Arab Journal of Sciences and Research Publishing
Volume (8), Issue (2) : 30 Jun 2022
P: 38 - 66

ISSN: 2518-5780

المجلة العربية للعلوم ونشـر الأبحـاث
المجلد (8)، العدد (2) : 30 يونيو 2022 م
ص: 38 - 66

Integration of Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchical Process (AHP) for Dams site selection in Wadi Numan watershed in the Holy City of Mecca

Oula Ali Hakeem

Sarra Al-Habib Ouerghi

Faculty of Arts & Humanities || King Abdulaziz University || KSA

Abstract: This study aimed to select the most suitable dam sites in the Wadi Numan watershed using GIS technology and hierarchical analysis process. Based on a series of steps and process, the study began with the construction of a geographic database of the study area, then criteria of spatial suitability of the dam construction site have been defined and selected based on expert opinion in similar study and literary references. These criteria consisted of a natural and human standard that have a direct impact on the selection of the appropriate dam's site. On the basis of this, seven criteria have been identified and represented in the form of layer, which have been merged, after assigning a weight to each criterion according to its importance, with each other through the overlay mechanism and produce a map identifying suitable sites for dam location in the study area.

The study found that the integration of GIS technology and hierarchical analysis process was effective in identifying the most suitable dam sites in the Wadi Numan watershed, where was obtained a map divided into five ranges in terms of the degree of suitability. Some of them are highly suitable, down to unsuitable ranges. The suitability map showed that (6%) of the total study area had high levels of suitability, (23%) suitability, (52%) medium suitability. while (31%) were poorly suitable and (15%) were unsuitable for the construction of dams.

Based on this map, two dam sites of different sizes on Wadi Al Majarish (2.8 km2) and on Wadi Numan (3.5 km2) were identified as the two most suitable dam sites in the Wadi Numan watershed. The study recommends that the integration of GIS and hierarchical analysis techniques be used to achieve the objectives of geographical studies, and that a consistent ranking of standards be established according to their importance by experts and researchers and disseminated to all similar studies.

The study recommends that the integration of GIS technology and hierarchical analysis process can be used to achieve objectives of geographical studies.

Keywords: Wadi Numan watershed, The most suitable dam sites, GIS technology, Analytical Hierarchical Process.

دمج تقنية نظم المعلومات الجغرافية وعملية التحليل الهرمي لتحديد أنسب المواقع للسدود في حوض وادي نعمان بمدينة مكة المكرمة

علا علي سراج حكيم

صارة الحبيب ورغي

كلية العلوم الإنسانية || جامعة الملك عبد العزيز || المملكة العربية السعودية

المستخلص: هدفت هذه الدراسة إلى اختيار أنسب مواقع السدود في حوض وادي نعمان باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية وعملية التحليل الهرمي. بدأت الباحثة ببناء قاعدة بيانات جغرافية لمنطقة الدراسة، ثم تحديد المعايير الخاصة باختيار أنسب المواقع لإقامة السدود والتي تمثلت في مجموعة من المعايير الطبيعية والبشرية ذات التأثير المباشر في اختيار موقع السد وذلك بالاعتماد على أراء الخبراء في التخصص والمعايير المشتقة من المراجع الأدبية. واستناداً إلى ذلك فقد تم تحديد سبعة معايير، تم تمثيلها خرائطياً على شكل طبقات تم دمجها، بعد إعطاء كل معيار منها وزنا حسب درجة أهميته، عن طريق ألية الـ overlay وإنتاج خريطة تحدد المواقع الملائمة لإنشاء السدود في منطقة الدراسة، والتي تم من خلالها الوصول إلى أن منطقة الدراسة تتميز بوجود مواقع، تحقق شروط ومعايير الملائمة لإقامة السدود،

وتوصلت الدراسة إلى مدى فعالية دمج تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الهرمي في تحديد أنسب مواقع إقامة السدود في حوض وادي نعمان حيث تم الحصول على خريطة انقسمت إلى خمس نطاقات من حيث درجة الملائمة فمنها ما هو عالي الملائمة وصولا إلى النطاقات غير الملائمة. وأظهرت خريطة الملائمة نسبة (6%) من إجمالي مساحة الدراسة أن مستويات ملائمة عالية، و(23%) ملائمة و(25%) ذات ملائمة متوسطة بينما كانت نسبة (31%) ذات ملائمة ضعيفة و(15%) غير ملائمة لبناء السدود. واعتماداً على هذه الخريطة تم تحديد موقعين لسدين بأحجام مختلفة على وادي المجاريش (2.8 كم2) ووادي نعمان الرئيس (3.5 كم2) كأنسب موقعين لإنشاء السدود في حوض وادي نعمان. وتوصي الدراسة بالاستفادة من دمج تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الهرمي في تحقيق أهداف الدراسات الجغرافية.

الكلمات المفتاحية: حوض وادي نعمان، أنسب مواقع السدود، نظم المعلومات الجغرافية، التحليل الهرمي.

المقدمة.

تتأثر مدينة مكة المكرمة كغيرها من مدن المملكة العربية السعودية بقلة الموارد المائية الناجم عن ارتفاع عام في درجة الحرارة وقلة تساقط الأمطار، وذلك لوقوعها ضمن النطاق الصحراوي الجاف والأقاليم شبة المدارية، في المقابل يزداد استهلاك المياه وارتفاعه خلال السنوات الماضية مما شكل ذلك ضغطاً على مصادر المياه فيها، نتيجة لذلك سعت المملكة العربية السعودية لخلق مصادر أخرى من المياه السطحية والجوفية وتحلية مياه البحار، فالمياه أحد أهم العناصر التي يجب توافرها والحفاظ عليها وذلك تحقيقاً لرؤية المملكة العربية السعودية 2030م في تحقيق التنمية المستدامة. ونتيجة لزيادة الطلب على هذه الموارد المحدودة الناجم عن زيادة عدد السكان واعتماد عدد من القطاعات كالقطاع الزراعي والصناعي والاجتماعي وغيرها، كان لابد من زيادة الجهد والبحث عن حلول لتفادي شح الموارد المائية كبناء السدود السطحية والجوفية لجمع أكبر كمية من مياه الأمطار والسيول الجارية.

مشكلة الدراسة:

أدى زيادة الطلب على الموارد المائية في المملكة العربية السعودية بشكل عام ومدينة مكة المكرمة بشكل خاص الضغط على مشاريع تحلية مياه البحر لسد حاجة السكان، واستنزاف مخازن المياه الجوفية في معظم أحواض مدينة مكة المكرمة كحوض وادي نعمان الذي كان يعد أحد الشرايين الأساسية لمكة المكرمة.

ويلاحظ أن الآبار في حوض وادي نعمان تتركز حول المجرى الرئيس لوادي رهجان ووادي المجاريش أكثر من تركزها حول وادي يعرج والشرا فهما شديدي الانحدار ونتيجة لذلك تجري فيها مياه السيول بشكل سريع وبالتالي لا تختزن تربتها المياه لذا يقل حولهما عدد الآبار، عكس وادي المجاريش ورهجان والمجرى الرئيس للحوض فإن هذه الأودية تنحدر ببطء وهذا يسمح بتسرب الأمطار داخلها لتختزن في طبقاتها مكونه المياه الجوفية (البلوشي، 2008م، ص110).

وتتمحور مشكلة الدراسة في تعرض حوض وادي نعمان لخطر السيول نتيجة شدة انحداره وافتقاره للغطاء النباتي الذي يقلل من سرعة المياه الجارية، وضعف التدابير البشرية لتخفيف اضرار السيول، الأمر الذي يستدعى إلى إقامة السدود لحصاد مياه الأمطار وتغذية المياه الجوفية وحماية السكان من أخطار السيول، التي أدت إلى أضرار مادية وبشرية وبيئية كانجراف التربة، ويشكل ذلك احدى النتائج التي توصلت إليها دراسة (الغامدي، 2009م).

لذا تكمن مشكلة الدراسة في التعرف على أنسب مواقع السدود في وادي نعمان باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية وعملية التحليل الهرمي.

تساؤلات الدراسة:

يتمثل التساؤل الرئيس في الدراسة الحالية إلى التعرف على: ما هي أنسب المواقع لإقامة السدود في وادي نعمان باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية وعملية التحليل الهرمي؟ ويتفرع من هذا التساؤل عدد من الأسئلة الفرعية التالية:

1- ما العوامل المؤثرة في اختيار مواقع السدود؟
2- ما درجة مساهمة عملية التحليل الهرمي في تحسين أداء عملية تحليل التراكب؟
3- ما مدى فعالية النتائج لصياغة التوصيات الملائمة؟

أهداف الدراسة

يكمن الهدف الرئيس للدراسة الحالية في استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية وعملية التحليل الهرمي لاختيار أنسب مواقع السدود في وادي نعمان، ويتفرع من هذا الهدف عدد من الأهداف الفرعية التالية:

1- تحديد المعايير ذات التأثير في اختيار مواقع السدود.
2- تحسين أداء عملية تحليل التراكب (overlays) من خلال اعطاء وزن لكل معيار على حسب درجة أهميته وذلك لتحدد مواقع مناسبة لإقامة السدود بالاعتماد على مجموع أوزان كل المعايير.
3- تحليل النتائج لصياغة التوصيات الملائمة.

أهمية الدراسة

تعد إقامة السدود من أفضل الوسائل لحصاد المياه الموسمية في المناطق الجافة وشبة الجافة، وتعدد الباحثة أهمية الدراسة في النقاط التالية:

- تجميع مياه الجريان السطحي الناجم عن هطول الأمطار الموسمية في منطقة التصريف وتغذية المياه الجوفية بها من خلال بناء السدود.
- الوقاية من خطر السيول التي قد تواجه بعض المناطق المحيطة بوادي نعمان.
- جمع ومعالجة البيانات والخرائط المتعلقة بمنطقة الدراسة وبناء قاعدة بيانات لاختيار أنسب المواقع لبناء السدود. كما يمكن أن تكون قاعدة البيانات هذه مرجعاً للعديد من الباحثين لإجراء دراسات متعددة.
- توفير المياه للمناطق السكنية القريبة من منطقة الدراسة وتنمية انتاج القطاع الزراعي.
- التقليل من انجراف التربة عن طريق إبطاء الجريان السطحي للمياه ببناء سدود حجرية أو ترابية أو عمل خزانات سطحية لحفظ المياه بها.

2- منهجية الدراسة.

أ- منهجية التحليل

اعتمدت الباحثة على المنهج الوصفي التحليلي في وصف المشكلة التي تعاني منها المزارع في حوض وادي نعمان وهي الحاجة إلى مياه صالحة للري من المياه السطحية، وذلك من خلال جمع البيانات والمعلومات عن هذه المشكلة من عدة مصادر وتحليلها ثم الخروج بالنتائج، كما قامت الباحثة بتوظيف المنهج الكارتوجرافي في هذه الدراسة، مستخدمة برنامج ArcGIS 10.6 في معالجة وتحليل البيانات ومن ثم رسم الخرائط وعرض النتائج، والتي كان أهمها الخريطة النهائية التي تحدد أنسب مواقع اقامة السدود في حوض وادي نعمان محل الدراسة الحالية. وتتلخص الإجراءات المنهجية للدراسة في شكل رقم (1).

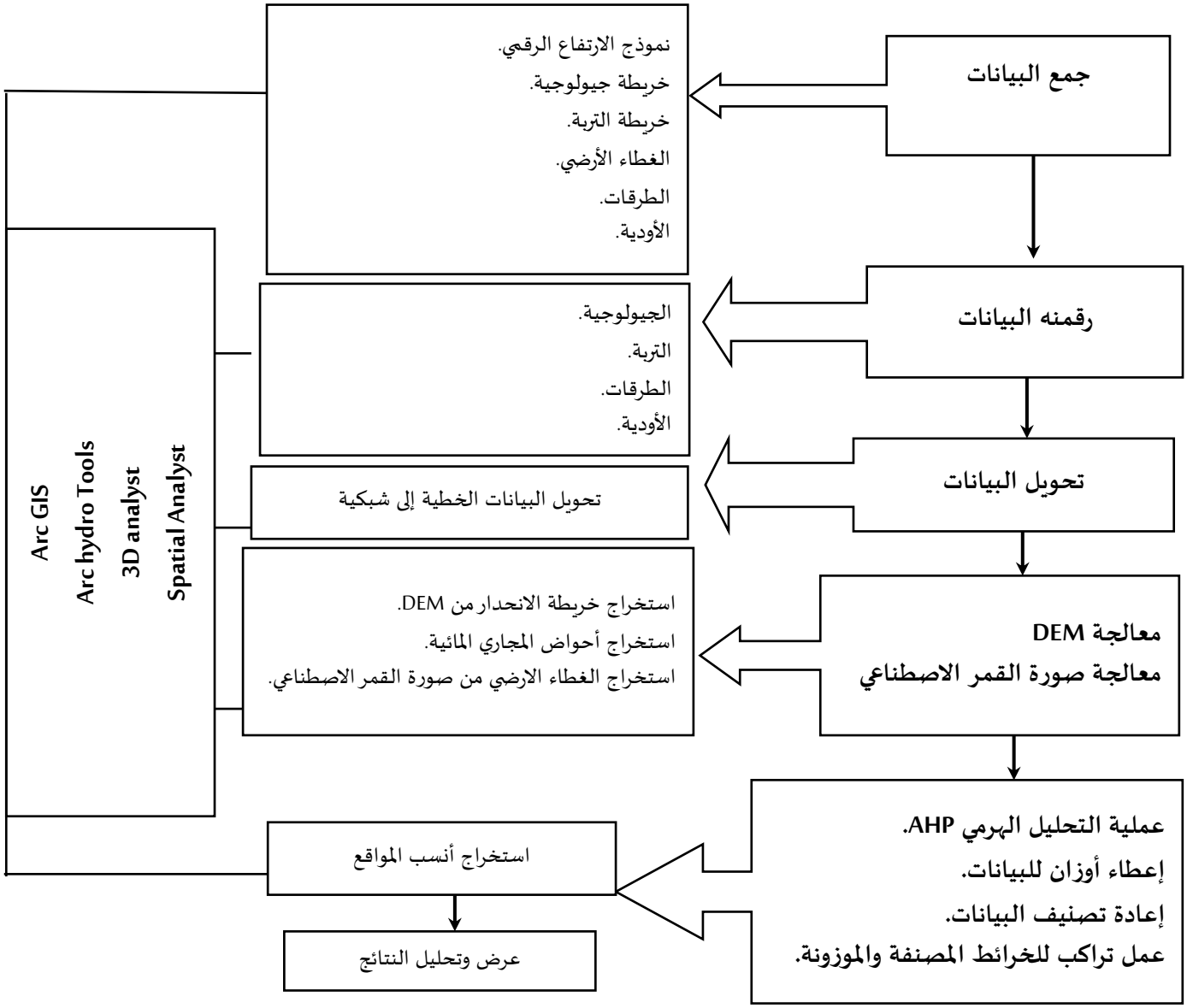
ب- مصادر البيانات:

تضمنت هذه الدراسة استخدام العديد من البيانات، والتي تم الحصول عليها من جهات ومصادر مختلفة، منها هيئة المساحة الجيولوجية السعودية وموقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية وأمانة العاصمة المقدسة ووزارة البيئة والمياه والزراعة والتربة على شكل بيانات اتجاهية وشبكية، والتي تم معالجتها والعمل عليها باستخدام برنامج ArcGIS10.6، وتتلخص هذه البيانات في الجدول رقم (1).

