Development of Spatial Model for Drinking Water Distribution in Mountain Villages in Lattakia Governorate

Dr. Hussam Sulaiman*
Ismail Alabd**

(Received 22 / 11 / 2023. Accepted 11 / 3 / 2024)

□ ABSTRACT □

The process of planning the infrastructure needed to manage drinking water in mountain villages is considered one of the complex processes facing decision-makers. This problem is evident in Syria in general and in Latakia Governorate in particular, and is represented by the spread of the phenomenon of thirsty mountain villages that lack drinking water service, as there are many standards contributing the planning process of drinking water management, and there is a clear discrepancy in the opinions of experts providing services in this field. To overcome this problem, this research is aiming to develop a spatial model for drinking water distribution in mountain villages, which includes combining between the Point allocation method (PAM) and GIS functions in order to produce several analytical maps reflecting our suggested criteria in the targeted area.

The study resulted with producing a combined surface map for the potential areas of intervention, which identify priority locations for interventions to serve drinking water networks, which makes following this mechanism an essential stage when planning the necessary infrastructure for drinking water management according to the real stakeholders.

Keywords: Geographic information systems (GIS), multi-criteria decision making (MCDM), Point allocation method (PAM), planning drinking water networks, mountain villages.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Assistant Professor, Higher Institute of Regional Planning, Damascus University, Damascus, Syria.** hussam2.sulaiman@damascusuniversity.edu.sy

** **Postgraduate Student (Master), Department of Infrastructure and Services, Higher Institute of Regional Planning, University of Damascus, Damascus, Syria.** ismaeel.alabd@damascusuniversity.edu.sy

بناء نموذج رقمي مكاني لتوزيع مياه الشرب في القرى الجبلية في محافظة اللاذقية

د. حسام سليمان*

إسماعيل العبد**

(تاريخ الإيداع 22 / 11 / 2023. قُبِل للنشر في 11/ 3 / 2024)

ملخّص

تعتبر عملية تخطيط البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب في القرى الجبلية من العمليات المعقّدة التي تواجه صناع القرار، وتتجلى هذه المشكلة في سورية عامة وفي محافظة اللاذقية خاصة، وتتمثل بانتشار ظاهرة القرى الجبلية العطشى التي تفتقر للتخديم بمياه الشرب، حيث أن هناك العديد من المعايير التي تساهم في عملية التخطيط لمياه الشرب، ويوجد تباين واضح لآراء الخبراء مقدمي الخدمة في هذا المجال، وللتغلب على هذه المشكلة يقوم البحث على تطوير نموذج رقمي مكاني لتوزيع مياه الشرب في القرى الجبلية تتضمن الدمج بين طريقة توزيع النقاط (PAM)، وبين وظائف (GIS) من أجل إنتاج عدة خرائط تحليلية تعكس المعايير المقترحة في المنطقة المستهدفة.

أسفرت الدراسة عن إنتاج خريطة سطحية مجمّعة لمناطق التدخل المحتملة والتي تساعد في تحديد المناطق ذات الأولوية للتدخل للتخديم بشبكات مياه الشرب في المنطقة المدروسة، مما يجعل اتباع هذا النموذج مرحلة أساسية عند تخطيط البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب وفقاً لأصحاب المصلحة الحقيقيين.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، اتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDM)، طريقة توزيع النقاط (PAM)، تخطيط شبكات مياه الشرب، القرى الجبلية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **مدرس – المعهد العالي للتخطيط الإقليمي – جامعة دمشق – دمشق – سورية.**
hussam2.sulaiman@damascusuniversity.edu.sy

** **طالب ماجستير – قسم البنى التحتية والخدمات – المعهد العالي للتخطيط الإقليمي – جامعة دمشق – دمشق – سورية.**
ismaeel.alabd@damascusuniversity.edu.sy

مقدمة:

تُمثّل البنية التحتية المائية منشأة ضرورية لتوزيع المياه من مصدرها إلى المستخدمين لاستخدامها في مجالات مختلفة [1]، وقد كان لتطوير البنية التحتية المائية بشكل مستمر دوراً حيوياً في تحسين نوعية الحياة لجميع السكان وفي مكافحة الاقصاء والعزلة وذلك من خلال امدادهم بالمياه دونما تمييز سواء سكنوا في المناطق السهلية أو حتى الجبلية [2]، ونظراً لاتجاه العالم نحو مفهوم الاستدامة بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية كان لا بد لجميع الدول وخاصة التي تعاني من عجز مائي أن تأخذ بأهداف التنمية المستدامة والتي ترتبط بشكل مباشر وغير مباشر بتطوير البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب وضمان وصولها للجميع بشكل عادل ومنصف، كخارطة طريق تساعد في تخفيف هذا العجز والنهوض بمختلف أشكال التنمية الأخرى المرتبطة بالمياه، من خلال البدء برفع كفاءة شبكات البنى التحتية لإدارة موارد المياه لديها، وذلك لأنه من جهة فإن موارد المياه مترسخة في جميع أشكال التنمية، ومن جهة أخرى فإن عملية تطوير البنية التحتية تؤثر في تحقيق 72% من أهداف التنمية المستدامة. [3]

تشير معظم الدراسات إلى أن القرارات في مجال تخطيط البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب هي قرارات متعددة المعايير، وتتميز بطبيعة معقدة نتيجة عدة عوامل منها نقص المعلومات، والمعايير التي تكون غالباً ذات طبيعة مختلفة عن بعضها البعض وصعوبة تحديد أهمية معيار بالنسبة للآخر [4]، لذلك فإن تطوير نموذج رقمي مكاني يشمل جميع المعايير المرتبطة بمجال تخطيط البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب لمنطقة ما، تمزج بين رأي الخبراء من خلال تحديد الأهمية النسبية للمعايير المحددة، وبين التحليل المكاني بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية كأداة فعالة لتخزين البيانات وعرضها وتحليلها، بما يساعد صناع القرار في تحديد المناطق ذات الأولوية في التدخل واقتراح الحلول المناسبة التي تسهم في تخديم هذه المناطق بمياه الشرب.

لقد تنوعت الدراسات في مجال تخطيط شبكات البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب، فنجد دراسة أنجزت عام (2020م) [5] هدفت إلى تقييم سيناريوهات إدارة الموارد المائية في حوض أراس للجزء الواقع في أذربيجان وتحديد المؤشرات الرئيسية المتعلقة بها، لمساعدة صناع القرار في الوصول إلى الاستراتيجية الأمثل لإدارة هذه الموارد، حيث اعتمد الباحثون على المقارنة بين عدة أنظمة دعم القرار متعدد المعايير في دراسة تقييم سيناريوهات إدارة الموارد المائية من خلال دراسة تأثير نوع المؤشرات على الأولويات ومن ثم ترتيب السيناريوهات حسب درجة الأهمية، وقد تم تطوير نظام دعم قرار مكاني تفاعلي لتقييم الموارد المائية بالاعتماد على أربع معايير رئيسية هي اقتصادي، بيئي، اجتماعي، ومعيار الموارد المائية، ودراسة أخرى أنجزت في مدينة الجيزة في جمهورية مصر العربية عام (2020م) [6] هدفت إلى تحديد المناطق المحرومة من مياه الشرب، وإلى تقييم مصادر مياه الشرب الأساسية ضمنها، إضافة إلى دراسة التوزيع الجغرافي لكل من محطات تنقية المياه وشبكات توزيعها، وقد تم التركيز في معالجة مشكلة شح المياه على تحليل العوامل المؤثرة بمنظومة مياه الشرب ضمن هذه المناطق، والتوصل لمجموعة من المعايير التي تساعد في تخطيط وتوزيع مياه الشرب في المناطق العطشى هي معيار اجتماعي ومعيار تقني ومعيار بيئي ومعيار مصادر مياه الشرب، في حين أن دراسة أخرى أنجزت في إندونيسيا عام (2021م) [7] هدفت إلى تحديد العوامل الرئيسية لمؤشر تسرب البنية التحتية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ضمن قطاع محدد، لتسهيل تحديد الإستراتيجية وتحديد البدائل لحل مشكلة التسرب، حيث ركز الباحثون في هذه الدراسة على المعيار الاقتصادي من معايير تخطيط شبكات البنية التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب المتمثل في مؤشر تسرب البنية التحتية، حيث استخدمت طريقة (AHP) وهي إحدى طرق دعم القرار متعدد المعايير لتحليل العوامل الرئيسية لهذا المؤشر، وقد خلص البحث إلى وجود خمسة

