PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)
مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم
Available online at: https://www.jrucs.iq
JRUCS
Journal of AL-Rafidain University College for Sciences
AL- Rafidain University College

تحليل القرار متعدد المعايير باستعمال طريقة التحليل الهرمي (AHP) المستند الى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإيجاد الموقع الامثل للمدارس الثانوية في محافظة بغداد

نور فارس عبود	أ.م.د عمر محمد ناصر العشاري
noor.f.tabra@gmail.com	omar_alashari@uobaghdad.edu.iq
قسم الإحصاء - كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، بغداد، العراق	

المستخلص

تُعد المؤسسات التعليمية من الخدمات المهمة والضرورية التي تقدمها الدولة لسكانها وإن التوزيع المتوازن لتلك الخدمات يعد مؤشراً نحو تأمين تكافؤ الفرص التعليمية، حيث يهدف البحث الى إيجاد الموقع الأمثل للمدارس الثانوية باستعمال تحليل القرار متعدد المعايير (MCDM) والمتمثل بطريقة التحليل الهرمي (AHP) المستند الى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتقييم وتصنيف المدارس الثانوية في محافظة بغداد باعتماد سبعة معايير أساسية تم اختيارها بالاستناد على آراء مجموعة من الخبراء والمختصين وترجمتها الى الصيغة الرقمية باستخدام ما يعرف بمقياس Saaty، لاشتقاق متجه الأولوية النسبية لترتيب المعايير حسب الأهمية، لتكون النتائج كما يلي: "حاجة السكان الفعلية للمدارس (46.6%)، قرب المدرسة من الشارع الرئيسي (15.9%)، قرب المدرسة من المراكز الصحية (15.0%)، النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة (5.5%)، النسبة القياسية لعدد المدرسين في كل مدرسة (4.10%)، النسبة القياسية لعدد المدرسين من عدد الطلبة (8.8%)، النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل صف (4.2%)، ومن ثم تحويل البيانات الى Raster ضمن برنامج (GIS) وإدخال الاوزان الخاصة بالمعايير لقياس تأثيرها على المدارس وتصنيفها الى أربعة مستويات (أهمية قصوى، أهمية كبيرة، مهم، أقل أهمية)، حيث بلغت نسبة المدارس في كل فئة على التوالي (26%,16%,6%,2%)، علماً بأن درجة الاهمية تمثل الحاجة الى بناء مدارس جديدة، وتوصي الدراسة الى ضرورة سد العجز الذي تعاني منه الخدمات التعليمية والمقدمة ضمن منطقة الدراسة باعتماد النتائج التي تم التوصل لها عن طريق بناء مدارس جديدة يراعى في إختيار مواقعها المعايير الأساسية .

معلومات البحث

تواريخ البحث

تاريخ تقديم البحث: 2022/1/15
تاريخ قبول البحث: 2022/3/5
تاريخ رفع البحث على الموقع: 2022/12/31

الكلمات المفتاحية

تحليل القرار متعدد المعايير، التحليل الهرمي المتسلسل، نظم المعلومات الجغرافية

للمراسلة:
نور فارس عبود
noor.f.tabra@gmail.com

doi: https://doi.org/10.55562/jrucs.v52i1.549

1. تمهيد

تُعد المؤسسات التعليمية من الخدمات المهمة والضرورية التي تقدمها الدولة لسكانها. فضلاً عن كون التعليم يعد من العوامل المهمة لازدهار المدينة وتطورها وذلك برفد المجتمع بعقول منتجة في كافة مجالات الحياة؛ يعتمد عليهم بدرجة كبيرة لتطوير مستقبل الدولة ومصيرها، إذ يعد اختيار الموقع الملائم لإنشاء تلك الخدمات مشكلة معقدة تنطوي على تقييم العديد من المعايير، وعدم استعمال أساليب علمية حديثة، وطرق تحليل القرار متعدد المعايير (MCDA) لحل مثل هذه المشكلات المعقدة يؤدي الى توزيع تلك الخدمات بشكل عشوائي وغير منتظم و اختيار مواقع تفتقر لكثير من المعايير التخطيطية السليمة، كمناسبتها للشروط البيئية والصحية، أو بعدها عن المخاطر الطبيعية و البشرية وغيرها، مما يؤثر بشكل كبير على فاعلية دورها في المجتمع، ويهدف البحث الى وضع خطة منهجية تمكن صناع القرار من تحديد مواقع المدارس الأكثر أهمية (أي الأكثر حاجة لبناء مدارس جديدة بالقرب منها)، باعتماد معايير أساسية تم اختيارها من ضمن مجموعة من أراء المختصين والخبراء في المجال التربوي التي تقع على عاتقهم مسؤولية اختيار الموقع الملائم عن طريق اتخاذ القرار الصحيح في الوقت المناسب بدقة وسرعة أكبر.

2. مفهوم عملية التحليل الهرمي (AHP)

إن عملية التحليل الهرمي (AHP) من الأدوات المهمة في معالجة مشكلة اتخاذ القرار في عدة مجالات منها السياسية والاقتصادية والاجتماعية [16]، بسبب قدرته على التعامل مع بيانات كمية و نوعية (الوصفية) في آن واحد لتحقيق الهدف العام عن طريق صياغة مشكلة قرار متعددة المعايير على شكل شجرة قرار ، حيث يتضمن كل مستوى من مستويات التسلسل الهرمي مجموعة متنوعة من المعايير التي تعد مقياس يستخدم للإشارة إلى الدرجة التي يتم بها تحقيق الهدف [9] ، يمكن أن يكون من تسلسل هرمي بسيط من مستوى واحد إلى (n) من المستويات[19] لمعالجة مشكلة القرار في اختيار أفضل بديل من خلال مقارنة منهجية وكمية لمعايير مختلفة من خلال مصفوفة المقارنات الثنائية لتحليل العلاقات التي تربط هذه المعايير ومدى تأثيرها على بعضها، من خلال الاعتماد على أراء الخبراء من ذوي الإمكانيات العلمية والخبرات العملية في المجال المطلوب واتخاذ قرار أقرب ما يكون للقرار الأمثل بما ينسجم مع متطلبات الدراسة، حيث أثبتت الطريقة نجاحها وكفاءتها العالية في حل المشاكل المعقدة التي تعتمد توظيف الأساليب الكمية في عملية اتخاذ القرار، وأجريت العديد من الدراسات على مستوى العالم لمعالجة قضية المفاضلة والاختيار بين مجموعة من البدائل، وقد تم إجراء تعديلات مختلفة على AHP لتطوير أنظمة دعم القرار بما يتناسب مع مختلف البحوث و الدراسات.[16]

3. خصائص طريقة التحليل الهرميAHP Features of the Hierarchical Analysis Method (AHP)

في عام (1976) اقترح كل من Keeney و Raiff خمس خصائص يمكن استخدامها للحكم على مدى أهمية التسلسل الهرمي وهي[6]:

1. الاكتمال (Completeness): وتعني الشمولية أي تضمين جميع الأهداف ذات الصلة بالقرار المطروح.
2. عدم التكرار (non redundancy): وتعني أن الأهداف مستقلة.
3. التنفيذ (Operationally): تتعلق عملية التنفيذ فيما لو كانت المعايير محددة بدرجة كافية ليستخدمها صانع القرار لمقارنة البدائل المختلفة وتقييمها.
4. القابلية للتحليل (Decomposability): أي أنه يمكن الحكم على بديل محدد لهدف واحد مستقل بسلوكه عن الأهداف الأخرى.
5. الحجم أقل ما يمكن (minimum size): كلما كان التسلسل الهرمي كبيرًا جدًا ، يكون تحليل النتائج غير مجدٍ.