جدول (1) البيانات التي تم استخدامها في هذه الدراسة

م	البيانات	السبب	المصدر
1	نموذج الارتفاعات الرقمية	لإنشاء طبقة الانحدار واستخلاص العناصر الهيدرولوجية.	تحميلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية.
2	الخريطة الجيولوجية	خرائط التكوين الصخري	هيئة المساحة الجيولوجية السعودية.
3	خريطة التربة	توزيع أنواع الترب في الحوض	وزارة البيئة والمياه والزراعة.
4	الغطاء الأرضي	الابتعاد عن المناطق التي تسهل انجراف التربة	استخراجها من صورة القمر الاصطناعي (تحميلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية).
5	شبكة الأودية	المصدر الرئيسي لمياه السد المقترح	هيئة المساحة الجيولوجية السعودية.
6	شبكة الطرقات	مدى إمكانية الوصول	هيئة المساحة الجيولوجية السعودية.

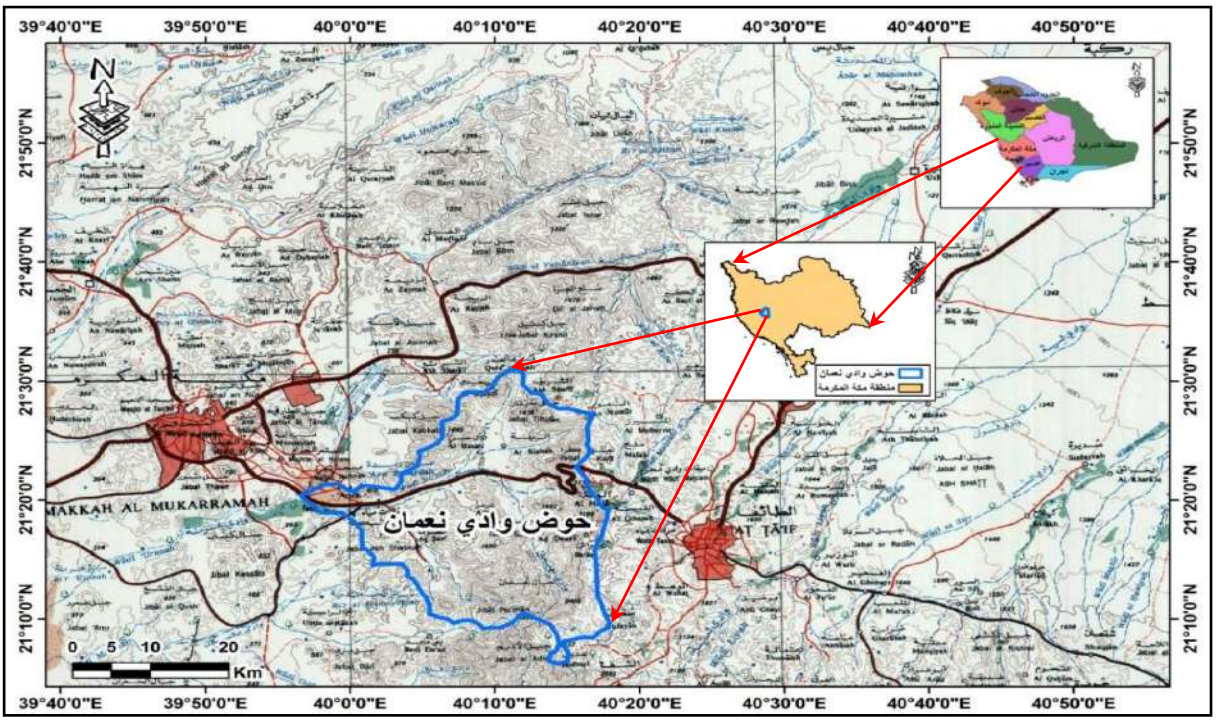
ج- الإجراءات المنهجية للدراسة



شكل رقم (1) الإجراءات المنهجية للدراسة

منطقة الدراسة

يقع وادي نعمان بين خطي طول 30ً 00ً 40° و 33ً 01ً 40° شرقاً، وخطي عرض 15ً 19ً 21° و 51ً 19ً 21° شمالاً، على بعد حوالي 28 كم إلى الجنوب الشرقي من مكة المكرمة (غباشي والقرني، 2008م، ص57)، شكل رقم (2).



شكل رقم (2) منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية وبيانات العاصمة المقدسة 2020م

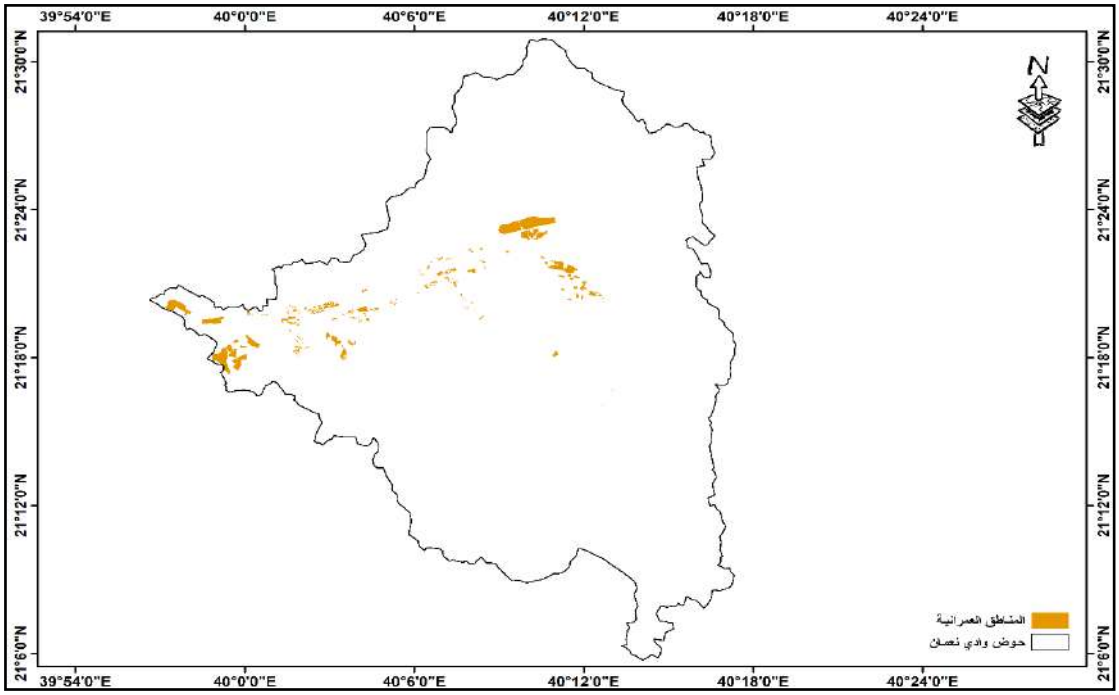
يسكن حوض وادي نعمان العديد من قبائل المنطقة، مثل آل زيد والحوازم والحساسنة والمطارفة والنباتة والكبكبي والعلوي والسرواني وغيرهم من القبائل الأخرى، موزعين في عدد من القرى، كما يتواجد بعض السكان في مناطق متناثرة وفي المزارع أيضاً، شكل رقم (3). وقد بلغ عدد السكان بمنطقة الدراسة عام 2004م (4164) نسمة بحسب إحصائية الهيئة العامة للإحصاء (2004م)، ليصل العدد عام 2010م إلى (4919) نسمة بحسب إحصائية الهيئة العامة للإحصاء (2010م).

المبحث الأول - الإطار النظري والدراسات السابقة.

أولاً-الإطار النظري:

تعد السدود من أعظم المنجزات البشرية في مجال المنشئات الحضارية على الأنهار والأودية، والتي ساهمت في استقرار الإنسان منذ القدم، وذلك بهدف حفظ المياه الجارية والحد من السيول الموسمية وري المزروعات وتخزين مياه الأمطار في باطن الأرض، بهدف تغذية المياه الجوفية والتحكم في منسوب الجريان السطحي للتخفيف من أضرار السيول وتوليد الطاقة الكهربائية، وتتنوع السدود لتنوع الأغراض التي أنشأت من أجلها والمواد المستخدمة في بناءها، فهناك السد الترابي: هو من أقدم السدود التي أنشئها الإنسان، المكون الأساسي في بناء السد الترابي هو كتلة من الأتربة والذي يعد وزنها أساس ثباتها، يتم تزويده ببعض الخرسان للحد من التسرب، والسد الثقلي: وهو سد مكون من طبقة سميكة من الخرسانة يستند في قوة ثباته على حجم وزنه، يستخدم للحد من خطر السيول وحفظ المياه الجارية، والسد ذو الدعامات: يتكون من بلاط خرساني مسلح معتمد على دعامات، مما يساهم في تحويل الضغط المائي إلى الدعامات الموجودة بالسد، يستخدم عندما يكون من المتوقع فيما بعد زيادة حجم السد، والسد الركامي: يعد السد الركامي من أكثر السدود استخداماً في العالم، وذلك لتكونه من صخور صغير مفتتة، كما يستند السد على وزنه لاستقراره، عادة ما يتم إمداد السد بماده للتقليص من حجم التسرب، وأخيرا السد المقوس: يتألف

السد المقوس من الخرسانة المسلحة، تعتمد على الصخور الجانبية للسد عند تعرضها للضغط المائي، غالبا ما يكون سمكها أقل من سمك السدود التثاقلية، حيث يتم بنائها في الأودية الضيقة.



شكل رقم (3) الامتداد العمراني بحوض وادي نعمان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية 2020م

ثانياً-الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات حوض وادي نعمان وأهمية الحفاظ على المياه بصفته مورد قابل للاستنزاف كدراسة الشمراني ومرزا (2005م) التي هدفت إلى معرفة الإمكانات المائية المتاحة في الخزان المائي الجوفي للوادي، وتقدير كميات المياه المستخرجة من الأغشية المائية الرسوبية، وكان من أبرز نتائج الدراسة أن الأمطار هي المصدر الرئيسي لمياه الجريان السطحي، والمياه الجوفية بمنطقة الدراسة، وأن سكان الوادي معتمدين على المياه الجوفية ومياه الجريان السطحي لوادي نعمان في كافة المجالات: الشرب والاستخدامات المنزلية والزراعية والتجارية، فوادي نعمان يحتوي على مقومات طبيعية وبشرية جيدة، وأن النخيل من أبرز المحاصيل الزراعية ويليه الخضار، وتوصلت البلوشي (2008م) لنتيجة تفوق كميات المياه المستخرجة من رسوبيات الوادي، كميات مياه الاستعاضة بفارق كبير، ادى الى تعرض المياه الجوفية للاستنزاف الذي أستدل عليه بالجفاف التام لمعظم الآبار، كما ناقشت دراسة الوقداني (2008م) خصائص هطول الأمطار والجريان السطحي لحوض نعمان والعلاقة بينهما، مما نتج انخفاض قيمة معامل السيول عن الأمطار والذي يدل على أن معظم مياه الأمطار تتسرب خلال الطبقة السطحية للرواسب التي تغطي الوادي، ووصى ببناء سدود صغيرة للحفاظ على المياه.

كما نجد ان بعض الدراسات استخدمت نظم المعلومات الجغرافية للتعرف على أفضل المواقع لحصاد الماء من خلال انشاء السدود، كدراسة الشطناوي (2006م) ودراسة بني حمد وصفي (2019م) بالأردن، أما دراسة الغامدي (2009م) استخدمت وسائل تقنيات الاستشعار عن بعد مع نظم المعلومات الجغرافية، وهذا ما وضحته دراسة Qureshi (2015م) من خلال تطوير وتطبيق معيار لتحديد المواقع المحتملة للسدود والخزانات استخدام نظام GIS، وأشارت نتائجها إلى أن المعايير المتطورة كانت حساسة للبيئات المادية والبيئية والاقتصادية وأن نظم المعلومات

الجغرافية والاستشعار عن بعد أدوات مفيدة لتوليد طبقات البيانات ذات الصلة ومعالجتها والتعامل معها، وتوفير خيارات أفضل للإدارة الخاصة بصناع القرار، واتفقت دراسة Al-Khawaldeh (2011) ودراسة iftikhar and Hassan and Shabbir (2016) ودراسة Choo and Ahn and Yang and Yun (2017) في استخدام الجغرافيا المكانية والتي تتضمن ASTER Global DEM، والخريطة الجيولوجية، وبيانات هطول الأمطار، وبيانات التفريغ، لتحديد مواقع سدود ملائمة بكفاءة فعاله لتخزين الماء.