عوامل رئيسية لمؤشر التسرب هي إدارة الضغط، وسرعة الإصلاح، وجودته، والتحكم النشط بالتسرب، وإدارة الأصول، بالمقابل هناك دراسة أنجزت في الهند عام (2016م) [8] بحثت في إمكانية تصميم أنظمة توزيع مياه الشرب لإمداد التجمعات السكنية بالمناطق الريفية التي تعاني من الندرة المائية بمياه الشرب ومدى تأثيرها على الاستدامة، حيث اعتمدت معايير التصميم التالية احتياج المجتمع المحلي، توافر العمالة، الموارد المحلية، التكلفة ووقت التنفيذ، والجدول رقم (1) يوضح أهم النماذج المعتمدة في الدراسات السابقة وقيودها.

الجدول رقم (1): الآليات المعتمدة في الدراسات السابقة وقيودها

الرقم	مرجع الدراسة	النموذج المعتمد	قيود النموذج المتبع
1	[5]	تطوير نظام دعم قرار تفاعلي لتقييم الموارد المائية، باستخدام طريقتي (AHP) وطريقة (ANP) من طرق اتخاذ القرار متعدد المعايير.	تغييب الجانب المكاني، حيث إن التوزيع المكاني للمعايير والتّفاعلات بين المتغيرات لم يحظَ بالاهتمام الكافي من قبل الباحثين، بالإضافة لتغييب الجانب التقني الذي يهتم بشبكات مياه الشرب وكفاءتها في توزيع المياه للمستخدمين.
2	[6]	تحديد المناطق المحرومة من مياه الشرب استناداً لتحليل العوامل المؤثرة بمنظومة مياه الشرب ضمن هذه المناطق بالاعتماد على الأدوات التحليلية التي يتيحها (GIS).	لا يأخذ هذا النموذج عامل انحدار السطح بعين الاعتبار، بالإضافة لتغييب الجانب الاقتصادي الذي يهتم باستثمار موارد المياه غير التقليدية والتي تتميز بكفاءتها وأنها غير مكلفة اقتصادياً في اقتراح حلول مناسبة لتخديم القرى الجبلية العطشى.
3	[7]	تطوير استراتيجية مناسبة لتحديد مواقع التسرب وتحديد البدائل لحل المشكلة باستخدام طريقة (AHP).	التركيز على الجانب الاقتصادي والتقني وتغييب باقي المعايير الرئيسية كالمعيار البيئي والمكاني والاجتماعي ومعيار المصادر الرئيسية لمياه الشرب.
4	[8]	تصميم أنظمة توزيع مياه الشرب ودراسة مدى تأثيرها على معايير الاستدامة.	عدم ربط معايير التصميم المعتمدة بالجانب المكاني للعوامل الأساسية اللازمة لدراسة أنظمة توزيع مياه الشرب.

الملاحظ من هذه الدراسات إضافة لعدم التوصل إلى نموذج رياضي لتوزيع مياه الشرب يتضمن المعايير الأساسية اللازمة لعملية التخطيط المتكامل متمثلة بكل من المعيار البيئي والاقتصادي والاجتماعي والتقني ومعيار المصادر الأساسية لمياه الشرب، فإنها لم تأخذ بالحسبان الخصوصية المكانية للمناطق الجبلية.

أهمية البحث وأهدافه:

- **مشكلة البحث:**

تعتبر عملية تخطيط البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب في منطقة ما من أولويات صانعي السياسات في صياغة استراتيجيات التنمية، فهي تعتمد العديد من المعايير في وقت واحد، لذلك من الصعب تقديم مقترح يناسب ويحل مشكلة شح مياه الشرب، حيث تعدّ هذه المشكلة من أهم التحديات المكانية التي تعاني منها العديد من المناطق والقرى الجبلية، وتقف عائق أمام تطوير شبكات البنى التحتية اللازمة لتوزيع مياه الشرب على المستوى تحت الإقليمي، ولاسيما أن هذه المناطق تحوي وفرة مائية كبيرة.

لقد طوّر الباحثون العديد من النماذج الخاصة بتوزيع مياه الشرب بهدف معالجة مشكلة شح مياه الشرب، إلا أن هذه النماذج والطرائق لم تأخذ بالحسبان الخصوصية المكانية للمناطق الجبلية.

- **أهمية البحث:**

تأتي أهمية البحث العلمية والتطبيقية من دورها في إثراء العملية التخطيطية ومساعدة أصحاب القرار في مجال شبكات البنى التحتية، وخاصة من خلال تطوير نموذج رقمي مكاني لتوزيع مياه الشرب في المناطق والقرى الجبلية ضعيفة التخديم بمياه الشرب، إضافة إلى ذلك يمكن أن تعد هذه الدراسة نموذجاً لزيادة الوعي الاجتماعي حول ترشيد استهلاك المياه والحفاظ على الموارد المائية المتاحة والتشجيع على المشاركة المحلية في اتخاذ القرارات.

- **هدف البحث:**

يهدف البحث إلى تطوير نموذج رقمي مكاني لتوزيع مياه الشرب في القرى الجبلية بحيث يأخذ بالحسبان أبعاد الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية كأسس داعمة، وذلك من خلال:

1. تحديد المعايير الأساسية اللازمة لعملية التخطيط المتكامل لشبكات مياه الشرب وفق الخصوصية المكانية المحلية للمناطق الجبلية.
2. بناء نموذج رقمي مكاني لتوزيع مياه الشرب في القرى الجبلية في محافظة اللاذقية.

طرائق البحث ومواده:

- **طريقة التحليل متعدد المعايير طريقة توزيع النقاط Point allocation method (PAM):**

تحظى نماذج صنع القرار متعدّد المعايير بشعبية بين الباحثين نظراً لقدرتها في التعامل مع المشكلات والنظر في مجموعة معايير في وقت واحد [9]، حيث يساعد استخدامها في تحديد أوزان المعايير وتقييم الدرجات النهائية للبدائل، للوصول للهدف الأساسي في تثقيل الشرائح التي تدخل في المعادلة الرياضية لتشكيل السطح المكاني المطلوب، بينما يساعد وضع الأوزان بتحديد أهمية شريحة بالنسبة لأخرى، وعلى الرغم من عدم وجود أسلوب أفضل من الآخر، إلا أن بعض الأساليب تتناسب بشكل أفضل مع مشكلات قرار معينة أكثر من غيرها. [9]

تعتبر طريقة توزيع النقاط Point allocation method إحدى الطرق الأساسية التي يتم استخدامها لحل مشاكل اتخاذ القرار متعدد المعايير، فهي لا تضع أي محددات على عدد أو أوزان المعايير الممكن استخدامها لحل مشكلة اختيار ما، وأوزان المعايير فيها تحدد بناء على خبرة المختصين في عملية حل مشكلة الاختيار، ولا تعتمد على منهج علمي محدد، ويمكن عرض خصائص هذه الطريقة في النقاط التالية: [4]

- ✓ الحد الأقصى لأي معيار اختيار أساسي هو 100 نقطة.
- ✓ الحد الأقصى لأي معيار اختيار فرعي لا يزيد عن الحد الأقصى للمعيار الأساسي التابع له.
- ✓ لجنة الاختيار تقوم بإعطاء النقاط للبدائل المتاحة بناءً على تقديرهم الشخصي.
- ✓ يتمّ جمع النقاط لكل بديل على حدة ويتم ترتيب هذه البدائل بناءً على عدد النقاط.
- ✓ يتمّ اختيار أفضل بديل والذي يحصل على أعلى نقاط في هذه الطريقة.

