مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (6) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (6) 2014

استخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS وطريقة التدرج التحليلي الضبابيةFAHP من أجل اختيار المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة طرطوس

الدكتور عادل عوض*
الدكتور أحمد وزان**
ريم منصور***

(تاريخ الإيداع 5 / 6 / 2014. قُبِل للنشر في 19/ 11 / 2014)

□ ملخّص □

يعتبر اختيار الموقع الأفضل من العمليات المعقدة التي تواجه صناع القرار، وتتجلى هذه المشكلة في سوريا عامة وفي محافظة طرطوس خاصة في عملية اختيار أفضل المواقع من أجل إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي، حيث تتداخل مجموعة كبيرة من المعايير في عملية اختيار الموقع كما أن أراء الخبراء في هذا المجال تحمل مجالاً واسعاً من الشك والضبابية، وللتغلب على هذه المشكلة يقوم البحث على تصميم موديل model يتضمن الدمج بين طريقة التدرج التحليلية الضبابية FAHP كوسيلة لصناعة القرار متعدد المعايير وللتعامل مع حالة الشك ، وبرنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS من أجل تحديد المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي . في هذا البحث تم تطوير فكرة FAHP من أجل الحصول على أوزان المعايير، وتم استخدام برنامج GIS من أجل مقاطعة وتوليد خرائط المعايير وإنتاج الخرائط المناسبة. انتهت الدراسة بالحصول على خارطة تضم المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي بطريقة التهوية المطولة في منطقة طرطوس في سوريا.

متعدد المعايير (MCDM)، اختيار مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي، طرطوس.

---

* أستاذ- قسم هندسة البيئة-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.
** أستاذ مساعد- قسم هندسة البيئة-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.
*** طالبة ماجستير- قسم هندسة البيئة-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (6) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (6) 2014

Using GIS& Fuzzy AHP for Selecting the Suitable Sites for Wastewater Treatment Plants in the City of Tartous

Dr. Adel Awad*
Dr. Ahmad Wazzan**
Reem Mansour***

(Received 5 / 6 / 2014. Accepted 19 / 11 / 2014)

□ ABSTRACT □

Determining the best location is a complex process that faces decision makers. In the City of Tartous, Syria, this problem springs while selecting the best location for wastewater treatment plant (WWTP) because of the large number of criteria and constrains and the uncertainty in expert's judgments. To solve this problem, we designed a frame work containing multi-criteria decision making (MCDM) technique that is fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) to handle the uncertainty situations and geographical information system (GIS) to determine the best location.

In this paper, the FAHP idea was developed to calculate weights of the criterias, the GIS was used to overlay and generate criteria and suitability maps. The study ends with a map of the best sites for constructing wastewater treatment plants by extended aeration method in Tartous region in Syria.

Keywords: Geographical Information System(GIS); Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP); Multi-Criteria Decision Making (MCDM); Site Selection of Waste Water Treatment Plants; Tartous.

*Professor; Department of Environmental Engineering; Faculty of Civil Engineering; Univeristy of Tishreen, Lattakia, Syria.

** Associate Professor;Department of Environmental Engineering; Faculty of Civil Engineering; Univeristy of Tishreen, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student.; Department of Environmental Engineering; Faculty of Civil Engineering; Univeristy of Tishreen, Lattakia, Syria.

: □□□□□

اختيار الموقع هو قرار معياري ، يمكن أن يؤثر في تخطيط استخدام الأرض المختارة، أو في الربح والخسارة لمشروع ما، كما يمكن أن يؤثر وبشكل واضح في أسلوب الحياة للمجتمعات المجاورة. لذلك فإن تطوير الخبرة في مجال اختيار الموقع هو عمل كبير، حيث يقاس تبعاً لكل من: مقدار الميزانية، رأي صناع القرار، حجم المجتمعات المتأثرة، والازدهار للمنطقة المتأثرة [1]. و يتعامل متخذو القرار عادة في مشاكل إدارة الأراضي وتحديد مواقع محطات الصرف الصحي مع قرارات معقدة ومتعددة الأوجه، حيث يجب عليهم أن يحققوا الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية بالإضافة إلى التطور الاقتصادي، وغالباً ما يواجهون معارضة السكان متمثلة في حقيقة الظاهرة 'Never In My BackYard' أي "ليس بجواري" حيث تزداد تلك المعارضة من قبل السكان عندما تلامس تلك التغيرات –التي لا بدّ منها– مجتمعاتهم [2] .

تعتمد عملية اختيار مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي على عدد كبير من العوامل والقيود أهمها: توفر الأرض المناسبة لتأسيس محطة المعالجة من حيث الميول وجيولوجية المنطقة وطبيعة الحوامل الجوفية والبعد عن مناطق الغمر وإمكانية الوصول إلى الموقع وكذلك محافظة الموقع على حماية الموارد الطبيعية كالأنهار والبحيرات والسدود والبحار والمحميات الطبيعية بالإضافة إلى تحقيق قبول المجتمع والمحافظة على القيمة الجمالية والتاريخية للأرض، ويأخذ صناع القرار بعين الاعتبار البدائل الموجودة والتي تمتلك مواصفات وخصائص مختلفة والعمل النهائي هو اختيار الأفضل بينها، وهذه العملية معقدة لأنها تتطلب الكثير من البيانات من مختلف الحقول البيئية والاجتماعية بالإضافة إلى المعايير الكمية والكيفية من أجل اتخاذ القرار النهائي. [3]،[4]

أحد الطرق المفيدة في عملية اتخاذ القرار متعدد المعايير MCDM عند اختيار الموقع هي طريقة التدرج التحليلي AHP، والتي تلعب دوراً هاماً في اختيار البدائل. حيث تستخدم هذه الطريقة الفهم والمعرفة من دون الحاجة إلى بيانات محددة. لكن النقد الأساس لطريقة AHP أنها تتعامل مع تقييمات الخبراء بواسطة أرقام تقليدية Crisp تتراوح بين الرقم 1 والرقم 9 ، ولا تتعامل مع الشك في تقييمات الخبراء ، ومن أجل التغلب على هذا العجز فإنه قد تم استخدام المنطق الضبابي fuzzy logic مع طريقة AHP لتحديد البديل الأفضل. إن الجمع بين طريقة AHP والمنطق الضبابي تعطي مرونة أكبر في اتخاذ القرارات والتقييمات. طريقة Fuzzy AHP(FAHP) تعكس طريقة التفكير البشري عند التعامل مع معلومات تقريبية وغير مؤكدة للحصول على قرارات ، كما أنها تحافظ على الخصائص الأساسة لطريقة AHP و تسهل التعامل مع البيانات الكمية والنوعية، واستخدام البنية الهرمية، والمقارنات الثنائية، وتقليل التضارب، والحصول على شعاع الأوزان. كما أن الدمج بين طريقة اتخاذ القرارFAHP وبرنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS مفيد من أجل مشاكل اختيار الموقع بما أن برنامج GIS يتعامل مع الخصائص المكانية للموقع وطريقة FAHP يمكن استخدامها لإعطاء أوزان للمعايير ولترتيب البدائل. [5]

