تطبيق أسلوب مكارج McHarg لتقييم الملاءمة الجيومورفولوجية في التنمية المستدامة في حوض وادي الحريق بمنطقة الرياض: دراسة حالة

An Application of McHarg's Approach for Evaluating Geomorphological Suitability in Sustainable Development in Wadi Al Hariq Basin, Riyadh Region: A Case Study

صالح بن سالم السباحي

قسم الجغرافيا– كلية العلوم الانسانية والاجتماعية– جامعة الملك سعود

مستخلص عربي:

تهدف الدراسة إلى تحليل الظاهرات الجيومورفولوجية في حوض وادي الحريق بمنطقة الرياض وربطها بالتنمية المستدامة، عبر تطبيق مصفوفة مكارج McHarg Suitability Matrix لتحليل عناصر البيئة. والتي من خلالها يتم دمج المعطيات البيئية والفيزيائية في نموذج تحليلي يهدف إلى تحديد أنسب المناطق للاستغلال وفق معيار الملاءمة البيئية. يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي في دراسة تأثير الخصائص الجيومورفولوجية على البيئية والتنموية، إضافة إلى المنهج الميداني التطبيقي في توثيق الظاهرات الطبيعية وتحليلها في بيئتها المباشرة. وخَلُص البحث إلى عدد من النتائج منها: عدم ملاءمة معظم أراضي الوادي للتنمية يستوجب تخطيطًا دقيقًا لاستغلال الموارد الطبيعية بفعالية، إذ كشف تحليل مكارج أن ٨٠% من مساحة الوادي غير قابلة للتنمية بسبب العوامل البيئية، بينما ٧% فقط مناسبة للمشروعات التنموية، مما يستلزم توجيه الاستثمارات نحو الزراعة الموسمية، والتنقيب المستدام عن المعادن، وإنشاء المحميات البيئية، واستغلال الموارد المائية الجوفية بشكل متزن. كما أظهرت نتائج أسلوب مكارج أن بعض المناطق معرضة لمخاطر فيضانات مرتفعة بسبب الانحدارات الشديدة وسوء التصريف المائي، مما يستدعي بناء سدود أخرى لحصاد المياه وتعزيز البنية التحتية لتصريف السيول. وأوصى البحث بتعزيز التخطيط المكاني القائم على الخصائص الجيومورفولوجية عن طريق توظيف نتائج التحليل الجيومورفولوجي لتوجيه التنمية الزراعية والصناعية نحو المناطق ذات القابلية العالية، وتفادي التوسع في المناطق الهشة بيئيًا. وتطبيق أسلوب مكارج على مشاريع للتنمية المستدامة قائمة حالياً في مجال التنمية المستدامة، وذلك لتقييم مدى ملاءمتها البيئية اعتمادًا على عناصر المصفوفة، مع إجراء مقارنات منهجية بين نتائج هذا التقييم ونتائج مستخلصة من مصفوفات تقييم أخرى أو دراسات ذات صلة.

الكلمات المفتاحية: التنمية المستدامة، الظاهرات الجيوموروفولوجية، السياحة البيئية، المؤشرات الهيدرولوجية، التعرية والتجوية، هضبة طويق، أسلوب مكارج.

Abstract:

This study aims to analyze the geomorphological features of the Wadi Al-Hariq basin, located in the Riyadh Region, and examine their relationship to sustainable development through the application of the *McHarg Suitability Matrix* for environmental element analysis. This model integrates environmental and physical data into an analytical framework designed to identify the most suitable areas for land use based on environmental suitability criteria. The research adopts a descriptive-analytical approach to assess the influence of geomorphological characteristics on environmental and developmental dimensions, in addition to a field-based applied methodology to document and analyze natural features in their immediate context. The study yielded several key findings, most notably that the majority of the basin's land is unsuitable for development, which necessitates precise planning to effectively utilize natural resources. The McHarg analysis revealed that 80% of the basin's area is environmentally unsuitable for development, while only 7% is deemed suitable for developmental projects. This indicates a need to direct investments toward seasonal agriculture, sustainable mineral exploration, the establishment of environmental reserves, and the balanced utilization of groundwater resources. Moreover, the McHarg method indicated that certain areas are at high risk of flooding due to steep slopes and poor drainage, highlighting the urgent need to construct additional water-harvesting dams and to strengthen flood drainage infrastructure. The study recommends enhancing spatial planning based on geomorphological characteristics by utilizing the results of geomorphological analysis to guide agricultural and industrial development toward highly suitable areas while avoiding expansion into environmentally fragile zones. It further recommends applying the McHarg method to currently existing sustainable development projects to evaluate their environmental suitability using the matrix elements, along with

conducting systematic comparisons between the outcomes of this evaluation and those derived from other assessment matrices or related studies.

Keywords: Sustainable development, geomorphological features, eco-tourism, hydrological indicators, erosion and weathering, Tuwaiq Plateau, Mcharg analysis.

مقدمة:

تُعد التحديات البيئية والإقليمية المعاصرة من أبرز المحركات التي أعادت تسليط الضوء على أهمية نموذج مكارج في التخطيط البيئي، خاصةً فيما يتعلق بدمج المعطيات الطبيعية ضمن استراتيجيات التنمية. وتبرز هذه الأهمية بشكل خاص في البيئات الحضرية والمناطق الطرفية، حيث تتقاطع قضايا النمو السكاني، وتوسّع البنية التحتية، وتغير المناخ، مع مفاهيم العدالة الاجتماعية والبيئية. وقد ساهم نموذج مكارج في تقديم إطار شمولي للتخطيط البيئي يأخذ في الاعتبار تفاعل العناصر الطبيعية والأنظمة البشرية على نحو متكامل، ويوفر أدوات علمية لتحديد مدى ملاءمة استخدامات الأراضي المختلفة، انطلاقاً من الأسس الجيومورفولوجية والبيئية. و"لقد كانت الأساليب المستخدمة في تحديد المواقع المناسبة للتنمية بمثابة خروج واضح عن التخطيط القائم على تعزيز النمو الاقتصادي، حيث كانت تُسند هذه الدراسات إلى تخصصات محددة كالجيولوجيا، والبيدولوجيا، والهيدرولوجيا، وعلوم الهندسة إلى أن أسس مكارج في مؤلفاته أسلوباً جديداً لحماية الأراضي الزراعية والحد من الزحف العمراني عليها. ودعا إلى التركيز على العدالة الاجتماعية، والعدالة البيئية، واستدامة البيئة المبنية؛ لتوفير المزيد من المساكن ذات الأسعار المعقولة، وتخطيط مدن وضواحٍ أكثر مرونة وصحية، ومتعددة الاستخدامات، يُراعى فيها طرق المشاة، وذات تصاميم مدنية تعتمد على النقل الجماعي للحد من الاحتباس الحراري، والانبعاثات الغازية" (Daniels, 2018).

إن التحليلات الجغرافية ما هي إلا حصيلة تفكير عميق، بحيث يمكن أن يدفع المعنيين لتحمل مسؤولياتهم من خلال المعرفة التي تقودهم إلى أن يصبحوا أعضاءً أكثر نشاطًا في بيئاتهم. وهذا ما وصفه إديلسون (Edelson, 2011) بأنه "محو الأمية الجغرافية" والذي يتطور ليؤدي إلى نمو "قدرات جغرافية" يمكن أن تحقق نتائج جيدة في مجال إدارة موارد البيئة. ويواجه الجغرافيون اليوم تحديات في اكتشاف الروابط المتعددة والمعقدة بين الطبيعة والمجتمع، وإدراك أهمية المناظر الطبيعية، وكيفية تطويع أو استغلال مكوناتها المتنوعة في المجالين المادي والبشري في تحصيل عوائد في المجيلان الاجتماعية، والاقتصادية، والسياسية، والثقافية، وهذا ما أشار إليه أيضاً لاف وآخرون (Lave, et al., 2014) بعبارة "الجغرافيا الطبيعية الحرجة". ومع ذلك يجب أن يكون هذا أكثر من مجرد تعاون بين الجغرافيين البشريين والطبيعيين في المشكلات ذات الاهتمام المشترك. والمناظر الطبيعية الاجتماعية الطبيعية الحيوية هي في الواقع نِتـاج علاقات قوة غير متكافئة، كما هي في الهيدرولوجيا والبيئة وتغير المناخ (المرجع السابق، ص ٢). وهذا ما أكده الوليعي (٢٠١٠) بعبارة "إن الجغرافي هو أقدر الناس على تطبيق مثل هذا الأسلوب فهو أسلوب جغرافي يأخذ ببعض منطلقات إيكولوجية المورد المستغل".

مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في غياب منهجية علمية متكاملة لتوجيه استغلال الموارد الجيومورفولوجية الطبيعية بحوض وادي الحريق، بما يحقق التوازن بين متطلبات التنمية الاقتصادية، ولا سيما السياحة البيئية، وبين ضرورات الحفاظ على النظام البيئي المحلي. فعلى الرغم من تنوع الظواهر الجيومورفولوجية بالمنطقة، وامتلاكها مقومات طبيعية ذات طابع جمالي وجذب سياحي، إلا أن هذا التنوع لم يُستثمر بعد بطريقة منهجية تضمن الاستفادة من العوائد الاقتصادية دون المساس باستدامة البيئة. ويُعد تطبيق أسلوب –أو مصفوفة– مكارج (McHarg Suitability Matrix) أحد الأساليب الفعالة في توجيه القرار التنموي، من خلال دمج المعطيات البيئية والفيزيائية في نموذج تحليلي يهدف إلى تحديد أنسب المناطق للاستغلال وفق معيار الملاءمة البيئية.

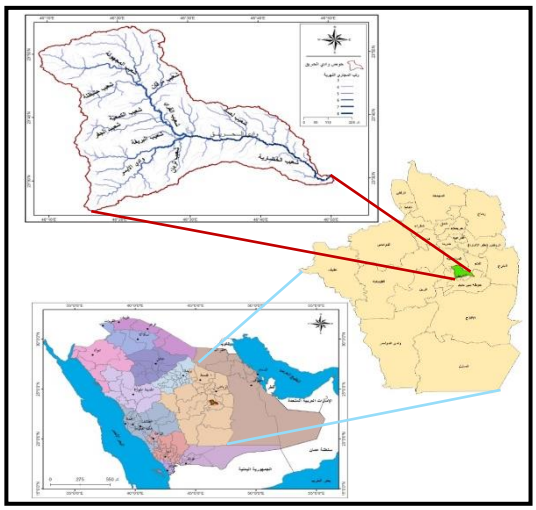
مبررات اختيار موضوع منطقة الدراسة:

١. يتميز حوض وادي الحريق بتعدد الظاهرات الجيومورفولوجية، مثل السهول الفيضية، والتكوينات الرسوبية، والكويستا، والكتوف المائلة، مما يجعله نموذجًا مناسبًا لتطبيق أدوات التحليل المكاني البيئي مثل نموذج مكارج.
٢. تمتلك المنطقة خصائص طبيعية ذات جاذبية بصرية وسياحية عالية، ما يجعلها مؤهلة لتكون محورًا للتنمية السياحية البيئية المستدامة، ويستدعي دراسة إمكاناتها بأسلوب علمي يضمن المحافظة على توازنها البيئي.
٣. يُعد الحوض من المناطق المستهدفة ضمن نطاقات التنمية الوطنية لرؤية السعودية ٢٠٣٠، ويقع في موقع جغرافي متوسط بين عدد من المراكز الحضرية، مما يمنحه أولوية في عمليات التخطيط البيئي والإقليمي.
٤. في ظل ما تشهده المنطقة من أنشطة تنموية وزراعية، تبرز الحاجة إلى أدوات تقييم علمية تساعد على توجيه استغلال الموارد بشكل متوازن، يضمن استدامتها ويحافظ على وظائفها البيئية والاقتصادية.
٥. بالرغم من الأهمية المتزايدة لنموذج مكارج في تقييم الإمكانات الجيومورفولوجية للتنمية المستدامة، إلا أن توظيفه في البيئات شبه الجافة، وخصوصًا في المملكة العربية السعودية، لا يزال في بداياته من حيث الاستخدام المنهجي الموسّع. ويهدف هذا البحث إلى الإسهام في تطوير الاستخدام المحلي لهذا النموذج، وتوسيع تطبيقاته على السياق البيئي والسياحي في حوض وادي الحريق.

موقع حوض وادي الحريق:

يقع حوض وادي الحريق ضمن الحدود الإدارية لمحافظة الحريق، وهي إحدى المحافظات التابعة لمنطقة الرياض، الواقعة في الجزء الجنوبي الغربي لمدينة الرياض، بين خطي طول: "٤٠ '٨ °٤٦ و "٤٠ '٥٠ °٤٦ شرقاً، ودائرتي عرض: "٥٧ '٢٨ °٢٣ و "٢١.٢٩ '٥٤ °٢٣ شمالاً، (الشكل ١). ويحد وادي الحريق من الشمال حوض وادي وثيلان، ومن الجنوب وادي مطعم. أما المحافظات فهي من الشمال إلى الغرب: الدلم والمزاحمية والرين، أما من الجنوب فيحده محافظة الأفلاج ومن الشرق محافظة حوطة بني تميم. وأما محافظة الحريق – منها أخذ الوادي اسمه – فهي إلى الشمال مباشرةً من محمية الوعول الواقعة ضمن حوض وادي مطعم.

شكل (١) موقع حوض وادي الحريق



المصدر: عمل الباحث استناداً إلى قاعدة بيانات وزارة الصحة ٢٠٢٠ ونموذج الارتفاعات الرقمية DEM

أسئلة الدراسة:

١. كيف يُمكن لنموذج مكارج أن يوجّه التنمية في ضوء معايير الملاءمة البيئية والاقتصادية؟
٢. ما مدى قابلية هذه الخصائص للاستثمار السياحي والاقتصادي دون الإضرار بالبيئة؟
٣. ما أولويات مناطق التنمية داخل الحوض وفق تصنيف درجات الملاءمة في المصفوفة؟

أهداف الدراسة:

١. تطبيق نموذج مكارج (McHarg Suitability Matrix) لتقييم درجات الملاءمة البيئية لمناطق الدراسة وتوجيه استخداماتها المستقبلية.
٢. تحديد مدى ملاءمة الظاهرات الجيومورفولوجية للاستثمار السياحي والاقتصادي باستخدام أدوات تحليل مكانية وجغرافية تعكس الاستغلال الأمثل للموارد وفقًا لأولويات التنمية المستدامة.

أهمية الدراسة:

١. تقديم نموذجًا تطبيقيًا لاستخدام المنهج الجغرافي التحليلي من خلال نموذج مكارج، مما يعزز من الأدوات العلمية المستخدمة في توجيه التنمية وفق معايير الاستدامة البيئية.
٢. الإسهام في حماية النظم البيئية الحساسة من الاستغلال العشوائي، عبر توجيه التنمية نحو المناطق ذات الملاءمة العالية، وتحييد المناطق ذات الحساسية البيئية.
٣. تقييم فرص الاستثمار البيئي والسياحي في حوض وادي الحريق، من خلال إبراز الموارد الطبيعية القابلة للتنمية، مما يدعم تحقيق مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠ في جانب السياحة البيئية والتنمية المستدامة.

الإطار النظري:

يعتبر أسلوب مكارج من الأساليب التي تعتمد في مدخلاتها على الإنسان والبيئة. وقد بنى مكارج أسلوبه الهندسي البيئي على الاعتقاد "بأن الإنسان والبيئة لا ينبغي اعتبارهما منفصلين، بل مرتبطين، وأن الإنسان يعتمد على الطبيعة، وينبغي عليه أن يحافظ على العناصر الأساسية فيها من أجل استمرار بقائه وموارده. وقد سبقه ليوبولد Leopold في ذكر قيم الأرض land ethic إذ يعتقد ليوبولد أن جميع القيم تقوم على فرضية واحدة، وهي أن الفرد عضو في مجتمع من عدة أجزاء تعتمد بعضها على بعض. وهو يتنافس في المجتمع مدفوعاً بما له من غرائز، ولكنه يجد نفسه مدفوعاً للاندماج في المجتمع تحت تأثير قيمه (ولربما كان ذلك كي يجد مكاناً يتنافس من أجله)، وقيمة الأرض توسع حدود المجتمع ليضم التربة والماء والنبات والحيوان، أو تضم هؤلاء جميعاً في كلمة واحدة هي الأرض. وقد تطور أسلوب مكارج من خلال دراسات متنوعة حتى صار مجموعة متجانسة نسبياً تضم إجراءات لجرد الموارد وتفسيرها (الوليعي، ٢٠١٠، ص ٢٣٢). ويعد نموذج مكارج شائعاً في الأوساط الجغرافية بشكلٍ عام دون الإشارة إلى ذلك؛ لأن الجغرافيا تعتمد على دراسة العلاقات وتأثيراتها على المتغيرات المختلفة. ولكن ما استطاع مكارج أن ينشئه هو أن يربط عناصر البيئة في مصفوفات سهلة تناسب المجتمع بكل فئاته، العلمية والعامية، بحيث دمج عدة طبقات Layers موضوعية ذات مقياس واحدٍ وفي شكل متراكب، فكان المخرج خريطة واحدة Map Overlay بنفس المقياس المدخل. ولكي يسهل فهم واستخلاص المعلومات من الخريطة النهائية وضع بها ثلاثة ألوان تمثل الخلاصة لإمكانية الاستفادة من الموقع من عدمه هندسياً وبيئياً ومجتمعياً في ثلاث فئات: ملائم، غير ملائم، ملائم إلى حدٍ ما. ولعل هذا سبب تطبيقه بشكل واضح في بعض دراسات الهندسة البيئية، وتصاميم البيئة.

