقارنات الزوجية للبدائل في ظل معيار تلوث الهواء، فتم اعدادها بالاعتماد على الجدول رقم (1)، ومصفوفة المقارنات الزوجية للبدائل في ظل معيار كفاءة الطاقة فتم الحصول عليها بالاعتماد على الجدول رقم (2).

جدول رقم (04): مقارنة المعيار الرئيسية

معايير رئيسية	الضوضاء	الازدحام	تلوث الهواء	حوادث المرور	كفاءة الطاقة
الضوضاء	1	½	1/9	1/9	1/5
الازدحام	2	1	1/7	1/9	1/3
تلوث الهواء	9	7	1	1/3	3
حوادث المرور	9	9	3	1	7
كفاءة الطاقة	5	3	1/3	1/7	1

المصدر: من إعداد الباحثين.

جدول رقم (05): مقارنة المعايير الجزئية (الفرعية)/ التلوث

معايير جزئية	CO ₂	CO	PM
CO ₂	1	3	5
CO	1/3	1	3
PM	1/5	1/3	1

المصدر: من إعداد الباحثين.

جدول رقم (6): المقارنات الزوجية

الازدحام					التلوث الضوضائي				
البدائل	قطارات	شاحنات كبيرة	شاحنات صغيرة	طائرات شحن	البدائل	قطارات	شاحنات كبيرة	شاحنات صغيرة	طائرات شحن
قطارات	1	9	9	1/9	قطارات	1	5	4	1
شاحنات كبيرة	1/9	1	1/3	1/9	شاحنات كبيرة	1/5	1	1/3	1/5
شاحنات صغيرة	1/9	3	1	1/9	شاحنات صغيرة	¼	3	1	1/3

1	3	5	1	طائرات شحن	1	9	9	2	طائرات شحن
CO					CO ₂				
طائرات شحن	شاحنات صغيرة	شاحنات كبيرة	قطارات	البدائل	طائرات شحن	شاحنات صغيرة	شاحنات كبيرة	قطارات	البدائل
9	5	7	1	قطارات	6	2	3	1	قطارات
1/3	1/3	1	1/7	شاحنات كبيرة	3	1/3	1	1/3	شاحنات كبيرة
1	1	3	1/5	شاحنات صغيرة	5	1	3	2/3	شاحنات صغيرة
1/5	1/5	1/3	1/9	طائرات شحن	1	1/5	1/3	1/6	طائرات شحن
حوادث المرور					PM				
طائرات شحن	شاحنات صغيرة	شاحنات كبيرة	قطارات	البدائل	طائرات شحن	شاحنات صغيرة	شاحنات كبيرة	قطارات	البدائل
1/2	9	7	1	قطارات	1	9	9	1	قطارات
1/9	3	1	1/7	شاحنات كبيرة	1/9	1/3	1	1/9	شاحنات كبيرة
1/9	1	1/3	1/9	شاحنات صغيرة	1/9	1	3	1/9	شاحنات صغيرة
1	9	9	2	طائرات شحن	1	9	9	1	طائرات شحن
كفاءة الطاقة					كفاءة الطاقة				
طائرات شحن	شاحنات صغيرة	شاحنات كبيرة	قطارات	البدائل	طائرات شحن	شاحنات صغيرة	شاحنات كبيرة	قطارات	البدائل
9	7	5	1	قطارات	9	7	5	1	قطارات
6	3	1	1/5	شاحنات كبيرة	6	3	1	1/5	شاحنات كبيرة
4	1	1/3	1/7	شاحنات صغيرة	4	1	1/3	1/7	شاحنات صغيرة
1	1/4	1/6	1/9	طائرات شحن	1	1/4	1/6	1/9	طائرات شحن

المصدر: من إعداد الباحثين.

3-4 الأولويات والترتيب الشامل: بعد إعداد كل الأحكام المتعلقة بالمعايير والبدائل، تأتي مرحلة حساب الأولويات والترتيب الشامل. ومن أجل هذا الغرض، يستعمل في ذلك برمجية اختيار الخبير Expert Choice لصاحبها Thomas Saaty، وتعتمد هذه الطريقة عند حساب الأولويات على طريقة القيم الذاتية.

الجدول رقم (7) يوضح أولويات المعايير الرئيسية حيث يتضح أن أهم معيار هو حوادث المرور بأهمية نسبية قدرت بـ 0.539 ويليه تلوث الهواء بـ 0.263 ويليهما كفاءة الطاقة والازدحام و

الضوضاء على الترتيب. قدر معدل الثبات بـ 0.07 ويقل عن 0.09 فالأحكام الخاصة بالمعايير الرئيسية مقبولة.

جدول رقم (7): أولويات المعايير الرئيسية

المعايير الرئيسية	الضوضاء	الازدحام	تلوث الهواء	حوادث المرور	كفاءة الطاقة
الأولويات	0.031	0.043	0.263	0.539	0.124

المصدر: مخرجات خيار الخبير

الجدول رقم (8) يوضح أولويات المعايير الفرعية، حيث يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون أهم معيار فرعي ويليه غاز أول أكسيد الكربون ثم الجسيمات. قدر معدل الثبات بـ 0.04 وهو يقل عن 0.05 وبالتالي الأحكام غير متعارضة.