تشير المراجع إلى أن منهجية دمج طريقة التدرج التحليلي الضبابي FAHP ونظام المعلومات الجغرافية GIS تم استخدامها في عملية تحديد المواقع المختلفة، ففي اليونان استخدم (Anagnostopoulos, et al., 2007) منهجية تعتمد على GIS و FAHP من أجل تحديد المواقع المناسبة لتطبيق أنظمة المعالجة الطبيعية لمياه الصرف الصحي في ولاية Rodopi في شمال شرق اليونان[6]، وفي جنوب Texas تم استخدام تلك الطريقة من قبل (Chang, et al., 2008) من أجل تحديد الموقع الأفضل لطمر النفايات في المناطق الحضرية سريعة النمو[7] وفي طهران في إيران قدّم (Aslani, et al., 2011) نموذجاً من أجل تحديد المواقع الأمثل لإقامة محطات الوقود

الصغيرة بمساعدة نظام المعلومات الجغرافي GIS حيث تم تحديد الأوزان للطبقات المكانية باستخدام طريقتين وهما طريقة التدرج التحليلي AHP التقليدية وطريقة التدرج التحليلي الضبابية Fuzzy AHP ثم تمت مقارنة نتائج الطريقتين، وتم معالجة البيانات المكانية باستخدام GIS وأظهرت الدراسة أن طريقة التدرج التحليلي الضبابية مثالية.[8]

لا يوجد دليل على أن طريقة دمج FAHP وGIS، قد تم استخدامها من أجل اختيار مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو من أجل أي تطبيق آخر في محافظة طرطوس وهذا كان الحافز الأكبر للعمل على هذه الدراسة.

أهمية البحث وأهدافه:

أنجزت وزارة الإسكان والتعمير الدراسة الإقليمية الشاملة لمحافظة طرطوس لحماية المصادر المائية من التلوث بمياه الصرف الصحي بموجب عقد مع الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية عام 1997 وقد نتج عن تلك الدراسة اقتراح إنشاء /26/ مجمعا إقليميا للصرف الصحي في المحافظة(12 مجمع منفذ حاليا فقط)، كما تم اقتراح إقامة محطات معالجة في نهاية تلك المجمعات إلا أنه لا توجد دراسة حتى الآن توضح درجة مناسبة المواقع في نهاية المحاور المدروسة والمنفذ قسم منها لإقامة محطات معالجة الصرف الصحي مما يوضح ضرورة وجود دراسة تساعد في تحديد المواقع الأنسب لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في المدينة، وبما أن طريقة معالجة مياه الصرف الصحي المستخدمة في مدينة طرطوس هي طريقة التهوية المطولة لذلك تم تحديد معايير اختيار مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي بما يناسب طريقة التهوية المطولة والتي تستخدم لعدد سكان لا يزيد عن 150000 نسمة وبما يتناسب مع طبيعة المدينة.

يهدف هذا البحث إلى ما يأتي :

1. الحصول على خريطة رقمية لمحافظة طرطوس تضم المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة طرطوس باستخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS وبالاعتماد على معايير محددة تساعد في عملية تحديد مواقع إقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي.
2. تصنيف المواقع الناتجة تبعاً لدرجة مناسبتها لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي وفق المعايير المدروسة، بالاعتماد على منهجية تدمج بين نظام المعلومات الجغرافية GIS وطريقة التدرج التحليلي FAHP.
3. تقييم مناسبة الأرض لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في نهاية المجمعات الإقليمية للصرف الصحي وفقاً للدراسة الإقليمية الشاملة لمحافظة طرطوس.

طرائق البحث ومواده:

طريقة التدرج التحليلية الضبابيةFAHP:[9][10]

طريقة FAHP هي امتداد لطريقة AHP وحيث إن طريقة AHP تعتمد على استخدام أرقام تقليدية crisp وبما أن الغموض من الصفات الأساسة لمشاكل صناعة القرار فإن طريقة FAHP قد تم تطويرها لعنونة هذه المشكلة. الرقم الضبابي هو مجموعة ضبابية خاصة $F = \{(x, \mu f(x), x \in R)\}$ حيث x تأخذ القيم من خط الحياة الواقعي، $R: -\infty \leq R \leq 1$ و $\mu f(x)$ ينتمي للمجال المغلق [0,1]. الرقم الضبابي المثلثي يعكس القوة النسبية لكل زوج من العناصر في نفس المستوى الهرمي ويمكن التعبير عنه بالشكل M=(L,m,u) حيث L≤m≤u .

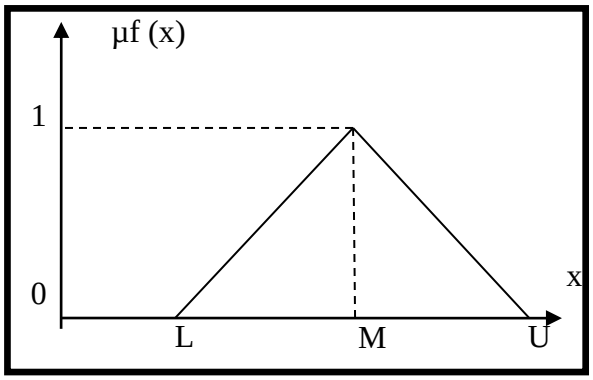
البارمترات L تدل على القيم الممكنة الأصغرية ، mالمتوسطة وuالأعظمية في الحدث الضبابي . تابع العضوية للرقم الضبابي المثلثي يمكن وصفه باستخدام المعادلة الآتية و الشكل(1). عندما يكون L=m=u لا يعتبر الرقم ضبابياً.

$$\mu f(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{m-1}, & l \le x \le m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \le x \le u \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

خطوات طريقة FAHP:

1- تحديد معايير الدراسة وتحويل مشكلة القرار إلى الشكل الهرمي بحيث يتم إظهار العناصر الهامة لمشكلة القرار، أي يتم تحليل المشكلة المعقدة إلى بنية هرمية مع عناصر قرار (أهداف ، خصائص مثل طبقات لخرائط المعايير، وبدائل) كما في الشكل (2)