- **دمج طريقة (PAM) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS):**

تتميز شبكات مياه الشرب بطبيعة الانتشار الجغرافي، فتغطي مناطق واسعة وتتوسع باضطراد نتيجة التوسع الطبيعي للعمران والزيادة السكانية [11]، لذا فإن التعامل مع بياناتها لا يصلح باستخدام قواعد البيانات العادية وإنما قواعد البيانات المرتبطة بالتطبيقات الجغرافية والتي تتمثل في نظم المعلومات الجغرافية Geographical Information Systems [10]، حيث تم استخدام برنامج ArcGIS 10.5 من أجل تحضير وتصنيف خرائط المعايير ضمن نطاق

حماية buffer zones بعد أن تم بناء قاعدة بيانات مكانية مكونة من مجموعة متعددة من الشرائح الجغرافية، وإدخال البيانات الوصفية المرتبطة بها، بالإضافة لاستخدام برنامج Excel من أجل حساب أوزان المعايير المقترحة من قبل مجموعة من الخبراء والداخلة في تشكيل السطح المكاني، أما بالنسبة لدمج طريقة (PAM) مع وظائف (GIS)، فقد تمت عند تراكب شرائح خرائط التحليل المكاني المحضّرة والمعاد تصنيفها في (GIS) مع الأوزان التي تم الحصول عليها من طريقة (PAM) باستخدام المعادلة الرياضية التالية [12]، والتي يتم التعبير عنها في (GIS) باستخدام أداة Raster Calculator من أجل التوصل للسطح المكاني للتدخل.

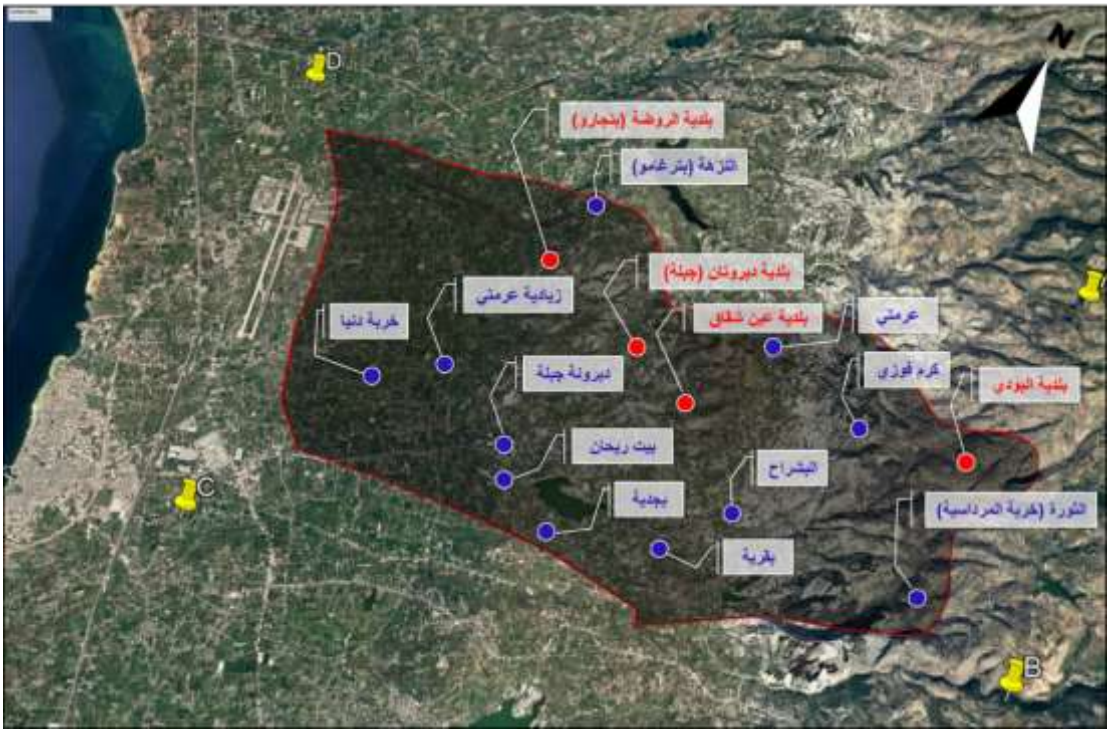
$$\textbf{السطح المكاني للتدخل} = \sum_{i} w\, E_I,\ i = 1, 2, 3,\ \ldots,\ n \quad \ldots . (1)$$

w وزن المعيار n عدد المعايير E_i درجة تصنيف المعيار i (من 1 إلى 10)

منطقة الدراسة:

سيتم تحديد المناطق ذات الأولوية في التدخل للتخديم بمياه الشرب في ناحية عين شقاق، حيث تشمل الدراسة القرى والتجمعات التابعة لناحية عين شقاق، وقد جمعت بيانات الدراسة للفترة الممتدة بين عامي (2011 – 2019).

تقع ناحية عين شقاق في الجزء الجنوبي الغربي من محافظة اللاذقية في الجمهورية العربية السورية، تتبع إدارياً لمحافظة اللاذقية منطقة جبلة ومركزها بلدة عين شقاق ("E35º23'41", N36º01'51")، تضم أربع بلديات هي بلدية البودي، بلدية عين شقاق، بلدية بنجارو (الروضة) وبلدية ديروتان (جبلة)، بمساحة كلية 62.42 كم^2، يحدها من الشمال ناحية القرداحة ومن الشرق ناحية حرف المسيترة ومن الجنوب ناحية عين الشرقية ومن الغرب ناحية جبلة، وترتفع 354 م عن سطح البحر، حيث تتميز الطبيعة الجغرافية لمنطقة الدراسة بتنوع تضاريسها من سهلية في الغرب، إلى هضبية في الوسط، إلى جبال قليلة الارتفاع في الشرق والشمال، والشكل رقم (1) يبين صورة جوية لمنطقة الدراسة مأخوذة من برنامج Google Earth وموضح عليها حدود منطقة الدراسة وأهم القرى والتجمعات التابعة لها.