الدراسات السابقة:

تعددت الدراسات الأجنبية التي تناولت أسلوب مكارج في التخطيط البيئي، سواء من حيث التأسيس النظري أو الممارسة التطبيقية، وقد شكلت أعمال إيان مكارج (McHarg, 1967) الانطلاقة المركزية لهذا النهج، من خلال مؤلفه الرائد *Design with Nature*، الذي وضع فيه أساسات التخطيط القائم على مواءمة التنمية مع العناصر البيئية الطبيعية، ودمج العلوم الطبيعية ضمن عملية اتخاذ القرار المكاني. وتوسعت الدرسات لاحقًا لتشمل دراسات تفسيرية وتحليلية، من أبرزها دراسة كارلسون (Carlsson, 2018) التي تناولت المنهج البيئي لمكارج من زاوية فلسفة التصميم البيئي، في مجالي العمارة والتخطيط. أما دراسة هندت ودانيالز (Hundt & Daniels, 2018) فتناولت تقييمًا نقديًا لتطبيقات مكارج في المشروع الوطني *The Plan for the Valleys*، وسلطت الضوء على الرؤية التصميمية طويلة الأمد التي حاول مكارج ترسيخها في الممارسة التخطيطية في الستينيات. أما دراسة كوهين (Cohen, 2003) فقدمت قراءة معمقة للمقررات والمنهج الدراسي الذي اعتمده مكارج في جامعة بنسلفانيا، ودوره الريادي في بناء نموذج أكاديمي قائم على دمج المنظورات الإيكولوجية في التخطيط الحضري والإقليمي. وأوضحت الدراسة الكيفية التي ساهم بها هذا النموذج في إعادة تشكيل التفكير التخطيطي نحو رؤية أكثر توازناً بين البيئة والعمران.

وعلى الرغم من القيمة العلمية لهذه الدراسات، إلا أن معظمها اقتصر على التأصيل النظري أو التقييم التاريخي لأسلوب مكارج، دون التوسع في تطبيقه بشكل كمي وخرائطي على أقاليم جغرافية. وتأتي أهمية الدراسة الحالية في تقديمها نموذجًا تطبيقيًا لأسلوب مكارج على حوض وادي الحريق في منطقة الرياض، عبر بناء مصفوفة تحليلية متعددة المعايير، وإنتاج خرائط موضوعية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، وتحليلها لدعم قرارات التخطيط البيئي والتنمية المستدامة، بما يسهم في توسيع الأطر المنهجية لبحوث الجغرافيا التطبيقية والبيئية.

منهجية الدراسة:

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي في دراسة تأثير الخصائص الجيومورفولوجية على البيئة والتنموية، إضافة إلى المنهج الميداني التطبيقي في توثيق الظاهرات الطبيعية وتحليلها في بيئتها المباشرة. وقد تم توظيف نموذج مكارج (McHarg) في تقييم ملاءمة العناصر الجيومورفولوجية لأغراض التنمية المستدامة، من خلال مصفوفة تحليلية تراعي الأبعاد السياحية والبيئية والاقتصادية في منطقة الدراسة.

أسلوب مكارج Mcharg وإيكولوجية الموارد المستغلة في حوض وادي الحريق:

سنبدأ في دراسة منطقة حوض وادي الحريق بتحليل الأبعاد والمعايير الراهنة الإيجابية والسلبية، وما سيجرى فيها والتدابير التي ينبغي اتباعها لحماية مواردها ومزاياها الطبيعية الأساسية، ثم سنعتمد أسلوباً بيئياً لتخطيط استخدام الأرض، بحيث يحدد استخداماً مناسباً لكل جزء من الأرض بمنطقة الحوض. وبحسب الوليعي (٢٠١٠) يوجد ستة عناصر يتطلبها هذا الأسلوب، وهي: حصر النظم البيئية، ووصف العمليات الطبيعية، والتعرف على العوامل المقيِّدة، وإضفاء القيمة، وتحديد المحرمات والمباحات التي ينبغي تعديلها، وتحديد المؤشرات الخاصة بالاستقرار والقلق. ومن خلال الاطلاع على العديد من الدراسات مثل (Rogers, 1968) و(Cohen, 2003)، و(الوليعي، ٢٠١٠)، و(Carlsson, 2018)، وغيرهم يمكن القول إنه لتنفيذ أسلوب مكارج يجب تطبيق خطوتين أساسيتين، وهما الآتيتين:

١. توصيف المواقع بمصفوفة محددة لتنظيم تصميم وهندسة إدارة الموارد بيئياً:

يرى كارلسون (Carlsson, 2018) أن التصنيف بمصفوفة ما هو إلا طريقة لنموذج المحاكاة البيئية لآلية التخطيط الهندسي لاستغلال موارد البيئة، والذي يمكن أن يتطور مع الظروف البيئية، مما يسمح للمستخدمين بدور تشاركي مع بيئتهم؛ ولذا سنعتمد بعد تحليل العناصر الرئيسة لبيئة حوض وادي الحريق على التفسير البشري للمعلومات العلمية وغير العلمية وعلى ترميز هذه التفسيرات في مستويات محددة ترتيبيًا لملاءمة الأبعاد الطبيعية والتي يتم تمثيلها فيما بعد المذكورة في جدول (١) الذي يبين مصفوفة عناصر وموارد البيئة بحوض وادي الحريق. وفي هذه الخطوة سيعتمد الباحث على مصفوفة عناصر البيئة الستة الأساسية والتي تضم كل ما يرتبط بها من عناصر أصغر، حيث يعطي تقييماً لمواقع الاستغلال الأمثل لموارد البيئة في حوض وادي الحريق، بحسب ما سيتم تفصيله لاحقاً.

٢. طريقة دمج الطبقات الأساسية لعناصر البيئة في شكل Layers بمقياس موحد، وصيغة رياضية لاستخلاص الخريطة النهائية التي تقود لاستخلاص النتائج. وفيما يلي الخطوات مفصلة:

أولاً: توصيف المواقع حسب مصفوفة محددة لتنظيم تصميم وهندسة إدارة الموارد بيئياً:

يعتمد أسلوب مكارج على تحليل التكلفة والفائدة من خلال تحديد نموذج لأكبر قيمة اجتماعية بأقل تكلفة بيئية، حيث يشكل الإبداع في جودة التخطيط القوة الدافعة. وهي عملية ذات اتجاه متأصل وتنطبق على كلٍ من الأنظمة الحية وغير الحية. حيث رجّح مكارج أنه إذا كان بإمكان المرء ملاحظة اتجاه عمليةٍ ما، فيمكن أيضًا تحديد ما إذا كانت إبداعية أم لا؟ بحسب معيارية (هل هي "ملائمة" أم لا؟) (McHarg and Steiner, 2006, p54) ضمن الفئات: (ملائمة– ملائمة إلى حدٍ ما– غير ملائمة). وتتمحور خطط الإبداع في القدرة على إيجاد البيئات الأكثر ملاءمة من بين جميع البيئات، وتكييف تلك البيئات مع المطلوب منها؛ لتحديد ما إذا كان الموقف يُظهر "ملاءمة بيئية"، للحكم الجيد على مشاكل التكيف البشري مع البيئة. لقد نظر مكارج إلى علم البيئة على أنه يقدم التحكم في هندسة الأبعاد الطبيعية Landscape Architecture، وتُصوِّر إدارة الموارد الطبيعية والمناظر الطبيعية باعتبارها الجسر المهم بين العلوم الطبيعية ومهن التخطيط والتصميم (McHarg, 1967). وسيتم تطبيق المصفوفة بناءً على العناصر المدروسة على منطقة حوض وادي الحريق.

وبوضع الأبعاد الجيومورفولوجية وأهم العناصر البيئية المؤثرة على البيئة بحوض وادي الحريق في الحسبان سنطبق مصفوفة مكارج عليها، كلاً على حِدة، وعبر تحليل خرائط الملاءمة لكل طبقة من طبقات الملاءمة، وستعطى كل نتيجة قيمة رقمية ومعيارية بحيث تأخذ عبارة ملائم القيمة (١٠) وعبارة ملائم نوعاً ما القيمة (٥) وعبارة غير ملائم القيمة (١)، بهدف تقييم وتصميم الاستغلال الأمثل للموارد البيئية في منطقة الدراسة.

جدول (١) مصفوفة مكارج للعناصر البيئية لهندسة استغلال الموارد البيئية

الحوض	العنصر أو المورد البيئي بحوض وادي الحريق	المصطلح الانجليزي	حوض وادي الحريق		
الفئة			ملائم	ملائم نوعاً ما	غير ملائم
القيمة			١٠	٥	١
١	ملاءمة المناخ	Climate Suitability		√	
٢	ملاءمة الجيولوجيا	Geological Suitability	√		
٣	ملاءمة الجيومورفولوجيا	Geomorphological Suitability	√		
٤	ملاءمة الهيدرولوجيا (مناطق الأخطار الهيدرولوجية)	Hydrological Suitability		√	
٥	ملاءمة التنمية السكانية	Population development suitability		√	
6	ملاءمة الموارد السياحية للترفيه	Entertainment Suitability		√	
7	ملاءمة التنمية الحضرية:	Urban development suitability:			√
8	أ. ملاءمة التنمية العمرانية	Urban Development Suitability			√
9	ب. ملاءمة الصناعة والتجارة	Industry and Trade Suitability		√	
10	ملاءمة للغابات (ملاءمة الوفرة المائية وعيون وادي الحريق لوجود النبات والمسطحات الخضراء)	Water availability suitability for green plant growth			√
11	ملاءمة الزراعة	Agriculture Suitability		√	
12	ملاءمة الحيوانات وتنوعها	Animals Suitability			√
المجموع			٢٠	٣٠	٤

ويعتمد تقييم المصفوفات في الجدول السابق على عددٍ من الأساليب، إضافةً إلى استخدام معايير دقيقة وبيانات موضوعية، وهي انعكاس لتحليل مخرجات خرائط الملاءمة في هذا البحث، بحسب التفصيل التالي:

- جمع البيانات لكل عنصر من المصفوفة: التحقق الميداني يسمح بجمع معلومات مباشرة حول الظروف المحلية، مثل التضاريس، والموارد الطبيعية المتاحة، والسكان، والحرف المحلية التقليدية، وجودة المياه الجوفية، والتربة.
- التفاعل مع السكان المحليين: وفّر التواصل مع السكان المحليين بحوض وادي الحريق رؤى جيدة حول احتياجاتهم وتحدياتهم، مما ساعد في تقييم التأثير الاجتماعي للموارد، ووضع تصور كامل عن الأضرار التي عانوا منها أو من المحتمل أن تواجههم.
- البيانات الجغرافية: استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل التضاريس، وتوزيع المياه، والموارد الطبيعية، وهي من الأدوات التي تساعد على التقييم الدقيق لكل عنصر بيئي أو ظاهرة جيومورفولوجية.
- التحليل الجيولوجي والهيدرولوجي: لتقييم التأثيرات المحتملة على مواقع التنمية المستدامة في البيئة المحلية، وقربها أو بعدها من أي أخطار هيدرولوجية أو جيولوجية.
- الإحصاءات السكانية والزراعية: الاطلاع على تقارير رسمية حول الإنتاج الزراعي، وأنواع المحاصيل في حوض وادي الحريق، والظروف المناخية، وعلاقتها بالتنمية الزراعية في الحوض.
- استشارة الخبراء: والاستفادة من آرائهم فيما يتعلق بالتقييمات أو الدراسات البيئية التي تمت في منطقة حوض وادي الحريق؛ للحصول على تقييمات موضوعية.
- المقارنة مع الدراسات السابقة التي تمت في هذا المجال، والتي يمكن أن توفر معلومات قيمة حول التحديات والفرص المحتملة في المنطقة.
- التقييم الكمي والنوعي:

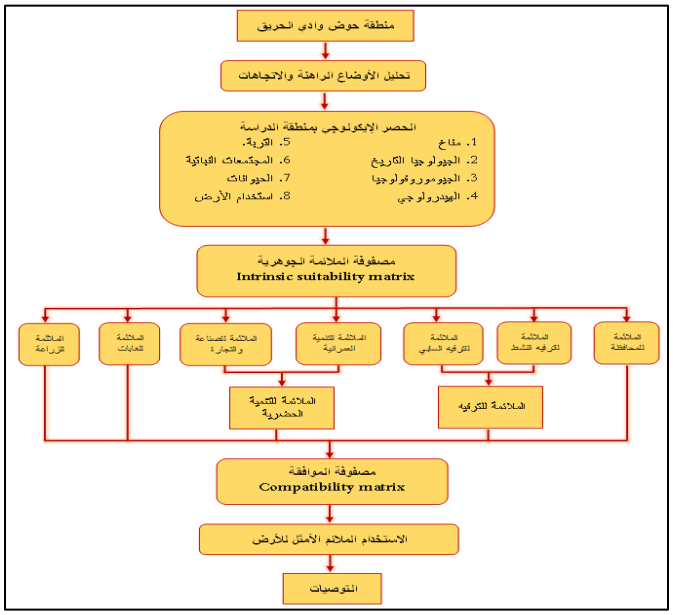
أ. التقييم الكمي: استخدام مقاييس رقمية لتقييم المعايير المختلفة (مثل درجات من ١ إلى ١٠)، وفي موضوعنا سيتم اعتماد تصنيف مكارج (McHarg, 1978) للمتغيرات البيئية المدروسة، وهي ثلاث فئات أساسية: (ملائم: ١٠، ملائم إلى حدٍ ما: ٥، غير ملائم: ١).

ب. التقييم النوعي: توثيق الآراء والملاحظات التي قد لا تكون قابلة للقياس الكمي، ولكنها مهمة لفهم الوضع فهماً شاملاً.

إن هدف جميع هذه المعايير هو الحصول على تقييم شامل ودقيق لجميع عناصر مصفوفة مكارج. ويبين شكل (٢) مخطط طريقة مكارج لتحديد الاستخدام الأمثل لمنطقة حوض وادي الحريق (الوليعي، ٢٠١٠) التي يتم تحليلها واستصدار الخرائط والطبقات المطلوبة لها طِبقاً للمخطط الآتي. ومن نافلة القول فإن كلمة "ملاءمة" في اللغة من (لَأَم)، ولأم الجُرْحَ والصَّدْعَ من باب قَطَعَ إذا سَدَّهُ (فَالْتَأَمَ) و(لاءَمَ) بَيْنَ القَومِ ملاءمة) أصْلَحَ وجَمَع. وإذا اتفق الشَّيْئَانِ فقد (التَأمَا) ومنه قولهم هذا طعام لا يلائمني ولا تَقُل لا يُلاوِمُني لأنه من اللوم.

وفي الحديث الشريف: ليَتَزَوج الرّجُلُ لُمَتَهُ أَي مِثْلَهُ وشَكْلَهُ والهاء عوض من الهَمْزةِ الذاهبة من وسطه (الرازي، ٢٠١٠، ص ٥٠٨). وذكر العلامة ابن منظور معنى الملاءمة بقولِه "الملاءمة بالهَمْز الموافقة، فيُلائِمني يوافقني" (مادة لأم،١٩٩٣، ص ٥٥٨).

شكل (٢) مخطط طريقة مكارج لتحديد الاستخدام الأمثل لمنطقة حوض وادي الحريق



المصدر: الوليعي، عبد الله بن ناصر، (٢٠١٠)، الإنسان في الأرض: فلسفة التربية البيئية ومضمونها، الطبعة الأولى، الرياض، دار الصولتية للتربية، بتصرف.