2- تحديد الأهمية النسبية للمعايير بالنسبة إلى بعضها البعض من قبل كل خبير ki حيث (i=1,2,..n) باستخدام المقارنات الثنائية pairwise comparision كمايأتي:



الشكل 1: الرقم الضبابي المثلثي

$$A = \begin{bmatrix} w1/w1 & w1/w2 & \dots. & w1/wn \\ w2/w1 & w2/w2 & \dots. & w2/wn \\ \dots. & \dots. & \dots. & \dots. \\ wn/w1 & wn/w2 & \dots. & wn/wn \end{bmatrix}$$

حيث :

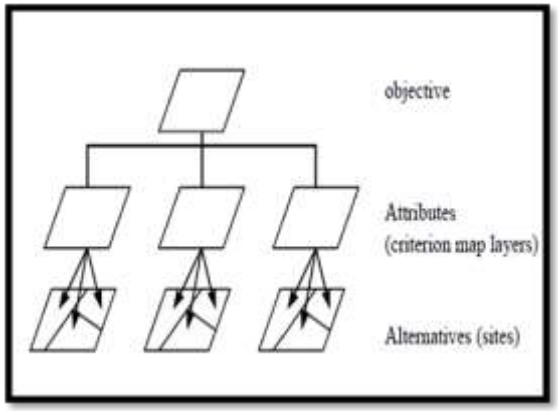
A : مصفوفة المقارنة الثنائية comparison pairwise matrix

W1: وزن العنصر 1

W2: وزن العنصر 2

Wn: وزن العنصر n

من أجل تطبيق المقارنات الثنائية بين البارامترات، يتم استخدام الأرقام التقليدية crispفي مقياس saaty الجدول (1)



الشكل2: البنية الهرمية لمشكلة القرار متعدد المعايير

جدول(1) : مقياس saaty المستخدم في المقارنات الثنائية Pairwise Comparicion [10]

درجة الأفضلية (مقياس لغوي)	درجة الأفضلية		
	قيمة رقمية	قيمة رقمية ضبابية	مقلوب القيمة الرقمية الضبابية
أفضلية متساوية للأول على الثاني	1	(1,1,1)	(1,1,1)
أفضلية متساوية إلى متوسطة للأول على الثاني	2	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
أفضلية متوسطة للأول على الثاني	3	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
أفضلية متوسطة إلى قوية للأول على الثاني	4	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
أفضلية قوية للأول على الثاني	5	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
أفضلية قوية إلى قوية جداً للأول على الثاني	6	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
أفضلية قوية جداً للأول على الثاني	7	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
أفضلية قوية جداً إلى تامة للأول على الثاني	8	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
أفضلية مطلقة للأول على الثاني	9	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

3- التأكد من تناسق المقارنات لكل خبير ki: لتحديد إذا كانت المقارنات متناسقة أم متضاربة ، يجب حساب نسبة التناسق (CR) وفق الصيغة الآتية:

$CR = \frac{CI}{RI}$ حيث CI مؤشر التناسق $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$

وحيثλmax قيمة eigen value الأعظمية لمصفوفة المقارنة A ، n : عدد المعايير

RI مؤشر العشوائية يمكن حسابه من جدول مؤشرات التضارب العشوائية الجدول (2) :

جدول 2: حساب RI [10]

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.17	1.74	1.37	1.41	1.45	1.49

إذا كان CR<0.1 فإنه يتم اعتبار الأحكام متناسقة وإذا كانت CR>0.1 فإنه يتم اعتبار الأحكام متضاربة وبالتالي يجب إعادة بناء المصفوفة.

4- تحويل مصفوفة المقارنة الثنائية لكل خبير ki حيث i=1,2,...n إلى الشكل الضبابي باستخدام الأرقام الضبابية في مقياس saaty الجدول (1)

يمكن التعبير عن مصفوفة المقارنة الثنائية الضبابية $\tilde{A}\ (a_{ij})$ رياضيا بالشكل الآتي:

$$\tilde{A}(a_{ij})_{n*n} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1,1,1) & \dots & (l_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ (l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

5- تجميع مصفوفات الحكم الضبابي لمجموعة الخبراء وعددهم n للحصول على المصفوفة النهائية $\widetilde{A_{ij}} = (L_{ij}, M_{ij}, U_{ij})$ حيث:

$$L_{ij} = \min(l_{ijk}), M_{ij} = (\prod_{k=1}^{n} m_{ijk})^{\frac{1}{n}}, U_{ij} = \max(u_{ijk})$$

6- حساب أوزان المعايير w عن طريق تطبيق خوارزمية FAHP وهي: Chang's extent analysis التي يمكن تلخيصها كما يأتي:

الخطوة الأولى: حساب مجموع الأسطر Si بواسطة العملية الرياضية الآتية مع العلم أن M_{gi}^{j} أرقام ضبابية مثلثية:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} * [\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}]^{-1}$$

حيث:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = (\sum_{j=1}^{m} l_j , \sum_{j=1}^{m} m_j , \sum_{j=1}^{m} u_j)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = (\sum_{i=1}^{n} l_i , \sum_{i=1}^{n} m_i , \sum_{i=1}^{n} u_i)$$

$$[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$

الخطوة الثانية: حساب احتمال أن Si≥Sj باستخدام المعادلة الآتية:

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) = \begin{cases} 1 , & IF m_i \geq m_j \\ 0 , & IF l_j \leq u_i \\ \frac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) - (m_j - l_j)} & otherwise \end{cases}$$

حيث: $\tilde{S}_I = (L_I, M_I, U_I)$ و $\tilde{S}_J = (L_J, M_J, U_J)$

الخطوة الثالثة : حساب احتمال أن Si أكبر من جميع الأرقام الضبابية المحدبة الأخرى (n−1) أي من Sj باستخدام المعادلة الآتية:

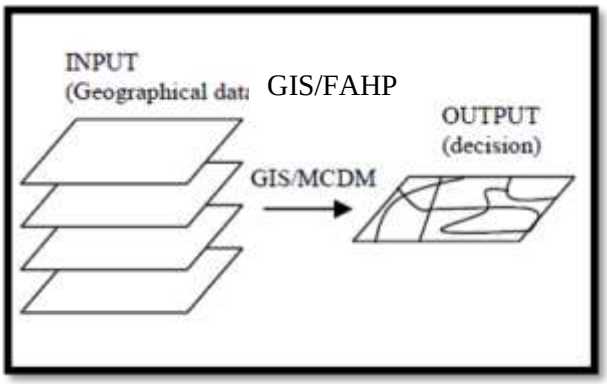
$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j), (j = 1, \dots . n , j \neq 1) = \min_{j \in (1,\dots,n) j \neq i} V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j), i = 1, \dots , n$$