مع ملاحظة أن هناك تناقضاً بين صفة الاكتمال والحجم الأدنى، ويجب على محللي القرار مساعدة صانعي القرار وأصحاب المصلحة في إيجاد التوازن المناسب لتطوير نموذج يأخذ بنظر الإعتبار جميع الأهداف المهمة ، وغالبًا ما يتم إتخاذ قرارات مقبولة بعدد صغير نسبيًا من المعايير (6-10). [8][3]

4. المبادئ الأساسية لطريقة التحليل الهرمي (AHP) The main principles of (AHP) Method

حيث تستند عملية التحليل الهرمي إلى أربعة مبادئ أساسية وهي:

1. مبدأ التحليل decomposition : و هذا المبدأ يعني أن مشاكل القرار المعقدة يتم تحليلها الى مجموعة متجانسة من العوامل داخل هيكل هرمي يتكون من عدة مستويات، و كل مستوي يتضمن عدة عناصر ثم يتم تحليل كل عنصر وهكذا[18].
2. مبدأ الأولويات Prioritization : ويتضمن هذا المبدأ إجراء مقارنات ثنائية لمختلف العناصر في أحد مستويات الهيكل الهرمي في علاقتها بأحد العناصر في المستوي الهرمي الأعلى مباشرة [18].
3. مبدأ التجميع Synthesis : ويتم وفقاً لهذا المبدأ تحديد أولويات العناصر في جميع مستويات الهيكل الهرمي للتوصل الى تقدير عام للبدائل المتاحة[5].
4. مبدأ تحليل الحساسية Sensitivity analysis : في ضوء هذا المبدأ يتم تحديد مدى توازن النتائج من خلال اختبار تحليل الحساسية في حالة تغير أولويات المعيار[1].

5. المتجهات الذاتية والقيم الذاتية Eigenvectors and Eigenvalues

كل من المتجهات الذاتية والقيم الذاتية مهمة جدًا في كيفية عمل AHP. نحدد هنا، ونسرد بعض خصائصها ذات الصلة التي سيتم استعمالها من الآن فصاعدًا [10] .

مبرهنة (1) : لتكن A مصفوفة مربعة من الدرجة $n * n$ فإن المتجه X غير الصفري يُسمى متجهاً ذاتياً للمصفوفة A إذا كان AX مضاعفاً عددياً لـ X؛ كما هو موضح في المعادلة أدناه

$$AX = \lambda X$$

حيث إن λ ثابت يُسمى القيمة الذاتية (Eigen value) للمصفوفة A .

يلاحظ أنه إذا ضرب كل طرف من المعادلة أعلاه في عدد قياسي، سيتم الحصول على نفس القيمة الذاتية، ولكن متجهًا ذاتيًا (Eigen vector) مختلفًا، وهو ببساطة مضاعف عددي للمتجه الأصلي. كما إن جميع المضاعفات العددية للمتجه X سيكون لها

نفس القيمة الذاتية (وكذلك في نفس الفضاء المميز Eigen space) ، وبالتالي قد يكون من الغموض بعض الشيء تحديد المتجه الذاتي الذي نتعامل معه عندما نناقش قيمة ذاتية معينة. مجموع مدخلاته تساوي 1.

ولإيجاد القيم الذاتية للمصفوفة A نضع المعادلة السابقة بالصورة

$$(A - \lambda I)X = 0 \quad (2)$$

والتي لها حل غير صفري اذا وفقط اذا كان $|A - \lambda I| = 0$ [4].

6. اقتران أساليب تحليل القرار متعدد المعايير مع نظم المعلومات الجغرافية

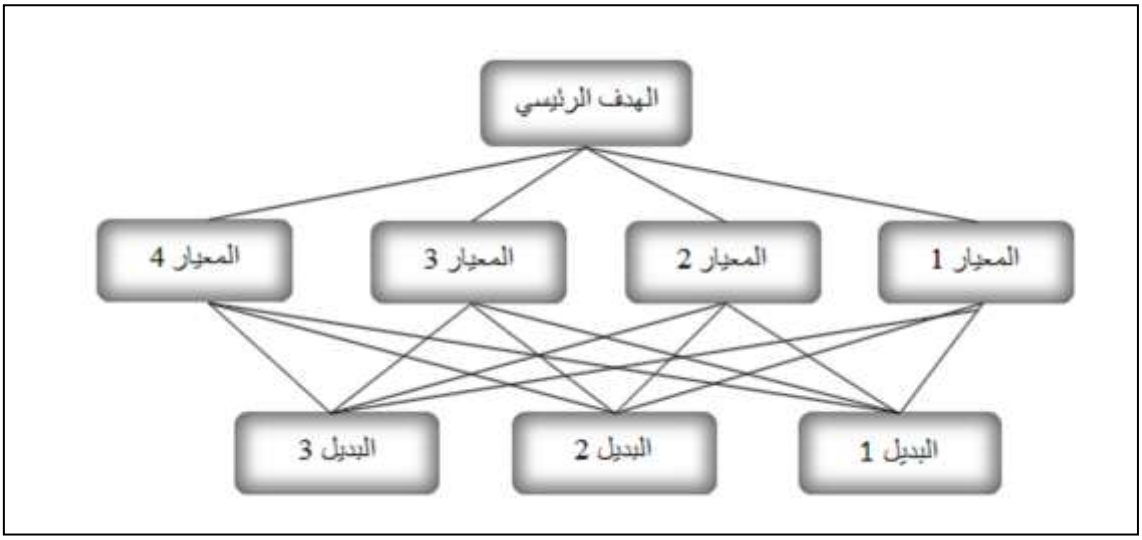
Coupling MCDM with GIS [11]

تعتمد سهولة تطبيق خطوات (MCDM) عادةً بإقترانها مع تقنيات أخرى حيث إن هناك قدراً كبيراً من الأبحاث حول استخدام (MCDM-GIS) معاً، مثل (Nyerges and Jankowski,2010) و (Greene et al, 2011)، وتحديد العوامل الرئيسية التي تؤثر على اختيار وتنفيذ تلك الأساليب، وقد تم تنفيذ أول تطبيق يدمج الطريقتين معاً بواسطة (Rao et al). سنة 1991 ومنذ ذلك الحين أصبح تطبيقه أكثر تكراراً، حيث تكمن أهمية النظام في قدرته على تحليل عدد كبير من المعايير التي تلعب دوراً مهماً في تحديد الموقع الامثل[5].

7. خطوات تطبيق أسلوب التحليل الهرمي للقرارات [14]:

Steps to apply the hierarchical analysis method for decisions:

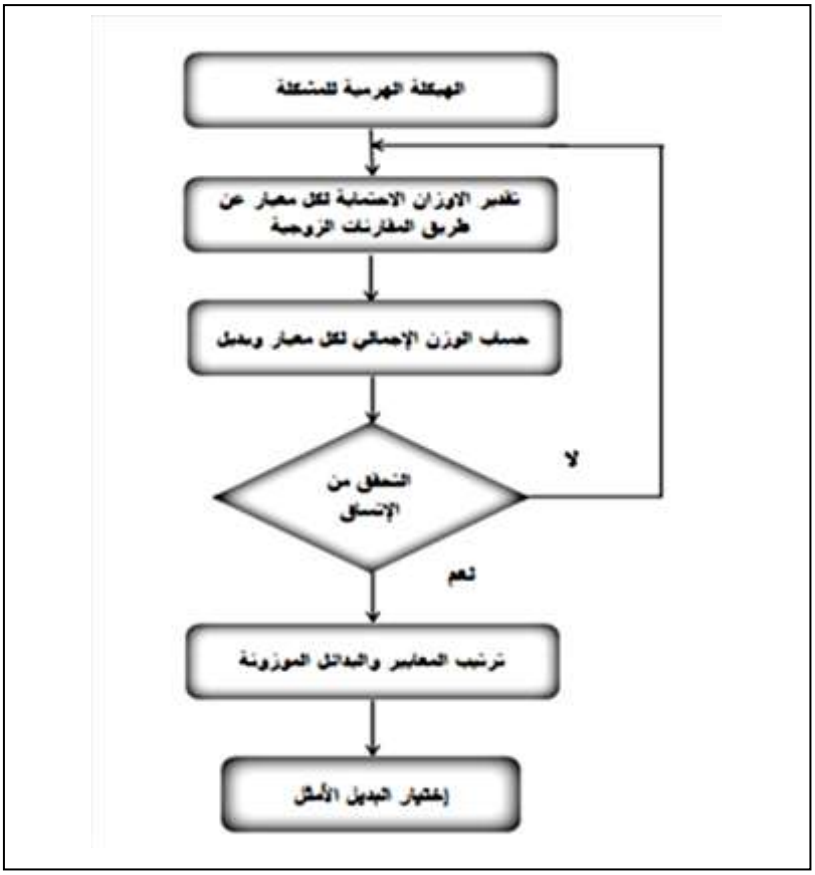
بعد التطرق الى طريقة التحليل الهرمي بشكل مبسط وكذلك عن القرار متعدد المعايير لابد من توضيح الخطوات المتبعة في عملية التحليل الهرمي اذ أوضح (Saaty) بأنها تبدأ بوضع عناصر المشكلة المطروحة بشكل هرمي، ثم نقوم بعمل مقارنة زوجية بين عناصر المشكلة في أحد المستويات، وذلك بناء على المعايير التي تم عرضها ، ونحصل من هذه المقارنات على الأولويات الاجمالية وحساب مدى الاتساق بين العناصر، وبهذا يمكن تحديد خطوات طريقة التحليل الهرمي كما يأتي:



شكل (1): مخطط يوضح مستويات التسلسل الهرمي [3]

الخطوة الاولى: هي التمثيل البياني للمشكلة في ضوء الهدف العام والمعيار وبدائل القرار بشكل هرمي ، يبدأ الهرم من الأعلى حيث يثبت هدف المشكلة الذي من أجله يتخذ القرار بناء على المعايير الموجودة وأهمية إسهام كل منها في تحقيقه [8] أما المستوى التالي مكون من المعايير الرئيسية التي سيتم دراستها عند اتخاذ القرار ويكون ترتيبها حسب تأثيرها المباشر على الهدف الكلي للمشكلة في أعلى الهرم ومن ثم بدائل القرار التي يتم اختيار أحدها ليمثل البديل الأفضل أو التي يتم ترتيبها حسب طبيعة الدراسة، حيث إن هيكلة المشكلة بشكل هرمي يقلل من الطبيعة المعقدة للمشكلة والشكل التالي يوضح مستويات التسلسل الهرمي للمشكلة [19].

الخطوة الثانية: قياس وتحديد الأولويات بطريقة AHP بعد تحليل المشكلة على شكل هيكل هرمي نقوم ببناء مصفوفة المقارنات الثنائية من أجل تحديد الأولويات للبدائل نسبةً الى المعايير تمهيداً لاستخدامها لاحقاً في تحديد الأولويات نسبةً الى الهدف الكلي؛ تُستخدم مصفوفة المقارنات الثنائية التبادليةReciprocal Matrix لاختيار أفضل بديل من بين مجموعة من البدائل الممكنة [17]وذلك من خلال ترجمة الأحكام والتعبير عنها تلقائيًا ولفضياً الى الصيغة الرقمية باستخدام ما يعرفه Saaty بأنه "المقياس الأساسي fundamental scale وهو مقياس عددي للأرقام المطلقة يتميز بالبساطة وسهولة التنفيذ[11] يستخدم الاعداد من 1 إلى 9 تمثل معدلات رقمية موصى بها للتفضيلات اللفظية التي يعبر عنها متخذ القرار فالواحد يقابل الأقل تفضيلًا ويتحرك تدريجياً إلى تسعة وهو ما يتوافق مع المفضل بشدة [19] وكما هو موضح بالجدول (1).



شكل(2): مخطط يوضح خطوات عملية التحليل الهرمي [15]

جدول (1): يوضح المقياس الأساسي للأرقام المطلقة[2].

المعنى	مقدار الاهمية
أهمية متساوية	1
متوسط أهمية أحدهما على الآخر	3
أهمية أساسية أو قوية	5
أهمية كبيرة جدا	7
أهمية قصوى	9
القيم الوسيطة بين الاحكام المتجاورة	2,4,6,8

يعتبره Saaty أفضل مقياس لتمثيل النسب الموزونة weighted ratios، فقد قام بتطبيقه على مجموعة من الابحاث لمقارنة العديد من الظواهر الفيزيائية وحصلت معظمها على نتائج ممتازة ،كما إنه يمتاز بكونه غير حساس للتغييرات الصغيرة التي تطرأ على تفضيلات صانع القرار[5].

وهنا تجدر الإشارة الى أنه عند المقارنة يجب تصميم مصفوفة المقارنات وفق الشروط التالية:

- أن يكون قطرها واحداً صحيحاً لأنه يمثل مقارنة العامل بنفس[14]:
- لا تحتوي على قيم سالبة، وإن كان هناك قيم سالبة يعاد قياس القيمة السالبة الى قيمة موجبة[15].
- أن تكون المصفوفة تبادلية (Reciprocal) أي ان القيم أسفل القطر هي مقلوب القيم أعلى القطر[17]حيث إن :

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (1)$$

- ان تكون المصفوفة متسقة (Consistent) أي خالية من التناقضات حيث إن :

$$a_{ij} * a_{jk} = a_{ik} \quad (2)$$

- ان يكون عدد المقارنات بين المعايير وفقاً للمعادلة التالية, $\frac{n^2-n}{2}$ حيث ان n تمثل عدد المعايير.

وعليه يمكن أن نحصل على مصفوفة المقارنات الثنائية لكل $i = 1,2, \dots n$ ، حيث إن w_i تمثل الأوزان وكما هو موضح في الصيغة (3) :

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \cdots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

من المعلومات الواردة في مصفوفة المقارنة الثنائية يمكننا الآن حساب أولوية جميع العناصر التي تمت المقارنة بينها، والإجراء الرياضي المطلوب لاحتساب الأولوية النسبية يسمى التوليف Synthesis، ومن أجل توضيح كيفية القيام بعملية التوليف، نستخدم الخطوات الثلاث مع مصفوفة المقارنة الثنائية وكما يلي:

- جمع القيم الموجودة في كل عامود في مصفوفة المقارنة الثنائية.
- نقسم كل عنصر في مصفوفة المقارنة الثنائية على مجموع العامود الخاص بها، والمصفوفة الناتجة يشار اليها بمصفوفة المقارنة الثنائية المعدلة .
- نحسب متوسط العناصر في كل صف من مصفوفة المقارنة الثنائية المعدلة، والمتوسطات الناتجة تقدم لنا التقديرات للأولويات النسبية للعناصر التي تمت المقارنة بينها [3].