وسيتم تحليل عناصر مصفوفة مكارج البيئية وفقًا لمنهجية التحليل الهرمي (Analytical Hierarchy Process – AHP)، والتي تُعد من الأساليب المتقدمة في تحليل وصنع القرار متعدد المعايير. وتمتاز هذه المنهجية ببساطتها النظرية وصلابتها العلمية، حيث توفر إطارًا منهجيًا يدمج بين التحليلين الكمي والنوعي في تقييم البدائل واتخاذ القرار. وتعتمد منهجية التحليل الهرمي (AHP) على تفكيك المشكلات المعقدة إلى مستويات هرمية تشمل العوامل المؤثرة والمعايير والمؤشرات، مما يسهل فهم العلاقات بين المتغيرات المختلفة وتأثيرها على القرار النهائي. كما تُستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع في دراسات استخدامات الأراضي وتحليل مدى ملاءمتها للتنمية، لقدرتها على تقييم العوامل البيئية والاقتصادية والاجتماعية بشكل متكامل (Han et al., 2024). وفيما يلي تحليل عناصر مصفوفة مكارج البيئية:

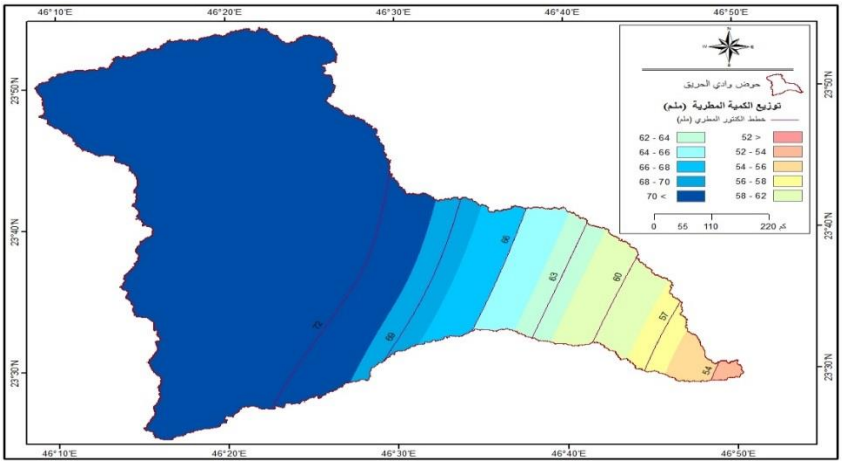
١. ملاءمة المناخ بحوض وادي الحريق Climate Suitability:

تعدّ الملاءمة المناخية بمثابة المعيار الأساس الذي يساعد في تفسير العمليات الديناميكية على التضاريس، ودراسة واستنتاج العلاقات البيئية التي تحدث بين عناصر البيئة سواءً الحية أم غير الحية. وفي

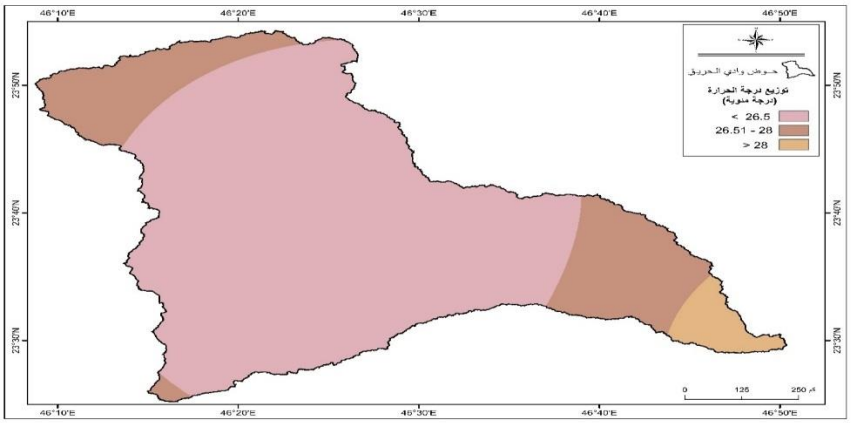
المقابل تتأثر أنماط المناخ المكانية بشكل كبير بالتضاريس من خلال التأثيرات المباشرة للارتفاع، وتصريف الهواء البارد ومروره بالوديان والمنخفضات، إضافةً إلى تأثيرات التيارات القادمة من المسطحات المائية (Daly, 2006). وتؤثر التغيرات المناخية مباشر في معايير الملاءمة البيئية من خلال التسبب بتغيرات في أنماط هطول الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى تأثيرات مثل الجفاف وزيادة شدة العواصف (UNESCO, 2012). وتعمل المنحدرات والجيلان بحوض وادي الحريق على تعديل درجات الحرارة بالقرب من السطح بحسب التعرض للإشعاع الشمسي والرياح ودرجات الحرارة مع الأخذ في الاعتبار أنها على نطاق صغير ومحدود، إلى جانب تنوع واختلاف استخدام الأرض في المنطقة، ونسبة الأراضي الزراعية مقابل الأراضي الجرداء. وللاستزادة يرجع لدراسة دافي وبيلكي (Davey and Pilke, 2005) التي أيّدا فيها انخفاض درجات الحرارة في السطوح المكتسبة للحرارة بشكل كبير عن تلك الموجودة في الأسطح المصمتة بالإسفلت أو الإسمنت، أو التي تحتوي على أنشطة بشرية، كالعمران وغيرها. وذلك بسبب التغيرات في خشونة السطح، والانعكاس، وتدفقات الحرارة والرطوبة، وعوامل أخرى بحسب المنطقة المدروسة.

وقبل بدء تطبيق ملاءمة المناخ بحوض وادي الحريق وتصدر الخرائط التي سيتم على أساسها تقدير وتقييم الملاءمة، يجب استعراض مناخ منطقة الدراسة بشيءٍ من التفصيل. وقد استخدمت طريقة ترجيح المسافة العكسية (Inverse Distance Weighting – IDW) وتسمى أيضاً لاستيفاء الموزون القائم على المسافة العكسية، والتي تعدّ أفضل الطرق ثنائية الأبعاد لتوضيح تأثير التضاريس في نطاق محطات الرصد، وهي تعمل على مبدأ كلما زادت المسافة بين محطةٍ ومكان ما فإن تأثير تلك المحطة في القيمة ينخفض. وتبين الأشكال (٣) و (٤)، و(٥) على التوالي أهم عناصر المناخ التي سيتم قياسها على طريقة ترجيح المسافة العكسية، وهي: الأمطار، ودرجات الحرارة، والرطوبة. وهذه العناصر هي التي يفضَّل استصدار خرائطها طبقاً لدراسة (Matheron, 1971) نقلاً عن (Daly, 2006).

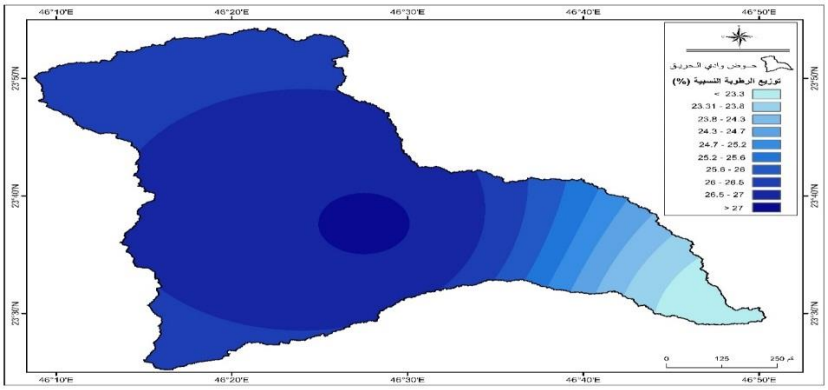
شكل (٣) طبقة فئات كمية التساقطات المطرية بحوض وادي الحريق طبقاً لآلية ترجيح المسافة العكسية



شكل (٤) طبقة توزيع درجات الحرارة بحوض وادي الحريق طبقاً لآلية ترجيح المسافة العكسية



شكل (٥) طبقة توزيع الرطوبة النسبية بحوض وادي الحريق طبقاً لآلية ترجيح المسافة العكسية



وفيما يتعلق بفئات ملاءمة المناخ بحوض وادي الحريق فقد تم اعتبار المناطق الزراعية مناطق متلائِمة مع المناخ من ناحية التنمية التي من الممكن استغلال المناخ فيها؛ لذا أُعطيت المناطق المزروعة قيمة (١٠: ملائم)، وهذا يطابق ما اعتمد عليه مكارج –وفقاً لفورسيث– (Forsyth, 2003) في دراسته لمنطقة وودلاندز بتكساس، والتي ربط فيها بين ملاءمة المناخ والمناطق التي تحتوي على أحراش وغابات؛ بهدف تحديد مسارات

الفيضانات وتجنب أضرارها. أما المناطق التي تقع في السهول الفيضية ويمكن الوصول إليها بوسائل المواصلات فأُعطيت القيمة (٥: ملائم نوعاً ما)؛ لقربها من المساحات الزراعية، أو جودة تربتها لزراعة أشجار مقاومة للجفاف، أو مناسبة واستواء سطوحها للنشاطات البشرية المختلفة وفقاً لدراسة بيلي وزملائه (Bellis, et al. 2020) التي رجّحوا فيها ارتباط تربة المنطقة المدروسة والمساحات الزراعية والنشاطات البشرية بالمناخ. وبقية مواقع الحوض تم إعطاؤها القيمة (١: غير ملائمة)؛ لتعرض المنطقة للسطوع طوال فترات الإشعاع الشمسي، إضافةً إلى أن المنطقة لا تستقبل تساقطاً مطرياً إلا في أوقات قليلة ومعدودة طوال العام، أو صعوبة الوصول، أو تعرضها للزحف الرملي في فصلي الصيف والخريف، وذلك كما تم بيانه فيما يتعلق بعناصر المناخ بحوض وادي الحريق (شكل ١٢ أ) والذي يبين طبقة فئات ملاءمة المناخ بحوض وادي الحريق. تبلغ مساحة فئة ملاءمة المناخ للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق ١٣٥.٣٢كم^{٢}، وتمثل نسبة ٧.٦٩% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٢٠٧.٢٧كم^{٢}، وبنسبة ١١.٧٨%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٨٠.٥٣% وبمساحة ١٤١٧كم^{٢} (جدول ٢).

جدول (٢) مساحات فئات ملاءمة المناخ للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
المناخ	ملائم	135.32	7.69
	نوعا ما	207.27	11.78
	غير ملائم	1417.01	80.53
	المجموع	1759.6	100

ويعد المناخ أكثر العوامل الطبيعية تأثيراً في الموارد السياحية؛ فالمناخ الجيد يعد أحد عوامل الجذب في أي منطقة سياحية، وعليه يمكن التخطيط للإجازات (Robinson, 1972). وتأتي أهمية العلاقة بين المناخ والسياحة في جانب تحديد المناطق التي تصلح للأنواع المختلفة من هذه الأنشطة، وتحديد الظروف التي تصلح لممارستها، وبخاصة العطلات السنوية التي تتم بعيداً عن العمران. ومن دراسة تيارات السياحة العالمية نجد أنها تتجه من أقاليم المناخات الباردة والسحب الدائمة إلى الأقاليم الدافئة والشمس الساطعة (Pigram, 1983). ومن أمثلة ما قام به الجغرافيون في هذا الصدد، عدة دراسات متميزة، مثل: كروي (Crowe, 1986)، وبيرس (Pearce, 1989)، وروبنسون (Robinson, 1972)، وبيغرام (Pigram, 1983)، وبظاظو (٢٠٠٠)، وعبد الحميد (٢٠٠٤)، والفقير (٢٠٠٦؛ ٢٠١٢)، والجاسر (٢٠١٣)، وغيرها من الدراسات المتخصصة في تصنيف السياحة وتحليل العلاقات بين المتغيرات المؤثرة المباشرة وغير المباشرة على السياحة.

وتؤثر الاختلافات المناخية في السياحة في حوض وادي الحريق من وجوه عدّة تتمثل في أن المناخ يشكل عاملاً أولياً ومؤثراً في عوامل الجذب إليه. حيث يفضّل قضاء الإجازات في منطقة الحوض عندما تكون درجات الحرارة معتدلة، والسطوع منتظماً، وخصوصاً في أشهر الربيع. أما في فصل الشتاء فيفضل أن تكون في أوقات السطوع الشمسي وعدم –أو قلة– وجود سحب، أما في فصل الخريف فيمكن أن يجمع بين أوقات تراكم السحب وقلة –أو انتظام– السطوع الشمسي، وأن تكون سرعة الرياح الشمالية أقل من ١٩ كم/ساعة.

٢. ملاءمة جيولوجية حوض وادي الحريق Geological Suitability:

يشير مصطلح الملاءمة الجيولوجية إلى ملاءمة الموقع بناءً على خصائصه الجيولوجية، والتي تؤثر في البناء والاستدامة البيئية وإدارة الموارد، بما في ذلك استقرار الأساس الصخري والمخاطر الزلزالية والظروف الهيدرولوجية. وهي ذات أهمية في العديد من الجيلان التي تتداخل مع الظواهر البشرية وما ينتج عن ذلك، كإدارة النفايات وإنتاج الطاقة. ويتمثل الهدف الأساسي من دراسة الملاءمة الجيولوجية في تقييم مدى توافق البيئة الجيولوجية مع الاستخدامات المخطط لها، مع التركيز على تقليل المخاطر المحتملة، مثل الانهيارات الأرضية، والهزات الزلزالية، وتلوث المياه الجوفية (Coduto, et al., 2011). وفي هذا السياق، سيتم تناول العوامل المؤثرة في الملاءمة الجيولوجية بمزيد من التفصيل، وذلك وفقًا لتصنيف مكارج، كما يلي:

أ– استقرار الأساس الصخري: يعد استقرار الأساس الصخري ضروريًا لمشاريع البناء، والجسور والأنفاق. وغالبًا ما تركز المسوحات الجيولوجية على تقييم قوة الضغط وقابلية تشوه الأساس الصخري (Goodman, 1989) وتشكل الصخور الرسوبية مثل الحجر الجيري تحديات بسبب قابليتها للذوبان في المياه الجوفية (Bell, 2007)، وهي تسود في منطقة حوض وادي الحريق.

ب– خصائص التربة: تؤدي خصائص التربة، بما في ذلك توزيع حجم الحبيبات، والتماسك، والنفاذية، دورًا في تحديد مدى ملاءمة الموقع.

ج– النشاط الزلزالي: تتطلب المناطق المعرضة للنشاط الزلزالي تقييمًا شاملاً لخطوط الصدوع، وإمكانية اهتزاز الأرض، وخطر التسييل (Seed & Idriss, 1982). وبحسب هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (SGS, 2024) فإن منطقة مربع حوض بني تميم الجيولوجي تقع ضمن مناطق الرصد الزلزالي الدوري، والذي لا يعتبر موقعاً نشطاً زلزالياً يستوجب وجود محطة رصد دائمة؛ لأنه بحسب تصنيف كرامر (Kramer, 1996) لابد من تنفيذ تدابير التصميم الهيكلي المناسبة في حال كان موقع التنمية المستدامة ذا سجل زلزالي متذبذب.

د– الظروف الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية: يمكن أن يؤثر وجود المياه الجوفية بشكل كبير على الملاءمة الجيولوجية للموقع، وخاصة من حيث استقرار الأساس وإمكانية حدوث الفيضانات. وفي بعض الحالات، قد تؤدي المياه الجوفية دورًا في تآكل أو إضعاف المواد الجيولوجية، كما هو الحال في التضاريس الكارستية (Freeze & Cherry, 1979). وفي منطقة حوض وادي الحريق تعتبر المواقع العمرانية

والزراعية هي نفسها مواقع التدفقات السيلية بكافة درجاتها. كما تحتوي التكوينات الجيولوجية بالحوض على جير وجبس وغيرها.

هـ- مواقع التخلص من النفايات: تعمل الملاءمة الجيولوجية على توجيه اختيار المواقع المثلى للتخلص من النفايات، وخاصة النفايات الخطرة. حيث يجب أن تتمتع المواقع بنفاذية منخفضة وجيولوجية مستقرة لمنع تلوث المياه الجوفية والانهيارات الأرضية (Allen, et al., 1997). وتعد صخور منطقة حوض وادي الحريق رسوبية متباينة المسامية والنفاذية، ولكنها في العموم نفاذية جيدة للخزان الجوفي عند هطول الأمطار. حيث أشار أطلس تصنيف درجات الأراضي للتربة بمنطقة الدراسة أنها تتراوح بين ١.٥ إلى ٥.١ سم/ ساعة (وزارة البيئة والمياه والزراعة، ٢٠١٥).

إن معرفة القيمة الفعلية لتأثير العوامل الجيولوجية يسهم في تقييم أهمية إدارة الاستغلال الأمثل للطبيعة، وأيضا أهمية تجنب تعرضها للتدهور. كما أن الإدارة المستدامة لمكونات الطبيعية تزيد من قدرتها على تحمل التخطيط السياحي والاقتصادي ومن ثم يتم الحد من خطر الاستنزاف بمقدرات البيئة، وتنمية مواقع تسهم في نشر ثقافة السياحة الخضراء في المملكة العربية السعودية. ويبين شكل (١٢ ب) الفئات التصنيفية للملاءمة الجيولوجية حسب الخريطة الجيولوجية الصادرة من هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (SGS, 2001).

وفيما يتعلق بفئات ملاءمة الجيولوجيا بحوض وادي الحريق تم توزيع التصنيف حسب مخرجات شكل (٢) بحيث تُعطَى قيمة (١٠: ملائم) للمناطق المستوية ومواقع الطبقات الصخرية المستقرة من حيث خلوها من الانكسارات الشديدة، والهبوط الأرضي، والرمال الزاحفة، وتآكل أكتاف الجيلان، وتأثر الطبقات الصخرية بالتفاعلات الكيميائية والمياه قدر المستطاع. في حين أعطيت المساحات التي تحتوي على الانكسارات، ومناطق سقوط الصخور بأنواعها قيمة (٥: ملائم نوعاً ما)؛ وذلك لضمان سلامة المساحات المخططة للاستغلال. أما المناطق التي تقع أمام السد فتم اعتبارها غير ملائمة؛ بسبب المخاطر الهيدرولوجية أثناء الفيضانات، وكذلك تأثير ميل المجاري النهرية على انسيابية وسرعة السيول وتدفقها أمام السد بقيمة (١: غير ملائم). وتبلغ مساحة فئة ملاءمة الجيولوجيا للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق ١١٢٦.٨٨كم^{٢}، وتمثل نسبة 64% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٥٤٠.٥٢كم^{٢}، وبنسبة 30.72%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة 5.24% وبمساحة ٩٢.٢كم^{٢}. جدول (٣).