الشكل رقم (1): حدود منطقة الدراسة وأهم القرى والتجمعات التابعة لها

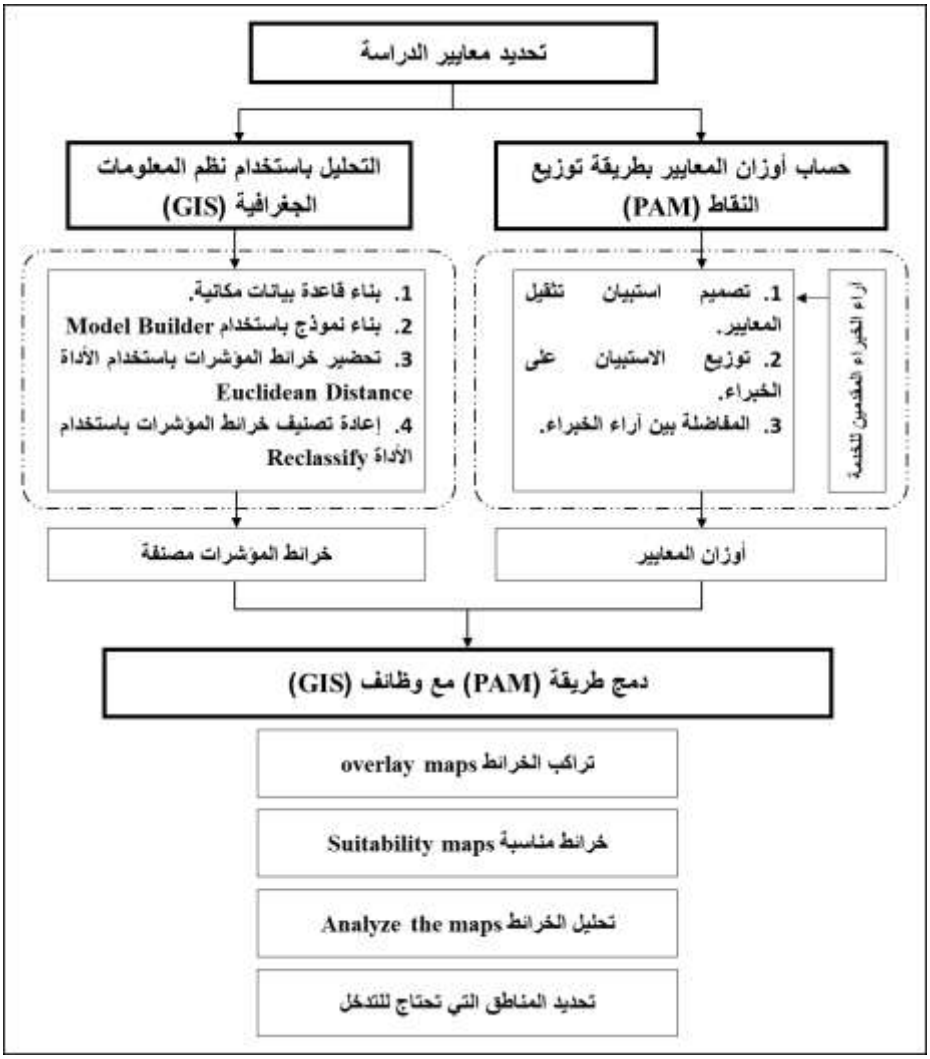
جمع البيانات:

البيانات المكانية تم تجميع قسم منها من مشروع التخطيط الإقليمي للإقليم الساحلي، المعدّ من قبل الهيئة العامة للتخطيط الإقليمي، والقسم الآخر تم ترقيمه يدوياً باستخدام صور جوية لناحية عين شقاق تم الحصول عليها من برنامج Google Earth، وبعد ذلك تم بناء قاعدة بيانات مكانية لمنطقة الدراسة باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

تم تحديد معايير وقيود الدراسة بالاستعانة بالأدبيات النظرية ذات المرجعية العالمية والمتعلقة بموضوع البحث، بالإضافة إلى آراء مجموعة من الخبراء في مجال تخطيط شبكات مياه الشرب في محافظة اللاذقية (من المؤسسة العامة لمياه الشرب، من مديرية الموارد المائية، من قسم الهندسة البيئة في الشركة العامة للدراسات الهندسية فرع المنطقة الساحلية، من وحدة مياه جبلة) نظراً لعدم وجود معايير معتمدة وشاملة في سورية عامة وفي محافظة اللاذقية خاصة، تساهم في تحديد المناطق ضعيفة التخديم بمياه الشرب.

المنهجية:

يبين الشكل رقم (2) المنهجية المتبعة في البحث، وتتضمن المراحل التالية: المرحلة التحضيرية هي مرحلة تحديد معايير الدراسة، حيث يتم جمع البيانات المكانية وآراء الخبراء المتعلقة بالمعايير المستخدمة في الدراسة، المرحلة الأولى تتمثل بحساب أوزان المعايير من خلال تصميم استبيان لتوزين المعايير وتوزيعه على الخبراء ثم المفاضلة بين آراء الخبراء وحساب الوزن النهائي لكل معيار، أما المرحلة الثانية تتمثل بالتحليل المكاني في بيئة (GIS)، وتتضمن هذه المرحلة تحويل الخرائط الرقمية من صيغة Vector إلى صيغة Raster، واستخدام توابع التحليل المكاني Spatial Analysis (تحليل المسافة Distance Analysis، إعادة التصنيف Reclassify)، المرحلة الثالثة والأخيرة هي مرحلة الدمج بين أوزان المعايير والخرائط المحضّرة والمعاد تصنيفها للتوصل للسطح المكاني للتدخل.



الشكل رقم (2): منهجية البحث

النتائج والمناقشة:

- **نتائج تحديد المعايير:**

يبين الجدول رقم (2) المعايير الأساسية اللازمة لعملية التخطيط المتكامل لشبكات مياه الشرب وفق الخصوصية المكانية المحلية للمناطق الجبلية التي تم استخدامها في الدراسة.

الجدول رقم (2): معايير الدراسة

المعايير المدروسة	التعبير عنها مكانياً	الوصف	نطاق الحماية Buffer Zones
معيار بيئي	البعد عن محطات المعالجة	تفضل التجمعات السكنية البعيدة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي	12 km
معيار اقتصادي	القرب من السدود	تفضل التجمعات السكنية القريبة من السدود	1 km
	معدلات الهطل المطري السنوية	تفضل التجمعات السكنية القريبة من مناطق الهطل المطري المرتفع	-
معيار المصادر الأساسية	القرب من الآبار	تفضل التجمعات السكنية القريبة من الآبار	1 km
	القرب من الينابيع	تفضل التجمعات السكنية القريبة من الينابيع	1 km

لمياه الشرب			
معيار تقني	القرب من شبكة مياه الشرب	تفضل التجمعات السكنية القريبة من شبكة مياه الشرب	1 km
معيار اجتماعي	القرب من مراكز القرى	تفضل التجمعات السكنية القريبة مراكز القرى	1 km
معيار مكانية	نسبة الانحدار	تفضل الأرض ذات الميول المنخفضة	-
	القرب من شبكة الطرق	تفضل التجمعات السكنية القريبة من شبكة الطرق	2 km

- **نتائج تحديد أوزان المؤشرات المحددة وفق طريقة توزيع النقاط (PAM).**

تم اجراء استبيان توزين المعايير مع 10 خبراء في مجال تخطيط البنى التحتية والخدمات لقطاع مياه الشرب في محافظة اللاذقية، وذلك لإشراك أصحاب المصلحة في العملية التخطيطية، وقد تم تحديد الأوزان النهائية للمعايير من خلال استخدام دالة المتوسط الحسابي (مجموع النقاط التي اقترحها الخبراء لكل معيار على حدى مقسوماً على عدد الخبراء)، والجدول رقم (3) يبين الأوزان النهائية للمعايير المدروسة.

الجدول رقم (3): الأوزان النهائية للمعايير المدروسة

المعايير المدروسة		معيار بيئي	معيار اقتصادي		معيار المصادر الأساسيّة لمياه الشّرب		معيار تقني	معيار اجتماعي	معيار مكاني	
التعبير عنها مكانياً		البعد عن محطّات المعالجة	القرب من السدود	معدلات الهطل المطري السّنوي	القرب من الآبار	القرب من الينابيع	القرب من شبكة مياه الشّرب	القرب من مراكز القرى	نسبة الانحدار	القرب من شبكة الطّرق
النقاط التي تم تحديدها من قبل الخبراء	الخبير رقم 1	10	8	10	10	7	10	15	10	15
	الخبير رقم 2	5	7	10	8	10	10	20	20	15
	الخبير رقم 3	6	5	5	15	10	15	14	15	15
	الخبير رقم 4	5	4	10	10	8	15	15	15	20
	الخبير رقم 5	6	5	10	10	10	15	15	13	15
	الخبير رقم 6	5	5	15	7	10	13	15	14	15

	الخبير رقم 7	3	5	10	10	10	17	15	15	10
	الخبير رقم 8	5	2	15	10	10	20	15	15	15
	الخبير رقم 9	3	7	5	10	10	15	10	13	10
	الخبير رقم 10	2	2	10	10	15	20	16	20	20
الأوزان النهائية		5	5	10	10	10	15	15	15	15
		%0.05	%0.05	%0.1	%0.1	%0.1	%0.15	%0.15	%0.15	%0.15

- **نتائج التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS).**

1. تم بناء قاعدة بيانات مكانية وفق نظام الاحداثيات UTM Zone 37N العالمي يمكن توضيحها وفق الجدول رقم (4).