الخطوة الرابعة: تشكيل شعاع الأوزان $W=(w1,\dots,wn)^T$ لمصفوفة المقارنة الضبابية A كالآتي:

$$w_t = \frac{v(\tilde{s}_i \geq \tilde{s}_j | j=1 \dots n, j \neq i)}{\sum_{k=1}^{n} v(\tilde{s}_k \geq \tilde{s}_j | j=1 \dots n, j \neq k)}$$

الدمج بين GIS وطريقة[11] FAHP:[12]

في هذه الدراسة برنامج arcgis9.3 تم استخدامه في البداية من أجل توليد وتصنيف خرائط المعايير ضمن أصناف محددة مسبقا أو ضمن مناطق حماية buffer zones. تم استخدام برنامج excel من اجل حساب أوزان المعايير بطريقة FAHP وباستخدام أرقام ضبابية مثلثية TFN. الدمج بين طريقة FAHP و GIS تم عند مقاطعة الشرائح ضمن GIS وذلك من خلال استخدام الأوزان التي تم الحصول عليها من طريقة FAHP ضمن أداة weighted overlay في GIS من أجل الحصول على خرائط المناسبة Suitability Maps الشكل (3)، وبعد ذلك تم تقييم المواقع المقترحة وتحديد المواقع الأنسب.



الشكل 3: الدمج بين GIS وطريقةFAHP

منطقة الدراسة:

سيتم تحديد المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة الصرف الصحي في منطقة طرطوس حيث تشمل الدراسة (مدينة طرطوس والقرى التابعة لها) و تشكل منطقة الدراسة جزءاً من محافظة طرطوس الشكل(4) .

تقع منطقة طرطوس على ساحل البحر الأبيض المتوسط في غرب القطر العربي السوري بين خطي عرض(35.627592-35.070366) شمالاً وخطي طول(35.861470-36.126107) شرقاً، على مساحة $564km^2$. وتمتاز بغناها بالموارد المائية وبكثافة سكانية وعمرانية عالية وبالغنى بالمواقع السياحية والأثرية والدينية والبيئية والزراعية مما يزيد من صعوبة اختيار المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي حيث إن الموقع المناسب يجب أن يحقق استدامة استخدام الأرض والموارد الطبيعية وقبول المجتمع.

الشكل(4) : موقع منطقة الدراسة

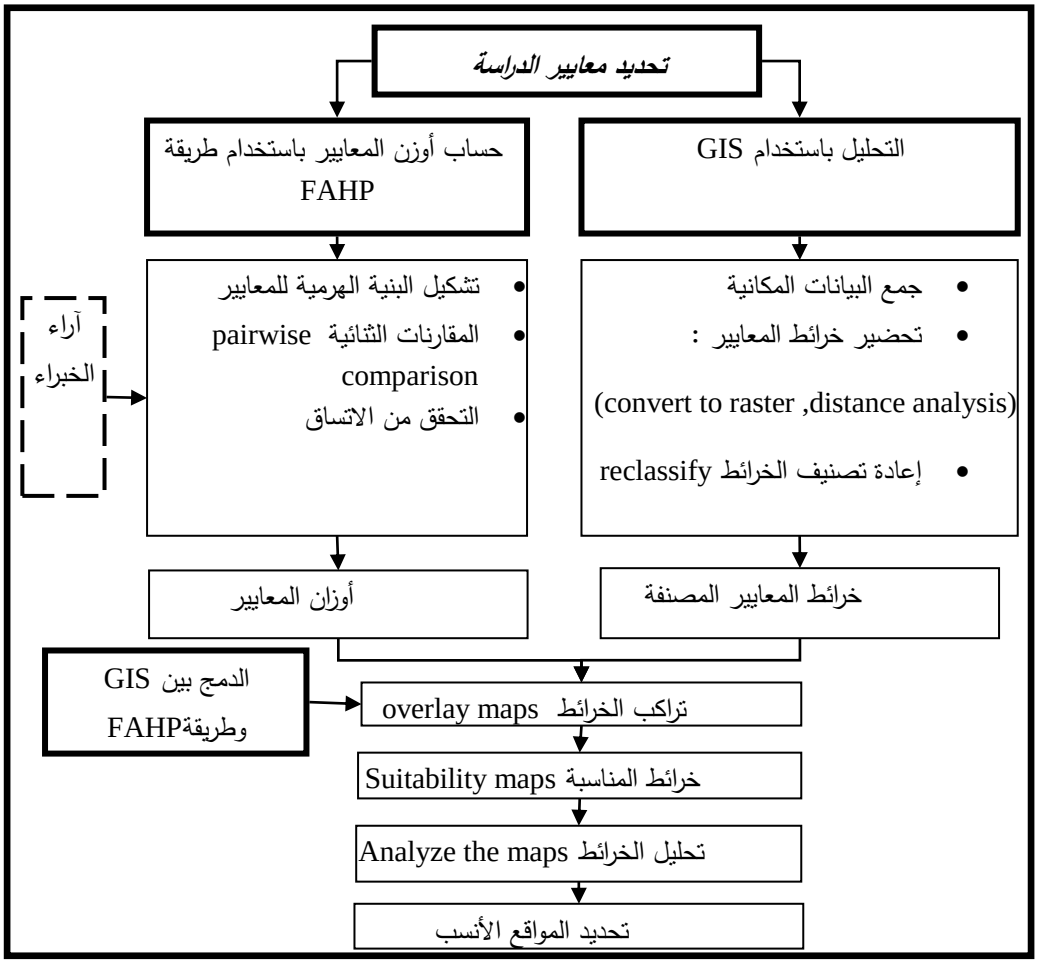
جمع البيانات:

البيانات المكانية تم تجميع قسم منها بالاعتماد على قاعدة بيانات مشروع المرصد البيئي الوطني في محافظة طرطوس، والقسم الأخر تم ترقيمه يدوياً باستخدام صورة فضائية لمدينة طرطوس ذات قدرة تمييز 0.5m تعود لعام 2009 ، تم الحصول عليها من الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، وبعد ذلك تم توليد الطبقات للمنطقة المدروسة باستخدام برنامج arcgis9.3.