الخطوة الثالثة : من المهم أن نشير الى أن طبيعة الاحكام الذاتية ممكن أن تنتج مشكلة عدم الاتساق[11]، والتي يتم حسابها من مؤشر الاتساق CI على النحو التالي:

- نضرب كل قيمة من العمود الأول في مصفوفة المقارنة الثنائية في الأولوية النسبية للعنصر الأول، ونضرب كل قيمة من العمود الثاني في مصفوفة المقارنة الثنائية في الأولوية النسبية للعنصر الثاني ونستمر بهذه العملية الى العمود الاخير من المصفوفة ، نجمع القيم التي عبر الصفوف لنحصل على عامل القيم المسمى "المجموع المرجح" حيث إن:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} w_i , \quad \sum_{i=1}^{n} Wi = 1 \quad (4)$$

- حساب قيمة λ_{max} (أعلى قيمة ذاتية للمصفوفة) على هذا النحو:

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n} \frac{(S.v)_i}{m.v_i} \quad (5)$$

حيث n تمثل عدد الصفوف المستقلة للمصفوفة ، S تمثل مصفوفة المقارنة الزوجية و v تعني المتجه الذاتي. ثم يتم حساب مؤشر الاتساق consistency index (CI) على النحو التالي:

$$\mathrm{CI} = \frac{\lambda_{\max} - \mathrm{n}}{\mathrm{n} - 1} \quad (6)$$

ويقصد بمعامل الاتساق قدرة متخذ القرار على تحديد أهمية كل عنصر من عناصر المصفوفة على نحو متقن[3] فإذا كان ناتج المعادلة (6) مساوية للصفر أي $\mathrm{CI} = 0$ فهذا يدل على أن المصفوفة متسقة تمامًا، وعند التعامل مع عدد كبير من المقارنات الثنائية، تزداد أيضًا احتمالية خطأ الاتساق ، لذا اقترح ساعاتي (1980) مقياساً آخراً وهو نسبة الاتساق Consistency Ratio (CR) والذي يتم حسابه كالاتي [7]:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

حيث إن (RI) "مؤشراً عشوائياً" يمثل نسبة التناسق لمصفوفة المقارنة الثنائية تعتمد قيمته على عدد العناصر التي تمت مقارنتها وكما هو موضح في الجدول رقم (2)، ويستخدم (CR) لقياس الأهمية النسبية علماً إن التناقض مسموح به طالما إنه لا يتجاوز ال 10 % فإذا كانت نسبة الاتساق تساوي 0.10 أو أقل فأن ذلك يعني وجود مستوى مقبول من الاتساق في التقديرات الشخصية، أما إذا زادت النسبة عن 0.10 فإن ذلك يعد مؤشر على عدم الاتساق وعلى متخذي القرارات إعادة تقييم تقديراتهم في مصفوفة المقارنات الثنائية حتي تصبح النسبة في النهابة 0.10 أو أقل [1] ، علماً إن N≤10، حيث إنه كلما زادت قيمة N يزداد حجم مصفوفة المقارنات الثنائية وبالتالي نحصل على نتائج أقل دقة[15].

جدول (2) قيم مؤشر الثبات العشوائي [12]

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

8. نتائج تطبيق طريقة التحليل الهرمي AHP

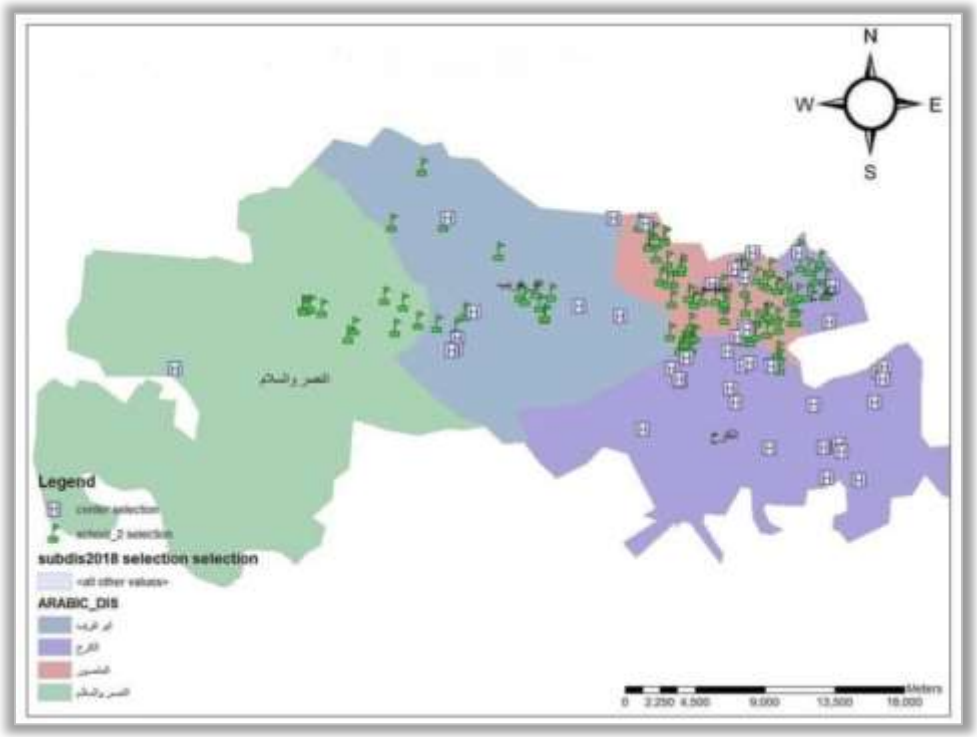
The result of applying the AHP hierarchy method

بالاعتماد على مصفوفة القرار الثنائية المعدلة وجد إن الأوزان الاحتمالية الناتجة عن المعايير بناء على المقارنات الزوجية كالآتي:

جدول (3): يوضح الاوزان الاحتمالية لكل معيار

المعايير	الرمز	الاوزان الاحتمالية	الرتبة
حاجة السكان الفعلية للمدارس	C1	46.60%	1
قرب المدرسة من المركز الصحي	C2	15.90%	2
النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة	C3	15.00%	3
النسبة القياسية لعدد المدرسين في كل مدرسة	C4	5.50%	4
قرب المدرسة من الشارع الرئيسي	C5	4.10%	5
النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل صف	C6	8.80%	6
النسبة القياسية لعدد المدرسين من عدد الطلبة	C7	4.20%	7
المجموع		**100%**	

لتنفيذ (AHP) في برنامج (GIS) نقوم بتحويل جميع البيانات من النموذج الخطي (vector) الى النموذج الشبكي (raster)، وذلك بتحويل جميع المعايير التي حددت مسبقاً من خلال استخدام الأمر3D Analyst Tools ضمن أدوات التحليل المكاني Spatial Analysis Tools في بيئة البرنامج ArcGIS 10.4، وتطبيق Raster Interpolation- IDW، ومن ثم تحليل المسافة بتطبيق Distance – Euclidean Distance منتجة طبقة جديدة من الخرائط الرقمية تمثل المدارس الثانوية التي تقع ضمن حدود منطقة الدراسة، وكما هو موضح في الخارطة (1).



خارطة (1): توضح منطقة الدراسة متضمنة مواقع المدارس الثانوية والمراكز الصحية

وبعد الانتهاء من تجهيز البيانات بالصيغة المطلوبة يتم إدخال اوزان المعايير وقياس تأثيرها على جميع المدارس ومن ثم تصنيفها تصاعدياً إلى خمس فئات حسب أهمية كل معيار حيث يأخذ المعيار الاكثر أهمية التصنيف 1 ويأخذ المعيار الأقل أهمية التصنيف 5 من خلال تطبيق Reclass- Reclassify ، وكما هو موضح أدناه.

1. المعيار الأول (C1) حاجة السكان الفعلية للمدارس

تم تصنيف البيانات بالاعتماد على حاجة السكان الفعلية للمدارس الى خمسة فئات مرتبة تنازلياً من الأكثر أهمية الى الأقل أهمية حيث تزداد الحاجة الى بناء مدارس جديدة كلما زادت الأهمية، وقد بلغ التصنيف الأول لحاجة السكان الفعلية للمدارس (798944-981937)، وكما هو موضح في الجدول (4).