جدول (٣) مساحات فئات ملاءمة الجيولوجيا للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
الجيولوجيا	ملائم	1126.88	64.04
	نوعا ما	540.52	30.72
	غير ملائم	92.2	5.24
	المجموع	1759.6	100

٣. الجيومورفولوجيا بحوض وادي الحريق Geomorphological Suitability:

قُيِّمت الملاءمة الجيومورفولوجية بناءً على الأبعاد الجيومورفولوجية المدروسة بحوض وادي الحريق. مع الأخذ في الاعتبار استمرارية تطوّر وتغيّر السطوح بمنطقة الدراسة؛ نتيجة للعمليات الجيومورفولوجية والأنشطة البشرية. لذلك يمكن تقييم الأراضي على أساس الظروف الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة بناءً على ملاءمة الأرض من حيث المقارنة بين الأراضي لمتطلبات الاستدامة واستخدامات الأرض. ويمكن القول إن معيارية تقييم ملاءمة الجيورمورفولوجية لأي منطقة تعتمد على أهداف الباحث والعناصر أو الأبعاد التي توجد في المنطقة. وفي هذا العنصر تم اعتبار طبقة المواقع التي تعتبر مساحات تحتوي على ظاهرات جيومورفولوجية طبيعية جميلة بقيمة (١٠: ملائم). للاستزادة (انظر: الجعيدي، ٢٠١٩؛ آل سعود، ٢٠١٤). أما المناطق التي تحتوي على الخشوم والجيلان فتم إعطاؤها القيمة (٥: ملائم نوعاً ما)، وهذه المناطق لم يتم دمجها مع المناطق الملائمة إما لأنها تحتاج إلى المزيد من تدابير الأمن والسلامة، أو نظراً لكونها منطقة تحتاج إلى دراسات أخرى فيما يتعلق بمواقعها في حال التخطيط السياحي أو العمراني أو غيرهما؛ لأنها مناطق حاوية للتساقطات الصخرية، أو تتعرض لخطر انسياب المياه الهاطلة أثناء الأمطار. أما مناطق الجهة الغربية فتم إعطاؤها القيمة (١: غير ملائم)؛ لاحتوائها على مواقع الكسارات، ومناطق فرز المعادن والإسمنت البورتلاندي، وكذلك المناطق الشمالية أيضاً؛ إذ إنها مواقع يُمنَـع الاقتراب منها. شكل (١٢ ج) يبين فئات تقييم ملاءمة الجيومورفولوجيا بحوض وادي الحريق. وبحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على تقييم الملاءمة الجيومورفولوجية بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة ملاءمة الجيورمورفولوجيا للتنمية المستدامة ٩٥٩ كم^{٢}، وتمثل نسبة ٥٤.٥% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٣٥٦.٨٩ كم^{٢}، وبنسبة ٢٠.٢٨%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٢٥.٢٢% وبمساحة ٤٤٣.٦ كم^{٢} (جدول ٤).

جدول (٤) مساحات فئات الملاءمة الجيومورفولوجية بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
الجيومورفولوجيا	ملائم	959.02	54.50
	نوعا ما	356.89	20.28
	غير ملائم	443.69	25.22
	المجموع	1759.6	100

٤. الهيدرولوجيا (مناطق الأخطار الهيدرولوجية) Hydrological Suitability:

الملاءمة الهيدرولوجية إحدى الأسس المهمة في تحقيق التنمية المستدامة؛ وهي تعني قدرة الموارد المائية والنظام البيئي على تلبية احتياجات المجتمعات البشرية دون التأثير سلباً على البيئة والأنظمة الطبيعية. وتؤثر المياه في قطاعات عدة مثل الزراعة، والصناعة، والطاقة، والصحة العامة؛ وذلك لكونها مورداً أساسياً

للتنمية المستدامة. إذ تتطلب –التنمية المستدامة– الحفاظ على استدامة الموارد المائية والاستخدام الأمثل لها. وفي الواقع تتمثل الملاءمة الهيدرولوجية في القدرة على تحقيق التوازن بين الطلب على المياه وتوفرها من الموارد الطبيعية. إن الهدف من تقييم الملاءمة الهيدرولوجية للتنمية المستدامة في حوض وادي الحريق يتمثل في الحفاظ على موارد المياه وضمان تجديدها بشكل طبيعي من خلال تحسين إدارة المياه والحد من التلوث؛ لأن المياه العذبة مورد محدود؛ ولذلك، فإن الاستخدام المفرط أو التلوث قد يؤدي إلى ندرتها. وتسهم الملاءمة الهيدرولوجية في تقليل مخاطر الفيضانات والجفاف عبر إدارة مستدامة للأحواض المائية. كما أن تحسين نظم تصريف المياه وبناء السدود وتنظيم التدفقات المائية يقلل من أضرار الفيضانات ويحسن من قدرة المجتمع على التكيف مع فترات الجفاف (UN Water, 2020).

يبين شكل (١٢ د) طبقة فئات ملاءمة الهيدرولوجيا بحوض وادي الحريق، إذ هي أحد أهم العناصر من ناحية تخطيط درء المخاطر، وذلك بالابتعاد عن مناطق تجمع المياه، والمناطق الخطرة والتي من الممكن أن تكون عائقاً أمام السكان أو الزوار خصوصاً في أوقات هطول الأمطار. تم إعطاء المناطق والمساحات التي تعتبر آمنة هيدرولوجياً القيمة (١٠: ملائم)، أما المناطق التي تعتبر ذات خطورة أقل ويمكن استغلالها إذا ما تم اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع الكوارث والأضرار فأعطيت القيمة (٥: ملائم نوعاً ما)، أما المناطق الخطرة والتي تتصف بأنها ذات قيم هيدرولوجية عالية فأعطيت القيمة (١: غير ملائم)، كذلك المناطق المحظورة أو المناطق الخاصة. وتجدر الإشارة إلى أنه في حال تم اتخاذ التدابير الوقائية اللازمة لأي موقع يتم استغلاله تنموياً قد يرتفع تقييمه من ملائم نوعاً ما إلى ملائم، وكذلك الحال في المواقع غير الملائمة، قد تترقى لتقييم ملائم نوعاً ما، بحسب الموقع ونوع التنمية ودرجة الخطورة والإجراءات اللازمة لدرء الأخطار؛ وذلك لأن جودة استخدام الأرض يجب أن يكون وفقًا لإمكانية مواردها، حتى لا يؤدي ذلك إلى تلف الأراضي وتقليل الإنتاجية. وهذا الضرر يحدث نتيجة لأخطاء استخدام الأراضي التي تؤدي إلى توسع الأراضي الحرجة، مما يؤدي إلى تقليل قدرة الأرض على تخزين المياه التي لها تأثير على زيادة وتيرة الفيضانات والتآكل وانتشار الانهيارات الأرضية في مواسم الأمطار، والجفاف في مواسم الجفاف (Prasetyo, 2022)، وبخاصة أن منطقة الدراسة لا تستقبل كميات مطرية كبيرة إلا في أوقات محدودة، كما أنها غير منتظمة. وبحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على تقييم الملاءمة الهيدرولوجية بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة ملاءمة الهيدرولوجية للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق ٨٧٣.٣ كم^{٢}، وتمثل نسبة ٤٩.٦٣% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٣٣٧.٩٨كم^{٢}، وبنسبة ١٩.٢١%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٣١.١٦% وبمساحة ٥٤٨.٣٢كم^{٢} (جدول:5).

جدول (٥) مساحات فئات الملاءمة الهيدرولوجية بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
الهيدرولوجيا	ملائم	873.3	49.63
	نوعا ما	337.98	19.21
	غير ملائم	548.32	31.16
	المجموع	1759.6	100

٥. ملاءمة التنمية السكانية Population Suitability:

تعد الدراسات السكانية الركيزة الأساسية في عملية التخطيط والتنمية، كما أنها من الأساسيات التي تتطلبها تخصصات علمية مختلفة. وبالتالي فالدراسات السكانية هي أساسية عند الحديث عن التنمية المستدامة. وتتركز النطاقات السكانية بمحافظة الحريق في بلدتي الحريق ونعام اللتان تقعان في الجانب الشرقي من الحوض، وبلدة المفيجر فيما بين الحريق ونعام. وتقع تلك الأماكن الثلاثة على طول وادي بريك، وهو الجزء المصعِّد من أسفل حوطة بني تميم غرباً إلى وادي نعام حتى الرَيْع في غرب مدينة الحريق، مما يلي بلدة الرين. وما صعد من ذلك الوادي في الناحية الغربية يعرف بوادي بني قشير، وما انحدر منه شرقاً يعرف بالمجازة، وهو وادٍ يقال له المجازة أعلاه وادي نعام أو نعامة (الدبل، ١٩٨٨). وقد اتسم التحضر المعاصر في المملكة العربية السعودية منذ خمسينات القرن العشرين بالسرعة، فقد كانت نسبة التحضر في عام ١٩٥٠م نحو ١٥%، لترتفع عام ١٩٧٠م إلى ٤٨.٧%، ثم ارتفعت عام ١٩٩٠م إلى ٧٧.٣% من إجمالي السكان (الجابري، ٢٠٠٩)، وتواصل ارتفاع نسبة التحضر في عام ٢٠١٠م إلى ٨٢%، و٨٥% في عام ٢٠٢٢م (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠١٠). وبحسب تعداد الهيئة العامة للإحصاء (٢٠٢٢) يبلغ إجمالي تعداد سكان منطقة الرياض ٨,٥٩١,٧٤٨ نسمة، يشكلون ما نسبته ٢٨.٤٥% من إجمالي عدد سكان المملكة البالغ ٣٠,١٩٦,٢٨١ نسمة. وفيما يلي معالجة لأكبر محافظتين يتأثر بهما موضوع الدراسة:

محافظة حوطة بني تميم:

أكبر المحافظات المجاورة لمحافظة الحريق، وتقع عند مصب وادي الحريق، حيث تكثر الحيازات الخاصة التي تمتهن فيها الزراعة بأنواعها، كما أنها تعد حاضرة أهل القرى والمراكز التي تجاورها، وتبعد عن الرياض العاصمة بما يقارب ١٧٥ كم، باتجاه الجنوب منها. ويحدها من الشمال محافظتا الدلم والحريق، ومن الجنوب محافظة الأفلاج، ومن الشرق محافظتا الدلم والخرج، ومن الغرب محافظة الحريق. وتصنف من محافظات فئة (أ)، ويتبع لها إداريًّا تسعة مراكز، وهي: الحلوة، والشكرة، والحيانية، والقويع، والعطيان، والفرشة،

والفرعة، وأسفل الباطن، ومصدة. ويبلغ تعداد سكان حوطة بني تميم 41,854 نسمة، منهم ٢٩,٧٧٦ نسمة سعوديون، و١٢,٠٧٨ نسمة غير سعوديين (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٢).

وتبرز أهمية موقع محافظة حوطة بني تميم في أنها تقع على الطريق الدولي الذي يربط شرقي المملكة العربية السعودية بغربيها، حيث يربط الطريق مدينة الرياض بمنطقة نجران ودولة عمان، وكذا يربط مدينة الرياض بدولتي قطر والإمارات العربية المتحدة. وتحتوي المحافظة على مقر إداري وجميع الخدمات الحكومية ومرافق البنى التحتية.

محافظة الحريق:

يبلغ تعداد سكان محافظة الحريق ١٠,٩٢٤ نسمة. منهم ٩,٣٠٣ نسمة سعوديون، و"١,٦٢١ نسمة غير سعوديين" (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٢)، وبذلك يشكلون ما نسبته ٠.١٤% من إجمالي سكان منطقة الرياض. ومما يجدر ذكره أن القرى الصغيرة والهجر تم تعدادهم من جملة سكان محافظة الحريق. وتحتوي على العديد من الخدمات الحكومية ومرافق البنى التحتية.

مركز نعام:

نعام بلدة قديمة جداً، وهي من قَبل الهجرة النبوية الشريفة بنحو ٤٠٠ سنة تقريباً، وعُمْر مركز نعام أكثر من ١٨٠٠ عام. ونعام بالفتح اسم جِنْس النعامة من الحيوان، وهو وادٍ باليمامة لبني حزّان في أعلى المجازة من أرض اليمامة كثير النخل والزروع، كما قال أحمد بن محمد الهزاني أولى ديار ربيعة باليمامة مبدؤها من أعلاها أولاً: ديار هزّان، وهو وادٍ يقال له برك، ووادٍ يقال له المجازة. أعلاه وادي نعام واسم الوادي نفسه نعامة. وإلحاقاً بما يتعلق بمركز نعام نعرّج على آثار الحسينية فيها. وهي بقايا جدران مبنية من الأحجار واللبن مدعمة بأبراج مراقبة. أما بالنسبة إلى السور الجنوبي فلقد استُخدِم الحجر في غالب البناء، والطين كمادة مساعدة. وأحيط الموقع بسور كبير لا تزال آثاره باقية إلى يومنا هذا (صورة:١). وقد بني السور الجنوبي على حواف الهضبة الجنوبية وهذا السور منه ما هو مبني على الأرض، ومنه ما هو منتصف الهضبة. وبالتمعن في هذا السور من الداخل نجد أن حجارته غير متناسقة فتبرز أحياناً وتختفي أحياناً؛ وذلك ليسهل التسلق عليها في أثناء الرغبة الملحة في الخروج من الموقع. أما الجهة الخارجية من السور فنجد حجارتها متساوية بحيث لا يمكن لمن يريد الدخول لهذا الموقع تسلق السور (الغريب، ٢٠٠٢).

الصورة (١) بقايا السور القديم الذي كان يحيط ببلدة نعام

الإحداثيات: 23°35'53.21"N 46°40'12"E، اتجاه العدسة: شمال غرب –غرب

ويبلغ تعداد السكان في مركز نعام ٢,١٢٥ نسمة (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠١٧)، ويتميّز النشاط الاقتصادي فيها بتركزه في القطاع الزراعي، إلى جانب الأنشطة التجارية المرتبطة بالمحاصيل الزراعية. ويُعزى ذلك إلى موقع المركز في منطقة منخفضة من حوض الحريق، مما يوفّر بيئة مناسبة للزراعة. كما أن وجود سد لصاد نعام يعزز من قدرة المزارعين على إدارة الموارد المائية بفعالية، حيث يسهم في تجميع المياه والتحكم في توزيعها لري المحاصيل، مما يدعم استدامة النشاط الزراعي في المنطقة.

مركز المفيجر:

يقع مركز المفيجر في وسط حوض الوادي، ويطلق عليه وادي العُلاة، أو وادي المَـجَازة، أو وادي بني قشير. وهذا المركز –المفيجر– يقع بين محافظة الحريق ومحافظة حوطة بني تميم ويتبع إدارياً محافظة الحريق التي تبعد عن المحافظة نحو ٣ كم. وكانت تكثر بها العيون من قديم الزمان، مثل عين الخضر أو الأخضر، وعين أجراف، وعين وثيلان، وعين الوجاة، وعدد كثير من تلك العيون. وسُمي المفيجر بهذا الاسم نسبة إلى تفجّر هذه العيون في الوادي، وقد أورد ذلك رشيد الغريب (٢٠٠٢)، وأكده بعض سكان الحوض في عدة مقابلات شخصية معهم. ويحدّ مركز المفيجر من جهة الشمال هضبة طويق العالية، ومن جهة الجنوب برك، ومن جهة الشرق نعام وحوطة بني تميم، ومن جهة الغرب الحريق والرين. وحالياً يعد هذا المركز متصلاً عمرانياً وزراعياً مع محافظة الحريق في امتدادٍ واحدٍ تقريباً. ويعتمد سكان هذا المركز على أسواق محافظة الحريق بالدرجة الأولى وأسواق حوطة بني تميم بالدرجة الثانية؛ لقربها الشديد لمحافظة الحريق. وحال هذه المحافظة كحال مركز نعام من حيث نشاط السكان السائد على الزراعة بمختلف أنواعها. ويشارك سكان هذا المركز في فعاليات مهرجانات الحمضيات السنوية، والذي يُقام كل عام فيها، شأنهم في ذلك شأن سكان الحوطة والحريق.

ويبين شكل (١٢ هـ) طبقة فئات ملاءمة التنمية السكانية لحوض وادي الحريق، حيث تم تحديد مواقع المساحات السكانية ذات قيمة (١٠: ملائم)، بينما أعطيت المواقع ذات المساحات المحيطة بمنطقة التمدد العمراني والتي لا تتعارض مع فئات تصنيف المخاطر الهيدرولوجية بقيمة (٥: ملائم نوعاً ما)، أما المناطق البعيدة عن الموارد المائية أو القريبة من مناطق الكسارات والتعدين والمناطق المحظورة بقيمة (١: غير ملائم).

وبحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على تقييم الملاءمة التنمية السكانية بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة ملاءمة التنمية السكانية المستدامة بحوض وادي الحريق ٢٦١.٣٦كم٢، وتمثل نسبة ١٤.٨٥% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٢٠٨كم٢، وبنسبة ١١.٨٢%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٧٣.٣٣% وبمساحة ١٢٩٠.٦٠ كم٢ (جدول:٦).

جدول (٦) مساحات فئات تقييم الملاءمة التنمية السكانية بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
السكان	ملائم	261.36	14.85
	نوعا ما	208	11.82
	غير ملائم	1290.24	73.33
	المجموع	1759.60	100

٦. ملاءمة الموارد السياحية للترفيه Entertainment Suitability:

إن للموارد البيئية أهمية كبيرة في توجيه أهداف التخطيط للأنشطة الترفيهية، فالتخطيط البيئي للترفيه وغيره يعتبر أداة للكشف عن الأنظمة الطبيعية المتفاعلة والديناميكية التي تتمتع بفرص وقيود جوهرية للاستخدام البشري. ويؤكد ذلك ما ذكره ندوبيسي (Ndubisi, 2002) في التخطيط والتصميم الذي يستهدف الأنشطة الترفيهية، والتي كان مكارج يصفها –عموماً– بأن لفهم العملية الطبيعية للبيئة أهمية مركزية لجميع المشاكل البيئية ويجب إدخالها في جميع الاعتبارات المتعلقة باستغلال الأراضي. فالعمل الرئيس الذي يمثل البناء –الذي وضعه مكارج للتخطيط البيئي– سواءً للترفيه، أم السياحة، أم غيرها يعتبر ضمناً "التصميم مع الطبيعة". ويبدأ هذا التخطيط بتقديم نظرة بيئية قابلة للقياس، ودقيقة في تقييم جدوى المكان بيئياً. توضح من خلالها الطريقة التي سيكون بمثابة إنزيم المحيط الحيوي، وتعزز التوافق الإبداعي بين الإنسان ونشاطاته والبيئة؛ لتحقيق تصميم الإنسان مع الطبيعة (النجار، ٢٠١٩).

وتشكل الموارد الترفيهية والسياحية ما يمكن أن نطلق عليه جوانب العرض في جغرافية السياحة، فإذا ما نظرنا إلى السياحة من منظور السوق –الربط– ومناطق الاستقبال، فإن كثيراً من الخدمات والتسهيلات التي تكون في ذهن السائح تكون في مناطق الاستقبال، في حين تقدِّم المواصلات عنصر الربط الرئيس بين السوق ومناطق الاستقبال. وتتمثل الموارد السياحية التي يمكن أن يتطلع إليها السائح إلى منطقة الدراسة في المجموعات الرئيسة التالية:

أ– عوامل الجذب: تؤدي عوامل الجذب دوراً رئيساً في توجيه السائح إلى مناطق معينة أو قضاء الإجازات في أقاليم بعينها. وتتمثل في عوامل الجذب الطبيعية كالأشكال الأرضية، والنبات الطبيعي، والمناخ. والعوامل البشرية، والعوامل الثقافية والحضارية، وعوامل النمو الاقتصادي الوطني (Koun Sugimoto,

et al., 2022). وتحتوي محافظة الحريق على العديد من مقومات الجذب الطبيعي والبشري والثقافي، كالمناخ وأهميته في تشكيل الأشكال الأرضية، وكذلك التنوع الجيومورفولوجي للظاهرات الطبيعية والمعالم، والأهمية الاقتصادية والتعدينية للحوض، وكذلك الجانب البشري وإسهاماته في زيادة الحصيلة الثقافية والتاريخية للمنطقة.

ب- وسائل النقل: وتشمل التنقلات الداخلية التي يقوم بها السائح في داخل الدولة التي يزورها باستخدام كافة وسائل النقل السياحية: جوية، وبحرية وبرية. وعند الحديث عن أهمية النقل في السياحة يبرز دور ما يسمى "بالسياحة الإقليمية"، وهي سياحة تتصف بقصر المسافة التي يقطعها السائح بالإضافة إلى تنوع وتعدد وسائل النقل المتاحة، مما يغري الكثيرين؛ لانخفاض التكلفة الإجمالية للرحلة (العبيد، ٢٠٠٣م). ويحتضن حوض وادي الحريق العديد من المواقع السياحية سهلة الوصول، والتي تسهم في إثراء المنطقة سياحياً، وثقافياً كما سيأتي شرحه في الموضوعات اللاحقة.

ج- تسهيلات الضيافة: وتشمل الوعي السياحي لأبناء المنطقة السياحية، والبشاشة في وجوههم وتقبلهم للسياح، ومد يد المساعدة لهم عندما يحتاجون إلى مساعدة (القويفلي، ٢٠١٨، ص ٥٢). ويندرج أيضاً تحت هذا البند خدمات البنية الأساسية، كتوافر شبكات المياه وشبكات الصرف الصحي، والكهرباء، والغاز، والطرق والمواصلات، والخدمات الصحية، والخدمات البنكية بكفاءة وجودة. وميدانياً تمتلك منطقة الدراسة أغلب هذه الخدمات من مراكز ومنشآت حكومية وخدمية.

د- الخدمات التشغيلية: وتتمثل في المباني المخصصة لاحتواء السياح، والتطبيقات المحلية التي تُعنى بالمواقع السياحية والمعالم، والكيانات التجارية السياحية (Shoval and Ahas, 2016). حيث يضم حوض وادي الحريق العديد من المواقع السياحية والتراثية المسجلة رسمياً ضمن مناطق الآثار، مما يجعل الحصول على مواقع ومعلومات هذه الأماكن في متناول السائح أو القارئ. فمثلاً يوجد في حوض وادي الحريق مسقى قديم كان يمد المدينة قديماً بالمياه الصالحة للشرب والري والزراعة (صورة: ٢)، إلى جانب السور القديم الذي كان يحيط بمدينة نعام ويحميها من هجمات الأعداء (كما في صورة:١)، هذا إلى جانب القصر التراثي في محافظة الحريق، وغيرها من المباني والمواقع السياحية.

الصورة (٢) بقايا آثار السواقي القديمة لمزارع بلدة نعام

الإحداثيات: 23°35'39.22"N, 46°42'48.22"E، اتجاه العدسة: جنوب

وتعرّف استدامة المواقع الأثرية بأنها تنمية المواقع ذات المكونات الأثرية والقديمة، وتوفير القواعد الأساسية للسياحة بها، وكل ما تتطلبه العملية السياحية دون الإضرار بهذه المناطق سواء من الناحية الأثرية، أو الإيكولوجية، أو الاجتماعية، أو الثقافية (الإزيرجاوي ومحمود، ٢٠١٢). وتهدف الاستدامة في المواقع الأثرية إلي حماية التراث التاريخي والحضاري للشعوب والمساهمة في دفع تكاليف المحافظة على المواقع الأثرية والتاريخية، والتي إذا لم يتم الحفاظ عليها ستتعرض للدمار والتدهور، وبالتالي إلى ضياع التراث التاريخي للمنطقة، إضافة إلى ما يلي:

أ- المحافظة على الموروثات التاريخية والثقافية والأنماط المعمارية المعاصرة المميزة.

ب- إحياء الفنون والمناسبات والصناعات التقليدية وبعض مظاهر الحياة المحلية.

ج- تساعد العائدات السياحة مختلف المتاحف والمرافق الثقافية المختلفة مثل المسارح، كذلك تنظيم المهرجانات والمناسبات الثقافية كونها عناصر جذب للسياحة الداخلية والخارجية.

د- دعم التبادل الثقافي بين المجتمعات (Bordelais, 2007).

أما مصطلح السياحة المستدامة فيُقصد به الاستغلال الأمثل للمواقع السياحية، من حيث دخول السياح بأعداد متوازنة للمواقع السياحية. تلبي السياحة المستدامة احتياجات السياح مثلما تعمل على الحفاظ على المناطق السياحية وزيادة فرص العمل للمجتمع المحلي، وهي تعمل على إدارة كل الموارد المتاحة سواء كانت اقتصادية، أم اجتماعية، أم جمالية، أم طبيعية في التعامل مع المعطيات التراثية والثقافية، بالإضافة إلى ضرورة المحافظة على التوازن البيئي والتنوع الحيوي (Vivanco, 2002). أما باركين (Barkin, 2002) فيعرّف السياحة المستدامة بأنها قابلية المكان السياحي للبقاء في ساحة المنافسة في عالم السياحة الذي يتمتع بقوة جذب محبي الاستطلاع، وقابليته للبقاء لأمد طويل الأجل محافظاً على مزاياه الثقافية، ومتوازناً مع البيئة بكافة عناصرها.

ولرسم خريطة نموذج مكارج لعنصر ملاءمة الترفيه أخذت عدة أمور في الاعتبار للإجابة عن السؤال: هل يمكن عمل مرافق ترفيهية أو لا؟ على مستوى كل موقع تم الوقوف عليه ميدانياً، بحسب التفصيل التالي:

- القيمة (١٠: ملائم): احتوت هذه القيمة على كل المواقع التي تتصف بأنها آمنة جيولوجياً، وغير خطرة هيدرولوجياً، وكذلك تضم ظاهرات جيومورفولوجية جميلة، ولا تقع ضمن مناطق انكسارات أو حافات خطرة. وفي المقابل تضم هذه الفئة كل مناطق السكان والعمران، والمزارع، والمواقع القابلة للاستغلال السياحي والترفيهي، والمناطق المستوية، والمنبسطة، والسهول المفتوحة. ويؤيد ذلك ما استنتجه علي (٢٠٢٢) من أن التقييم الجيولوجي لأي موقع يتأثر بما يحتويه -الموقع- من أشكال أو ظاهرات طبيعية، شرط أن يكون ضمن نطاقات جيولوجية آمنة.
- القيمة (٥: ملائم نوعاً ما): احتوت هذه القيمة على المناطق الزراعية، ومناطق الحوض المنخفضة، كمجرى وادي الحريق الرئيس، ومنطقة مصب وادي الكمعية، والأبيتر، ووادي لصاد.

- القيمة (١: غير ملائم): احتوت هذه القيمة كل المواقع التي تقع ضمن المناطق الخطرة هيدرولوجياً وجيولوجياً، وكذلك المناطق المحظورة، والمناطق التي تقع ضمن التنمية الصناعية ومناطق التعدين.

يبين (شكل: ١٢و) طبقة فئات ملاءمة الموارد السياحية في حوض وادي الحريق للأعمال الترفيهية.

وبحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على تقييم الملاءمة الترفيه للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة ملاءمة التنمية السكانية المستدامة بحوض وادي الحريق ٥١٨.٧٩كم٢، وتمثل نسبة ٢٩.٤٨% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ١٨٨كم٢، وبنسبة ١٠.٦٨%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٥٩.٨٣% وبمساحة ١٠٥٢.٨١ كم٢ (جدول: ٧).

جدول (٧) مساحات فئات ملاءمة الترفيه للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
الترفيه	ملائم	518.79	29.48
	نوعا ما	188.00	10.68
	غير ملائم	1052.81	59.83
	المجموع	1759.60	100

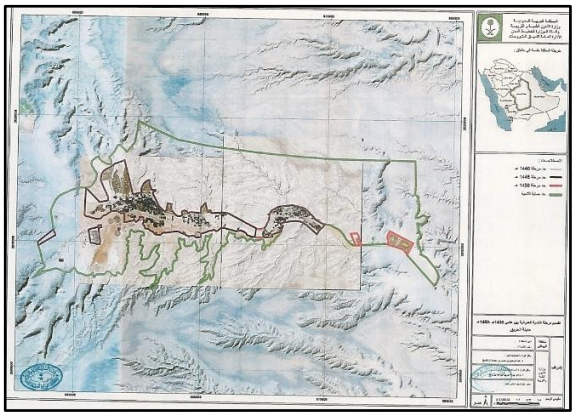
٧. **الملاءمة للتنمية الحضرية** Urban development suitability:

يشير مصطلح ملاءمة التنمية الحضرية إلى تقييم المواقع الأكثر مناسبةً للنمو والتوسع الحضري بناءً على عوامل مادية، وبيئية، واقتصادية، واجتماعية مختلفة. ويحدد ما إذا كانت منطقة ما تتمتع بالخصائص اللازمة لدعم أنشطة التنمية مع مراعاة جوانب مثل: استخدام الأراضي، والجيومورفولوجيا، وإمكانية الوصول، والتأثير البيئي، وتوافر البنى التحتية، بهدف تعزيز التنمية المستدامة مع تقليل الآثار السلبية على البيئة والمجتمعات المحلية (Zhang, et al., 2018)، بهدف تطوير مجتمعات سكنية متوازنة وصحية. والتي من عواملها الرئيسية ما يلي:

أ- نطاق استخدام الأرض: حيث يتم تقييم المناطق بناءً على استخدام الأرض الحالي وكيفية تطوير الأراضي بناءً على خطط التنمية العمرانية للمدن، وفي حالة حوض وادي الحريق الذي يضم محافظتي الحريق وجزءاً من محافظة حوطة بني تميم التي تخضع لخطط التنمية البلدية – العمرانية– لحدود عام ١٤٥٠هـ، ورؤية المملكة ٢٠٣٠، حيث بلغت مساحة النطاق العمراني لمحافظة الحريق ٠.٩٥كم٢ تقريباً، بينما تبلغ مساحة حدود التنمية العمرانية حتى عام ١٤٥٠هـ ٢٣٧.٦٢كم٢. أما مساحة النطاق العمراني لمحافظة حوطة بني تميم فتبلغ ٦٢كم٢ تقريباً، ومساحة

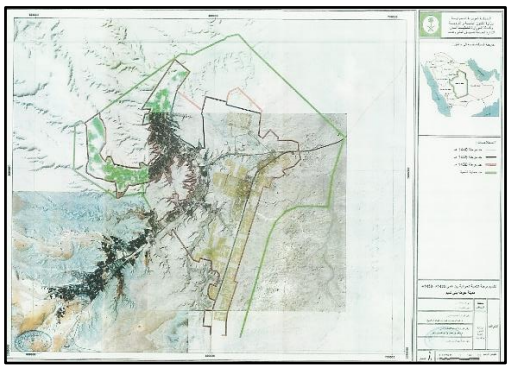
حدود التنمية العمرانية كذلك تبلغ قرابة ١٤٢كم٢ (وزارة البلديات والاسكان، ١٤٣٥هـ) (شكل: ٦ و٧).

شكل (٦) حدود العمران والتنمية العمرانية لمحافظة الحريق



المصدر: وزارة البلديات والإسكان، (١٤٣٥هـ)، وكالة الشؤون البلدية والقروية، الرياض، المملكة العربية السعودية

شكل (٧) حدود العمران والتنمية العمرانية لمحافظة حوطة بني تميم



المصدر: وزارة البلديات والإسكان، (١٤٣٥هـ)، وكالة الشؤون البلدية والقروية، الرياض، المملكة العربية السعودية

ب- الأبعاد البيئية: والتي منها -على سبيل المثال- القرب من المسطحات المائية، والمنحدرات، ونوع التربة، وجودة المياه الجوفية، وتوافرها، والمناطق المعرضة لخطر الفيضانات، وغيرها.

ج- البنى التحتية وإمكانية الوصول: القرب من الطرق ووسائل النقل العام والمرافق والبنية التحتية الأخرى أمر ضروري للملاءمة الحضرية. حيث يؤدي الوصول الفعّال إلى الخدمات والبنية الأساسية إلى خفض التكاليف وتعزيز الوظائف الحضرية (Li, et al., 2017). وفي حالة حوض وادي الحريق فإنه يفتقد إلى البنى التحتية التي تؤهله لأن يكون ملائماً للتنمية الحضرية، فمن الناحية الميدانية يرى الباحث أن أغلب المناطق الحضرية تحتاج إلى المزيد من خطط التطوير والتنظيم بما يتوافق مع الأهداف المرسومة لهذه المواقع. كما أن أغلب المواقع السياحية تحتاج إلى لوحات إرشادية للوصول، ولوحات أخرى تحتوي على معلومات مختصرة عن الموقع، ويمكن الاستعانة بما يسمى "QR code" في كل موقع سياحي أو تراثي بهدف تشجيع الزوار إلى مسح القارئ الذكي والاطلاع على المزيد من المعلومات.

د- الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية: تؤثر عوامل مثل الكثافة السكانية والإمكانات الاقتصادية ومتطلبات الإسكان في ملاءمة التنمية الحضرية إذ تُفضَّل المناطق ذات المرونة الاجتماعية والإمكانات الاقتصادية الأعلى عمومًا للتوسع.