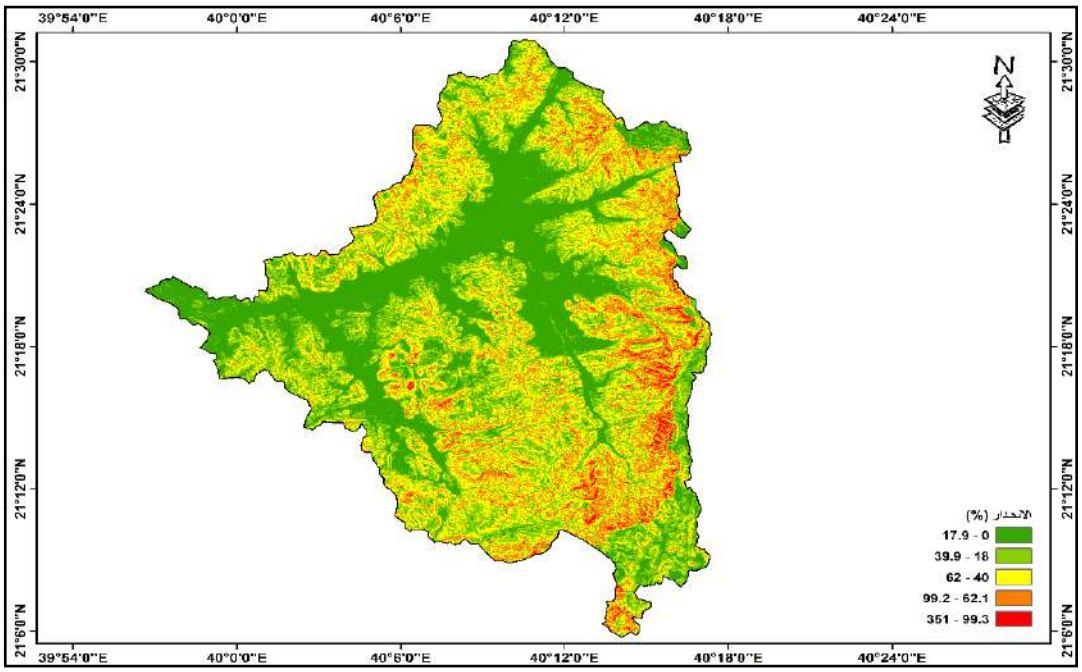
مما سبق نجد ان الدراسات السابقة عرضت أهمية تطبيق التقنية في اختيار انسب المواقع لإنشاء السدود، وذلك لتوفيره الوقت والمال، من أجل الاستفادة من المياه الجوفية في المنطقة محل الدراسة السابقة، أو منطقة الدراسة الحالية -المتمثلة في منطقة وادي نعمان – لاحتوائها على مقومات طبيعية وبشرية جيدة، كما بينت الدراسات السابقة ضرورة الاستفادة من المياه الجوفية والتي تتكون من مياه الامطار، شريطة أن تكون الاستفادة بطريقة منظمة حتى لا يتم استنزافها، والذي تم الاستدلال عليها من ظاهرة الجفاف لمعظم الآبار.

وتشترك هذه الدراسة مع ما سبق ذكره من دراسات سابقة في كونها تتطرق لتطبيق دمج تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الهرمي لاختيار أنسب المواقع لإنشاء السدود للاستفادة من مياه الأمطار، كما تتفق بعض الدراسات السابقة مع الدراسة الحالية في اختيار النطاق المكاني والمتمثل في منطقة وادي نعمان.

وتختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة في النطاق الزمني للدراسة الحالية، وتطبيق تقنيات نظم المعلومات الجغرافية على منطقة وادي نعمان مقننه بمعايير حددت من قبل المختصين في هذا المجال مع تطبيق عملية التحليل الهرمي.

المبحث الثاني -المعايير المؤثرة في اختيار مواقع السدود في منطقة الدراسة

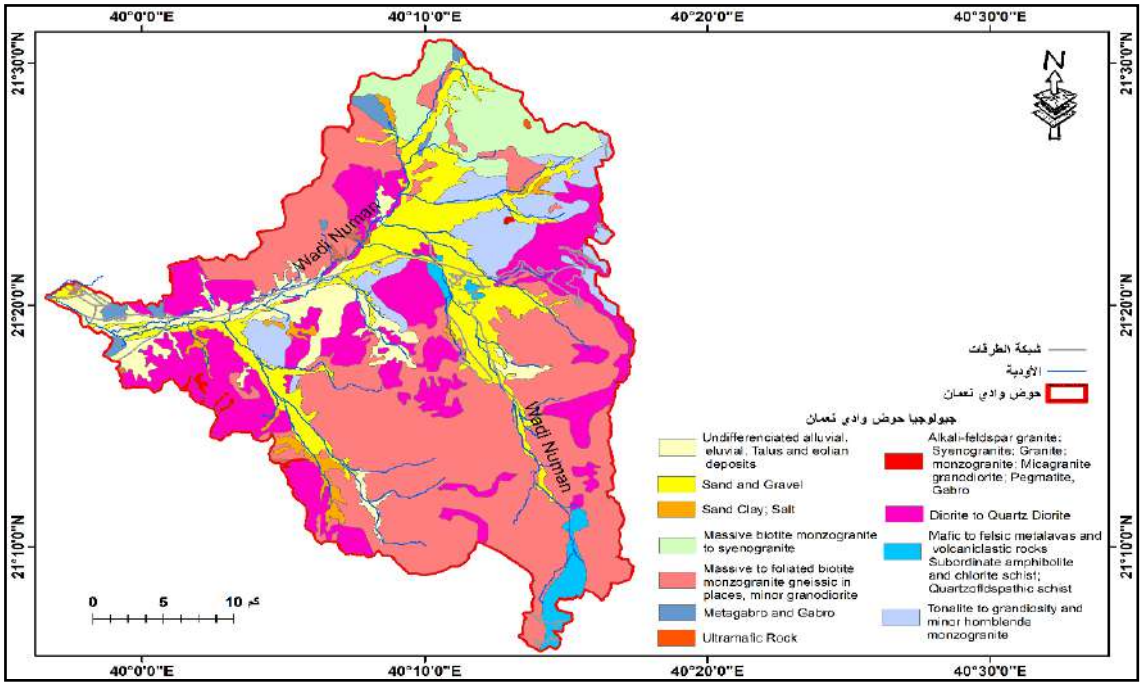
1- الانحدار: تضاريس حوض وادي نعمان متباينة ومعقدة من المنبع على الجرف الانكساري شرقاً حتى المصب في البحر الأحمر غرباً وتتدرج الارتفاعات من الغرب حيث يصل أقل ارتفاع إلى حوالي (500) متر فوق سطح البحر إلى الشرق حيث أعلى نقاط الارتفاع والتي تصل إلى ما يزيد عن (2500) متر فوق سطح البحر. ومن شرق منطقة الدراسة تمتد منابع الحوض من عدة مرتفعات جبلية حيث يتفرع منها عدد من مجاري الأودية، ومن تلك الأودية يتكون وادي نعمان الكبير والذي يتفرع منه أيضاً عدد من الأودية باتجاه الغرب ووادي رهجان وملكان. مما سبق يتبين أن المنطقة شديدة التضرس بشكل عام وخاصة في الجزء الشرقي والأوسط من منطقة الدراسة، فالمرتفعات التي تتراوح ما بين (400) إلى (2400) متر تشكل نسب مختلفة في الحوض مما أدى الى تنوع الانحدارات في الحوض والتي تراوحت بين (0%) و(351%) شكل رقم (4). وللانحدارات دور كبير في اختيار مواقع إقامة السدود وذلك لما لها من أثر في جريان المياه السطحية حيث كلما قل الانحدار قلت سرعة الجريان وبالتالي قدرة الحوض على الاحتفاظ بأكبر قدر من المياه الجارية.



شكل رقم (4) نسبة الانحدار في حوض وادي نعمان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات (DEM) هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية

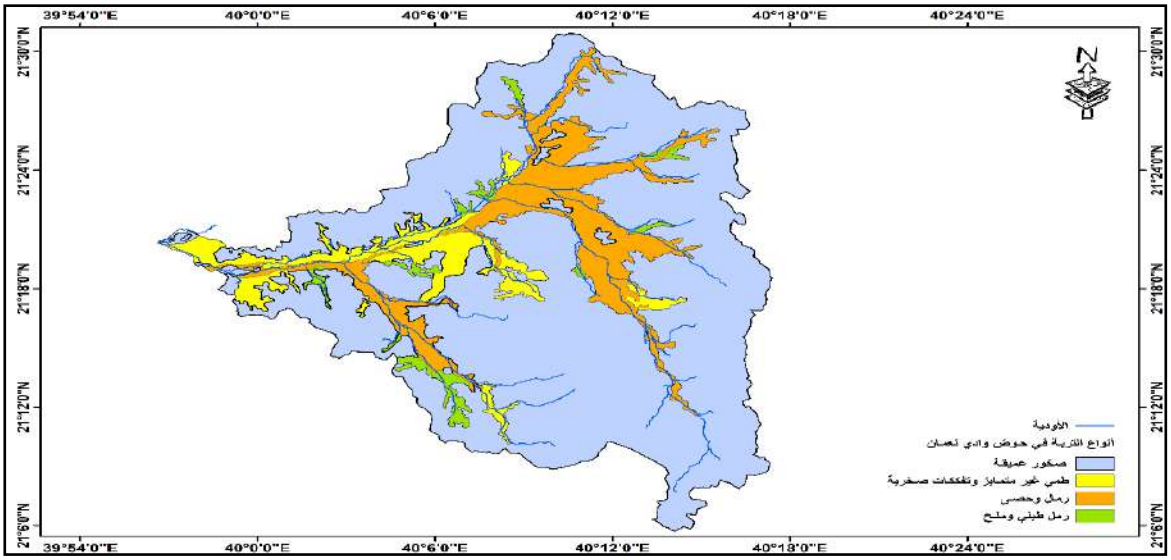
2- **جيولوجية**: يتميز حوض وادي نعمان بتركيبته الجيولوجية المعقدة والمتباينة شكل رقم (5)، نتيجة تكويناته التي تعود إلى عصر ما قبل الكمبري، والتي تتكون من صخور نارية حيث نجد أن (90%) منها صخور جوفية متأخرة وحوالي (10%) منها صخور بركانية متحولة طباقيه (شرف، 2011م)، وعند انتقالنا إلى الزمن الرابع نجد الإرسابات السطحية التي تبلغ نسبتها (45%) من مساحة منطقة الدراسة، ثم نجد الصخور الرسوبية التابعة للزمن الثالث فصخور بركانية مائلة (البلوشي، 2008م).



شكل رقم (5) التركيبة الجيولوجية لحوض وادي نعمان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية

3- **التربة**: تتنوع التربة في حوض وادي نعمان حسب المناطق المتواجدة فيها، فهناك تربة رملية رسوبية تتكون من الحصى والرمال الخشنة والغرين وهي تنتشر في الوادي وعلى جانبية، فقد ذكر (الشمراني ومرزا، 2005م) بأن سمك التربة الرسوبية الفيضية تصل إلى (60م) تقريباً، كما توجد المراوح الفيضية والمدرجات النهرية بشكل واضح في منطقة الدراسة، وأبرز ترب وادي نعمان هي ترب طمية وترب رملية وترب رملية طينية شكل رقم (6). وتكتسب التربة أهميتها كمعيار من معايير اختيار مواقع انشاء السدود من درجة نفاذيتها، فكلما كانت التربة ذات نفاذية عالية كانت غير صالحة لإقامة السدود عليها والعكس صحيح.

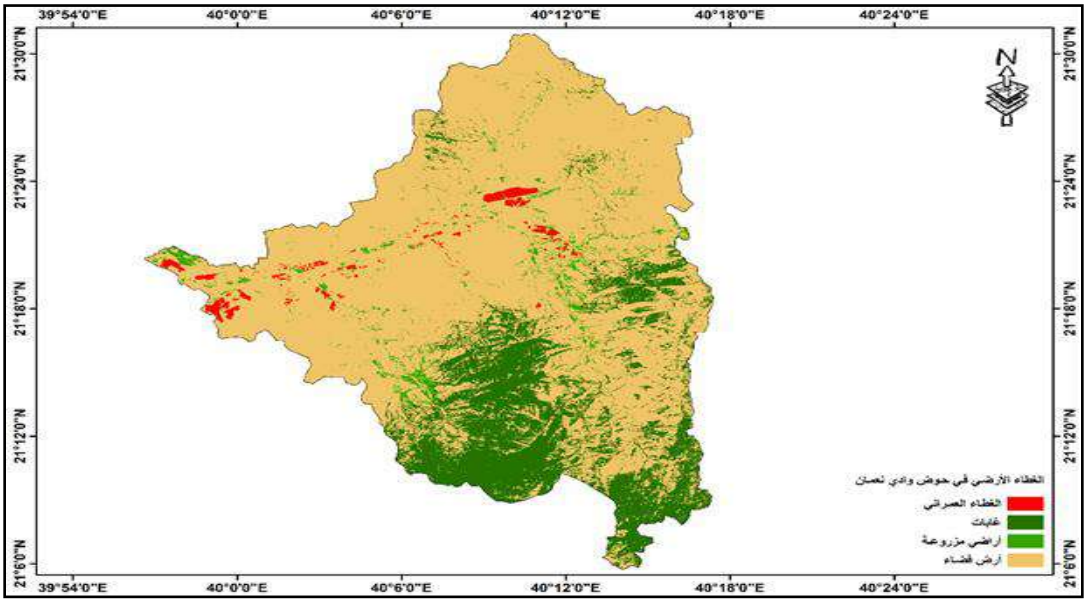


شكل رقم (6) خصائص تربة حوض وادي نعمان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة البيئة والمياه والزراعة 2020م

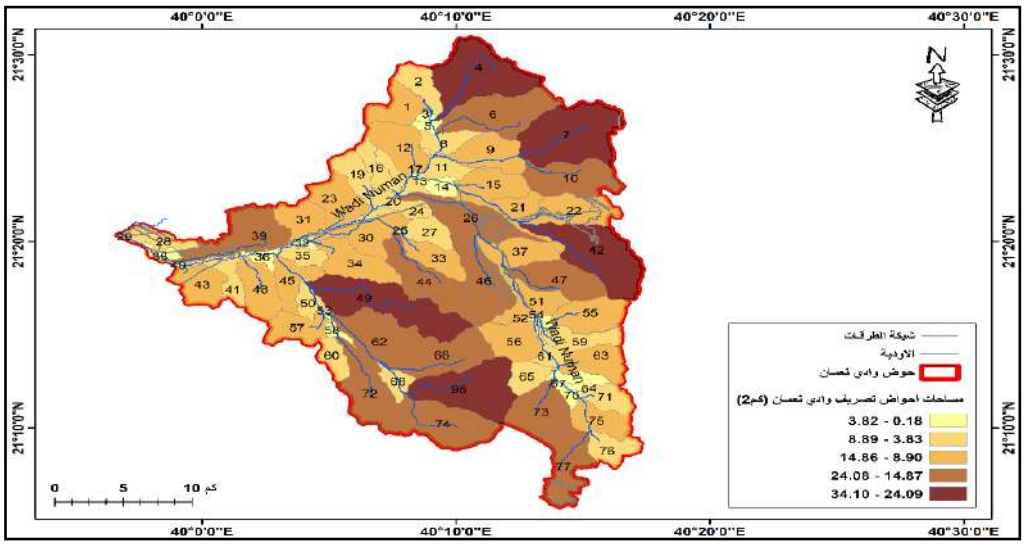
4- **الغطاء الأرضي**: يؤثر الغطاء الأرضي في تحديد مواقع إنشاء السدود وذلك لما له من أهمية في الحفاظ على أكبر كمية من المياه الجارية داخل الحوض فكلما زاد الغطاء النباتي مثلا في الحوض كلما تم التخفيض في خسارة المياه السطحية من الجريان خارج الحوض. ويتأثر الغطاء النباتي الطبيعي بشكل عام بعدة عوامل كالتربة والتضاريس والمناخ، مما يؤدي إلى اختلافه وتنوعه من منطقة لأخرى، وهذا ما تميزت به منطقة الدراسة، حيث أن اختلاف كثافته وتوزيعه في حوض وادي نعمان هو نتيجة تأثر الحوض بتنوع العوامل الطبيعية والبشرية. وينقسم الغطاء النباتي الطبيعي في حوض وادي نعمان إلى: نباتات جبلية (الغابات) ومزارع على حواف الأودية، شكل رقم (7).