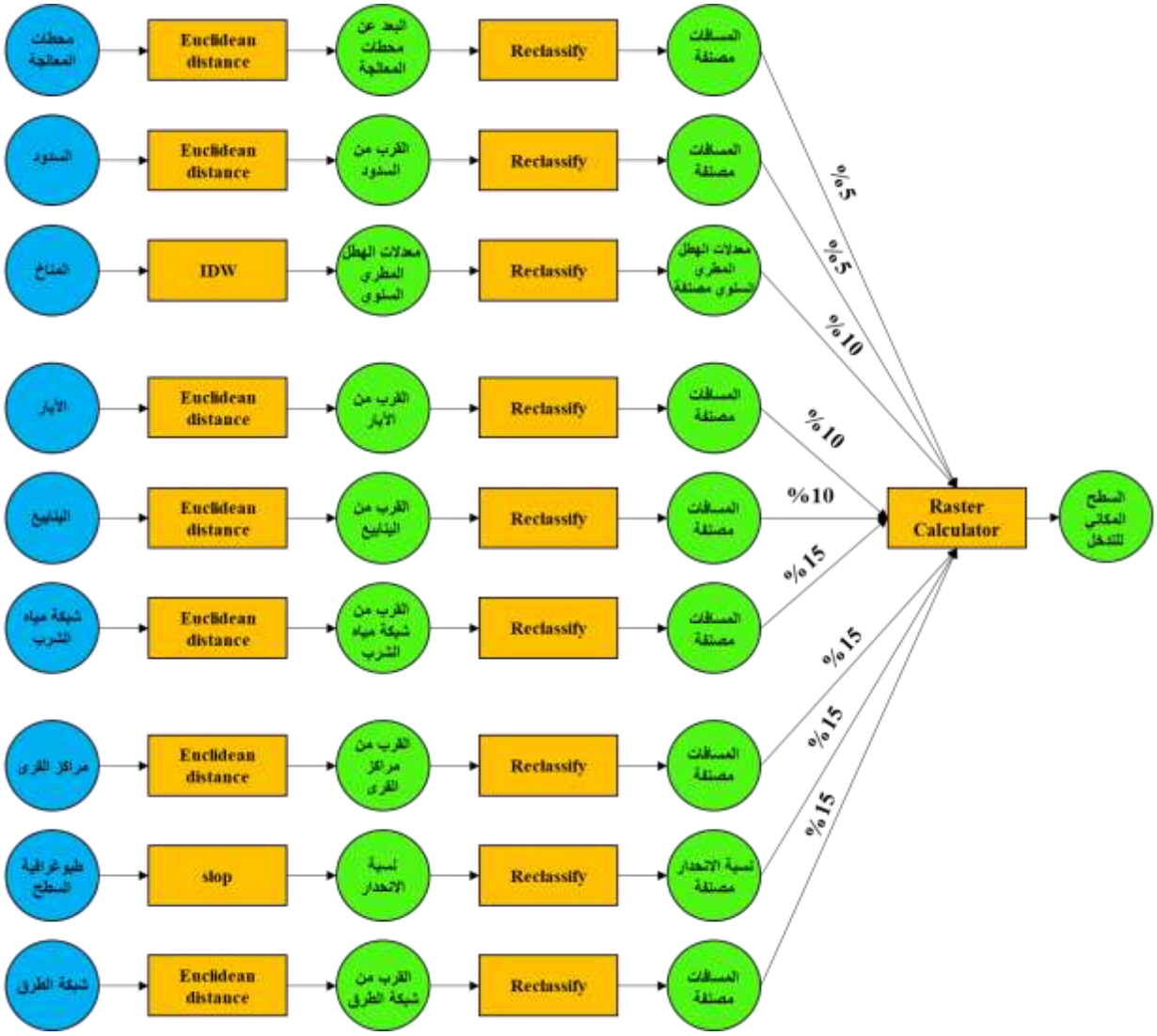
الجدول رقم (4): قاعدة البيانات المكانية

البيانات اللازمة	البرمجيات المستخدمة	مصدر البيانات	عملية الترقيم وانشاء الطبقات	انشاء قاعة البيانات الوصفية
الحدود الإدارية	برنامج Arc GIS 10.5	مديرية الخدمات الفنية في اللاذقية	حدود المنطقة - مضلع	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي، المساحة (km^2)
القرى والتجمعات السكنية	برنامج Arc GIS 10.5	مديرية الخدمات الفنية في اللاذقية، المراكز البلدية ومركز الناحية	مراكز البلديات - نقطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي، خط الطول، خط العرض، عدد السكان)
			مواقع القرى - نقطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي، خط الطول، خط العرض، عدد السكان من عام 2011 – 2019)
شبكة الطرق	برنامج Arc GIS 10.5 وبرنامج Google Earth	صورة جوية لمنطقة الدراسة	شبكات الطرق - خطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي)
طبوغرافية السطح	برنامج Arc GIS 10.5 ونموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 90م	نموذج الارتفاع الرقمي تم الحصول عليه من بيانات STRM	الخريطة الطبوغرافية	-
المناخ	برنامج Arc GIS 10.5 وبرنامج Google Earth	مديرية الزراعة في اللاذقية ومحطات الرصد الجوية	محطات الرصد - نقطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي، خط الطول، خط العرض، الارتفاع عن سطح البحر، المعدل السنوي للهطول المطري (mm
المياه السطحية	برنامج Arc GIS 10.5	نموذج الارتفاع الرقمي تم الحصول عليه من بيانات	الأنهار - خطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي)

		STRM		
المياه الجوفية	برنامج Arc GIS 10.5 ونموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 90م	مؤسسة مياه الشرب في اللاذقية	الآبار والينابيع - نقطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي، خط الطول، خط العرض)
السدود	برنامج Arc GIS 10.5	مديرية الموارد المائية في اللاذقية	السدود – نقطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي، خط الطول، خط العرض)
شبكات مياه الشرب	برنامج Arc GIS 10.5	صورة جوية لمنطقة الدراسة، وحدة مياه جبلة	شبكة التوزيع - خطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي)
محطات معالجة مياه عادمة	برنامج Arc GIS 10.5 وبرنامج Google Earth	مديرية الموارد المائية في اللاذقية	موقع المحطات - نقطية	(ID، الاسم بالعربي، الاسم بالإنكليزي، خط الطول، خط العرض)