جدول (4): يبين تصنيف بيانات المعيار حاجة السكان الفعلية للمدارس

التسلسل	أعلى قيمة	أقل قيمة
1	981937	798944
2	798944	615952
3	615952	432959
4	432959	249967
5	249967	66974

2. المعيار الثاني (*C2*) قرب المدرسة من المراكز الصحية

تم تصنيف البيانات بالاعتماد على قرب المدرسة من المركز الصحي الى خمس فئات مرتبة تنازلياً من الأكثر أهمية الى الأقل أهمية، حيث تزداد الحاجة لبناء مدارس جديدة كلما زادت الأهمية وقد بلغ التصنيف الأول لقرب المدرسة من الشارع الرئيسي (57-71)م، وكما هو موضح في الجدول (5).

جدول (5): يبين تصنيف بيانات المعيار قرب المدرسة من المراكز الصحية

التسلسل	أعلى قيمة	أقل قيمة
1	71	57
2	57	43
3	43	29
4	29	15
5	15	1

3. المعيار الثالث (C3) قرب المدرسة من الشارع الرئيسي

تم تصنيف البيانات بالاعتماد على قرب المدرسة من الشارع الرئيسي الى خمس فئات مرتبة تنازلياً من الأكثر أهمية الى الأقل أهمية حيث تزداد الحاجة لبناء مدارس جديدة كلما زادت الأهمية، وقد بلغ التصنيف الأول لقرب المدرسة من الشارع الرئيسي (8-9)م2، وكما هو موضح في الجدول (6).

جدول (6): يبين تصنيف بيانات المعيار قرب المدرسة من الشارع الرئيسي

التسلسل	أعلى قيمة	أقل قيمة
1	9	8
2	8	6
3	6	4
4	4	2
5	2	1

4. المعيار الرابع (C4) النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة

تم تصنيف البيانات بالاعتماد على المعيار الرابع والمتمثل بالنسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة الى خمس فئات مرتبة تنازلياً من الأكثر أهمية الى الأقل أهمية حيث تزداد الحاجة لبناء مدارس جديدة كلما زادت الأهمية، وقد بلغ التصنيف الأول بالنسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة (1053-1305) طالب/مدرسة، وكما هو موضح في الجدول (7).

جدول (7): يبين تصنيف البيانات لمعيار النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة

التسلسل	أعلى قيمة	أقل قيمة
1	1305	1053
2	57	43
3	43	29
4	29	15
5	15	1

5. المعيار الخامس (C5) النسبة القياسية لعدد المدرسين في كل مدرسة

تم تصنيف البيانات بالاعتماد على تأثير المعيار الخامس والمتمثل بالنسبة القياسية لعدد المدرسين في كل مدرسة الى خمس فئات مرتبة تنازلياً من الأكثر أهمية الى الأقل أهمية، حيث تزداد الحاجة الى بناء مدارس جديدة كلما زادت الأهمية، وقد بلغ التصنيف الأول للنسبة القياسية لعدد المدرسين في كل مدرسة (62-77) مدرس/مدرسة، وكما هو موضح في الجدول (8).

جدول (8): يبين تصنيف معيار النسبة القياسية لعدد المدرسين في كل مدرسة

التسلسل	أعلى قيمة	أقل قيمة
1	77	62
2	62	48
3	48	34
4	34	20
5	20	6

6. المعيار السادس (C6) النسبة القياسية لعدد المدرسين من عدد الطلبة:

تم تصنيف البيانات بالاعتماد على المعيار السادس والمتمثل بالنسبة القياسية لعدد الطلبة من عدد المدرسين الى خمس فئات، والجدول رقم (9) يوضح الفئات الخمس مرتبة تنازلياً من الأكثر أهمية الى الأقل أهمية حيث تزداد الحاجة الى بناء مدارس جديدة كلما زادت الأهمية، وقد بلغ التصنيف الأول لعدد الطلبة من عدد المدرسين (58-71) طالب/مدرس، وكما هو موضح في الجدول (9).

جدول (9): يبين تصنيف معيار النسبة القياسية لعدد الطلبة من عدد المدرسين

التسلسل	أعلى قيمة	أقل قيمة
1	71	58
2	58	45
3	45	32
4	32	19
5	19	6

7. المعيار السابع (C7) النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل صف

تم تصنيف البيانات بالاعتماد على المعيار السابع والمتمثل بالنسبة القياسية لعدد الطلبة في كل صف الى خمس فئات مرتبة تنازلياً من الأكثر أهمية الى الأقل أهمية حيث تزداد الحاجة لبناء مدارس جديدة كلما زادت الأهمية، وقد بلغ التصنيف الأول للنسبة القياسية لعدد الطلبة في كل صف (23- 29) طالب/صف، وكما هو موضح في الجدول (10).

جدول (10): يبين تصنيف معيار النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل صف

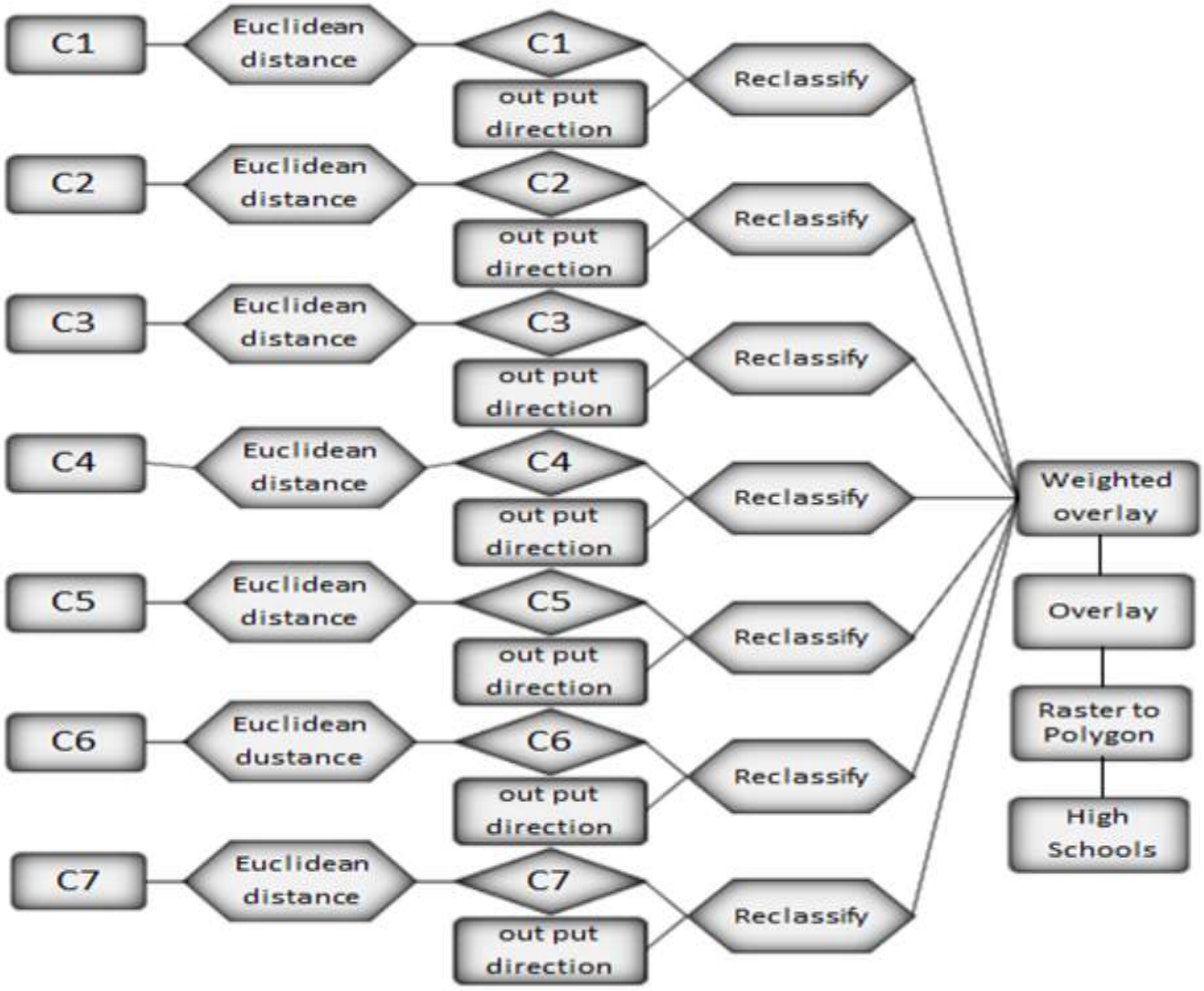
التسلسل	أعلى قيمة	أقل قيمة
1	29	23
2	23	18
3	18	12
4	12	6
5	6	1