تم تحديد معايير وقيود الدراسة بالاستعانة بالمراجع المناسبة بالإضافة إلى آراء الخبراء العاملين في مجال اختيار مواقع محطات معالجة الصرف الصحي في محافظة طرطوس وعددهم7 (من جامعة تشرين، من الشركة العامة للصرف الصحي، ومن مديرية البيئة في طرطوس) نظرا لعدم وجود معايير معتمدة وشاملة في سوريا عامة وفي طرطوس خاصة لاختيار مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

المنهجية:

الشكل(5) يظهر المنهجية المستخدمة في البحث. المرحلة الابتدائية هي مرحلة تحديد معايير الدراسة، حيث يتم جمع البيانات المكانية وآراء الخبراء المتعلقة بالمعايير المستخدمة في الدراسة. المرحلة الأولى هي مرحلة التحليل باستخدام برنامج GIS وهذا يتضمن تحويل الخرائط الرقمية من Vector إلى Raster ، استخدام توابع التحليل المكاني Spaital Analysis (تحليل المسافة Distance Analysis و إعادة التصنيف Reclassify). المرحلة الثانية هي مرحلة حساب أوزان المعايير حيث يتم تحديد درجة تناسق مصفوفة المقارنات الثنائية لآراء الخبراء ثم حساب أوزان المعايير باستخدام طريقة FAHP . المرحلة الثالثة والأخيرة هي مرحلة الدمج بين أوزان المعايير والخرائط من أجل الحصول على خرائط المناسبة Suitability Maps.



الشكل(5):منهجية الدراسة

تحديد المعايير:

معايير اختيار مواقع محطات المعالجة بالتهوية المطولة في منطقة طرطوس والتي استخدامها في الدراسة موجودة في الجدول (3):

جدول(3) : معايير الدراسة

المعيار	الوصف	نطاق الحماية buffer zones
ميول الأرض	تفضل الأرض ذات الميول المتوسطة التي تحقق	–

	جريان المياه بالإسالة ضمن المحطة ولا تتطلب زيادة في أعمال التسوية	
تقييم الحوامل الجوفية	تفضل الأرض ذات التربة قليلة النفاذية وذات المنسوب الأعمق للمياه الجوفية	–
وجود الفوالق	تفضل الأراضي البعيدة عن مناطق الفوالق	300m
إمكانية الوصول إلى الموقع	تفضل الأرضي المخدمة بالطرقات	–
المسافة عن الأنهار	تفضل الأراضي القريبة من الأنهار	60m
المسافة عن البحيرات والسدود	تفضل الأراضي القريبة من البحيرات	300m
المسافة عن خط الشاطئ	تفضل الأراضي القريبة من خط الشاطئ	300m
المسافة عن المحميات الطبيعية	تم استبعاد الأراضي الواقعة ضمن المحميات الطبيعية من التحليل	300m
المسافة عن التجمعات السكانية	تفضل الأراضي البعيدة عن التجمعات السكانية	500m
المسافة عن شبكة الطرق الرئيسة	تفضل الأراضي القريبة من الطرق الرئيسة	300m
المسافة عن المواقع الدينية والأثرية	تفضل الأراضي البعيدة عن المواقع الدينية والأثرية	500m
عدم التعارض مع شكل استخدام الأرض	تفضل الأراضي الجرداء وغير المستثمرة للزراعة الواقعة ضمن أراضي أملاك الدولة وتم استبعاد الأراضي الواقعة ضمن الغابات والمناطق الحراجية والصناعية والعسكرية.	–

حساب أوزان المعايير:

جميع المعايير في الأعلى تم الحصول عليها بعد استشارة الخبراء المناسبين وبالاستعانة بالمراجع المناسبة. ولتحديد أوزان المعايير تم استخدام مقياس saaty ذو القيم من 1 إلى 9 الجدول(1).

أراء الخبراء حول الأهمية النسبية للمعايير بالنسبة إلى بعضها البعض تم تحويلها إلى أوزان باستخدام برنامج excel حيث تم تطبيق المقارنات الثنائية pairwise comparison و طريقة FAHP من أجل حساب الأوزان ونسبة التناسق .

يوضح الجدول (4) مصفوفة المقارنة الثنائية لأحد الخبراء بالشكل التقليدي crisp :

جدول 4: مصفوفة المقارنة الثنائية في المستوى الهرمي الأول لأحد الخبراء Ki :

	تحقيق قبول المجتمع	حماية الموارد الطبيعية	مناسبة الأرض
تحقيق قبول المجتمع	1	1/4	1/2
حماية الموارد الطبيعية	4	1	2
ملاءمة الأرض	2	1/2	1

λmax	=3
CI =	0
CR =	0

يوضح الجدول(5) مصفوفة المقارنة الثنائية السابقة بالشكل الضبابي:

جدول 5 مصفوفة المقارنة الثنائية في المستوى الهرمي الأول لأحد الخبراء Ki بالشكل الضبابي

	تحقيق قبول المجتمع			حماية الموارد الطبيعية			ملاءمة الأرض		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U
تحقيق قبول المجتمع	1	1	1	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1
حماية الموارد الطبيعية	3	4	5	1	1	1	1	2	3
ملاءمة الأرض	1	2	3	1/2	1/3	1/4	1	1	1

يوضح الجدول(6) مصفوفة المقارنة الثنائية بالشكل الضبابي بعد تجميع آراء الخبراء وعددهم (7) :

جدول6: مصفوفة المقارنة الثنائية في المستوى الهرمي الأول بالشكل الضبابي بعد تجميع آراء الخبراء السبعة

	تحقيق قبول المجتمع			حماية الموارد الطبيعية			ملاءمة الأرض		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U
تحقيق قبول المجتمع	1	1	1	1/8	1/4	1	1/5	7/8	4
حماية الموارد الطبيعية	1	4 1/7	8	1	1	1	1/3	1	10
ملاءمة الأرض	1/4	1 1/7	5	1/9	1/3	3	1	1 1/6	1

المعادلات الآتية توضح إزالة الضبابية باستخدام Chang's extent analysis للمصفوفة السابقة وفق الخطوات الآتية:

1- حساب مجموع الأسطر الثلاثة للمصفوفة وفق المعادلة

حيث: $S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} * [\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}]^{-1}$

(سطر تحقيق قبول المجتمع) $S_1 = \left(1\frac{1}{3}, 2\frac{1}{9}, 6\right) * \left(\frac{1}{34}, \frac{1}{11}, \frac{1}{5}\right) = (0.039, 0.1922, 1.1954)$