5- **مساحة أحواض التصريف**: يعتمد اختيار موقع إقامة السدود بدرجة كبيرة على حجم أحواض التصريف فلا يجب أن تكون مساحة الحوض صغيرة وبالتالي لا يمكن جمع كميات كبيرة من المياه التي من شأنها أن تملأ السد وفي نفس الوقت لا يجب أن يكون كبيراً جداً مما ينتج عنه ارتفاع التكلفة سواءً عند انشاء السد أو عند تصريف مياه السد. ويوضح شكل رقم (8) أن مساحات أحواض التصريف داخل منطقة الدراسة والتي يبلغ أصغرها حوالي (4 كم2) في حين تبلغ مساحة أكبر الأحواض فيها حوالي (34كم^2).



شكل رقم (7) خريطة الغطاء الأرضي لحوض وادي نعمان

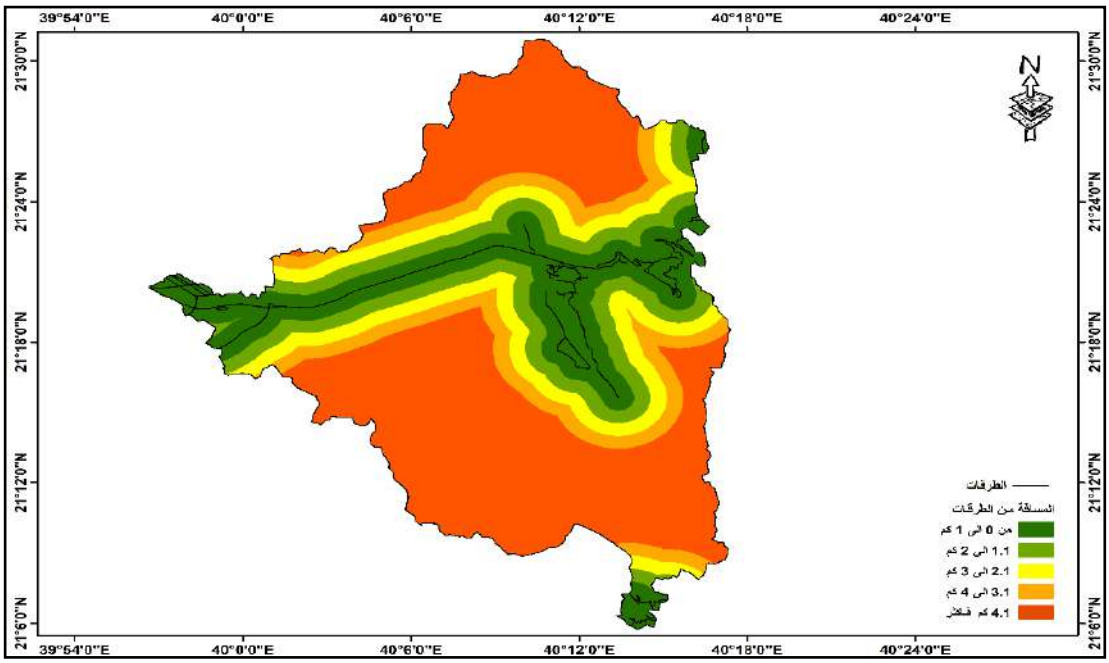
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية



الشكل (8) خريطة لأحواض التصريف بحوض وادي نعمان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية

6- **الطرقات**: تعتبر شبكة الطرقات من العوامل المؤثرة في اختيار موقع السد وذلك لما لها من أهمية في الوصول الى السد. وينبغي أن يسهل الوصول إلى موقع السد بحيث يمكن ربطه اقتصادياً بالسكان المستفيدين منه. ويجب أن يكون السد أقرب ما يمكن من الطرق القائمة. وقد حددت المسافات بالكيلومتر من الطرقات بالاعتماد على الدراسات السابقة وقد تم حسابها بالاعتماد على أدوات صندوق التحليل المكاني (Spatial analyst tools) في ArcGIS 10.6 ويبين الشكل رقم (9) القرب من الطرقات بحوض وادي نعمان.



شكل رقم (9) المسافات من الطرقات بحوض وادي نعمان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية

7- **الأودية:** يعتبر القرب من الأودية عاملاً مؤثراً في اختيار موقع السد وذلك لما لها من أهمية من ناحية التكلفة. فيجب أن يكون موقع السد ضمن كيلومتر واحد من خط وسط الوادي. أكثر من كيلومتر واحد قد يؤدي ذلك إلى عدة عقبات من بينها التكلفة المالية. وقد حددت المسافات بالكيلومتر من شبكة الأودية بالاعتماد على الدراسات السابقة وقد تم حسابها بالاعتماد على أدوات صندوق التحليل المكاني (Spatial analyst tools) في ArcGIS 10.6 ويبين الشكل رقم (10) القرب من شبكة الأودية بحوض وادي نعمان.

المبحث الثالث-تحديد أنسب مواقع السدود في حوض وادي نعمان

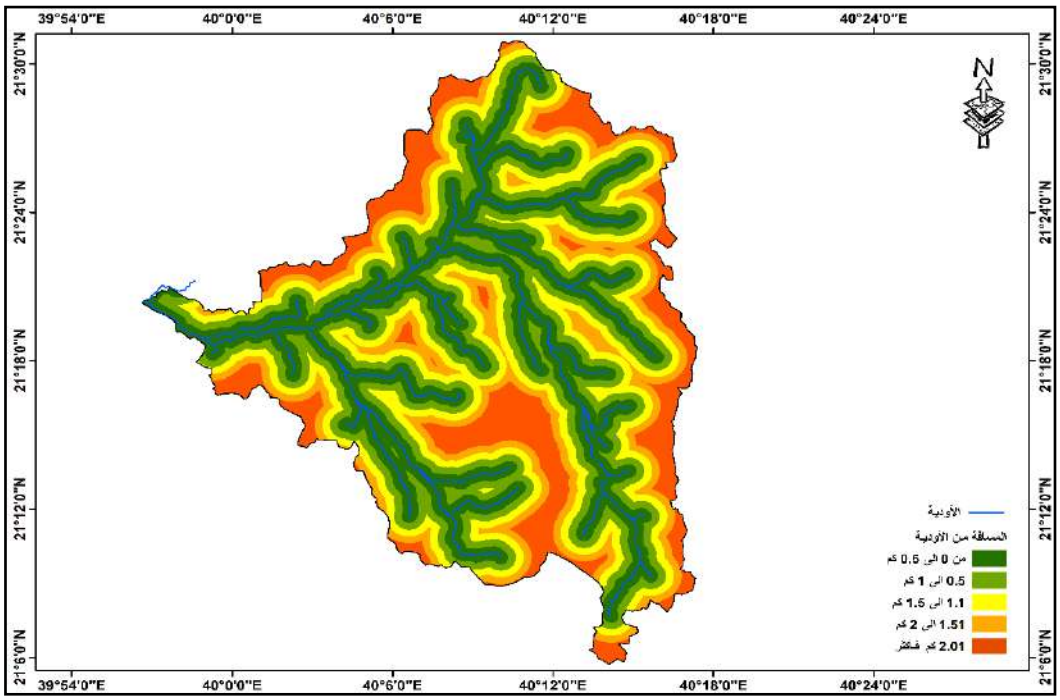
أولاً-تحديد المعايير

تم في هذه المرحلة تحديد المعايير التي من شأنها أن تدعم قرار اختيار أنسب المواقع في منطقة الدراسة لإنشاء السدود وقد تم الاعتماد على الدراسات السابقة وأراء المتخصصين والخبراء لتحديد هذه المعايير والتي تم تلخيصها في الجدول رقم (2).

ثانياً-عملية التحليل الهرمي

تعد نظرية عملية التحليل الهرمي إحدى الأساليب المعتمدة في اتخاذ القرارات متعددة المعايير التي تعتمد توظيف الأساليب الكمية في عملية اتخاذ القرار الخاص بانتقاء البديل الأمثل من بين مجموعة من البدائل وفق معايير متعددة.

حيث أثبتت النظرية نجاحها وكفاءتها العالية في حل المشاكل المعقدة واتخاذ القرارات متعددة المعايير، وأجريت العديد من الدراسات على مستوى العالم لمعالجة قضية المفاضلة والاختيار بين مجموعة من البدائل.



شكل رقم (10) المسافات من الأودية بحوض وادي نعمان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية

جدول رقم (2) تحديد المعايير ذات التأثير في تحديد مواقع السدود بمنطقة الدراسة

م	المعايير	مواصفات المعايير
1	التضاريس (الانحدار)	أن تكون درجة انحدار التضاريس بسيط (Dorfehan, Heidarnejad and Bo ,2014) (Xu,2002)
2	الطبقات الجيولوجية	أن تكون الأسس قوية فيحبب أن يقام السد على طبقة جيولوجية صلبة كالصخور البركانية والجرانيت (Dai,2016) (Emiroglu,2008)
3	نوعية التربة	أن تكون التربة التي يقام عليها السد ذات سرعة تفاذية منخفضة كالتربة الطينية.
4	حجم الحوض	كبر حجم الحوض محبذاً وذلك لجمع كميات كبيرة من الماء في السد (Stephens,2010)(Emiroglu,2008)
5	الغطاء الأرضي	يؤثر النبات على اختيار الموقع المناسب للسد، فهو يساهم في تأكل التربة والذي يشكل خطورة على بنية السد (Dai، 2016م).
6	القرب من الاودية	يحبذ أن يقام السد على مسافة لا تتجاوز1000م من الاودية
7	القرب من الطرقات	يحبذ أن يقام السد على مسافة لا تتجاوز1000م من الطرقات وذلك لضمان سهولة الوصول إليه (مقالات هندسية، 2019م).

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على الدراسات السابقة المذكورة في الجدول

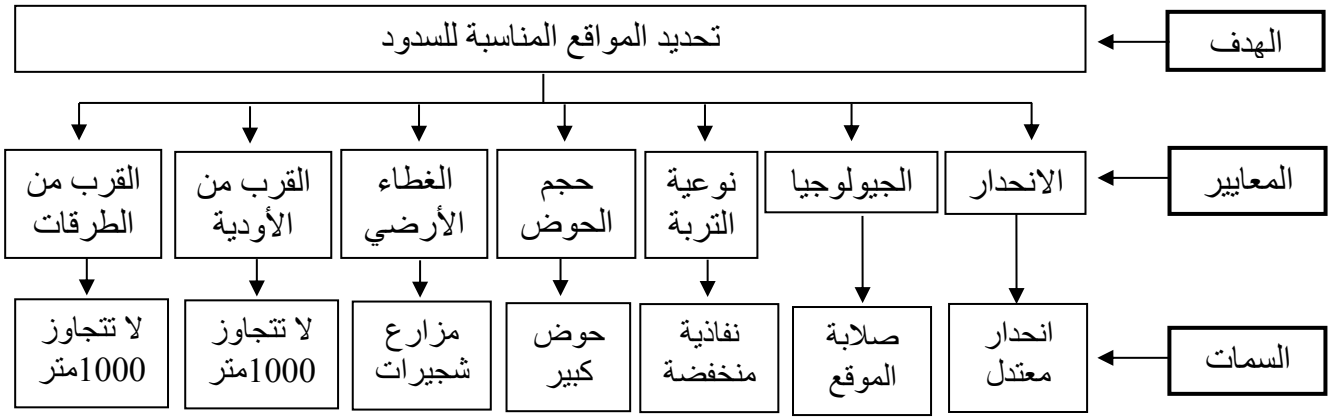
وقد اعتمدت الباحثة على العديد من الدراسات التي تناولت عملية التحليل الهرمي في تحديد أنسب المواقع لإقامة السدود والتي حددت أهمية وزن كل معيار من المعايير المذكورة سابقاً والمعتمد عليها لتحديد المواقع المناسبة لإنشاء السدود. وقد تم تحديد درجة أهمية كل معيار بالاعتماد على الدراسات السابقة لمناطق جغرافية مختلفة تتقاطع مع منطقة الدراسة في العديد من النقاط ذات الصلة بموضوع البحث وكذلك الاعتماد على أراء الخبراء في

مجال الهيدرولوجيا وإنشاء السدود. وقد تمت مقارنة درجة الأهمية بين سبع معايير وهي درجة الانحدار والطبقات الجيولوجية ونوعية التربة وحجم أحواض التصريف والغطاء الأرضي والقرب من الأودية وأخيراً القرب من الطرقات.