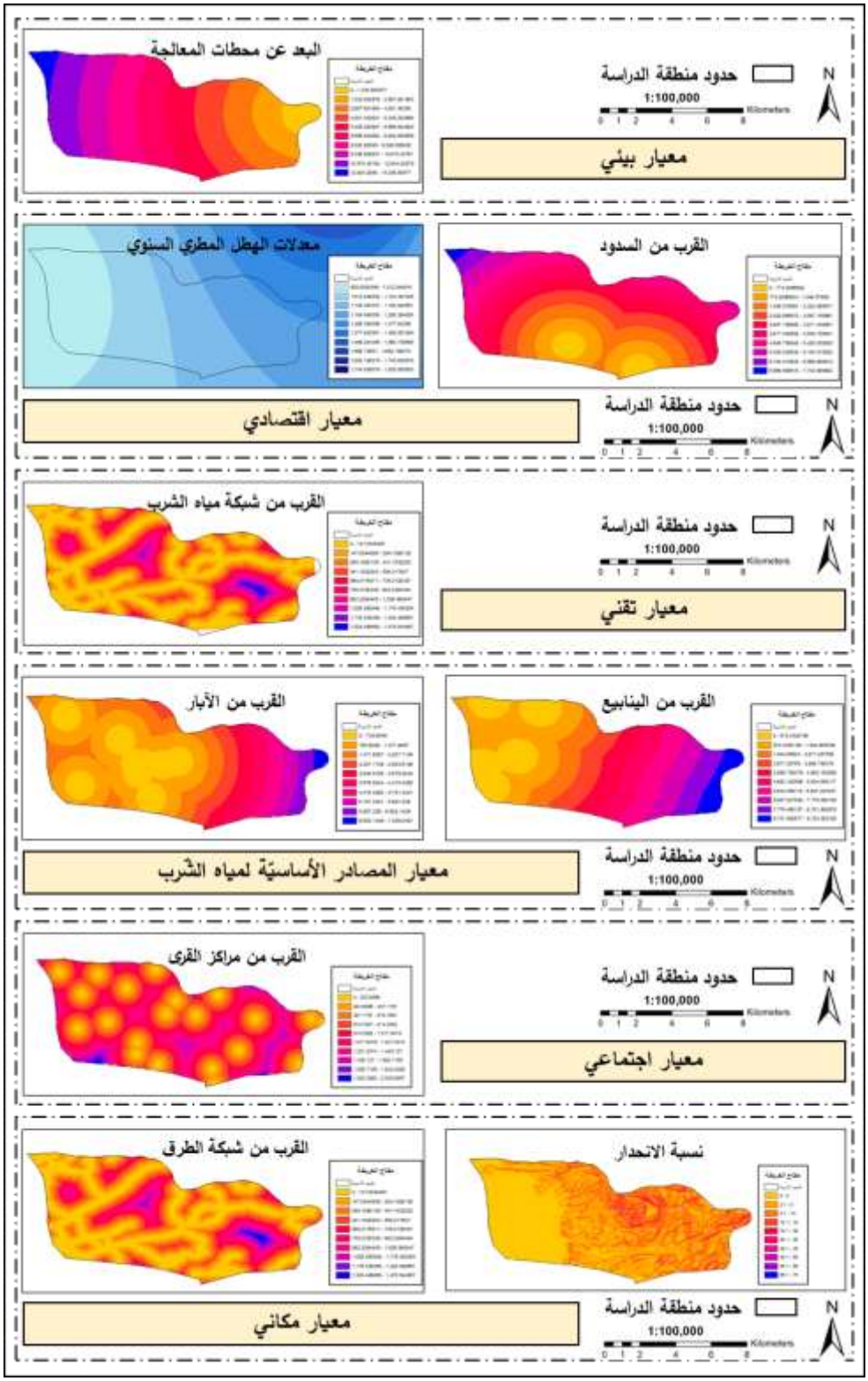
2. تم بناء نموذج رقمي مكاني لتشكيل السطح المكاني للتدخل باستخدام Model Builder يتضمن الخطوات التالية:

- ✓ تحويل الشرائح الجغرافية ضمن منطقة الدراسة إلى صيغة Raster.
- ✓ تحليل المسافة باستخدام أداة Euclidean Distance.
- ✓ إعادة التصنيف للشرائح الجغرافية وفق المعايير المقترحة أعلاه على مقياس موحد من 1 إلى 10 حيث أن دلالات هذا المقياس هي (1 الأسوأ – 10 الأفضل) باستخدام أداة Reclassify.
- ✓ إيجاد أوزان المعايير باستخدام طريقة (PAM).
- ✓ دمج الطبقات بعد تطبيق الأوزان الناتجة عليها.



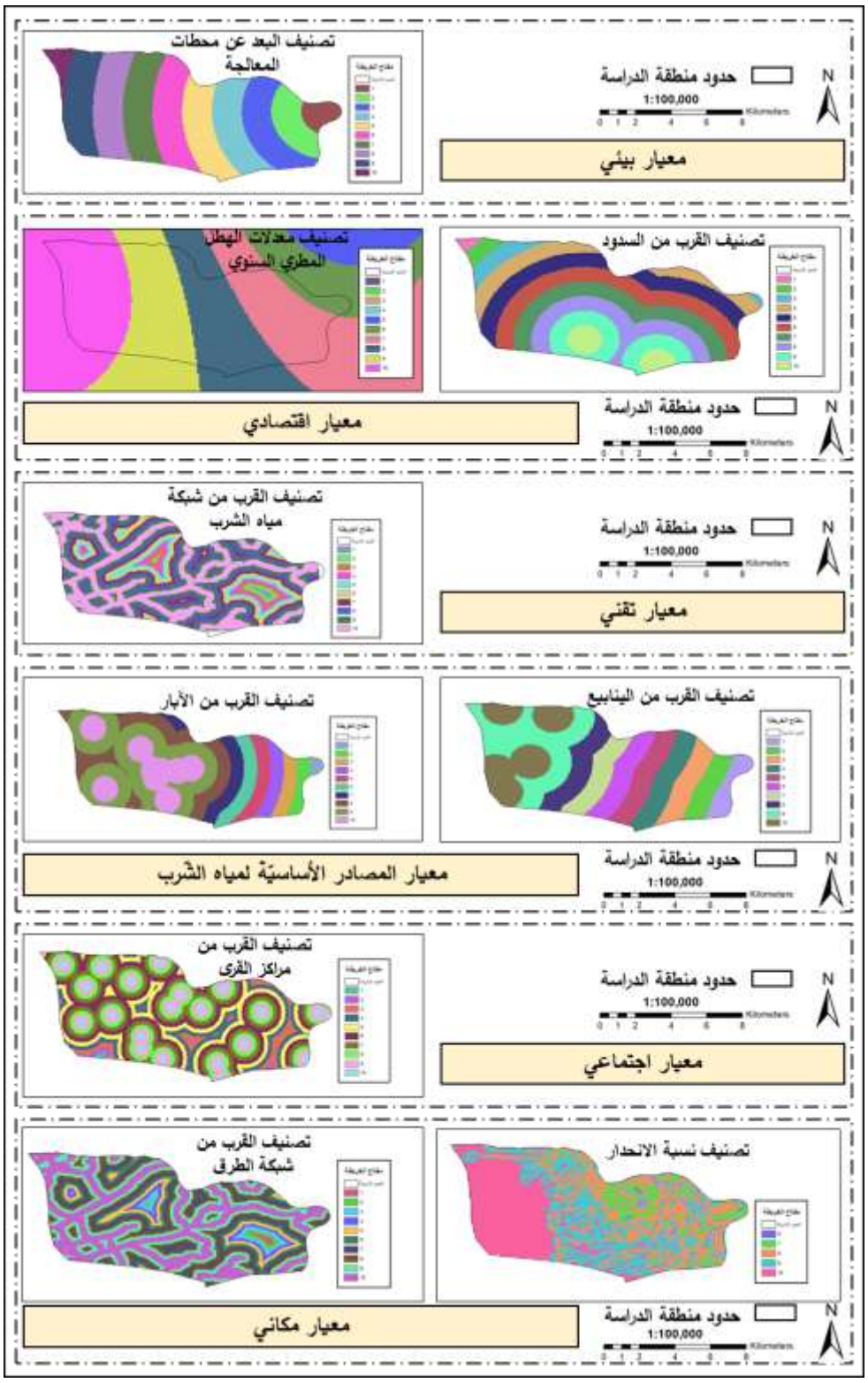
الشكل رقم (3): نموذج لتشكيل السطح المكاني للتدخل باستخدام أداة Model Builder في (GIS)

3. تم تحضير خرائط التحليل المكاني، وهي مبينة في الشكل رقم (4)



الشكل رقم (4): خرائط التحليل المكاني محضّرة

4. تم إعادة تصنيف الخرائط وفق قيم المعايير كما هو موضح في الشكل رقم (5).