(سطر حماية الموارد الطبيعية) $S_2 = \left(2\frac{1}{3}, 6\frac{1}{5}, 19\right) * \left(\frac{1}{34}, \frac{1}{11}, \frac{1}{5}\right) = (0.0686, 0.5650, 3.7853)$

(سطر ملاءمة الأرض) $S_3 = \left(1\frac{1}{3}, 2\frac{2}{3}, 9\right) * \left(\frac{1}{34}, \frac{1}{11}, \frac{1}{5}\right) = (0.04, 0.2427, 1.7930)$

2- حساب احتمال أن Si≥Sj:

$V(S_1>S_2) =$ 0.75138

$V(S_1>S_3) =$ 0.95812

$V(S_2>S_1) =$ 1

$V(S_2>S_3) =$ 1

$V(S_3>S_1) =$ 1

$V(S_3>S_2) =$ 0.84252

3- حساب احتمال أن Si أكبر من جميع الأرقام الضبابية المحدبة الأخرى (n-1) أي من Sj:

$V(S1>S_{2,3}) = \min(0.75138, 0.95812) =$ 0.75138

$V(S2>S_{1,3}) = \min(1,1) =$ 1

$V(S3>S_{1,2}) = \min(1, 0.84252) =$ 0.84252

4- حساب الأوزان:

(تحقيق قبول المجتمع) $W_1 = \frac{0.75138}{(0.75138+1+0.84252)} = 0.2897$

(حماية الموارد الطبيعية) $W_2 = \frac{1}{(0.75138+1+0.84252)} = 0.3855$

(ملاءمة الأرض) $W_3 = \frac{0.84252}{(0.75138+1+0.84252)} = 0.3248$

المصفوفات في المستويات الهرمية الأدنى تم حسابها بنفس الطريقة

التحليل باستخدام برنامج GIS:

في هذه الدراسة أولاً تم تحضير الطبقات التي تمثل المعايير باستخدام برنامج ArcGIS9.3 ثم تم تشكيل موديل ضمن برنامج GIS لتحديد المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في طرطوس باستخدام model builder

تضمن الموديل الخطوات الآتية : الشكل(6)

1. تحويل طبقات المعايير إلى raster.
2. تحليل المسافة باستخدام طريقة euclidean distance.
3. إعادة تصنيف الطبقات reclassify تبعا لقيود الدراسة .
4. ايجاد أوزان المعايير بطريقة FAHP.
5. دمج الطبقات بعد تطبيق الأوزان الناتجة من طريقة FAHP عليها.

الدمج بين GIS وطريقة FAHP:

الدمج بين GIS وFAHP تم باستخدام أداة weighted overlay ضمن برنامج arcgis9.3 وباستخدام الأوزان التي تم الحصول عليها بطريقة FAHP .

النتائج والمناقشة:

المعايير التي تم اعتمادها عند اختيار المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة طرطوس هي:

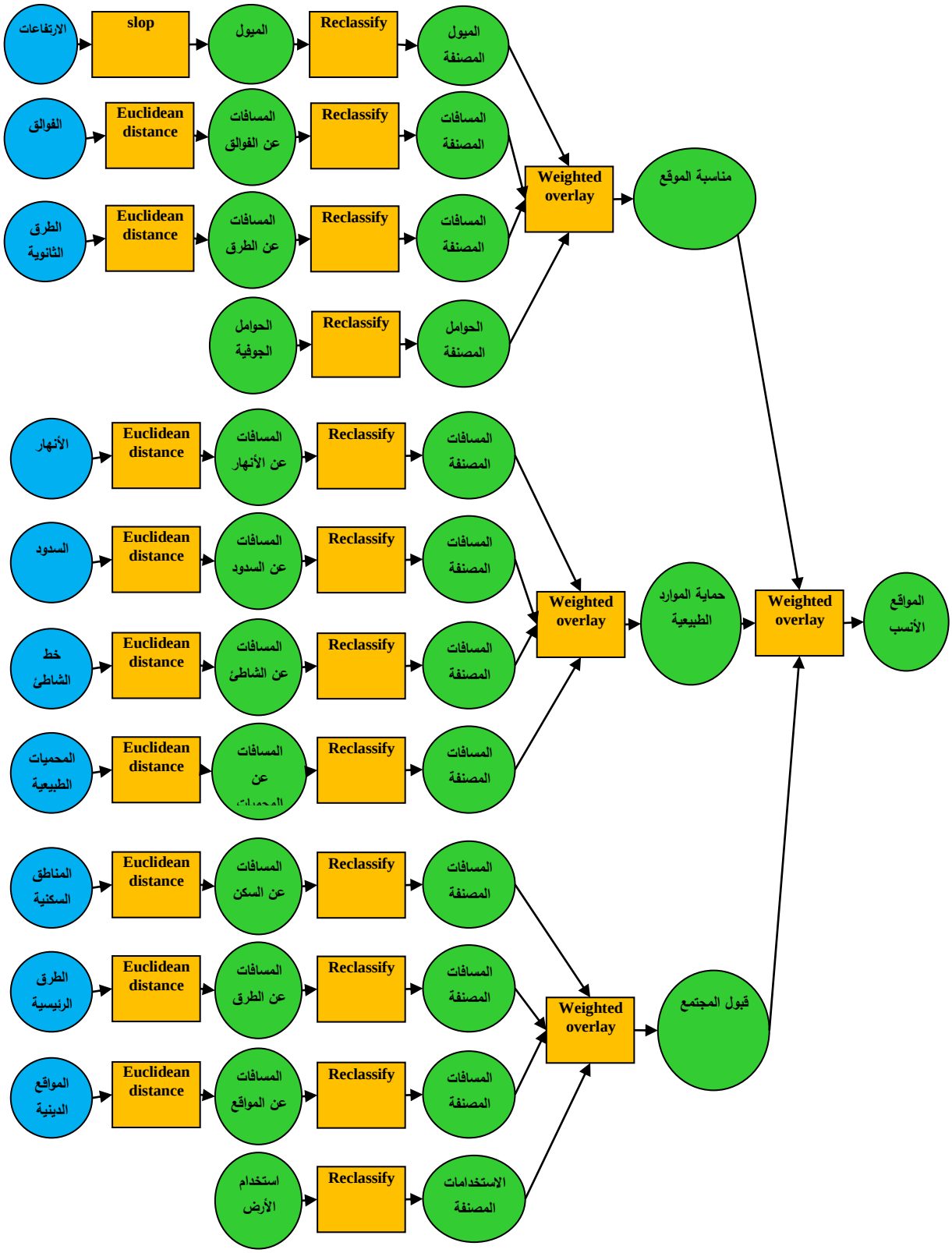
- مناسبة الأرض من حيث الطبوغرافيا والحوامل الجوفية والجيولوجيا والطرق للوصول إلى الموقع
- حماية الموارد الطبيعية (الأنهار، البحيرات والسدود، المحميات الطبيعية والشاطئ)
- تحقيق قبول المجتمع من حيث تأمين البعد الكافي عن المناطق السكنية والطرق الرئيسية والمواقع الدينية والأثرية ومراعاة شكل استخدام الأرض في الموقع.