ثالثاً-بناء الشكل الهرمي:

ليست هناك قاعدة ثابتة لبناء الأشكال الهرمية، فعملية البناء الهرمي تعتمد على نوع القرار الذي يراد اتخاذه، فإذا كان هذا القرار عبارة عن اختيار بديل من بين عدة بدائل، يمكن البدء بالمستوى الأخير وذلك بوضع البدائل المتاحة في القائمة، وسيتكون المستوى التالي مكون من المعايير التي سنحكم من خلالها على هذه البدائل، أما المستوى الأعلى سيتكون من عنصر واحد فقط هو الغرض الشامل الذي من أجله يتخذ القرار بناء على المعايير الموجودة وأهمية إسهام كل منها في تحقيقه (ساعاتي،2000م).

وفي هذه الدراسة يلخص الشكل رقم (11) بناء الشكل الهرمي لغرض اختيار أنسب المواقع لإقامة السدود والمكون من العناصر الأساسية لتحديد القرار، ويحتوي المستوى الأول على سمات المعايير السبعة والمستوى الثاني المعايير المعتمد عليها في اتخاذ القرار أما المستوى الأعلى ففيه يتم تحديد الهدف من عملية التحليل الهرمي.



شكل رقم (11) الهيكل الهرمي لغرض اختيار أنسب المواقع لإقامة السدود

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول رقم (2)

رابعاً-تقييم الأهمية النسبية لكل معيار

بناءً على تقييم الأهمية النسبية لكل معيار بعضها ببعض وجب استخدام المقياس الذي وضعه توماس ساعاتي من (1) إلى (9)، والذي يساهم في تنفيذ مقارنات عادلة بين المعايير حسب الأهمية، فيبدأ بدرجة أهمية (1) والتي تمثل أهمية متساوية ثم درجة (2) والتي تمثل أهمية ضعيفة ثم تزداد الأهمية وصولاً لدرجة أهمية (9)، وهذا ما يوضحه جدول رقم (3).

جدول رقم (3) المقياس الأساسي للمقارنات الزوجية

شدة الأهمية	التعريف	التفسير
1	أهمية متساوية	يتساوى عاملين في تحقيق الهدف
2	أهمية ضعيفة	-
3	أهمية معتدلة	يرتفع عامل عن أخر بنسبة بسيطة
4	أهمية أكثر اعتدالاً	-

شدة الأهمية	التعريف	التفسير
5	أهمية قوية	يؤيد بشدة عامل عن الأخر
6	أهمية أقوى	-
7	أهمية قوية جداً	يفضل بشدة عامل عن الأخر
8	أهمية شديدة القوى	-
9	أهمية قصوى	جميع الدلالات تؤيد العامل عن الأخر

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على (ساعاتي، 2008م)

وقد قامت الباحثة بجمع العوامل المؤثرة في اختيار مواقع إقامة السدود انطلاقاً مما ورد في الأبحاث والدراسات المتعلقة بذات الموضوع، والتي تم دعمها بآراء الخبراء والمتخصصين في مجال إنشاء السدود وذلك لتكوين رؤية شاملة وترتيب أهمية المعايير ذات الصلة بكل دقة وشفافية كما هو موضح بالجدول رقم (4).

جدول رقم (4) ترتيب المعايير حسب الأهمية

م	المعايير	الترتيب حسب الأهمية	السبب
1	التضاريس (الانحدار)	1	تؤثر الانحدارات بشكل مباشر على اختيار موقع السد، فإذا كان الانحدار شديد تزداد معه خطورة الانهيارات المصاحبة للسيول (Dai، 2016م).
2	الطبقات الجيولوجية	2	توثر نوعية الصخر على قدرتها في الاحتفاظ بمياه السد، فكلما كان نوع الصخر بركاني أو جرانيت كان ذلك أفضل (Marinos، Koukis، 2016م).
3	نوعية التربة	3	يؤثر نوع التربة ونفاذيتها على معدل تسرب الماء بجوف الأرض، كما تؤثر في معدل الجريان السطحي المتجه للسد (Djokic، 2012م).
4	حجم الحوض	4	يساهم الحوض الكبير في جمع المقدار الكافي من المياه الجارية (Government of Australia، 2014م).
5	الغطاء الأرضي	5	يؤثر النبات على اختيار الموقع المناسب للسد، فهو يساهم في تأكل التربة والذي يشكل خطورة على بنية السد (Dai، 2016م).
6	القرب من الاودية	6	يساهم القرب من الأودية وفروعها في الاستفاده من المياه السطحية فيحبذ ألا تتجاوز المسافة عن 1000م من الأودية (Njiru، 2015م).
7	القرب من الطرقات	7	تساهم الطرق في القرب من السدود للاستفاده منها وصيانتها فيحبذ ألا تتجاوز المسافة عن 1000م من الطرق لضمان الوصول إليها (مقالات هندسية، 2019م).

المصدر: من عمل الباحثة

خامساً-حساب وزن كل معيار

تم تحديد مقياس لكل من العوامل السبعة باستخدام المقارنة الزوجية استناداً إلى المقاييس المحددة من رقم (1) إلى الرقم (9) في الجدول رقم (4)، حيث تمت مقارنة كل معيار بالمعايير الأخرى من حيث أهميتها وذلك بقراءتها من الصف للعامود، من خلال تخصيص (i) معياراً لشدة الأهمية عند مقارنتها بالمعيار (j)، والقيمة المتبادلة تخصص لمعيار (j) معبره عن شدة الأهمية، والجدول رقم (5) يوضح المقارنة الزوجية للمعايير.

جدول رقم (5) المقارنات الزوجية للمعايير

المعايير	الانحدار	الطبقات الجيولوجية	نوعية التربة	حجم الحوض	الغطاء الأرضي	القرب من الاودية	القرب من الطرقات
الانحدار	1	2	5	3	7	9	9
الطبقات الجيولوجية	2/1	1	2	7	7	9	9
نوعية التربة	5/1	2/1	1	2	3	5	7
حجم الحوض	3/1	7/1	2/1	1	3	5	5
الغطاء الأرضي	7/1	7/1	3/1	3/1	1	2	2
القرب من الاودية	9/1	9/1	7/1	5/1	2/1	1	2
القرب من الطرقات	9/1	9/1	5/1	5/1	2/1	2/1	1
المجموع	5/2 2	4	6/1 9	4/3 13	22	2/1 31	35

بناءً على مصفوفة المقارنة الزوجية تم حساب الأوزان (w) للمعايير (i) من خلال تطبيق معادلة (1) (Dai، 2016م)، وذلك بقسمة الأهمية النسبية للمعيار على المجموع، والجدول رقم (6) يوضح وزن كل معيار من المعايير المحددة سابقاً وأهميتها مقارنة بالمعايير الأخرى.

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} P_{ij} \,/ \left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} P_{ij}\right) \quad \text{.....(1)}$$

W= وزن المعيار

n= عدد المعايير

j و i= المعايير

Pij= الأهمية النسبية

بعد حساب وزن المعايير تم حساب الوزن النهائي لكل معيار وذلك من خلال جمع الأوزان الأولية ثم قسمتها على سبعة (7) وهي عدد المعايير، ثم جمعها لنصل للمجموع النهائي.

جدول رقم (6) تحديد أوزان المعايير

المعايير	الانحدار	الطبقات الجيولوجية	نوعية التربة	حجم الحوض	الغطاء الأرضي	القرب من الاودية	القرب من الطرقات	الوزن
الانحدار	0.4169	0.4990	0.5449	0.2184	0.3182	0.2857	0.2571	0.3629
الطبقات الجيولوجية	0.2085	0.2495	0.2180	0.5097	0.3182	0.2857	0.2571	0.2924
نوعية التربة	0.0834	0.1248	0.1090	0.1456	0.1364	0.1587	0.2000	0.1368
حجم الحوض	0.1390	0.0356	0.0545	0.0728	0.1364	0.1587	0.1429	0.1057
الغطاء الأرضي	0.0596	0.0356	0.0363	0.0243	0.0455	0.0635	0.0571	0.0460
القرب من الاودية	0.0463	0.0277	0.0156	0.0146	0.0227	0.0317	0.0571	0.0308
القرب من الطرقات	0.0463	0.0277	0.0218	0.0146	0.0227	0.0159	0.0286	0.0254
المجموع	1	1	1	1	1	1	1	1

تستند قيم المقارنة الزوجية على الحكم الشخصي الذي يؤدي إلى التحيز لمعيار دون الأخر، لذا توجب تقييم التماسك بين المعايير في مصفوفة المقارنة الزوجية من خلال حساب نسبة الاتساق (CR)، وذلك من خلال تطبيق المعادلة رقم (2).

CR= CI /RI..... (2)

لاستخراج مؤشر الاتساق (CI) يجب تطبيق معادلة رقم (3)

CI= λmax–n /n-1 .....(3)

n= عدد المعايير

λmax= المجموع العامودي للمعيار في المقارنة الزوجية

λmax= (0.3629* 5/2 2) + (0.2924 *4) + (0.1368 *6/1 9) + (0.1057 *4/3 13) + (0.0460 *22) +

(0.0308 *2/1 31) + (0.0254 *35) =7.6201

λmax=7.6201

CI= (7.6201-7) /7–1

CI= 0.6201 /6

CI= 0.1033

بالرجوع إلى المعادلة رقم (2) يتوجب استخراج مؤشر الثبات العشوائي (RI) من الجدول المقترح من **(ساعاتي، 2008م)** الذي يعتمد على عدد المعايير المستخدمة، ونظراً لاعتماد الدراسة الحالية على سبع معايير فإنه تم تحديد (RI) وهو (1.32) كما هو موضح في **الجدول رقم (7).**

جدول رقم (7) قيم مؤشر الثبات العشوائي

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

المصدر: (ساعاتي، 2008م)

CR =CI /RI

CR= 0.1033 /1.32

CR=0.07

حدد ساعاتي الحد الأقصى للقيمة المقبولة عند المقارنة الزوجية وهي (0.1)، وبالرجوع لناتج (CR) الخاص بالدراسة نجد أن القيمة وصلت إلى (0.07) ولم تتعدى الحد الأقصى لقيمة التحليل الهرمي.

سادساً-التمثيل الخلوي (Raster) وإعادة تصنيف المعايير

تم تمثيل سبع معايير في شكل سبع طبقات خلوية (Raster) مصنفة لخمسة أصناف على نفس المقياس تم إدراجها لتحليل الملائمة المكانية لإنشاء السدود بحوض وادي نعمان وعرضها وإدارتها بشكل مستقل، لأن لكل معيار من المعايير سمات قياس مختلفة، لذلك فقد تم توحيد خرائط المعايير جميعها على مقياس موحد من (1) إلى (5) بهدف إتاحة إمكانية المقارنة، من خلال إعادة تصنيف جميع الخرائط، بقيم مرتبة تصاعديا بحسب ملاءمتها، بحيث تعطى القيم المناسبة جدا أعلى قيمة في الوزن (5)، وغير المناسبة تأخذ الوزن الأقل قيمة (1).

وقد اعتمدت الباحثة على دراسة (Njiru، 2015م) لتصنيف المعايير وفق مقياس موحد من (1) إلى (5) وفيما يلي استعراض تصنيف السبع معايير:

1- انحدار السطح

يعتمد اختيار الموقع المناسب للسدود على درجة انحدار السطح، فكلما كانت درجة انحدار السطح بسيطة كان ذلك أفضل، ووفقاً لدراسة (Njiru، 2015م) فقد تم تصنيف درجة انحدار السطح في الجدول رقم (8) وتم بعد ذلك إعادة تصنيف خريطة الانحدار من (1) إلى (5) للحصول على خريطة خلوية كما هو مبين في الشكل رقم (12)، حيث يشير رقم (1) إلى شدة الانحدار ورقم (5) الى الانحدارات الضعيفة.

جدول (8) رتب نسبة الانحدار

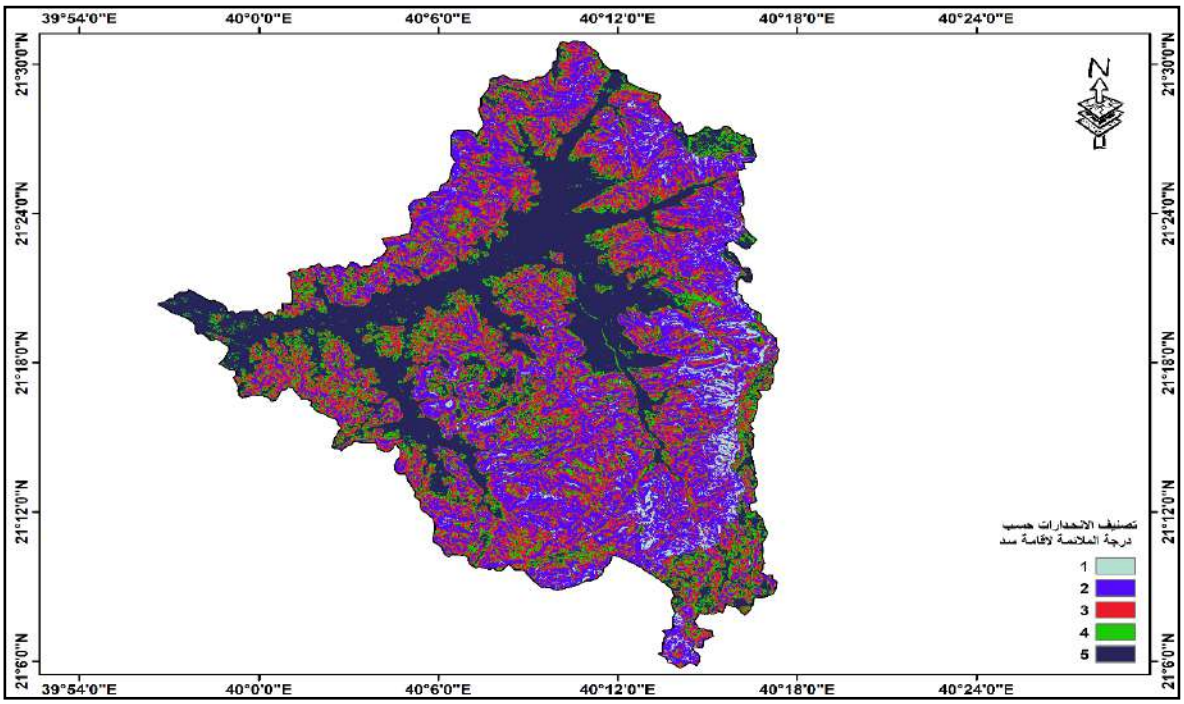
نسبة الانحدار	الرتبة
9 – 0	5
16 – 9.1	4
25 – 16.1	3
40 – 25.1	2
92 – 40.1	1

2- العوامل الجيولوجية

تساهم التركيبة الجيولوجية في تحديد الموقع المناسب لبناء السدود، فكلما كانت الطبقة الجيولوجية سميكة وصلبة كلما زادت في تماسك السد والحفاظ على المياه، والجدول رقم (9) يوضح رتب الطبقات الجيولوجية والتي تم إعادة تصنيفها في الشكل رقم (13) انطلاقا من الطبقات الجيولوجية المكونة لمنطقة الدراسة.