والمرحلة الأخيرة يتم القيام بعملية إعادة التصنيف (*Reclassify*) للمدارس الثانوية حسب تأثير جميع المعايير وذلك يتم بإدخال الاوزان المرجحة لكل معيار الى*weighted overlay* وتصنيف المدارس الى أربع فئات حسب الأهمية الى (أهمية قصوى، الأكثر أهمية، مهمة، أقل أهمية) علماً أن درجة الأهمية تمثل مقدار الحاجة لبناء مدارس جديدة والعلاقة طردية بينهما، حيث تضمن التصنيف الأول (أهمية قصوى) مواقع (2) مدارس ثانوية و بنسبة (2%) من العدد الكلي، أما التصنيف الثاني (أهمية كبيرة) فقد تضمن مواقع (7) مدارس ثانوية وبنسبة (6%)، التصنيف الثالث (مهمة) فقد تضمن مواقع (19) مدرسة ثانوية وبنسبة (16%) من العدد الكلي ،أما التصنيف الرابع (أهمية كبيرة) فقد تضمن مواقع (31) مدرسة ثانوية وبنسبة (26%)، وكما هو موضح في الجدول (11).

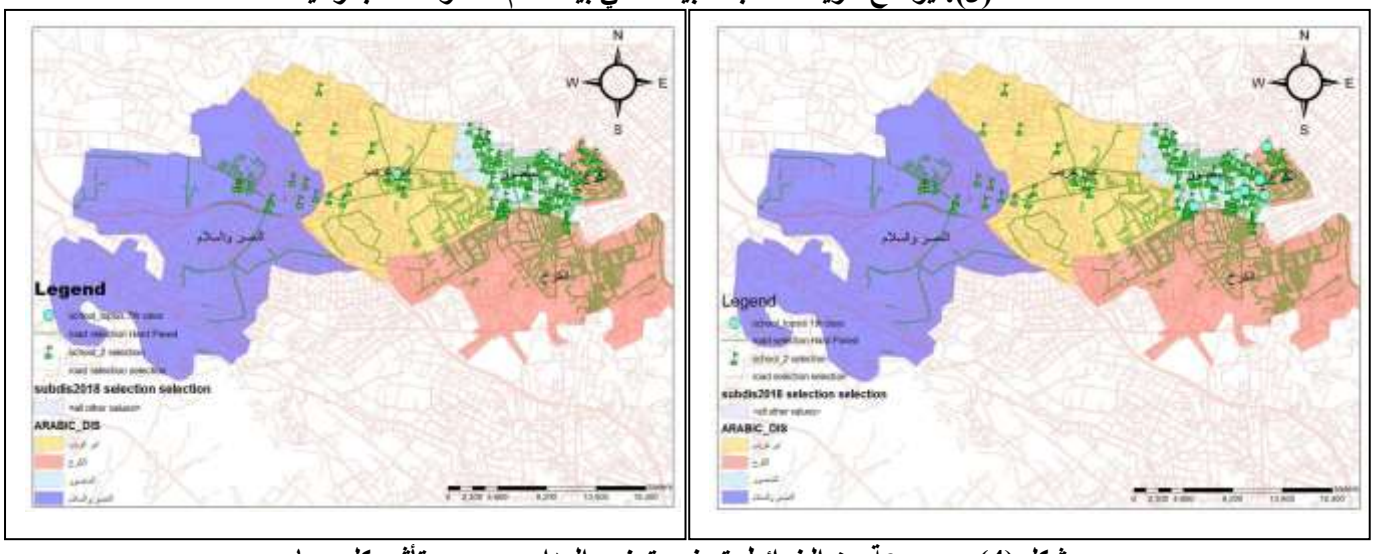
جدول (11): يبين النسب المئوية للمدارس الثانوية مصنفة حسب الاهمية

التسلسل	درجة الأهمية	عدد المدارس	النسبة المئوية
1	قصوى أهمية Extremely Importance	2	2%
2	أهمية كبيرة More Importance	7	6%
3	مهمة Importance	19	16%
4	أقل أهمية Less Importance	31	26%
5		**59**	**49%**

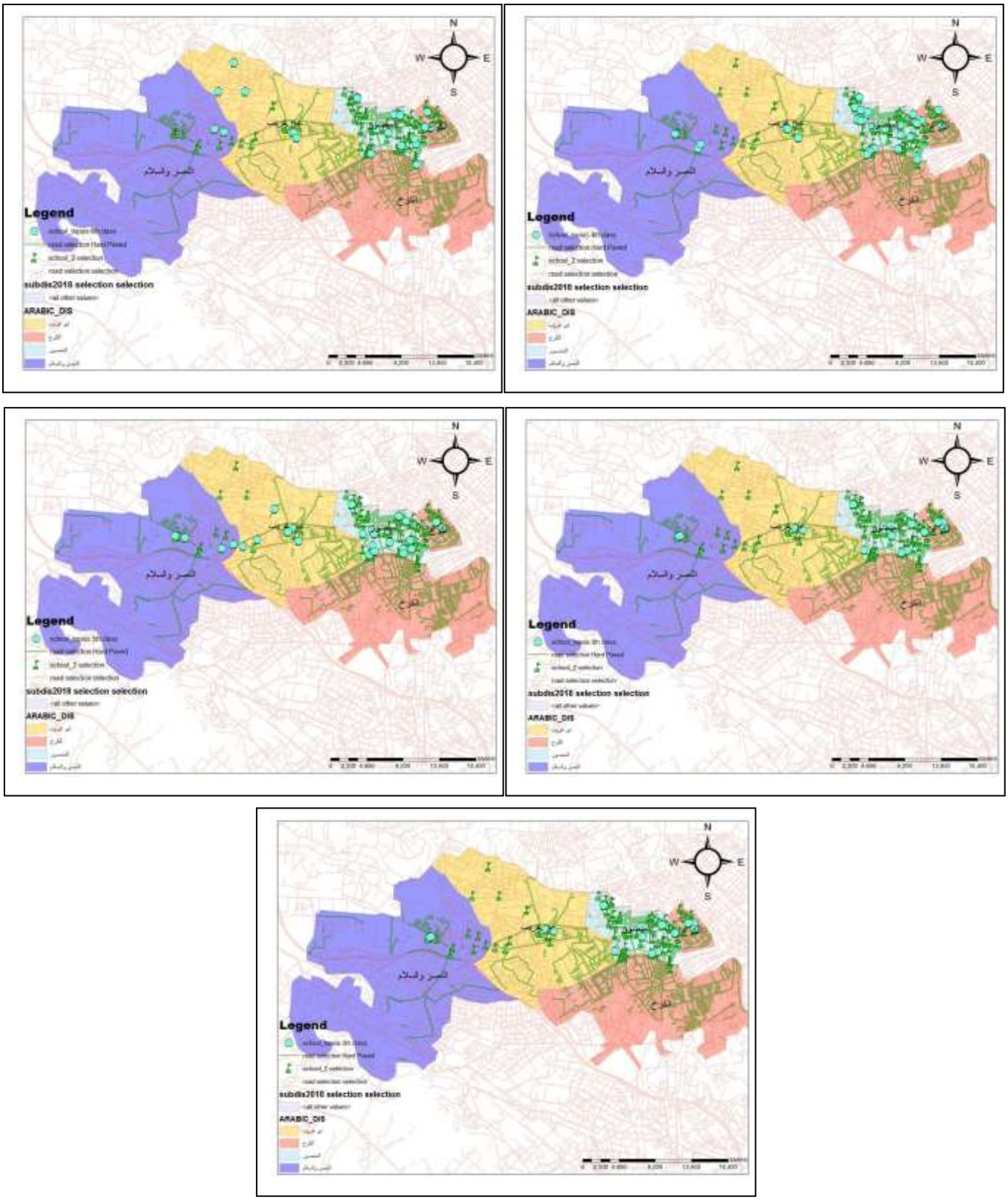
ومن ثم يتم تحويل المخرجات من صيغة الـ raster الى صيغة الـ polygon والمخطط (3) يوضح سير عمل معالجة البيانات باستعمال طريقة التحليل الهرمي لإنشاء الخارطة النهائية للمدارس الثانوية.