الشكل رقم (5): خرائط التحليل المكاني مُعاد تصنيفها

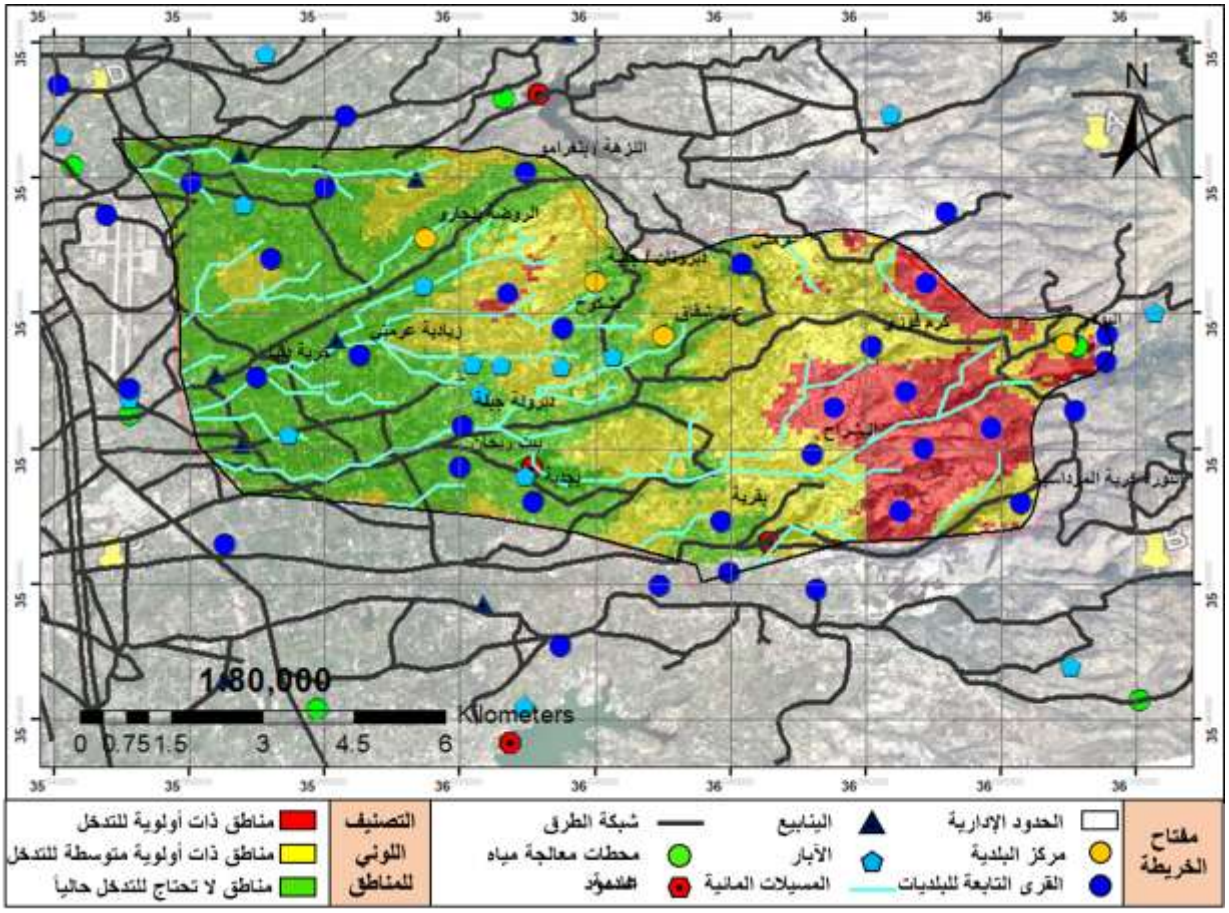
- **نتائج دمج طريقة (PAM) في بيئة (GIS).**

1. تم تطبيق المعادلة رقم (1) لتراكب الخرائط بضرب الطبقات التي أُعيد تصنيفها على مقياس موحد من 1 إلى 10 (1 الأسوأ – 10 الأفضل) في أوزان كل منها وقد تم ذلك باستخدام أداة Raster Calculator.
2. نتجت خريطة السطح المكاني للتدخل موضحة في الشكل (6).
3. أُعيد تصنيف الخريطة النهائية إلى ثلاث فئات لونية لسهولة المقارنة والتحليل، هي:

✓ اللون الأخضر ويمثل النطاق الأفضل ولا يحتاج للتدخل في الوقت الحالي إلا أنه بحاجة للتطوير مستقبلاً.

✓ اللون الأصفر ويمثل النطاق الذي يحتاج بشكل متوسط للتدخل.

✓ اللون الأحمر ويمثل النطاق الأسوأ والذي يحتاج للتدخل بشكل فوري.



الشكل رقم (4): السطح المكاني للتدخل

4. تم تحليل النتيجة النهائية وتحديد القرى التي تحتاج إلى تدخل ضمن كل نطاق لوني وربطها بنسبة مجموع متوسط عدد السكان في كل نطاق لوني من مجموع متوسط عدد السكان الكلي وفق الجدول رقم (5)، ثم اقتراح حلول تساهم في تخديم هذه القرى بمياه الشرب.

الجدول رقم (5): تحليل النتيجة النهائية

النطاق اللوني	مساحة النطاق اللوني (km^2)	نسبة مساحة النطاق اللوني من المساحة الكلية %	أهم القرى الموجودة ضمن كل نطاق لوني	متوسط عدد سكان في الفترة بين عامي (2011 – 2019)	نسبة مجموع متوسط عدد السكان في كل نطاق لوني من مجموع متوسط عدد السكان الكلي %
الأخضر	28.451	% 45.579	ديرونة جبلة	101 نسمة	% 39.663
			بيت ريحان	2465 نسمة	
			بجدية	1684 نسمة	
			النزهة بترغامو	1037 نسمة	
			الروضة (بنجارو)	3325 نسمة	
			خربة الدنيا	1345 نسمة	
الأصفر	20.577	% 32.965	زيادية عرمتي	550 نسمة	% 32.632
			عين شقاق	5050 نسمة	
			بقرية	1415 نسمة	
			ديروتان (جبلة)	972 نسمة	
			بشكوح	205 نسمة	
الأحمر	13.392	% 21.456	عرمتي	1035 نسمة	% 27.705
			كرم فوزي	1350 نسمة	
			البشراح	630 نسمة	
			البودي	3300 نسمة	
			الثورة خربة المرداسية	640 نسمة	
المجموع	62.42	% 100	-	25104 نسمة	% 100

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. بناءً على تحليل السطح المكاني للتدخل الناتج نلاحظ أن مقدار مساحة 28.451 km2 أي ما يعادل 45.579% من نسبة المساحة الكلية لمنطقة الدراسة حصلت على النسبة الأعلى من الدرجات المرتفعة للمعايير الداخلة في تشكيلها وخاصة الأعلى وزناً، وبالتالي فإن النسبة 39.663% والتي تعبر عن مجموع متوسط عدد السكان في هذه المساحة من مجموع متوسط عدد السكان الكلي والتي تقابل ما مجموعه من عدد السكان 13987 نسمة يتم تزويدهم بشكل جيد من مياه الشرب سواء من شبكة التوزيع أو من الآبار والينابيع المتوفرة.
2. نلاحظ أن مقدار مساحة $20.577\ km^2$ أي ما يعادل 32.965% من نسبة المساحة الكلية لمنطقة الدراسة حصلت على النسبة متوسطة من الدرجات المرتفعة للمعايير الداخلة في تشكيلها، وبالتالي فإن النسبة 32.632% والتي تعبر عن مجموع متوسط عدد السكان في هذه المساحة من مجموع متوسط عدد السكان الكلي والتي تقابل ما مجموعه من عدد السكان 22179 نسمة يتم تزويدهم بشكل متوسط من مياه الشرب حيث يمكننا ترتيب العوامل التي تحتاج إلى تطوير بناءً على وزنها المحدد استناداً لرأي الخبراء كالتالي: القرب من مراكز القرى – القرب من شبكة مياه الشرب – القرب من مصادر مياه الشرب (آبار وينابيع).
3. نلاحظ أن مقدار مساحة $13.392\ km^2$ أي ما يعادل 21.456% من نسبة المساحة الكلية لمنطقة الدراسة حصلت على النسبة الأعلى من الدرجات المنخفضة للمعايير الداخلة في تشكيلها، وبالتالي فإن النسبة 27.705%

والتي تعبر عن مجموع متوسط عدد السكان في هذه المساحة من مجموع متوسط عدد السكان الكلي والتي تقابل ما مجموعه من عدد السكان 29134 نسمة بحاجة لتدخل فوري للتخديم بمياه الشرب.