جدول رقم (8): أولويات المعايير الفرعية

المعايير الفرعية	PM	CO	CO ₂
الأولويات	0.105	0.258	0.637

المصدر: مخرجات خيار الخبير

الجدول رقم (9) يوضح أولويات البدائل في ظل مختلف المعايير، ويلاحظ أن قيم معدل الثبات كلها تحترم الحد الأقصى والمقدر بـ 0.09.

جدول رقم (9): أولويات البدائل

معدل الثبات	قطارات	شاحنات كبيرة	شاحنات صغيرة	طائرات شحن
الازدحام	0.414	0.067	0.14	0.38
التلوث الضوضائي	0.414	0.067	0.14	0.38
CO	0.472	0.146	0.320	0.062
CO	0.657	0.094	0.203	0.046
PM	0.477	0.039	0.068	0.447
حوادث المرور	0.353	0.072	0.039	0.537
كفاءة الطاقة	0.651	0.208	0.1	0.041

المصدر: مخرجات خيار الخبير

يبين الجدول رقم (10) الترتيب الشامل للبدائل.

جدول رقم (10): الترتيب الشامل للبدائل

البدائل	قطارات	شاحنات كبيرة	شاحنات صغيرة	طائرات شحن
الاولوية	0.431	0.099	0.117	0.353
الترتيب	1	4	3	2

المصدر: مخرجات خيار الخبير

ترتب وسائل النقل حسب مساهمتها في تحسيد أبعاد المسؤولية البيئية على هذا النحو: في المرتبة الاولى يأتي القطارات بأهمية نسبية تقدر بـ 0.431، وفي المرتبة الثانية تأتي طائرات الشحن القطارات بأهمية نسبية تقدر بـ 0.353، وفي المرتبة الثالثة الشاحنات الصغيرة بأهمية نسبية تقدر بـ 0.117، وفي المرتبة الرابعة الشاحنات الكبيرة بأهمية نسبية تقدر بـ 0.099.

خاتمة

من خلال تطبيق أسلوب عملية التحليل الهرمي، باعتباره أداة اتخاذ قرار متعدد المعايير، على وسائل النقل التي يعتمد عليها نشاط نقل السلع بين مختلف المدن الجزائرية، والمتمثلة في القطارات، والشاحنات بنوعها الكبيرة والصغيرة (النمط البري)، وطائرات الشحن (نمط جوي)، ومحاولت تقييمها على أساس الواسطة الأكثر مسؤولية بيئياً، تم التوصل إلى أن أفضل واسطة هي النقل بالقطارات عبر السكك الحديدية، ثم يليها النقل بواسطة طائرات الشحن، ثم النقل بالشاحنات الصغيرة، وفي الأخير النقل بالشاحنات الكبيرة.

الهوامش:

- ¹ Apple, **Environmental Responsibility Report**, 2014 Progress Report, 2014, p. 4
- ² Wolfgang Erben, **Transport is an important issue**. in, Environmentally Sustainable Goods Transport in Europe, Green Spider & Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, March 2000, pp. 10-11
- ³ David Banister, **unsustainable transport city transport in the new city**, routledge, london, 2005, p.35

⁴فتححي محمد مصيلحي، الجغرافيا الصحية والطبية، دار الماجد للنشر والتوزيع، القاهرة، 2008، ص.161

- ⁵ Benjamin ROUSVAL, **Aide multicritère à l'évaluation de l'impact des transports sur l'environnement**, thèse de doctorat, Université Paris IX Dauphine, non éditée, 2005, p.40.
- ⁶ Garcia-Álvarez, A.; Pérez-Martínez, P. J.; González-Franco, I., Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in Rail and Road Freight Transport in Spain: A Case Study of Car Carriers and Bulk Petrochemicals, **Journal of Intelligent Transportation Systems**, 17(2013), 235.
- ⁷ José Ramón San Cristóbal Mateo, **Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry**, Springer-Verlag London Limited , 2012, p.11
- ⁸ Saaty Thomas, highlights and critical points in the theory and application of the analytic hierarchy process, **European journal of operational research**, 74 (1994), p. 426
- ⁹ Saaty Thomas, **the analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and decision-making**. In José Figuera, Salvatore Greco, Matthias Ehrogott, Multiplier criteria decision analysis: state of the art surveys, Springer Science + Business Media, USA, 2005, p. 375
- ¹⁰ Sima Ajami, Saeedeh Ketabi, Performance Evaluation of Medical Records Departments by Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach in the Selected Hospitals in Isfahan, **journal of medical system**, 36(2012), p. 1166
- ¹¹ Navneet Bhushan, Kanwal Rai, **Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process**, Springer-Verlag, USA, 2004, p. 19
- ¹² توماس ساعاتي، ، صناعة القرار للقادة: عملية التحليل الهرمي لقرارات في عالم معقد، ترجمة أسماء باهرمز و سهام همشري، معهد الإدارة العامة الرياض، المملكة العربية السعودية، 2000، ص ص. 53-54
- ¹³ Changsheng Lin, Gang Kou, Daji Ergu, A heuristic approach for deriving the priority vector in AHP, **Applied Mathematical Modelling**, 37 (2013), p. 5828
- ¹⁴ توماس ساعاتي، مرجع سابق، ص. 114
- ¹⁵ المرجع نفسه، ص. 115
- ¹⁶ المرجع نفسه، ص. 127