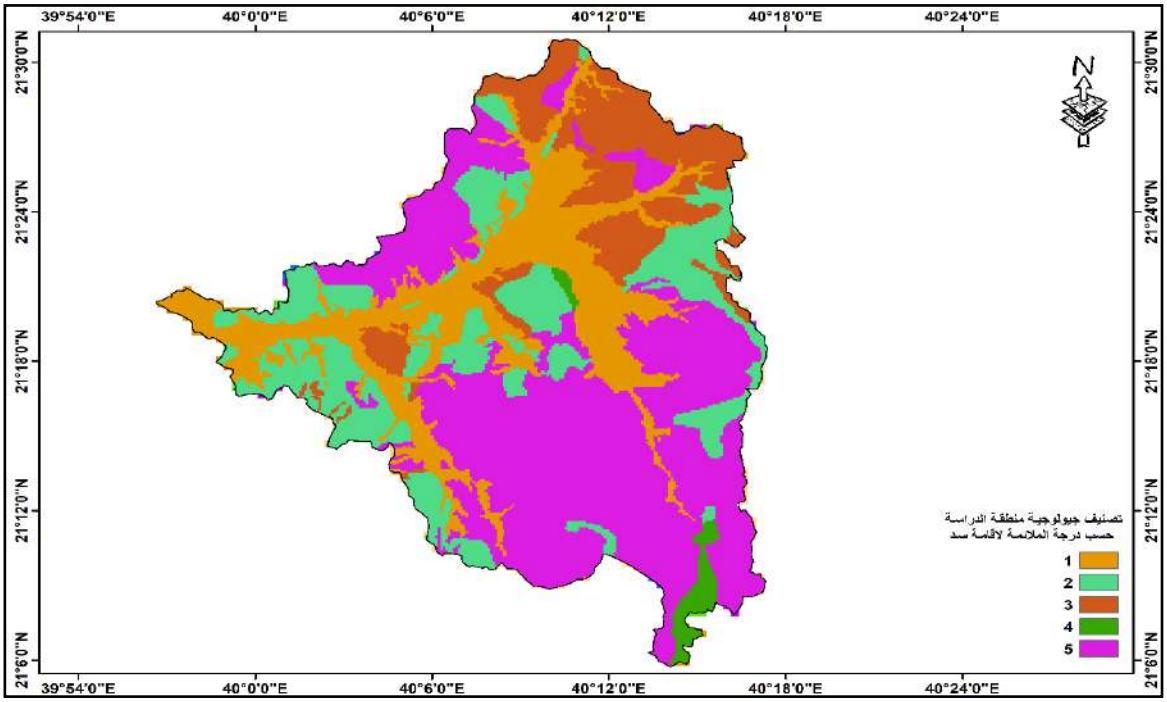
جدول (9) رتب القاعدة الصخرية

نوعية الصخور	الرتبة
النيس البيوتيتي	5
الامفيبولايت وصخور الشست	4
طبقات البيوتيت الضخمة	3
بيوتيت	2
رسوبيات رملية	1



شكل رقم (12) تصنيف الانحدارات حسب درجة الملائمة لإقامة سد في منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على هيئة المساحة الجيولوجية



شكل رقم (13) تصنيف جيولوجية منطقة الدراسة حسب درجة الملائمة لإقامة سد

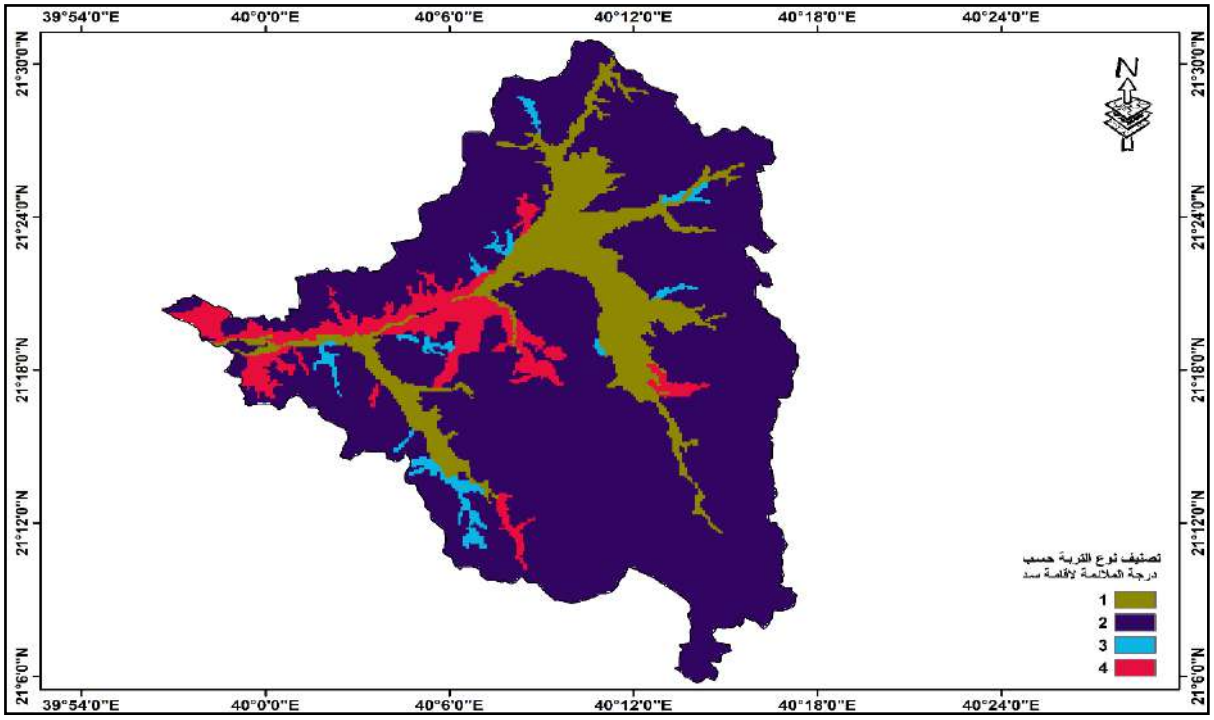
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على هيئة المساحة الجيولوجية

3- نوعية التربة:

تعتبر نوعية التربة عاملاً مهما في التقليل أو الزيادة من نسبة تسرب المياه لجوف الأرض، فكلما كانت الجزيئات متباعدة كانت النفاذية عالية وبالتالي ارتفاع تسرب المياه وكلما كانت الجزئيات متقاربة كالتربة الطينية كلما قلت النفاذية وبالتالي قلت نسبة تسرب المياه. ويوضح جدول رقم (10) تصنيف التربة حسب نوعيتها التي تعكس مدى نفاذيتها ويبين الشكل رقم (14) تصنيف التربة من 1 الى 4، حيث تأخذ التربة ذات النفاذية العالية الرقم (1) والتربة ذات النفاذية الضعيفة جدا الرقم (4).

جدول (10) رتب نوعية التربة

نوعية التربة	الرتبة
طيني جداً	5
طيني	4
طمي	3
رملي	2
رملي جداً	1



شكل رقم (14) تصنيف نوع التربة حسب درجة الملاءمة لإقامة سد في منطقة الدراسة

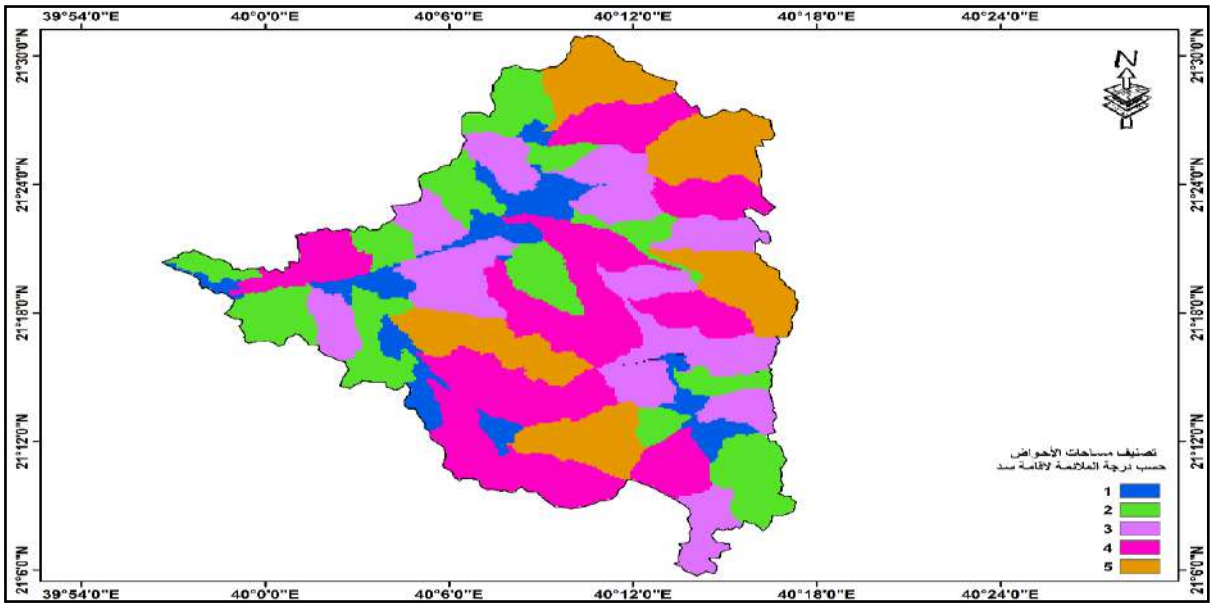
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على هيئة المساحة الجيولوجية

4- مساحة أحواض التصريف

يساهم حجم الحوض في تحديد كمية المياه التي سيتم تخزينها في السد وبالتالي يعتبر من العوامل المهمة عند اختيار موقع انشاء السد. ويتم من خلال تحديد مناطق تجمع المياه السطحية في منطقة الدراسة، ويوضح الجدول رقم (11) مساحة الأحواض من ثم رتبها حيث يمثل الرقم (1) الأحواض الصغيرة والرقم (5) الأحواض ذات المساحات الكبيرة ويمثل الشكل رقم (15) التمثيل الشبكي لإعادة تصنيف المساحات حسب الرتب.

جدول (11) رتب مساحات أحواض التصريف

مساحة تجمعات المياه	الرتبة
أكثر من 24 كم2	5
14.1 كم2 – 24 كم2	4
8.1 كم2 – 14 كم2	3
3.1 كم2 – 8 كم2	2
0.45 كم2 – 3 كم2	1



شكل رقم (15) تصنيف مساحة الأحواض حسب درجة الملاءمة لإقامة سد في منطقة الدراسة

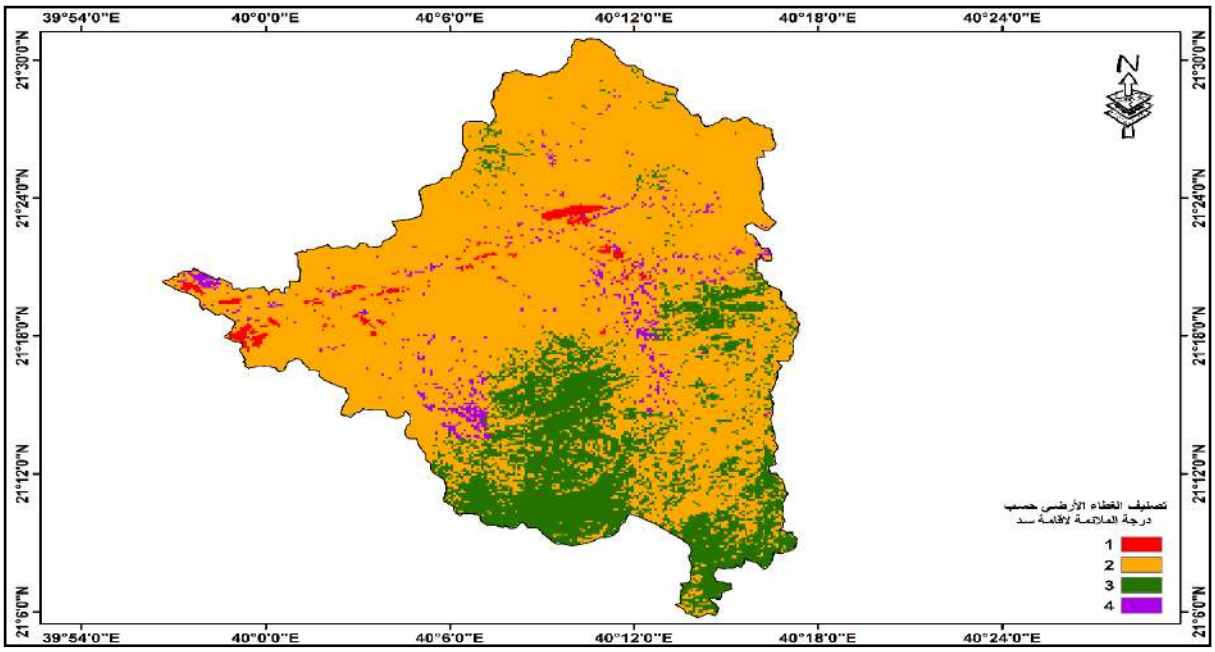
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على هيئة المساحة الجيولوجية

5- **الغطاء الأرضي:**

يعد الغطاء النباتي من العوامل التي تساهم في الحفاظ على التربة من الانجراف، فالغطاء الأرضي المعرض لتآكل تربة بشكل أقل يساهم في تحديد الموقع المناسب للسدود، وذلك من خلال تحديد الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، والجدول رقم (12) يصنف أنواع النباتات ورتبها في الشكل رقم (16)، فالرقم (1) يشير إلى كثرة الغطاء النباتي والرقم (4) يمثل قلة الغطاء النباتي.