مخطط (3): يوضح طريقة معالجة البيانات في بيئة نظم المعلومات الجغرافية



شكل (4): مجموعة من الخرائط توضح توزيع المدارس حسب تأثير كل معيار



تتمة شكل (4)

9. الاستنتاجات Conclusions

1. بالاعتماد على مصفوفة القرار الثنائية المعدلة وجد إن أن المعيار الرئيسي الذي حاز على أعلى أهمية بإعتماد الاوزان الاحتمالية الناتجة هو حاجة السكان الفعلية للمدارس وذلك بحصوله على نسبة (46.6%)، يليه المعيار قرب المدرسة من المركز الصحي بنسبة (15.9%)، يليه النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة (5.5%)، ومعيار النسبة القياسية لعدد

المدرسين في كل مدرسة (4.10%)، النسبة القياسية لعدد المدرسين من عدد الطلبة (8.8%)، معيار النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل صف (4.2%)، وأخيراً معيار النسبة القياسية لعدد الطلبة في كل مدرسة بنسبة (15%)، وكما هو موضح في الجدول (3) .

2. أظهرت نتائج تصنيف المدارس الثانوية بإعتماد طريقة (AHP) الى أربع فئات وكما يلي:

أ. إن كلاً من مركز قضاء الكرخ وناحية النصر والسلام قد تضمنتا موقعان لمدرستين ثانويتين مصنفة على إنهما ذوا أهمية قصوى أي إنهما الأكثر حاجة لبناء مدارس جديدة بالقرب منهما أو تهيئتها بإضافة صفوف جديدة وبما يتناسب مع حاجة كل من المدرستين مقارنة بالفئات الاخرى وبنسبة (2%) من العدد الكلي، وكما هو موضح في الجدول (12).

جدول (12): يبين أعداد المدارس الثانوية ذات الأهمية القصوى

ت	اسم المدرسة	عدد الطلاب	عدد المدرسين	عدد الشعب	المنطقة	عدد الذكور	عدد الاناث	total
1	ث. الرضوانية	155	10	4	النصر والسلام	33905	33058	66963
2	ع. المنصور	1171	62	25	مركز قضاء الكرخ	240885	234867	475752

ب. إن كلاً من مركز قضاء أبي غريب وناحية المنصورقد تضمنتا (7) مواقع لمدارس ثانوية مصنفة على إنها الأكثر أهمية أي أنها أقل حاجة لبناء مدارس جديدة أو تهيئتها بإضافة صفوف جديدة وبما يتناسب مع حاجة كل مدرسة مقارنة بالفئة التي تسبقها وبنسبة (6%)، وكما هو موضح في الجدول (13).

جدول (13): يبين أعداد المدارس الثانوية الأكثر أهمية

ت	اسم المدرسة	عدد الطلاب	عدد المدرسين	عدد الشعب	المنطقة	عدد الذكور	عدد الاناث	المجموع
1	الحضارة	1001	16	29	مركز قضاء ابو غريب	57726	56284	114010
2	ث الفردوس	1102	75	30	المنصور	240885	234867	475752
3	ث الجامعة	1096	80	25	المنصور	240885	234867	475752
4	ع العامرية	1312	50	26	المنصور	240885	234867	475752
5	ث ورقة بن نوفل	626	60	22	المنصور	240885	234867	475752
6	ث عمار بن ياسر	1015	25	29	المنصور	240885	234867	475752
7	ثانوية المتميزين في الحارثية	714	63	26	المنصور	240885	234867	475752

ج. إن كلاً من (النصر والسلام، مركز قضاء أبي غريب، المنصور، مركز قضاء الكرخ) قد تضمنت (19) موقعاً لمدارس ثانوية تم تصنيفها على إنها مهمة أي إنها أقل حاجة لبناء مدارس جديدة بالقرب منها أو تهيئتها بإضافة صفوف جديدة وبما يتناسب مع حاجة كل مدرسة مقارنة بالفئة التي تسبقها وبنسبة (16%) من العدد الكلي، وكما هو موضح في الجدول (14).

جدول (14): يبين أعداد المدارس الثانوية المهمة

ت	اسم المدرسة	عدد الطلاب	عدد المدرسين	عدد الشعب	المنطقة	عدد الذكور	عدد الاناث	المجموع
1	ثانوية الاسراء للبنين	346	27	10	النصر والسلام	33905	33058	66963
2	ث مأرب	350	12	10	النصر والسلام	33905	33058	66963
3	الشيخ ضاري	215	22	6	النصر والسلام	33905	33058	66963
4	ع البطولة	743	41	17	مركز قضاء ابو غريب	57726	56284	114010
5	ابي غريب المسائية	374	28	11	النصر والسلام	57726	56284	114010
6	م/ النهرين المختلطة	70	23	12	مركز قضاء ابو غريب	57726	56284	114010
7	م/المستقبل	379	24	11	مركز قضاء ابو غريب	57726	56284	114010
8	ثانوية الحدباء المختلطة	130	19	4	مركز قضاء ابو غريب	57726	56284	114010
9	م الرشيد	365	28	10	المنصور	240885	234867	475752
10	ث. المتنبي	545	22	16	المنصور	240885	234867	475752
11	ثانوية الغزالي	379	16	12	المنصور	240885	234867	475752
12	متوسطة الفرات للبنات	248	10	7	المنصور	240885	234867	475752
13	ع الكرخ	272	26	12	مركز قضاء الكرخ	62818	61249	124067
14	م الوحدة	631	20	8	مركز قضاء الكرخ	62818	61249	124067
15	م الكرخ	231	16	7	مركز قضاء الكرخ	62818	61249	124067
16	ثانويه المثنى للبنات	290	13	8	المنصور	240885	234867	475752
17	المعرفة الاساسية	171	11	10	المنصور	240885	234867	475752
18	ث/ اسوان المسائية	44	6	1	مركز قضاء الكرخ	240885	234867	475752
19	ع/ الرافدين للبنين	220	13	6	المنصور	57726	56284	114010

د. إن كلاً من (النصر والسلام، مركز قضاء أبي غريب، المنصور، مركز قضاء الكرخ) قد تضمنت (31) موقعاً لمدراس ثانوية تم تصنيفها على إنها أقل أهمية أي إنها أقل حاجة لبناء مدارس جديدة بالقرب منها أو تهيئتها بإضافة صفوف جديدة وبما يتناسب مع حاجة كل مدرسة مقارنة بالفئة التي تسبقها وبنسبة (26%) من العدد الكلي.