المعايير المستخدمة هي عبارة عن قيود للموقع وهذا يعني أن المواقع المقترحة لا تحتوي أي من تلك القيود

معيار المساحة أيضا يعتبر من القيود لذلك فإن المواقع التي مساحتها أقل من $600\ m^2$ قد تم إبعادها.

باستخدام برنامج excel وبتطبيق طريقة FAHP تم تحويل أحكام الخبراء إلى أوزان الشكل(7).

نسبة التناسق CR كانت أصغر من 0.1 لتدل على مستوى معقول من التناسق في المقارنات الثنائية.



الشكل 6: موديل تحديد مواقع إقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي ضمن GIS

الشكل 7: معايير الدراسة بالشكل الهرمي مع أوزانها بعد تطبيق طريقة FAHP

التقارب بين أوزان المعايير للخبراء يعود إلى التباين بين أراء الخبراء واعتماد طريقة FAHP عند تجميع مصفوفات الأهمية النسبية للمعايير المعبأة من قبل الخبراء ضمن مصفوفة واحدة مبدأ أن الحد الأدنى L للرقم الضبابي هو أصغر قيمة ضمن قيم الحدود الدنيا لمصفوفة المقارنات الضبابية لكل خبير والحد الأعلى U هو أعلى قيمة والحد الأوسط هو عبارة عن متوسط هندسي:

$$L_{ij} = \min(l_{ijk}), M_{ij} = (\prod_{k=1}^{n} m_{ijk})^{\frac{1}{n}}, U_{ij} = \max(u_{ijk})$$

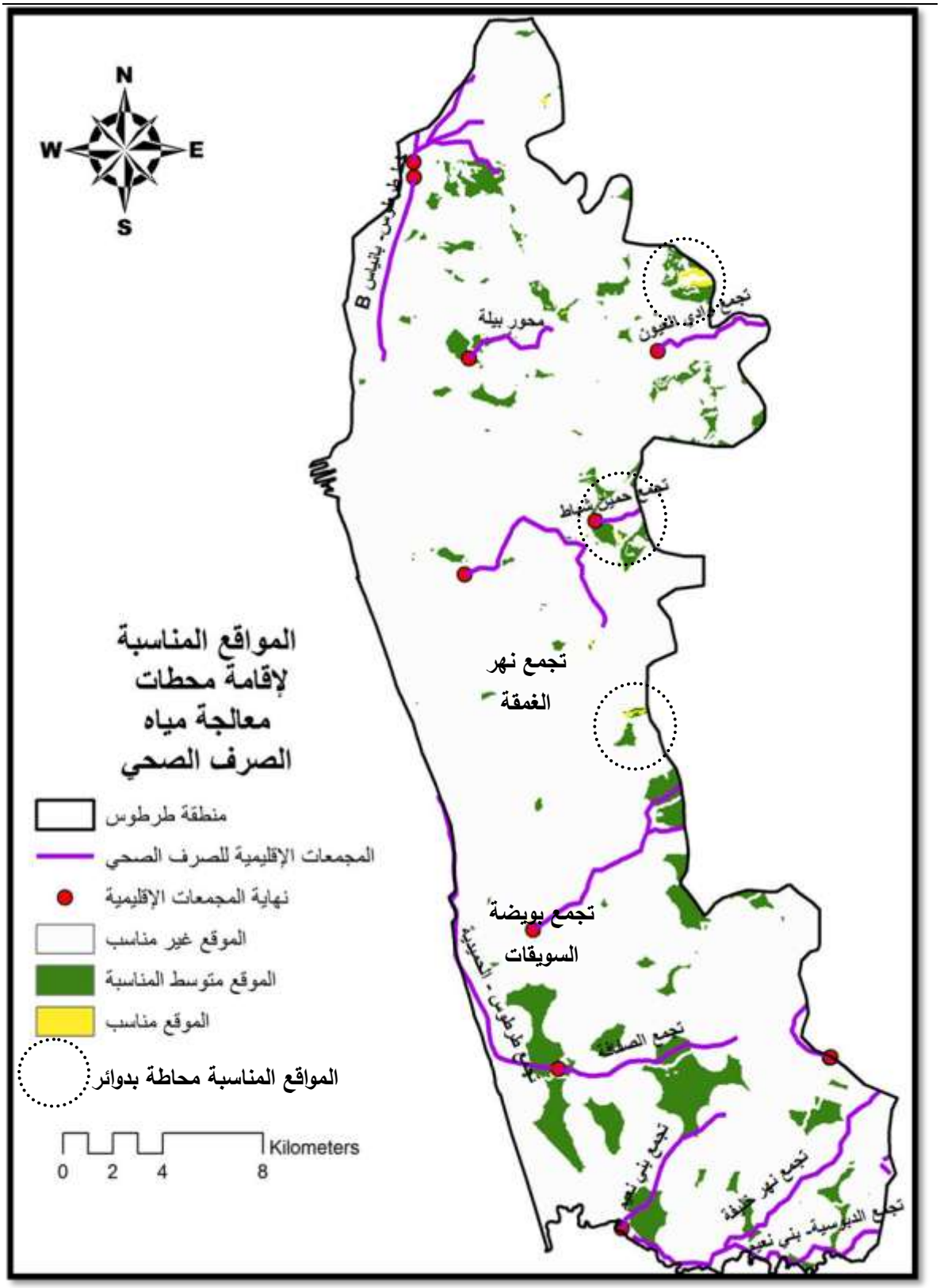
باستخدام إمكانيات برنامج arcgis9.3 تم تصميم موديل تضمن عمليات تحويل خرائط المعايير إلى raster ثم تصنيفها إلى ثلاث أصناف من الأكثر المناسبة إلى الأقل مناسبة

بعد ذلك تم الدمج بين برنامج GIS والأوزان من طريقة FAHP باستخدام موديل ضمن برنامج GIS لنحصل في النهاية على خارطة لمدينة طرطوس تضم المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي بطريقة التهوية المطولة مرتبة ضمن ثلاث أصناف من الأكثر مناسبة إلى الأقل مناسبة الشكل(8)

نتيجة للدراسة ووفقاً للمعايير المدروسة نلاحظ أن المجمعات الإقليمية للصرف الصحي وفقا للدراسة الإقليمية الشاملة لا تنتهي جميعها إلى مواقع مناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي الجدول(7).