جدول (12) رتب الغطاء الأرضي

تصنيف الغطاء الأرضي	الرتبة
المزارع	4
الغابات	3
أرض فضاء	2
العمران	1



شكل رقم (16) تصنيف الغطاء الأرضي حسب درجة الملائمة لإقامة سد في منطقة الدراسة

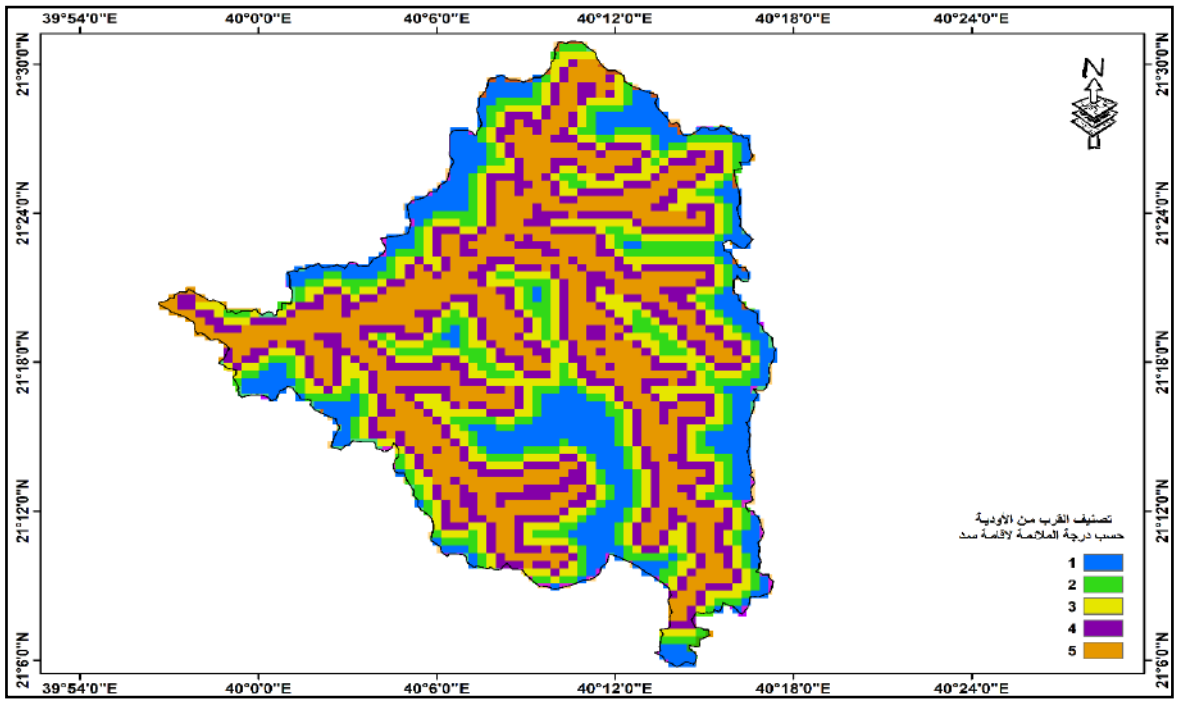
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على هيئة المساحة الجيولوجية

6- القرب من الأودية:

يساهم القرب من الأودية في جمع أكبر قدر ممكن من المياه السطحية الجارية، خاصة من الفروع إلى المجرى الرئيسي للوادي، فكلما اقترب السد من الوادي كلما ساهم في جمع قدر أكبر من المياه، فيجبذ ألا يبعد السد مسافة أكثر من (1000م) من الوادي، ويوضح **الجدول رقم (13)** المسافة من الأودية والتي تم تمثيلها خرائطياً في **الشكل رقم (17)**، حيث يشير الرقم (1) إلى أبعد المسافات عن الوادي ويمثل الرقم (5) أقرب المسافات من الوادي.

جدول (13) رتب القرب من الأودية

مسافة القرب من الأودية	الرتبة
0كم – 0.5كم	5
0.6كم – 1.0كم	4
1.1كم – 1.5كم	3
1.51كم – 2.0كم	2
2.1كم وأعلى	1



شكل رقم (17) تصنيف القرب من الأودية حسب درجة الملائمة لإقامة سد في منطقة الدراسة

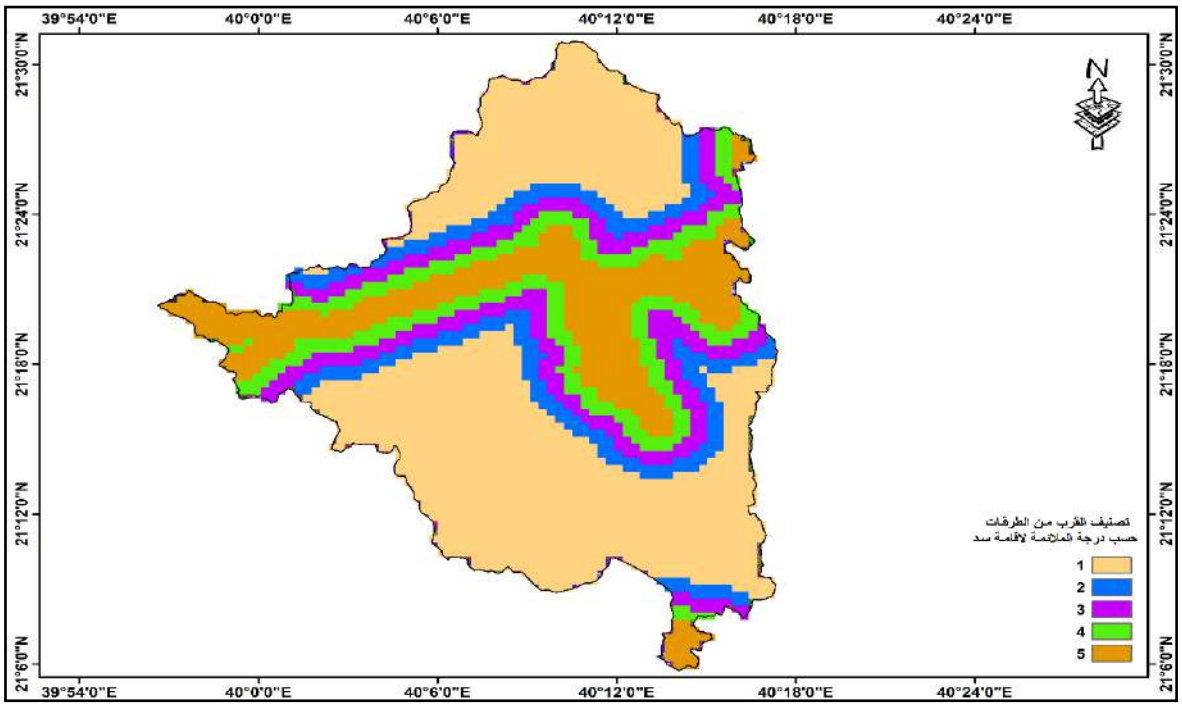
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على هيئة المساحة الجيولوجية

7- القرب من الطرق

يساهم الاقتراب من الطرق على سرعة الوصول إليها للاستفادة من المياه وصيانة السد بشكل دوري، فكلما اقترب السد من الطرق كلما ساهم في الوصول إليه بشكل أسرع، فيحبذ ألا يتجاوز مسافة الطرق عن السد (1000م)، والجدول رقم (14) يوضح المسافة بالكيلومتر للاقتراب من الطرق على الشكل رقم (18)، حيث يشير الرقم (1) إلى بعد المسافة عن الطرق ويمثل الرقم (5) إلى قرب المسافة من الطرق.

جدول (14) رتب القرب من الطرق

مسافة القرب من الطرق	الرتبة
0كم – 1.0كم	5
1.1كم – 2.0كم	4
2.1كم – 3.0كم	3
3.1كم – 4.0كم	2
4.1كم وأعلى	1



شكل رقم (18) تصنيف القرب من الطرقات حسب درجة الملائمة لإقامة سد في منطقة الدراسة

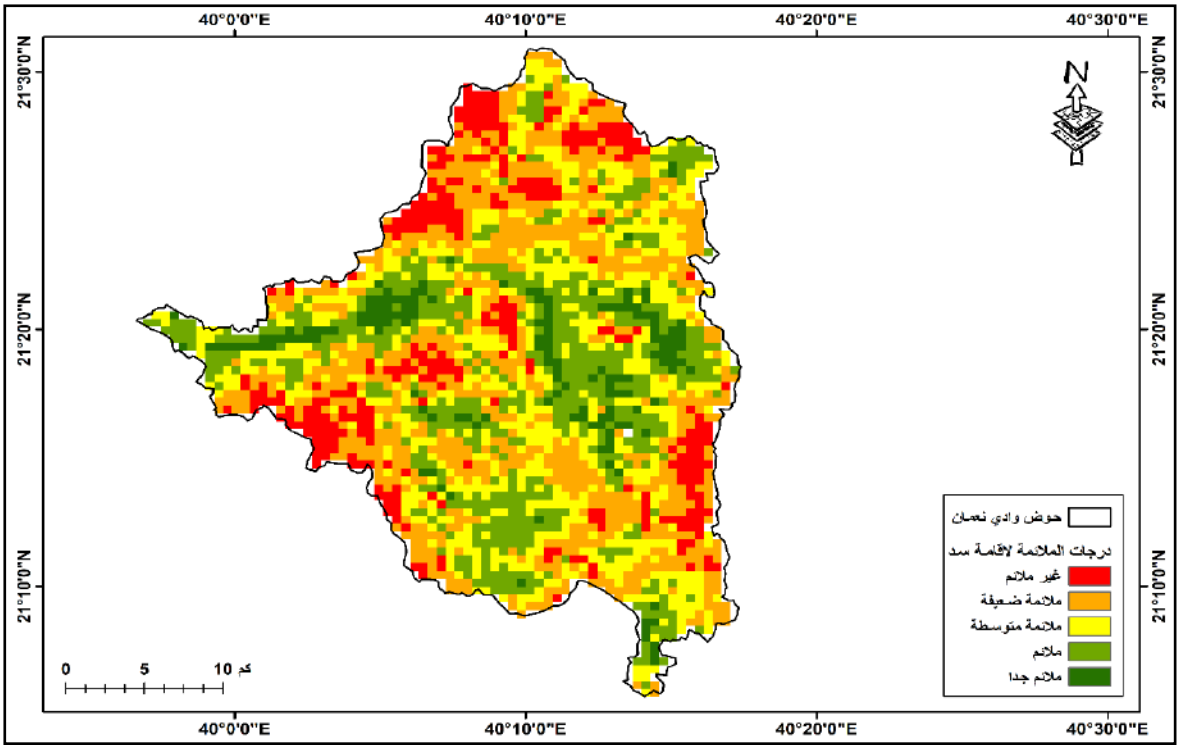
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على هيئة المساحة الجيولوجية

سابعاً-تراكب خرائط المعايير الموزونة

شملت هذه العملية ترجيح العوامل المضروبة في أوزان كل منها على النحو المبين في جدول رقم (15) وقد تم ذلك باستخدام أداة (Raster Calculator) المتاحة في امتداد (Spatial Analyst). وكان الغرض هو الحصول على جمع أوزن كل المعايير المساهمة، لإنتاج خريطة الملاءمة. وكانت المدخلات جميع الطبقات التي أعيد تصنيفها على سلم موحد من (1) إلى (5)، حيث يمثل الصنف الذي يأخذ القيمة (5) الصنف الأكثر ملائمة. باستخدام أداة المجموع المرجح (Weighted Sum) في امتداد (Spatial Analyst)، حيث يتم ضرب كل مدخل في وزنه ومن ثم جمع هذه المدخلات للحصول على خريطة الملاءمة النهائية شكل رقم (19).

جدول (15) المعايير وأوزانها

المعايير	الوزن
الانحدار	0.3629
الطبقات الجيولوجية	0.2924
نوعية التربة	0.1368
حجم الحوض	0.1057
الغطاء الأرضي	0.0460
القرب من الاودية	0.0308
القرب من الطرقات	0.0254



شكل رقم (19) خريطة الملائمة المكانية لإنشاء السدود

المصدر: إعداد الباحثة

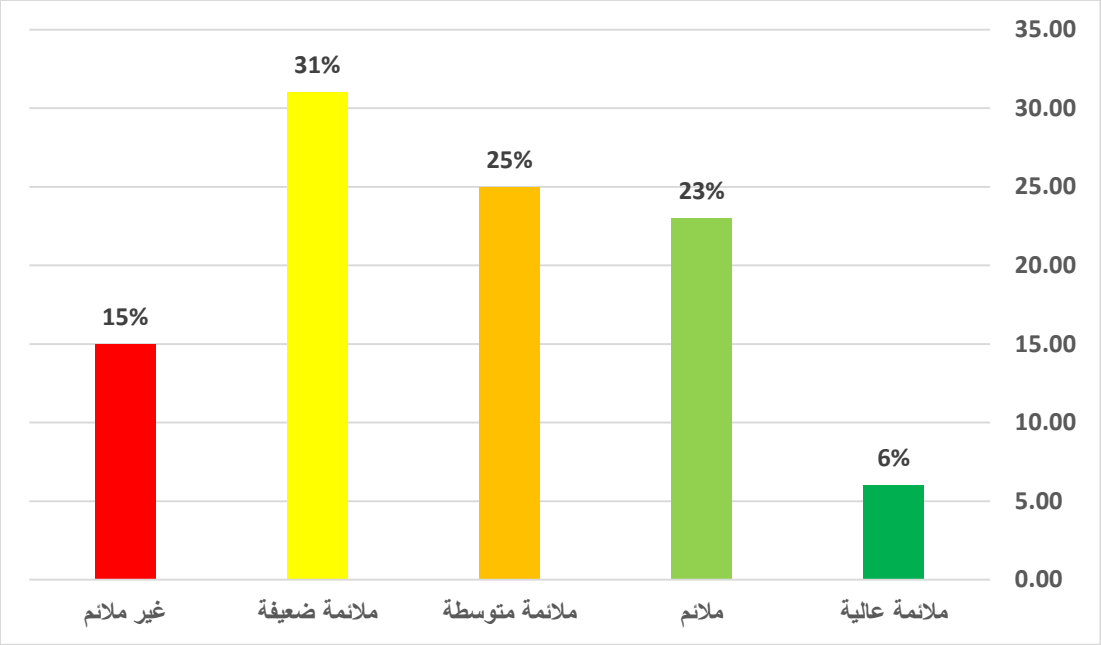
4- نتائج الدراسة ومناقشتها.