10. التوصيات Recommendations

1. سد العجز الذي تعاني منه الخدمات التعليمية والمقدمة ضمن منطقة الدراسة بإعتماد النتائج التي تم التوصل اليها آنفا.عن طريق بناء مدارس جديدة يراعى في إختيار مواقعها المعايير الأساسية .
2. إنشاء قاعدة بيانات دقيقة وشاملة لكافة المدارس يمكن الإعتماد عليها وتحديثها بشكل مستمر تساعد المختصين واصحاب القرار لتلافي المشكلات مستقبلاً.
3. ضرورة إجراء دراسة من قبل الخبراء والمختصين لوضع درجات الأهمية للمتغيرات التي تؤثر في تحديد مواقع الخدمات التعليمية لتعميمها عند إجراء دراسات مستقبلية.
4. توزيع الكوادر التعليمية على المدارس وفقاً لأعداد الطلبة وحاجة المدارس وبشكل متوازن.
5. مراعاة تطبيق المعايير الاساسية قدر الامكان في إختيار الموقع المناسب لإنشاء مدارس جديدة، لسد الحاجة الفعلية للخدمات التعليمية.
6. إعتماد أساليب كمية حديثة في إتخاذ القرارت لدى المؤسسات الحكومية، لحل كافة المشاكل المعقدة ، لتساعد المختصين في عملية دعم القرار بمنهج علمي سليم، مما يؤدي بدوره إلى رفع مستوى أداء تلك المؤسسات.
7. إستعمال طريقة التحليل الهرمي (AHP) مع GIS لإستكشاف المشكلات المعقدة بدقة وتقديم ملاحظات فورية لإتخاذ القرار.
8. إستخدام طرق إتخاذ قرار متعدد المعايير أخرى غير المستخدمة بالبحث مثل (Goal Programming، ELECTRE، PROMETHEE، TOPSIS) وإجراء مقارنة مع النتائج التي تم التوصل اليها من أجل تمييز الطريقة الاكثر ملائمة لتطبيقها في تنفيذ مشاريع الخدمات التعليمية أو أي نوع أخر من الخدمات.

المصادر

[1] Akalin, M., Turhan, G., & Sahin, A. (2013). "The application of AHP approach for evaluating location selection elements for retail store: a case of clothing store". International Journal of Research in Business and Social Science, 2(4), 1.

[2] Bahurmoz, A. M. (2006). The analytic hierarchy process: a methodology for win-win management. Economics and Administration, 20(1).

[3] Büyüközkan, Gülfem Işıklar & Gülçin. (2007) "Using a multi-criteria decision making approach to evaluate mobile phone alternatives." Computer Standards & Interfaces, Vol. 29, No. 2.

[4] Cabała, P. (2010). "Using the analytic hierarchy process in evaluating decision alternatives. Operations research and decisions", Vol. 20, No.(1), 5-23.

[5] Chandio, I. A., Abd Nasir, B. M., WanYusof, K. B., Talpur, M. A. H., Balogun, A. L., & Lawal, D. U. (2013). "GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: a review", Arabian Journal of Geosciences, Vol. 6, No. (8), 3059-3066.

[6] Dillon-Merrill, R. L., Parnell, G. S., Buckshaw, D. L., Hensley Jr, W. R., & Caswell, D. J. (2008), "Avoiding common pitfalls in decision support frameworks for Department of Defense analyses", Military Operations Research, Vol. 13, No. (2), 19-31.

[7] Franek, J., & Kresta, A. (2014). "Judgment scales and consistency measure in AHP", Procedia Economics and Finance, Vol. 12:164–173

[8] Hshiung Tzeng, G., & Jeng Huang, J. (2011). "Multiple Attribute Decision Making Methods and applications., Springer Berlin, Heidelberg.

[9] Keeney, R. L. (2008). "Applying value-focused thinking", Military Operations Research, Vol. 13, No. 2, 7-17.

[10] Klutho, S. (2013). Mathematical decision making: an overview of the analytic hierarchy process. Washington: Whitman College.

[11] Rojas, Diego & Loubier, Jc. (2017). "Analytical Hierarchy Process coupled with GIS for land management purposes: A decision-making application," The 22nd International Congress on Modeling and Simulation (MODSIM2017). Managing cumulative risks through model-based processes. Hobart, Tasmania, Australia.

[12] Saaty, R. W. (1987). "The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. Mathematical modelling, Vol. 9, Issue (3-5), 161-176.

[13] Soummakie, Bushra, Taetaeu, & Bitul Shakir. (2018), "Risk management in companies of industrial textile in Aleppo using analytical hierarchy process AHP", Journal of Al-Quds Open University for Humanities and Social Research, Issue 34.

[14] Strager, M. P. (2006). Combining a Pairwise Comparasion Aproach and Statistical Analysis to Guide Land Conservation in the Northhern Neck, Virginia. West Virginia University, 4-7.

[15] Teknomo, K. (2006). Analytic hierarchy process (AHP) tutorial. Available at: https://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/

[16] Yap, J. Y., Ho, C. C., & Ting, C. Y. (2018, September). Analytic Hierarchy Process (AHP) for business site selection. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2016, No. 1, p. 020151). AIP Publishing LLC.

[17] Taher, Mohamed Abboud & Mohamed, Ahmed Hisham, (2017). "Estimate the relative importance of the evaluation criteria of university performance using traditional AHP and Fuzzy-AHP operations", Managerial Studies Journal, Vol. 9, No. 18.

[18] Tohamy, Ezz El Din Fikry, (2001), "Using the hierarchical analysis method in the application of the balanced performance measurement model". Al-Azhar University.

[19] Veerachandran, V. M. (2006), "An AHP framework for balancing efficiency and equity in the United States liver transplantation system", M. Sc. Thesis in Industrial Engineering, University of South Florida.

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences (2022); Issue 52; 155 -168

AL- Rafidain University College

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

Available online at: https://www.jrucs.iq

JRUCS
Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

Multi-Criteria Decision Analysis Using Hierarchical Analysis (AHP) Method Based on Geographic Information Systems (GIS) to Find the Optimal Location for Secondary Schools in Baghdad Governorate

Noor F. Abood	Assist. Prof. Dr. Omar M. Naser Alashari
noor.f.tabra@gmail.com	ammar.jabbar@ummustansiriyah.edu.iq
Statistics Department - College of Administration and Economics - University of Baghdad, Baghdad, Iraq	

Article Information

Article History:
Received: January, 15, 2022
Accepted: March, 5, 2022
Available Online: December, 31, 2022

Keywords:
Multi Criteria Decision Methods, The Analytic Hierarchy Process, Geographical information systems

Correspondence:
Noor F. Abood
noor.f.tabra@gmail.com

Abstract

Educational institutions are considered among the important and necessary services provided by the state to its residents, and the balanced distribution of those services is considered as indicator towards ensuring equal educational opportunities. Baghdad Governorate were selected according to seven basic criteria that are based on the opinions of a group of experts and specialists and translated into digital form using what is known as the Saaty scale, to derive the relative priority vector to rank the criteria according to importance. The results were as follows: "The population's actual need for schools (46.6%), nearness of the school to the main street (15.9%), nearness of the school to health centers (15.0%), the standard ratio of the number of students in each school (5.5%), the standard ratio of the number of teachers in each school (4.10%), the standard ratio of the number of teachers to the number of students (8.8%), the standard ratio of the number of students in each class (4.2%), and then transfer the data to Raster within the GIS program and the weights of the standards were entered to measure their impact on schools and classify them into four levels (extreme importance, great importance, important, less important), as the percentage of schools in each category respectively reached (26%, 16%, 6%, 2%) respectively, noting that the degree of importance represents the need to build new schools. The study recommends the need to fill the deficit experienced by the educational services provided within the study area by adopting the results that have been reached by building new schools, taking into account the selection of their sites as the basic criteria.

doi: https://doi.org/10.55562/jrucs.v52i1.549