وبحسب عبد الله الوليعي (٢٠١٠) فإنه يندرج تحت ملاءمة التنمية الحضرية عنصرَان رئيسان هما: ملاءمة التنمية العمرانية، وملاءمة الصناعة والتجارة؛ نظراً لتأثر كلٍ منهما بمدخلات ومخرجات الآخر. حيث يتطلب القرار السليم دمج جوانبها المختلفة لتجنب التداخل السلبي بين المناطق السكنية والصناعية والتجارية. مثلاً يجب أن تكون المناطق الصناعية بعيدة عن المناطق السكنية لتجنب الآثار البيئية السلبية، كما ينبغي أن يتم تطوير المناطق العمرانية وفق أسس تستوعب النمو السكاني وتتجنب الزحف العمراني العشوائي. كذلك، يعزز التخطيط المتكامل وصول السكان إلى الأنشطة التجارية دون الحاجة إلى التنقل لمسافات طويلة، مما يسهم في تقليل الازدحام وتلوث الهواء. لذا سيتم دراسة العنصرَين بحسب ما يلي:

أ. الملاءمة للتنمية العمرانية:

تُركّز ملاءمة التنمية العمرانية على تطوير المناطق العمرانية وتخطيط المباني والمساحات العامة وتنسيق الأماكن السكنية والتجارية ضمن الأحياء، ما يتطلب النظر في عوامل مثل التصميم المعماري، والكثافة السكانية، والفراغات العامة، وتوفير الخدمات. بهدف تحسين البيئة العمرانية؛ لتحقيق التماسك الاجتماعي، وتسهيل الوصول إلى الخدمات، وتقليل الازدحام، وتجنب العشوائيات (Wu, J., et al., 2016). وتتمثل الأبعاد الاقتصادية للمقومات البشرية في حفظ خدمات النظام البيئي الطبيعي للأرض، واستعادتها لحيويتها بما لا يتعارض مع التخطيط السياحي فيها. إضافةً إلى الإدارة المستدامة في المجتمعات السكانية الصغيرة أو المحافظات الصغيرة المساحة والسكان، والتي تعتمد على رأس المال الطبيعي للغذاء والماء، من خلال الزراعة والرعي. وتعد هذه التنمية إحدى الطرق الفعالة لتحقيق مجموعة من الأهداف الإنمائية والاقتصادية التي تضمن التنمية المستدامة حالياً ومستقبلياً لسكان محافظة الحريق وما جاورها. وتوفر العديد من المسارات الوصول من الطريق السريع الرئيس بين الشمال والجنوب إلى حقول النفط والغاز وخط أنابيب النفط. وتعد الزراعة من الأنشطة التجارية السائدة في منطقة الحريق والحوطة، أما إنتاج النفط فمواقعه محدودة. ولرسم خريطة نموذج مكارج لعنصر ملاءمة التنمية العمرانية بحوض وادي الحريق تم الاعتماد على التالي:

- القيمة (١٠: ملائم): احتوت هذه القيمة على كل المواقع التي تحوي جميع المناطق السكانية، والمساحات الزراعية بحوض وادي الحريق، وهذه الملاءمة تتوافق مع ما توصل إليه عبد الرب (٢٠١٧) في دراسته التي ذكر فيها أن التنمية المستدامة تقوم على قيم السكان الاجتماعية، والموروثات الثقافية والفكرية، والاقتصادية.
- القيمة (٥: ملائم نوعاً ما): تضمنت هذه القيمة الامتداد الذي تقع فيه تجمعات مبان قليلة، ولكن يجب أن تتصف بالأمان من الخطر الهيدرولوجي، والجيولوجي، وهي ليست مناطق كبيرة في الحوض؛

نظراً لتأثرها بعدة عوامل، حيث لاحظ الباحث أثناء الزيارات الحقلية أن هذه المناطق تحتوي على تجمعات عمرانية، ولكن يحيطها مناطق تساقطات صخرية، أو تقع ضمن مناطق خطرة هيدرولوجياً، وقد يتم استغلالها كمناطق ثانوية إذا ما تم اتخاذ التدابير اللازمة للحد من الأخطار التي قد تؤثر على العمران.

- القيمة (١: غير ملائم): وهي المناطق التي لا يمكن اعتبارها مناطق جيدة للتنمية البشرية، إما لوقوعها ضمن مناطق ذات انكسارات أو مناطق الحافات، أو مناطق تجمعات المياه والسيول، أو مناطق محظورة. ويبين (شكل: ١٢ ز) طبقة فئات ملاءمة التنمية العمرانية لحوض وادي الحريق، وهذه الطبقة لا تتعارض في تفاصيلها مع طبقة ملاءمة التنمية السكانية؛ نظراً لكون تطوير المناطق العمرانية وتخطيط المباني والمساحات العامة يعتمد على المساحات السكنية والتجارية ضمن الأحياء، وهذا يتطلب النظر في عوامل مثل الكثافة السكانية، والفراغات العامة، وتوفر الخدمات.

وبحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على تقييم ملاءمة التنمية العمرانية المستدامة بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة الملاءمة ٢٠٨.١٨كم^{٢}، وتمثل نسبة ١١.٨٣% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٩٦كم^{٢}، وبنسبة ٥.٤٦%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٨٢.٧١% وبمساحة ١٤٥٥.٤٢كم^{٢} (جدول: ٨).

جدول (٨) مساحات فئات ملاءمة التنمية العمرانية المستدامة بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
العمران	ملائم	208.18	11.83
	نوعا ما	96	5.46
	غير ملائم	1455.42	82.71
	المجموع	1759.6	100

ب. الملاءمة للصناعة والتجارة:

تتعلق ملاءمة التنمية الصناعية والتجارية باختيار المواقع المناسبة للأنشطة الصناعية والتجارية، حيث تركز على معايير مثل القرب من الموارد الطبيعية، والتوزيع الجغرافي للأسواق، وتوافر شبكة النقل، والقرب من القوى العاملة، وتأثير الأنشطة على البيئة. ويهدف هذا المفهوم إلى توجيه الأنشطة الصناعية والتجارية في مناطق محددة تحافظ على التوازن البيئي، وتقلل من التلوث، وتوفر فرص العمل، وتعزز الاقتصاد المحلي. ومن الناحية الاقتصادية فإنه لابد من الإشارة إلى أن السياحة البيئية ليست نشاطاً هامشياً للمحافظة على البيئة، ولكنها نشاط اقتصادي مهم بالنسبة للاقتصادات الوطنية. ففي معظم الدول

المتقدمة يمثل الدخل من السياحة البيئية جزءاً مهماً وجوهرياً من الناتج الإجمالي المحلي والنشاط الاقتصادي فيها (Smith, 2019). ويبين (شكل: ١٢ح) طبقة فئات الملاءمة الصناعية والتجارية في حوض وادي الحريق. حيث اقتصرت هذه التقييمات لعنصر التنمية الصناعية على إمكانية تخصيص مساحات للمصانع بحسب اللائحة البيئية الصادر عن المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، وكذلك الشروط الخاصة بكل نشاط صناعي وزراعي الصادر عن وزارة البيئة والمياه والزراعة. لرسم خريطة نموذج مكارج لعنصر ملاءمة الصناعة والتجارة بحوض وادي الحريق تم الاعتماد على التالي:

- القيمة (١٠: ملائم): هي المناطق القابلة للتنمية الصناعية والتي يجب أن تبتعد عن التجمعات السكانية والعمرانية قدر الإمكان. وكذلك لا تقع ضمن نطاقات الترفيه، والسياحة، كما أنها لا تؤثر بشكل مباشر على جميع ما سبق من ناحية اتجاه الرياح، وما يمكن أو يؤثر على جودة الهواء في الحوض. فوفقاً لاشتراطات الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية (مدن، ٢٠١٩) يتم تحديد بعد المسافة عن النطاق العمراني والسكاني بناءً على نوع النشاط الصناعي، ومستوى تأثيره البيئي؛ بهدف تقليل المخاطر البيئية والصحية التي قد تنتج عن الأنشطة الصناعية. وفي مجملها تتراوح بين ٣ إلى ٥كم عموماً.
- القيمة (٥: ملائم نوعاً ما): هي المناطق التي تحاذي مناطق الفئة الأولى، والتي من الممكن الاستفادة منها تخطيطياً في تحديد أنواع محددة من النشاطات الصناعية، وغيرها. وهذا يؤكده ما ذكره سميث (Smith, 2019) من أن الحفاظ على المواقع ذات الخصائص غير العمرانية –كالصناعية والزراعية– يجب أن يضمن سلامة خطط التنمية الحضرية حسب الأبعاد الثقافية.
- القيمة (١: غير ملائم): وهي المناطق التي لا تخدم –بأي حالٍ من الأحوال– مناطق التنمية الصناعية، إما لوقوعها ضمن النطاقات العمرانية، أو السياحية والترفيهية، أو مناطق محظورة.

بحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على تقييم ملاءمة التنمية الصناعية المستدامة بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة الملاءمة ٢٢٠.٧٩كم^{٢}، وتمثل نسبة ١٢.٥٥% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ١٣٢.٥٥كم^{٢}، وبنسبة ٧.٥٣%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٧٩.٩٢% وبمساحة ١٤٠٦.٢٦كم^{٢} (جدول: ٩).

جدول (٩) مساحات فئات ملائمة الصناعة للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
الصناعة	ملائم	220.79	12.55
	نوعا ما	132.55	7.53
	غير ملائم	1406.26	79.92
	المجموع	1759.60	100.00

٨. الملاءمة لتعزيز الغطاء النباتي الطبيعي بحوض وادي الحريق:

تعد النظم البيئية السليمة دعامة أساسية للتنوع البيولوجي، حيث تعتمد العديد من الأنواع النباتية والحيوانية على توافر المياه النظيفة. وتسهم الإدارة الجيدة للموارد المائية في حماية النظم البيئية والحفاظ على التنوع البيولوجي (UNESCO, 2012). وللعلم يعرّف عبد الله الوليعي (٢٠١٢، ص ١٨٢) ذلك بأنها وجود "أشجار كثيفة وضخمة وعالية وتتخللها شجيرات وأعشاب ولها جذور قوية تمتد عميقاً في التربة للحصول على الماء والغذاء، وبعض الأشجار يكون دائم الخضرة، وبعضها ينفض أوراقه. وتعد الشجرة هي النبات الأساسي وعندما تنمو الأشجار قريبة من بعضها بحيث تتلامس رؤوسها تتشكل شبه غابة حقيقة. وتتطلب ماءً أكثر مما تتطلبه أنماط الغطاء النباتي الأخرى، والرياح الجافة القوية التي تتسبب في التبخر المفرط تلحق الضرر بنمو الأشجار. فالمناخ الذي يناسب الغابات هو مناخ ذو فصل دافئ يساعد على النماء، وتربة دائمة الرطوبة، وسرعة منخفضة للرياح لاسيما في الشتاء".

ولا يوجد في حوض وادي الحريق غابات بالمصطلح المعروف، ولكن يوجد تجمعات لأنواع من النباتات الموسمية والمعمرة. ونظراً لارتباط وجود النباتات بتوافر المياه –سواءً السطحية أو الجوفية – فلابد من الحديث عن الوفرة المائية بحوض وادي الحريق وأهميتها، وهي بحسب التالي:

ملاءمة الوفرة المائية وعيون وادي الحريق لوجود النبات والمسطحات الخضراء:

ترتكز الملاءمة البيئية المستدامة للمياه على الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية بالمواقع السياحية، والتعامل معها بشكلٍ واعٍ من طرف الزوار والمتنزهين، وذلك للحيلولة دون وقوع الآثار السلبية على المحيط البيئي للموقع، كما تعد نقطة التقاء بين رغبات الزوار والمنطقة المضيفة لهم. بالإضافة إلى ذلك فهي تعمل على تلبية احتياجات السياح مثلما تعمل على الحفاظ على المناطق السياحية، وزيادة فرص العمل لأفراد المجتمع المحلي. وتعتمد المواقع السياحية التي تستطيع جذب أكبر عدد من الزوار على تنوع محيطها السياحي المادي، وعلى تميز الأشكال الثقافية للمجتمعات المحلية. وللعيون المعدنية دورها في الجذب السياحي، ويمتد هذا الدور لأزمنة بعيدة، فقد كانت العيون المقدسة تستخدم في العلاج من الأمراض عن طريق الاستحمام وممارسة رياضات محددة. وفي زمن الرومان كانت المصحات ترتبط بالعيون والحمامات واسعة الانتشار آنذاك، وقد كان معتقداً لدى أطباء القرن التاسع عشر أن فعالية العيون المعدنية تكمن في الشفاء من الأمراض، مثل النقرس والاستسقاء وآلام المعدة، ومن هنا كان الارتياد الأول ممثلاً في العلاج والاستشفاء، تفِد إليها كل طبقات المجتمع؛ وسميت بذلك مصحات الإجازات ثم أصبحت بعد ذلك أماكن للهو والترفيه (Palacios, et al., 2017). وتتوفر عناصر مهمة في مواقع العيون بحوض الحريق تؤهلها سياحياً، ويمكن استثمارها لبناء مستقبل تنموي مستدام بالمنطقة. وهذه الموارد تتمثل بشكل أساسي في التنوع الطبيعي والثقافي، بالإضافة إلى توافر ظروف مناسبة لممارسة نشاط السياحة الجبلية، مثل الأمن وقلة الظواهر الاجتماعية التي من شأنها أن تشوش على الزوار. وللعيون الكارستية في الصخور الرسوبية مرحلتان أساسيتان:

المرحلة الأولى: تتمثل في التغذية الهيدرولوجية للعين، سواء من كميات الأمطار الهاطلة على المنطقة ومحيطها، أم من المناطق البعيدة التي تغذيها عن طريق النفاذية الصخرية الجوفية.

المرحلة الثانية: وهي مرحلة الإفراغ، أو الجريان السطحي، وهذه المرحلة تتباين قوتها، وكميتها، تبعاً للظروف الطبيعية المتمثلة في العوامل المناخية والجيولوجية، والظروف البشرية المتمثلة في احتياجات السكان والأهالي وأصحاب الماشية والزوار لهذه العيون.

وأهم العيون المشهورة (الغيول) في حوض وادي الحريق، هي الآتية:

١. عين الدخيَّل: وتسمى عين الحريق أيضاً، وهي عبارة عن تجويف كارستي ضمن تكوين ضرما الجيولوجي، والذي يحتوي على الحجر الجيري، والحجر الجيري الدولوميتي، وقليل من الحجر الرملي.

٢. عين خشيم الجيفَة: عين قديمة تقع في شمالي محافظة الحريق، وهي عين غير مشهورة لدى أغلب السكان المحليين، ورغم وقوف الباحث ميدانياً على موقع العين المحدد لم يجد الباحث أثراً واضحاً أو حدوداً تبين أن هذا تجويف لعينٍ جارية أو موسمية، إنما هو تجويف كارستي عادي مثله مثل التجاويف التي تكثر في التكوينات الجيرية.

٣. رِسّ شعيب النميَص في المجهولة. الرّس في اللغة رَسَّ، يَرُسُّ، أي مصدر. ورَسَّ الشَّيْءَ: دَسَّهُ، وفيها قوله تعالى: ﴿كَذَّبَتْ قَبْلَهُمْ قَوْمُ نوحٍ وَأَصْحابُ الرَّسِّ وَثَمودُ﴾ سورة ق ~ آية رقم (١٢)، أَصْحابُ الرَّسِّ أي أَصْحابُ البِئْرِ رَسُّوا نَبِيَّهُمْ فيها فَأُهْلِكُوا (المعاني، 2023). والرَّسُ البِئْرُ المَطْوِيَّةُ بالحِجَارةِ. والرَّسُ أيضاً اسمُ بِئْرٍ كانت لبقية من ثَمُود (خاطر وفتح الله، ٢٠٠٥). والرِسّ في الجيومورفولوجيا هو موقع تجتمع فيه المياه بصورة طبيعية، إما لانخفاضه أو لتدفق المياه الجوفية لأعلى. ويختلف عن الخباري في كبر مساحته، كما أن مياهه صالحة لشرب المواشي والمارة، بعكس الخباري التي يغلب عليها ترسّب الملح والجبس بشكل ملاحَظ للعيان.

٤. رِسّ شعيب الأخضر: يعتبر رس الأخضر مصدر للمياه السطحية وتحت السطحية، ويقع قريباً من محافظة المفيجر، وتتأثر كميات المياه بالحرارة والجفاف، حيث تمتلئ في فترات هطول الأمطار، والجريانات السيلية، ثم ما تلبث أن تجف تدريجياً حتى تنضب. ورمزها (W4) في خريطة عيون حوض وادي الحريق.

٥. قلِيب حنيظلة: تعد هذه العين مصدراً مهماً لرعاة الأغنام، والمزارعين، وكانت محطة يرتادها الحجاج القادمون من اليمامة إلى مكة المكرمة، وتقع ضمن متكونات الصخور الجيرية، والكلسية. ويصفها سكان الحريق بأن مستوى مائها قريبٌ ليس كبقية الآبار الأخرى التي تتطلب حَفْراً أعمق للحصول على المياه الجوفية.