4. يمكن للنموذج الرقمي المكاني التعامل مع البيانات المكانية شديدة التعقيد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية وتحويلها من قيمها الفعلية إلى درجات مصنفة تظهر البعد المكاني للمعيار يسهل التعامل معها.

5. باستخدام طريقة توزيع النقاط (PAM) يمكن حل مشاكل اتخاذ القرار متعدد المعايير نظراً لسهولتها، وهذا يعطي للمنهجية المتبعة مصداقية ويعزز ثقة متخذ القرار في النتائج ويمنح قراره صفة المصداقية.

المقترحات:

- **المقترحات بالنسبة للمناطق ذات التصنيف اللوني الأخضر:**

✓ يجب أن يكون هناك رقابة على حفر الآبار غير القانونية، أو أن تقوم المحافظة عن طريق البلديات بحفر آبار حكومية تستطيع من خلالها إدارة هذا المصدر المائي بشكل أفضل، وذلك لعدم وجود آبار حكومية ضمن الناحية.

✓ لا بد من إجراء صيانات دورية للشبكة الحالية مدعومة بتدريب الكوادر الفنية على تقنيات الصيانة والإصلاح، بالإضافة لوضع قوانين صارمة لوقف عمليات الاستجرار غير النظامي لمياه الشرب، بالإضافة للتخطيط الأمثل لموارد المياه المتاحة مع الأخذ بعين الاعتبار النمو السكاني المتزايد لتقليص الفجوة بين العرض والطلب مستقبلاً.

- **المقترحات بالنسبة للمناطق ذات التصنيف اللوني الأصفر:**

✓ قد يكون إنشاء محطة ضخ يمكن اقتراح موقعها من قبل الخبراء كفيلة برفع الكمية المنتجة لتزويد القرى والتجمعات السكنية من مياه الشرب، مع تأمين طاقة كافية لعمل المضخات.

- **المقترحات بالنسبة للمناطق ذات التصنيف اللوني الأحمر:**

✓ يمكن الاستفادة من درجة الانحدار المتوسطة إلى شديدة المتوسطة بالإضافة إلى كمية الهطل المطري المرتفع، لإنشاء المتون والسدات الكنتوريّة التي تساعد بتزويد القرى والتجمعات السكنية بمياه الشرب.

التوصيات:

1. تطوير نظام دعم القرار لتخطيط البنى التحتية اللازمة لإدارة مياه الشرب كأبحاث مستقبلية باستخدام طرق أخرى واردة في أدبيات طرق التحليل متعدد المعايير مثل FUZZY-TOPSIS وFuzzy-ANP توفر لصانعي السياسات الإقليمية مناقشة سيناريوهات ماذا لو لمناطق الدراسة.

2. تطوير بنك معلومات مائي على مستوى إقليمي يقوم بجمع البيانات على مستوى الإقليم بالمستويات المطلوبة للدراسة وتحديث قاعدة البيانات المعرفة بشكل متكرر وجمع البيانات اللازمة لإنشاء مؤشرات جديدة تقترحها الدراسات المستقبلية.

3. تطوير مؤشرات جديدة بإجراء مسوحات إحصائية خاصة توفر بياناتها بالاعتماد على رأي المجتمع المحلي باعتباره متلقي للخدمة.

4. الأخذ بعين الاعتبار الأهمية المحلية للمعايير المدروسة عند اتخاذ القرارات للتطوير أو التحسين في إقليم المنطقة المدروسة بما يساعد على تقليل الفجوة بين الموارد المتاحة والإمكانيات المأمولة لحل مشكلة شح مياه الشرب.

References:

[1] Taufik, I., Purwanto, M. J., Pramudya, B. and Saptomo, S. K., *Water infrastructure development using water infrastructure and planning model*, Earth and Environmental Science Journal, Vol. (399), 012047, (2019), P (1-9).

[2] Foris, D., Tokar, D., Tokar. D. and Foris, T. *Sustainable Rural Development Through Improving Water Supply in Mountain Huts*, Proceedings of the 2018 International Conference "Economic Science for Rural Development" No 47. Jelgava, LLU ESAF, 9 11 May 2018, DOI 10.22616/ESRD, 2018.009, p (81-88).

[3] Thacker, S., Adshead, D., Fay., M., Hallegatte., S., Harvey., M., Meller., H., et al, *Infrastructure for sustainable development.* nature sustainability, (2019), 10 November 2023 <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0256-8>.

[4] Aishush, S., *Using Analytic Hierarchy Process to solve the problem of selecting new suppliers*, Université M'SILA, Faculté des Sciences Économiques, Commerciales et des Sciences de Gestion, Département : Sciences de Gestion, M'sila : Algéri. (2013), p (131). (published in Arabic)

[5] Sarband. M. E., Araghinejad. S., Attari. J. *Developing an Interactive Spatial Multi-Attribute Decision Support System for Assessing Water Resources Allocation Scenarios.* Springer Nature, Water Resources Management, (2020), 10 November 2023 <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02291-y>.

[6] Makram, S. G .N., *Drinking Water in Giza City "AGeographical Study"*, Cairo University, Faculty of Arts, Geography Department, Cairo : Egept. (2020), P (316). (published in Arabic)

[7] Nahwani. A., Husin. E. A., *Water Network Improvement Using Infrastructure Leakage Index and Geographic Information System*, Civil Engineering and Architecture, 9(3): 909-914, (2021), p (910-914).

[8] Ramesh, V. M., Mohan, R., Brahmanandan, D., Prakash, C., Lalith, P., Ananth Kumar, M., et al. *A Participatory Method of Sustainable Water Distribution in Rural Communities*, IEEE 2016 Global Humanitarian Technology Conference, 978-1-5090-2432-2/16/$31.00 ©2016 IEEE, (2016), p (797-804).

[9] Azarnivand, A., Hashemi-Madani, S. F., Banihabib. E. M., *Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management (case study: Lake Urmia Basin, Iran)*, Environ Earth Sci. 73:13–26. Berlin Heidelberg: Germany. Springer-Verlagr, (2014), P (14-26).

[10] The Holding Company for Drinking Water and Wastewater, funded by the United States Agency for International Development, *A guide to preparing the investment plan for drinking water and sanitation projects*, Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3, M-2010.12.79, (2010). P (113). (published in Arabic)

[11] Aiken, L, M., Pace, E, C., Ramachandran, M., Schwabe, A, K., Ajami, H., Link, G, L., and Ying, C, S, *Disparities in Drinking Water Manganese Concentrations in Domestic Wells and Community Water Systems in the Central Valley, CA, USA*. Environmental Science & Technology. (2023), 57 ,p (1987 – 1996).

[12] Srisawat, P., Kronprasert, N., & Arunotayanun, K, *Development of Decision Support System for Evaluating Spatial Efficiency of Regional Transport Logistics*. Transportation Research Procedia 25C-World Conference on Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 July 2016, pp. Elsevier B.V. 4836– 4855. (published in Arabic)