1- تحليل النتائج

أنتجت خريطة الملائمة التي تحدد المواقع المناسبة لبناء سد في حوض وادي نعمان كما هو مبين في **شكل رقم (19)**. ويبين **جدول رقم (16)** مساحة النطاق الذي تغطيه كل درجة من درجات الملائمة ويوضح الرسم البياني النسب المئوية لمختلف مستويات الملاءمة **شكل رقم (20)**. وقد أعيد تصنيف خريطة الملائمة إلى خمس فئات مختلفة الألوان .حيث يمثل اللون الأخضر الغامق النطاق الأكثر ملائمة لبناء السدود فيما يتعلق بالمعايير المدروسة (الانحدار، الجيولوجيا، التربة، حجم الاحواض استخدامات الارض والقرب من الأودية والقرب من الطرق)، أما الأخضر الفاتح فيمثل نطاقاً ملائماً، في حين يمثل اللون الأصفر مواقع ذات ملائمة متوسطة، أما النطاقات البرتقالية تمثل مناطق منخفضة الملائمة في حين أن المناطق الحمراء تمثل مناطق غير مناسبة لبناء السدود.

جدول رقم (16) النسبة المئوية للمساحات في حوض وادي نعمان حسب درجات الملائمة

درجة الملائمة	المساحة (م2)	النسبة المئوية (%)
ملائمة عالية	47246516.41	6
ملائم	185486242.91	23
ملائمة متوسطة	201250253.65	25
ملائمة ضعيفة	252125233.44	31
غير ملائم	104636713.27	15

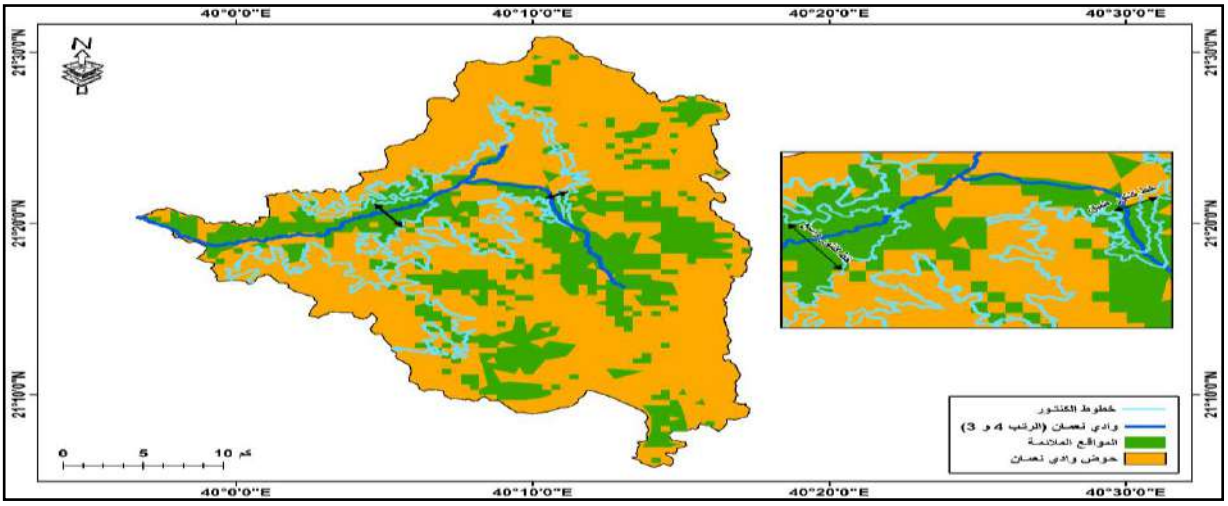


شكل رقم (20) النسبة المئوية للمساحات في حوض وادي نعمان حسب درجات الملائمة

المصدر: إعداد الباحثة

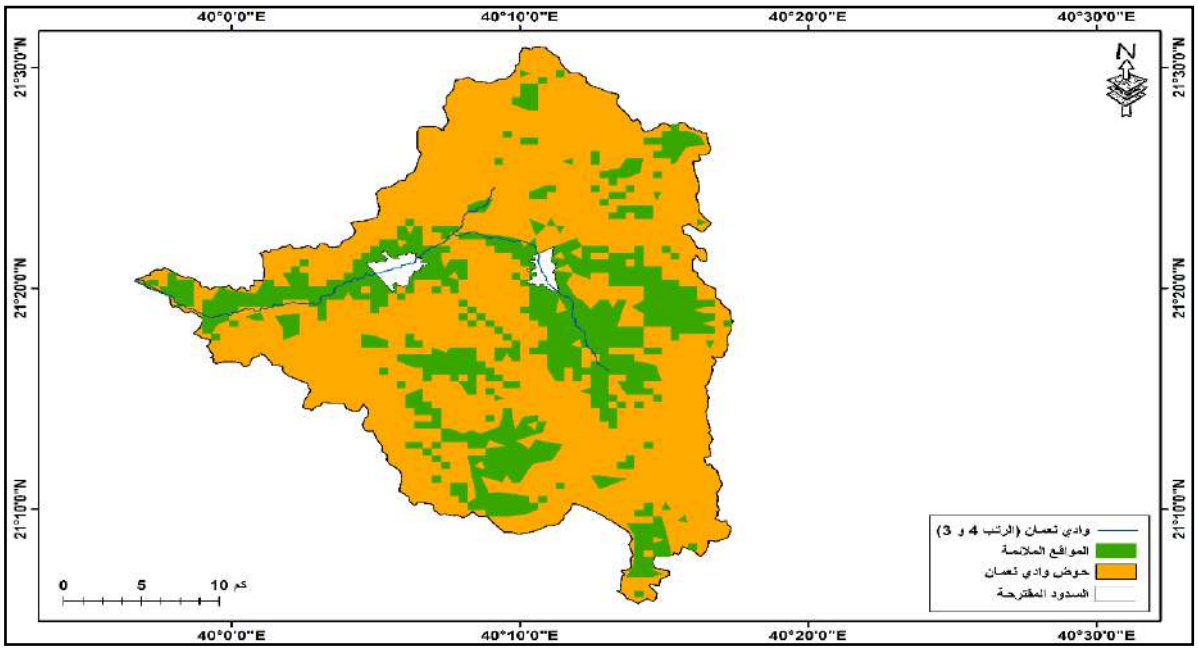
وصنفت مواقع الملائمة على أساس دمج جميع المعايير المدروسة كما تظهرها خريطة شكل رقم (19)، وتظهر المنطقة الشمالية الغربية مستويات ملائمة منخفضة إلى غير ملائمة. أما الجزء الجنوبي الغربي والجزء الجنوبي الشرقي فيتميز بمستويات ملائمة عالية. وأظهرت نسبة (6 %) من إجمالي مساحة الدراسة مستويات ملائمة عالية، و(23%) ملائمة و(25%) ذات ملائمة متوسطة بينما كانت نسبة (31%) ذات ملائمة ضعيفة و(15%) غير ملائمة لبناء السدود.

وقد تم اقتراح موقعين لإنشاء السدود في المساحات الملائمة تبلغ مساحتهما (2.8 كم^2) (على وادي المجاريش) و (3.5 كم^2)(على وادي انعمان). وكان الموقع الأكبر هو الأكثر توصية نظراً لكبر حجمه شكل رقم (21) وشكل رقم (22).



شكل رقم (21) خطوط الكنتور التي تحدد حدود السدود المقترحة

المصدر: إعداد الباحثة



شكل رقم (22) السدود المقترحة في منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحثة

توصيات الدراسة ومقترحاتها.

1- الاستفادة من دمج تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الهرمي في تحقيق أهداف الدراسات الجغرافية، ووضع ترتيب ثابت للمعايير حسب أهميتها من قبل الخبراء والباحثين وتعميمها على كافة الدراسات المشابهة.

2- ينبغي في المستقبل استخدام نموذج ارتفاع رقمي ذو دقة عالية مثل LiDAR DEM وذلك لزيادة دقة النتائج .حيث يمكن أن تصل درجة إلى متر واحد وبارتفاع متر واحد.

3- ينبغي أن تتضمن الدراسات المقبلة تحليلاً أكثر شمولية لحساب الجريان السطحي لتحديد كمية المياه المتوقعة تعبئتها في السد.

قائمة المراجع

أولاً-المراجع بالعربية:

- البلوشي، شاهينة (2008م) الزراعة بحوض وادي نعمان بمنطقة مكة المكرمة من عام 1390هـ -1426هـ، رسالة ماجستير، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
- بني حمد، عمار ومحمد، صفي (2019م) استخدام نظم المعلومات الجغرافية لاختيار أنسب المواقع للسدود في الجزء الشمالي الغربي من الأردن، رسالة ماجستير، جامعة آل البيت، الأردن.
- شرف، محمد (2011م) جيولوجيا المياه والهيدروكيمياء لنظام طبقة المياه الجوفية في وادي النعمان، مجلة علوم المياه، مجلد 35، عدد 52.
- الشنطاوي، غادة (2006م) تحديد أفضل المواقع لمشاريع الحصاد المائي (السدود والحفائر) في منطقة البادية شمالية الشرقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، جامعة آل البيت، الأردن.

- الغامدي، سعد سعيد (2009م) تطبيق تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاطر التعرية المائية في حوض وادي نعمان بوسائل تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة المصرية للتغير البيئي، مجلد 1، عدد 1.
- غباشي، محمد والقرني، منصور (2008م) المسح المغناطيسي الأرضي عالي الدقة (HRGM) لتحديد الموقع الأمثل للسد الجوفي في وادي النعمان، مجلة جامعة الملك عبد العزيز: علوم الأرض، جدة.
- مرزا، معراج والشمراني، صالح (2005م) استنزاف مياه وادي نعمان، الندوة الثامنة لأقسام الجغرافيا، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
- الهيئة العامة للإحصاء (2004م) ملامح رئيسية التعداد العام للسكان والمساكن لعام 1425هـ، الرياض: وزارة الاقتصاد والتخطيط.
- الهيئة العامة للإحصاء (2010م) ملامح رئيسية التعداد العام للسكان والمساكن لعام 1431هـ، الرياض: وزارة الاقتصاد والتخطيط.
- الوقداني، عبد الله (2008م) خصائص الأمطار والجريان السطحي لوادي نعمان، مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية، مجلد 26، عدد 2.

ثانياً-المراجع بالإنجليزية:

- Al-Khawaldeh, Ala'a Reda (2011) The Use of GIS Techniques to Determine the Best Sites for Dams in Amman-Zarqa basin, Degree of Master, Al al-Bayt University, Jordan.
- Choo, Tai Ho and Ahn, SI Hyung and Yang, Da Un and Yun, Gwan Seon (2017) A Study on the Estimating Dam Suitable Site based on Geographic Information using AHP, Pusan National University, Bangkok: Thailand.
- Dai, Xinyi (2016) Dam site selection using an integrated method of AHP and GIS for decision making support in Bortala Northwest China, Degree of Master, Lund University, Sweden.
- Djokic, D (2012) Hydrologic and Hydraulic Modeling with ArcGIS, Esri International User Conference, San Diego, California.
- Dorfeshan, Farid, Heidarnejad, Mohammad, Bordbar, Amin & Daneshian, Hassan, (2014) Locating Suitable Sites for Construction of Underground Dams through Analytic Hierarchy Process, International Conference on Earth, Environment and Life sciences, UAE, Dubai.
- Emiroglu, Emin (2008) Influences on Selection of the Type of Dam, International Journal of Science & Technology, Volume 3, No 2.
- Iftikhar, Saima and Hassan, Zeshan and Shabbir, Rida (2016) Site Suitability Analysis for Small Multipurpose Dams Using Geospatial Technologies, Journal of Remote Sensing & GIS, volume 5, number 2.
- Marinos, P. G., Koukis, G., Tsiambaos, G., & Stournaras, G. (2016). Engineering Geology and the Environment, Edition 3. Netherland: A.A Balkema, Rotterdam.

- Njiru, Fausta Mbura (2017) Hydrological information for Dam site selection by Integrating Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchical Process (AHP), University of Nairobi, Kenya.
- Qureshi, Muhammad Ateeq (2015) Dam/ Reservoir Sites Seleciton Using Remote Remote Sensing and GIS Techniques, Conference Paper Pakistan Space and Upper Atmosphere Research Commission, Karachi: Pakistan.
- Saaty, Thomas (2000) A Scaling Method for priorities in Hierarchical Structures, journal of Mathematical Psychology, volume 234, number 281.
- Saaty, Thomas (2008) Decision making with the analytic hierarchy process, journal of Services Sciences, volume 1, number 1.
- Stephens, Tim (2010) Manual on small earth dams. A guide to siting, design and construction, food and agriculture organization of the united nations, Rome.
- Xu, Chong-yu (2002) Hydrologic Models, Uppsala University, Sweden.

ثالثاً-مواقع الويب

- مقالات هندسية، اختيار موقع السد، تاريخ الدخول 24/ 11/ 2019م من موقع
http://www.engineeringarticles.org/selection-of-dam-site/