جدول(7): مناسبة موقع نهاية المجمعات الإقليمية لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي

اسم المجمع الإقليمي	الوضع الحالي	مناسبة_الموقع في نهاية المجمع الإقليمي لإقامة محطات المعالجة
تجمع وادي العيون	منفذ	غير مناسب
محور بيلة	إعادة تأهيل الدراسة	متوسط المناسبة
تجمع نهر الغمقة	إعادة تأهيل الدراسة	غير مناسب
تجمع حمين شباط	إعادة تأهيل الدراسة	متوسط المناسبة
خط طرطوس– بانياس A	منفذ	غير مناسب
تجمع طرطوس – الحميدية	منفذ	متوسط المناسبة
تجمع تلكلخ – عكاري	إعادة تأهيل الدراسة	غير مناسب
تجمع بني نعيم	إعادة تأهيل الدراسة	متوسط المناسبة
تجمع الصفافة	إعادة تأهيل الدراسة	متوسط المناسبة
تجمع جب الأملس الخط A –B	إعادة تأهيل الدراسة	غير مناسب
تجمع بويضة السويقات الخط B – S	قيد التعاقد	غير مناسب
تجمع الدبوسية– بني نعيم	إعادة تأهيل الدراسة	متوسط المناسبة
تجمع نهر خليفة	إعادة تأهيل الدراسة	متوسط المناسبة
خط طرطوس– بانياس B	منفذ	غير مناسب



الشكل(8) : المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في طرطوس

الاستنتاجات والتوصيات:

تقترح الدراسة الدمج بين منهجية صناعة القرار متعدد المعايير الضبابي Fuzzy MCDM والممثلة بطريقة FAHP مع برنامج GIS من أجل اختيار المواقع الأفضل لاختيار مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي. تم اختيار مدينة طرطوس لتطبيق الدراسة على أرض الواقع.

الدمج بين برنامج GIS وطريقة التدرج التحليلي الضبابية FAHP يعتبر طريقة فعالة من أجل تحديد المواقع المناسبة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي. برنامج GIS يتم استخدامه من أجل تحليل البيانات المكانية بينما يتم استخدام طريقة FAHP من أجل تحديد أوزان المعايير .وهذا الدمج يمكِّن من :

1) تضمين آراء الخبراء المختلفين العاملين في مجال اختيار مواقع محطات معالجة الصرف الصحي والذين ينتمون إلى خلفيات مختلفة(من مديرية البيئة، من الشركة العامة للصرف الصحي، من قسم الهندسة البيئية.....).

2) إن طريقة FAHP تقلّل عدم الموضوعية الموجودة في طريقة AHP التقليدية من خلال تحسين دقة المعلومات من أجل صناعة القرار عن طريق تحديد أوزان المعايير باستخدام الأرقام الضبابية بدل من الأرقام التقليدية crisp.

3) يُمكن لصناع القرار حل المشاكل المكانية متعددة المعايير باستخدام خرائط ضمن برنامج GIS .

بالنسبة إلى الدراسة الإقليمية الشاملة لمحافظة طرطوس نقترح إعادة دراسة المحاور الإقليمية غير المنفذة حتى الآن مع الأخذ بعين الاعتبار درجة مناسبة نهاية المحور لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

في الأبحاث المستقبلية نقترح :

- إدخال الطرق الضبابية في عملية تصنيف المعايير reclassify ومقاطعة الشرائح overlay
- إدخال معايير أخرى ضمن الدراسة مثل خرائط الغمر والفيضان حيث إن موقع محطة معالجة الصرف الصحي يجب أن يكون خارج مناطق الغمر
- برمجة طريقة FAHP والموديل ضمن GIS باستخدام إحدى لغات البرمجة لتوفير أسلوب أسهل لإدخال البيانات والتعامل مع الموديل.

المراجع:

1. Eldrandaly, K. *Developing a GIS-Based MCE Site Selection Tool in ArcGIS Using COM Technology*. *IAJIT*. 2011.

2. Anagnostopoulos, K. P. and Vavatsikos, A. P. *Using GIS and Fuzzy Logic for Wastewater Treatment Processes Site Selection: The Case of Rodopi Prefecture.AIP Conf.pROC.* Vol. 2,2007, 851-983.

3. ماستر بلان الصرف الصحي في محافظة حمص، ipp consult و arbeet engineering and consulting. *أسس اختيار مواقع محطات الصرف الصحي*. 2007.

4. *دليل مرجعي لمنهجية دراسة واختيار تكنولوجيا معالجة مياه الصرف الصحي في سوريا*. الجمهورية العربية السورية : وزارة الموارد المائية، 2013. 95-96.

5. Ibrahim, E. H., Mohamed, S. E. and Atwan, A. A. *Combining Fuzzy Analytic Hierarchy Process And Gis To Select The Best Location For A Wastewater Lift Station In Elmahalla El-Kubra*, North Egypt. International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS. Vol.11, No. 05,2011, 44-50.

6. Anagnostopoulos, Kand Vavatsikos, A. *Site Suitability Analysis for Natural Systems of Watewater Treatment with Spatial Analysis Hierachy Process*. journal of water resources planning and management. Vol. 13,2012.

7. Chang, N, Parvathinathan, G. and Breeden, J. *Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region*. Journal of Environmental Management. Vol. 87, 2008,139–153.

8. Aslani, M and Alesheikh, A. *Site selection for small gas stations using GIS* . Scientific Research and Essay,Vol.6,2011,1361-3171.<http://www.academicjournals.org/SRE>.

9. Kabir, G and Hasin, A. *Comparative Analysis Of Ahp And Fuzzy Ahp Models For Multicriteria Inventory Classification*. International Journal of Fuzzy Logic Systems (IJFLS).Vol. 1, No.1,2011.

10. Chang, D. *Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP*. *European Journal of Operational Research.* 1996, 649-655.

11. Vahidnia, M.H., et al**.** *Fuzzy Analytical Hierarchy Process In Gis Application*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.Vol. XXXVII. Part B2,2008,593-596.

12. *Using ArcGIS® Spatial Analyst.* USA : ESRI, 2001.