٦. بئر الكلبة القديمة: هي عبارة عن بئر قديمة في الحوض في نهاية منطقة الحوض السفلى، عند التقاء شعيب الكلبة مع مجرى وادي الحريق الكبير. ولا يظهر ماؤها إلا في موسم الأمطار، وفي بعض

الأوقات التي يرتفع فيها منسوب المياه الجوفية. والمشاهَد أنه تم قديماً بناء جدران من اللَبِن والطين حول هذه العين لحمايتها، وسهولة استخراج المياه منها. كما تم صُنع ميازيب طينية من العين باتجاه المزارع؛ لتغذي المزارع والسكان على الجانب الغربي من الحوض. وتقع هذه العين –أو البئر– في الجانب الأيمن للذاهب إلى محافظة الحريق، وهي معلَم أثري للأعمال الشاهدة على حرص أهالي الحريق ومحافظتهم على موارد المياه، التي تعتمد عليها مزارعهم وأنعامهم قديماً وحديثاً. وفي الوقت الراهن لا يُعتمَد على هذه البئر في الري

٧. عين الهلالية: تقع إلى الشمال من محافظة الحريق، وتبعد عنها بما يقارب ٢٠ كم بشعيب حَـرّ، وهي عين تنبع أسفل الحافة، ويزداد تدفق مياهها الجوفية مع الأمطار. الطريق إلى تلك العين وعر، ويحتاج إلى تعبيد الطريق، ويكثر حولها شجر الطلح. ولكن الملفت أن جميع هذه العيون لم يتم الاهتمام بها بالشكل الذي يبين أهميتها، وموقعها الجغرافي. فهي بمثابة منكشفات جيولوجية مميزة، وأماكن سياحية طبيعية. ومع ذلك تفتقد إلى اللوحات الإرشادية، والبطاقات التعريفية لتاريخ هذه العيون، وأهميتها، ووظيفتها قديماً، وحديثاً.

٨. بئر المجهولة: بئر قديمة، مسلكها وعر على الحجاج الذاهبين للحجاز، ولا زال هواة الصيد والرحلات يذكرونها في رحلاتهم، وجولاتهم الميدانية. ويتم ضخ مائها في حوض إسمنتي بغرض التحكم الجيد في توزيع المياه، وري المزارع، والأنعام بحسب الحاجة لذلك.

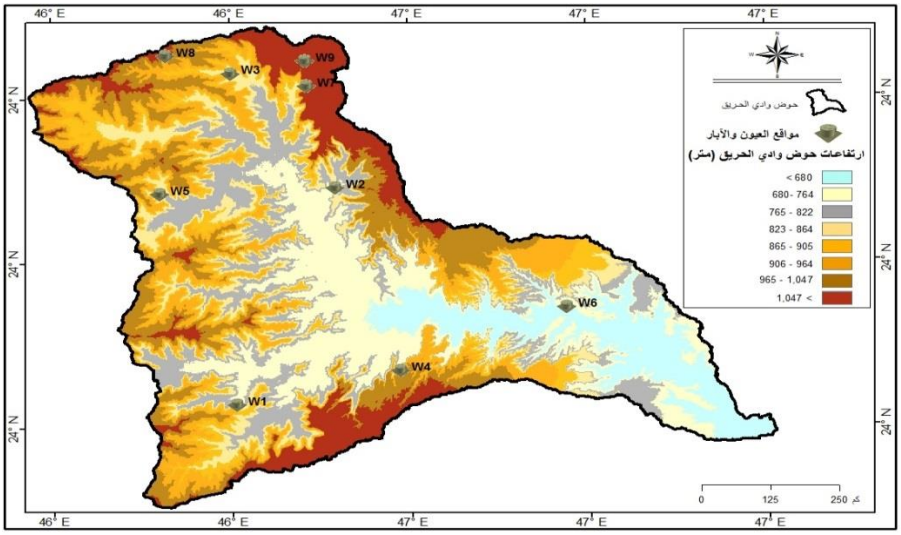
٩. بئر القصيبة، بئر أثرية، كانت على طريق الحجاج المسافرين قديماً، ولكنها اندثرت بعد أن نضب ماؤها، وهُجِرت، ومن ثَم طمرت السيول المحملة بالترب والغرين والحصى مكانها.

١٠. عين دقيل: تقع هذه العين في شمالي حوض وادي الحريق بشعيب الدقيل الأعلى، وهي عبارة عن عين قديمة، ولا يوجد فيها أي مظهر يدل على بقاء المياه فيها، فقد نضب ماؤها وجفت، بحسب إفادة سكان الحريق الذين تم لقاؤهم. ويبين جدول (١٠) عيون حوض الحريق وإحداثياتها، ووصف مبسط لهذه العيون (شكل: ٨).

جدول (١٠) عيون الحريق وإحداثياتها بحوض وادي الحريق

تسلسل	اسم العين	الرمز على الخريطة	الإحداثيات	الوصف
١	عين الدخيل	W1	°31'33.59"٢٣N E 46°20'12.24"	عين قديمة وماؤها دائم على مدار العام.
٢	عين خشيَم الجَيفَة	W2	N 23°37'30.8" E 46°28'10.8"	عين قديمة وغير مشهورة لدى أغلب السكان المحليين.
٣	رِسّ شعيب النميَص	W3	N 23°49'47.3" E 46°18'56.1"	يصعب الوصول إليها.
٤	رِسّ شعيب الأخضر	W4	N 23°33'34.89" E 46°29'22.32"	تمتلئ بالمياه السطحية وتحت السطحية في مواسم الأمطار، وتمتد لفترة بعد ذلك إلى أن يغلب عليها الجفاف الشديد والحرارة العالية فتجف.
٥	قليب حنيظلة	W5	N 23°44'22.8" E 46°15'59"	بئر تحتوي على مياه، ولها أوقات محددة يتم فيها تعبئة الحوض الصناعي لخدمة المزارعين والرعاة.
٦	عين الكلبة القديمة	W6	N 23°37'13.91" E 46°38'25.12"	بئر قديمة كانت تستخدم في ريّ المزارع.
٧	عين الهلالية	W7	°50'53.06"٢٣N E 46°24'15.68"	عين دائمة الجريان.
٨	بئر المجهولة	W8	°54'8.12"٢٣N E 46°15'16.40"	بئر قديمة ومعروفة عند القدماء وأهل القنص والتخييم.
٩	عين دقيل	W9	N 23°52'26.58" E 46°24'11.90"	جف ماؤها ونضب.
١٠	بئر القصيبة	–	N 23°35'38" E 46°41'1.4"	بئر قديمة مندثرة.

شكل (٨) خريطة عيون حوض وادي الحريق



ويحتوي حوض وادي الحريق على العديد من الآبار الموسمية، ومصبات الشلالات التي يقصدها الرعاة بعد هطول الأمطار، وهي كثيرة، وبعضها أُطلِق عليه اسم الوادي الذي وجدت فيه، وبعضها بدون اسم. وعموماً فإن هذه الآبار الموسمية غير معروفة إلا لدى قلّة من الناس، الذين يرتادونها بدوابهم وإبلهم، والتي تعد مواردها مهمة لديهم، أما عامة السكان فلا يعرفون إلا المواقع القريبة منهم فقط. ولعل ذلك من أسباب الهجرة من المحافظة إلى المدن الكبرى، وخصوصاً مدينتي الخرج والرياض، وقلة اهتمام السكان بمعرفة مواقع وأهمية هذه الآبار الموسمية تاريخياً وسياحياً.

وفي دراسة للكيال وأبو العينين (٢٠١٧، ص ٧٧٠) عن المياه الجوفية السطحية والعميقة بمربع الحوطة الجيولوجي، وتحديداً على عيون الأفلاج، حيث أظهرت النتائج أن أعماق آبار المياه الجوفية تتراوح ما بين ٥٠ إلى ٢٠٠ م، في حين أن مستويات المياه تتراوح ما بين ٣٠ إلى ١٥٠م، وأن الطبقة المنتجة للمياه هي طبقة العرب والتي تتكون جيولوجياً من الحجر الجيري الخشن، حيث تتخلل المياه طبقة هذه الحجر فيما بين الشقوق والفجوات الباطنية، وكلما زادت الفجوات زادت إمكانية الحصول على المياه بكميات أكثر. أما المياه الجوفية العميقة فتتراوح أعماق آبارها ما بين ٥٠٠ إلى ١١٠٠م، وتتراوح مستويات المياه ما بين ١٥٠ إلى ٢٥٠م. وهذه المياه تنتجها طبقة المنجور ذات التكوين الصخري الرملي، وإنتاجيتها تعد عالية مقارنة بغيرها من الآبار في التكوينات الجيولوجية الأخرى، حيث تتراوح إنتاجية هذه الآبار ما بين ٨٠٠ إلى ١٢٠٠ جالون/دقيقة. أما نسبة الأملاح في هذه الطبقة فتبلغ ٥٠٠٠ ميكروموز، حسب جدول (١١).

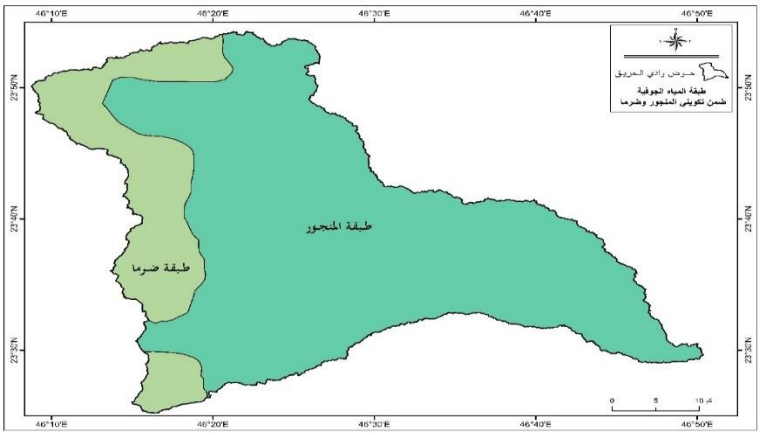
جدول (١١) المياه الجوفية لمربع حوطة بني تميم الجيولوجي- عيون الأفلاج

م	نوع المياه	أعماق الآبار (م)	مستويات المياه (/م)	نسبة الأملاح	الطبقة المنتجة للمياه	الطبقة الحاملة
١	الجوفية السطحية	٥٠ – ٢٠٠	٣٠ – ١٥٠	٥٠٠٠ ميكروموز	تكوين العرب	الحجر الجيري
٢	الجوفية العميقة	٥٠٠ – ١١٠٠	١٥٠ – ٢٥٠	٥٠٠٠ ميكروموز	تكوين المنجور	الحجر الجيري

المصدر: (الكيال وأبو العينين، ٢٠١٧، ص ٧٧٠) نقلاً عن دراسة مكتب عبد الله الحسين لدراسات واستشارات جيولوجيا المياه، ٢٠١٥م.

أما المياه الجوفية الواقعة في تكوين سدير فتعدّ قليلة، وتزيد فيها نسب الملوحة، بسبب وجود الهاليت والجبس (Ec= 17 mhos/cm). أما تكوين الجبيلة فالماء أكثر ملوحة منه في تكوين خف (Ec= 4 m mho/cm). وهذا يقلل من إمكانات المياه الجوفية في الاستخدامات البشرية المباشرة. في حين أن المياه في تكوين ساق أفضل أنواع المياه في هذا القسم الرسوبي من المنطقة (Sindi, 1988, p. 242). ويبين (شكل: ٩) طبقة ملاءمة توفر المياه الجوفية بحوض وداي الحريق

شكل (٩) المياه الجوفية في طبقتي المنجور وضرما بحوض وادي الحريق



المصدر: بن معمر، عبد المحسن بن محمد، (٢٠٠٢)، صفحات من تاريخ نجد إمارة العيينة وتاريخ آل معمر، دار المريخ، الرياض، صفحة: ٦٠٦. نقلاً عن: أطلس المياه، (١٩٨٨)، وزارة البيئة والمياه والزراعة، المملكة العربية السعودية، الرياض. بتصرف.

وبحسب الشكل السابق (٩) ولرسم خريطة ملاءمة التنمية المستدامة للمياه الجوفية أخذ بالآتي:

- القيمة (١٠: ملائم): احتوت هذه القيمة على كل المواقع التي تضمها طبقتي تكوين المنجور وضرما المائي؛ وذلك لكونها طبقات رئيسية حاملة للمياه، وهذا ما ذكره عبدالله الوليعي (١٩٩٧، ص ٩٥) وكذلك عبدالحفيظ سقا (٢٠١٥، ص ١٦٨)، وعبد الرحمن الشريف (٢٠٠٧، ص ١٣٥).
- القيمة (٥: ملائم نوعاً ما): احتوت هذه القيمة على مواقع خزن المياه الثانوي في تكوين العرب الصخري للمياه الجوفية. وهذا يؤيده ما ذكره (MAW and BRGM, 1982) من أن طبقة العرب الصخرية تحتوي على مياه جوفية، ولكنها ثانوية، والتي من ضمنها حوض وادي الحريق (Gomaah and Al-Bassam, 2021).
- القيمة (١: غير ملائم): احتوت هذه القيمة على المواقع التي لا تحتوي على أيٍ من الطبقات الرئيسية أو الثانوية، وبالتالي تفتقر إلى المياه الجوفية. ولكن هذه المناطق قد تحتوي على بعض المياه الجوفية في أوقات هطول الأمطار، والتي تسمى عند السكان المحليين (رِّس) كرِسّ شعيب الأخضر، التي سبق تفصيلها.

والمُـخرَج لفئات مكارج بناءً على تقييم توّفر المياه الجوفية بحوض وادي الحريق حسب (شكل: ١٢ ط) تبلغ مساحة فئة الملاءمة ١٣٣٥.٨٦ كم^{٢}، وتمثل نسبة ٧٥.٩٢% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٢١٨.٣٥ كم^{٢}، وبنسبة ١٢.٤١%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ١١.٦٧% وبمساحة ٢٠٥.٣٩ كم^{٢} (جدول:١٢).

جدول (١٢) مساحات فئات ملائمة المياه الجوفية للتنمية المستدامة بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
المياه الجوفية	ملائم	1335.86	75.92
	نوعا ما	218.35	12.41
	غير ملائم	205.39	11.67
	المجموع	1759.60	100

٩. ملاءمة الزراعة في حوض وادي الحريق:

ترتبط التربة مباشرة بالفيضانات والقياسات الهيدرولوجية، وتنبؤات الكوارث المتعلقة بالأمطار ومجاري السيول، وخصائصها الفيزيائية والكيميائية. ويؤدي الترسيب في قاع النهر إلى رفع منسوب المياه في النهر مما يؤدي أيضًا إلى زيادة الفيضانات (Veraart, et al., 2017). وقد أثبتت عدة دراسات أن أعلى معدل ترشيح في المناطق الرملية، وأن أقل معدل ترشيح في التربة الطينية. وهذا يوضح أن نوع التربة يؤثر على معدل الترشيح (Almeida, et al., 2018). ومما يساعد على التنمية المستدامة كمنظومة متكاملة هو ما يقوم به

المزارعون في أراضيهم، من حرث وتجديد للترب، والحيازات الخاصة، والتي ستؤدي إلى دعم وإثراء التربة، مما يزيد من إمكانية استمرارية حيويتها، وجودتها، والاستفادة منها في التنمية الزراعية، وما يعتمد عليها من تحفيز للاقتصاد المحلي، وتشجيع السكان على الاستغلال الأمثل للترب. إن تغيير استخدام أرض من بور إلى مزروعة من الممكن أن يسبب تعرية متزايدة للتربة، وزيادة في الحِمل المنقول إلى الجدول. وهذا الحال يعد أشد في المناطق ضعيفة الموارد المائية، وتزداد الشدة بزيادة الجفاف (Almeida, et al., 2018). ومن المسلمات أن أرض منطقة الدراسة التي تحولت من أراض بور إلى أراضٍ زراعية، سيؤدي إلى تسريع عملية تعرية التربة، وبالتالي ترسيب مواد التعرية داخل مجاري الأودية والأنهار. وبهذه الطريقة فإن الجداول الممتلئة بالطمي قد أصبحت ذات ماء صاف، واستعادت نشاطها في تعرية مجاريها (الدليمي، ٢٠٠١). ويعتمد استمرار هذا الاتجاه على تدابير الحماية المستقبلية واستخدام الأرض.

وتتصف أودية حوض الحريق بأنها مغطاة بالإرسابات الغرينية، التي تمتلك نفاذية جيدة للخزن الجوفي عند هطول الأمطار. حيث تقوم هذه الرواسب الغرينية والشقوق في الصخور –على الرغم من أن التبخر والنتح مرتفعان بسبب المناخ الجاف– بعملية تسريب كميات من المياه الهاطلة عليها إلى الأعماق. وفي دراسة لسندي (Sindi, 1988) لمربع القويعية الجيولوجي الواقع شمال مربع الحوطة مباشرة رجّح أن "مؤشرات التشبع الجوفي تشير إلى أن المصدر الرئيس للحديد في الماء هو إذابة البيريت مع أكسدة الكبريتيد إلى كبريتات؛ نظرًا لأن المياه تتدفق ببطء في الصخور الرسوبية، لذا فإنها تزيد ملوحتها، مما يوضح أن التربة ونوعية المياه الجوفية تتدهور كل عام. ولن يكون الذبول مناسبًا للأغراض الزراعية في المستقبل. والحاجة إلى غسل الأراضي بشكل دوري من قبل المزارعين، واستخدام الأسمدة الإضافية لتحل محل المغذيات التي تم ترشيحها مهم جداً للحد من التدهور. انظر شكل (١٠) الذي يبين ملاءمة الزراعة في حوض وادي الحريق

وقد تم تقييم المواقع بحوض وادي الحريق وفقاً لتصنيف مكارج إلى ثلاث فئات، (١٠: ملائم) للمناطق الزراعية والسهول الفيضية ذات الترب القابلة للاستخدام الزراعي، والانحدار الخفيف (٠–١٥) درجة، وقد رجّح ذلك براسيتيو (Prasetyo, 2022) في دراسته التي اعتبر فيها المناطق ذات الانحدار الخفيف مناطق ملائمة للزراعة بشرط وجود تربة حيوية غنية ومستقرة. أما الفئات (٥: ملائم نوعاً ما) فقد شملت المناطق التي تحتوي على نباتات حولية أو بعلية، أو ترب قابلة للاستغلال، ولكنها في الوقت الحالي غير مستغلة، ويرجع سبب عدم استغلالها –وفقاً للتحقق الميداني– إلى أنها أراضٍ ذات ملك عام، أو أنها تحتاج لمشاريع ري وتمديد مياه، أو أنها في مناطق بعيدة عن السكان والنطاقات الزراعية، أو أنها تمثل مواقع تساقط صخري من أكتاف الحافات وأعاليها. وأُعطيت القيمة (١: غير ملائم) للمناطق الجرداء والصخرية، والمناطق الوعرة، أو التي تحتوي على كثبان رملية. كما لوحظ ميدانياً أن الحيازات الزراعية تعتبر موروثاً عالي القيمة لدى السكان المحليين، حيث يعتبرون هذه المساحات من هويتهم وموروثات اكتسبوها من آبائهم، حتى لو لم يزرعها مالكوها إلا أنها تظل ذات قيمة معنوية واجتماعية، لا يكاد يخلو مجلس أو قصيدة من ذكر هذه الأراضي وجودة محاصيلها وحسن خضرتها.

وبحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على ملاءمة الزراعة بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة الملاءمة الزراعية ١٤٢.٨٢ كم٢، وتمثل نسبة ٨.١٢% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ١٤٣.٩٣كم٢، وبنسبة ٨.١٨%، أما فئة غير الملائم فتمثل نسبة ٢٦.٨٧% وبمساحة ٤٧٢.٨٥كم٢ (جدول:١٣).

جدول (١٣) مساحات فئات ملاءمة الزراعة بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
الزراعة	ملائم	147.02	8.36
	نوعا ما	143.93	8.18
	غير ملائم	1468.65	83.46
	المجموع	1759.6	100

١٠. التنوع الحيوي بحوض وادي الحريق:

للحيوان أثره المهم في الجذب السياحي، فقد نالت مسألة المحافظة على الحياة الحيوانية البرية اهتماماً كبيراً، وذلك لأغراض متعددة منها: الغرض العلمي، والثقافي، والسياحي والرياضي، وعلى الرغم من أن الحيوان البري كان دائماً –وما يزال– مصدراً للطعام والملبس. إلا أن أهم قيمة اقتصادية واجتماعية له الآن هي للأغراض العلمية، والدول الغنية بهذه الثروة تخصص جزءاً منها محميات طبيعية. وتقع محمية الوعول في جنوب حوض وادي الحريق، ويمكن الوصول إليها عبر طرق معبدة، باتجاه محافظة الحلوة، في المنطقة الوسطى جنوب الحريق وغرب حوطة بني تميم، وتبعد عن الرياض ١٨٠كم؛ وتبلغ مساحتها ١,٨٤٠.٩كم²، وتعد محمية موارد مستغلة وأجزاء منها تصنف (محمية ذات طبيعة خاصة، محمية طبيعية، محمية أحيائية)، وهي عبارة عن هضبة كبيرة وعرة ضمن سلسلة جبال طويق، تتخللها العديد من الأودية والشعاب وبعض المناطق الرملية. ويصل ارتفاع الحواف الغربية للجبال إلى ١٠٩٧م. وتحتوي على أشجار الطلح، والسمر، والسلم، والسدر، والغضى بصورة خاصة في أودية المحمية. كما توجد الشجيرات والأعشاب والحشائش في الأودية الصغيرة والشعاب، وتنمو بشكل جيد بعد هطول الأمطار. وقد كان السبب الرئيس لحماية هذه المنطقة احتواؤها على قطيع صغير متبق من الوعول بحالته الفطرية زادت أعداده بعد الحماية. كما يوجد في المحمية الوبر، والثعالب، وعدة أنواع من القوارض، والطيور التي من أهمها الحجل الرملي، وبعض أنواع الزواحف. وقد تم إعادة توطين أعداد من ظبي الإدمي في المحمية عام ١٩٩٠م، فتأقلمت مع طبيعة المنطقة وتنامت أعدادها فيها. ويأتي الاهتمام بهذه المحمية وغيرها من المحميات في وطننا الغالي لتحقيق رؤية ٢٠٣٠ وفق مبادرة السعودية الخضراء بحماية ٣٠% من مساحة المملكة، إضافة إلى المحافظة على الموائل الطبيعية والتنوع الأحيائي فيها

(NCW, 2023). شكل (١٢ ي) الذي يبين ملاءمة الحيوانات وتنوعها في حوض وادي الحريق بحسب أسلوب مكارج.

وبحسب السكان المحليين أثناء المقابلات الشخصية في عام ٢٠٢٣م أنهم يشاهدون الوعول باستمرار فوق جيلان حافة جبال طويق تتجول باستمرار، خصوصاً في فترات الصيف الشديد التي لا يكون في المنطقة سياح ومرتادي التخييم. حيث تبدأ هذه الوعول بالتجول والعودة إلى محميتها الطبيعية جنوب الحوض بمحمية الوعول. أضف إلى ذلك الطيور المهاجرة، والزواحف المتنوعة في الحوض، والتي يمكن مشاهدتها بين الحين والآخر، سيما أن هذه الزواحف تبحث عن الجحور والأماكن البعيدة عن السكان والمارّة (صورة:٣).

صورة (٣) عدة وعول خارج المحمية ضمن أحد جيلان حوض وادي الحريق

المصدر: محمد آل عمشاء، (٢٠٢٣)، مقابلة شخصية، أحد سكان محافظة الحريق.

وقد تم تقييم المواقع بحوض وادي الحريق وفقاً لتصنيف مكارج إلى ثلاث فئات، (١٠: ملائم) للمناطق التي تحتوي على مساحات زراعية، أو نباتات بعلية، أو مواقع مياه؛ وذلك لارتباط التنوع الحيواني بهذه الموائل. أما الفئات (٥: ملائم نوعاً ما) فقد شملت المناطق التي تحتوي جحوراً واضحة كموائل للحيوانات، أو مواقع للنباتات التي ترى عليها الطيور باستمرار، وقد تطلب ذلك مرافقة عدد من سكان الحوض لتحديد المواقع التي تكثر فيها الطيور، والزواحف، والمواقع التي يحذَر منها السكان نظراً لوجود زواحف خطرة كالعقارب والأفاعي. وأُعطيت القيمة (١: غير ملائم) للمناطق الجرداء والصخرية، والمناطق القاحلة، ولا يمكن الجزم بعدم وجود تنوع حيوي فيها، ولكن يندر رؤيتها في هذه المناطق.

وبحسب المُـخرَج لفئات مكارج بناءً على ملاءمة التنوع الحيوي بحوض وادي الحريق تبلغ مساحة فئة الملاءمة الزراعية ١١٦١.٢٥ كم^{٢}، وتمثل نسبة ٦٦% من إجمالي مساحة الحوض الكلية، في حين تبلغ مساحة فئة الملاءمة نوعاً ما ٥٩٨.٣٦كم^{٢}، وبنسبة ٣٤% (جدول:١٤).

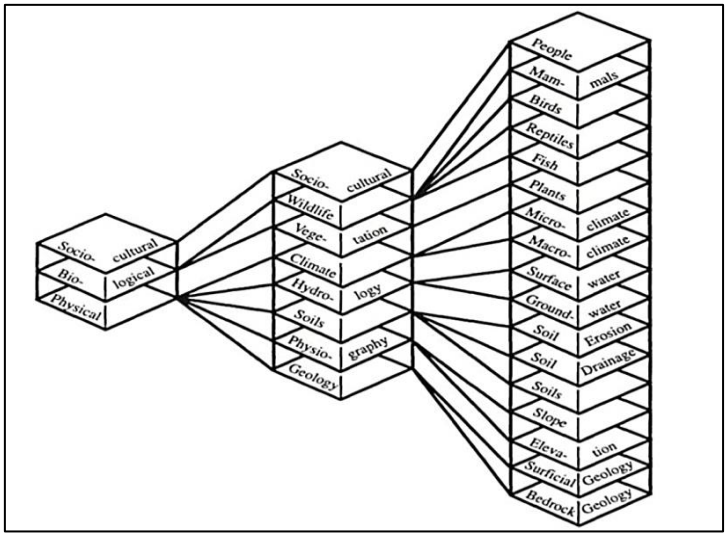
جدول (١٤) مساحات فئات ملاءمة التنوع الحيوي بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
التنوع الحيوي	ملائم	1161.25	٦٦
	نوعا ما	598.36	34
	غير ملائم	0	0
	المجموع	1759.61	100.00

ثانياً: أسلوب مكارج في تقنية تجميع الطبقات overly map لدراسة البيئة جغرافياً:

تهدف الأساليب الجغرافية في دراسة وإصدار الخرائط إلى تسهيل عرض عناصر البيئة التي تتضمنها الخريطة، مما يساعد صانعي القرار والمهتمين بالبيئة في تحليل وفهم الأنظمة البيئية المختلفة. تعتمد هذه الأساليب على تقنية تجميع الطبقات (map overlays)، حيث تُرتب المعلومات في طبقات شفافة تعكس مجموعة متنوعة من الأنظمة البيئية وفقًا للموارد الطبيعية والأهداف المحددة (Cohen, 2003). وتحتوي كل طبقة على بيانات خاصة بعناصر بيئية معينة، مثل التربة، أو الغطاء النباتي، أو الجغرافيا الطبيعية، أو القيمة الجمالية، أو قيمة الإسكان، أو الأهمية التاريخية والتراثية. وينتج عن هذا الأسلوب خريطة مركبة تتيح تقييم العمليات الطبيعية والاجتماعية، حيث يُستخدم التدرج الرمادي لمعايرة المناطق ذات الأهمية الاجتماعية القصوى بأقل تكلفة بيئية ممكنة. ولإنشاء خريطة بيئية متكاملة، يجب ترتيب الطبقات بحيث توضع الطبقات التي تمثل العمليات الأبطأ تطورًا، مثل الجيولوجيا والصخور الأساسية، في الأسفل، في حين توضع الطبقات التي تعكس العمليات الأسرع تغيرًا، مثل الظواهر الاجتماعية والثقافية في الأعلى. وكما تم شرحه، فإن إنشاء قاعدة بيانات دقيقة لمنطقة الدراسة يمثل خطوة أساسية قبل تطبيق أسلوب مكارج، ويجب أن تشمل هذه القاعدة طبقات متعددة تغطي الجيولوجيا، الجغرافيا الطبيعية، خصائص التربة، الهيدرولوجيا، المناخ، الغطاء النباتي، التنوع الحيوي، إضافة إلى الظواهر الاجتماعية والاقتصادية (Young et al., 1983). انظر شكل (١٠) الذي يبين الترتيب الطبقي للخرائط المتعلقة بتطبيق أسلوب مكارج، وشكل (١١) الذي يبين الترتيب الطبقي لفئات ملاءمة عناصر الاستدامة بحوض وادي الحريق ضمن برمجية ArcGIS pro.

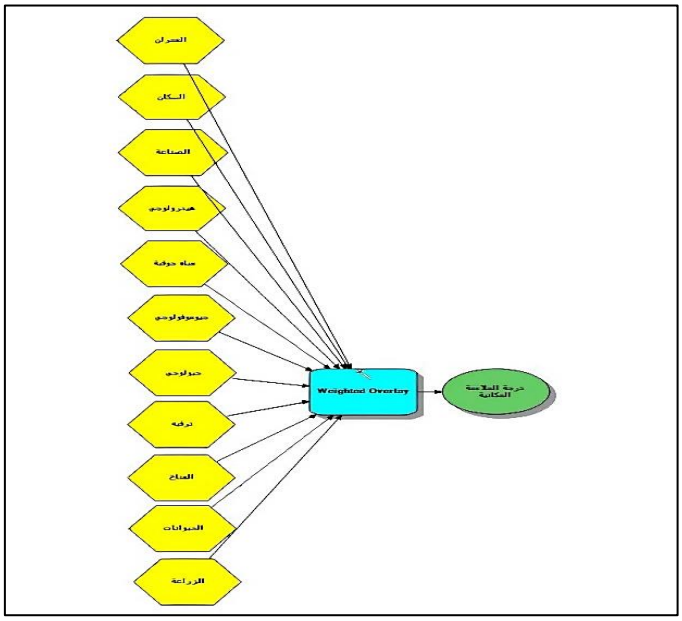
شكل (١٠) الترتيب الطبقي للخرائط المتعلقة بتطبيق أسلوب مكارج



المصدر:

Young, Gerald, Frederick Steiner, Kenneth Brooks, and Kenneth Struckmeyer, (1983), Determining the Regional Context for Landscape, Planning, Landscape Planning, sciencedirect, p: 269.

شكل (١١) الترتيب الطبقي لفئات ملاءمة عناصر الاستدامة بحوض وادي الحريق ضمن برمجية ArcGIS pro



ويضمن أسلوب مكارج في التخطيط البيئي تصميم الطبيعة بطريقة تحقق بيئة معيشية مستدامة تلبي احتياجات البقاء على المدى القريب والبعيد. وفي هذا الإطار، يصبح التخطيط البيئي أداة أساسية لدعم عملية التكيف المستمرة التي تخوضها البشرية مع بيئتها. وتقوم هذه العملية على إدراك العلاقة المتبادلة التي لا يمكن إغفالها بين جميع الكائنات الحية وبيئتها المحيطة. وبناءً على ذلك، لا يكفي مجرد فهم هذا الترابط الوثيق، بل

يجب الترويج له كأساس لجميع خطط استخدام الأراضي والتنمية. وعلى نطاق أوسع، يوفر التخطيط البيئي فرصة لتحقيق أقصى قدر من الفوائد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية في تصميم المدن والمناطق الحالية والمستقبلية. وبالتالي، يُطرح التخطيط البيئي كبديل مقترح من قبل مكارج للنموذج التقليدي القائم على التخطيط العقلاني الشامل (McHarg and Frederick, 1978).

وينبثق مفهوم التخطيط الذي ابتكره مكارج من خاصيتين أساسيتين للعمليات الطبيعية: الإبداع واللياقة. فقد رجّح أن الإبداع يوفر الديناميكيات التي تحكم الكون، في حين تتبع اللياقة من المفاهيم التطورية حول كيفية تكيف الكائنات الحية وبقائها. وعندما يرتبط التخطيط بالبيئة، فإن الأهداف والوسائل التي يمكن أن نختارها تكون قابلة للقياس (Cohen, 2003, p60). ومن خلال تطبيق نظم المعلومات الجغرافية (GIS) تم العمل على معالجة الطبقات واستخراج الخرائط، وتكوين قاعدة البيانات لحوض وادي الحريق. فتقنيات نظم المعلومات الجغرافية تحتوي على أدوات فعالة في البحث البيئي عن طبقات مكانية مختلفة، ومستويات متعددة من التنظيم والتحليل وباستخدام أساليب المعالجة المتوافرة في برمجية ArcGIS تمت الخطوات التالية:

١. إدخال جميع الطبقات المطلوبة في أسلوب مكارج، والتي تم استخراجها عبر البرمجية، أو حسابها عبر الصيغ الرياضية السابق عرضها. وهي طبقات: خطوط الكنتور، والصخور الجيولوجية السطحية، ومعدلات الأمطار، وفئات التنمية الهيدرولوجية للأحواض الفرعية، مع الأخذ في الاعتبار مواقع مستجمعات المياه خلف السدود الثلاثة في الحوض، وهي: سد الحوطة، والحريق، ولصاد نعام.

٢. معالجة الطبقات بوضع وزن نوعي لكل طبقة داخل برمجية ArcGIS pro، بحيث يكون مجموع الأوزان النوعية ١٠٠%، وذلك لإصدار مخرج يصنف مدى ملاءمة الظروف البيئية المختلفة لاستخدامات الأراضي المرغوبة في التنمية المستدامة (سكنية، تجارية، صناعية، إلخ)، وتأثيرات استخدام الأراضي التي تقع على هذا النوع، استناداً إلى القيم (١٠ –٥ –١).

٣. استصدار خرائط الملاءمة لكل نوع من أنواع استخدام الأراضي بناءً على تصنيفات المناظر الطبيعية للعوامل البيئية المختلفة (شكل: ١٢).

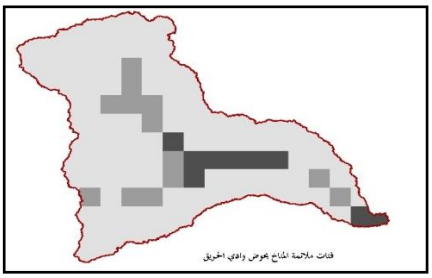
٤. استخراج الخريطة النهائية المركبة والمعدّلة المصنوعة من جميع خرائط الملاءمة المتراكبة فوق بعضها البعض طبقاً لمكارج (١٣) ضمن برمجية ArcGIS pro.

وعلى هذا النحو، وفقًا لمكارج، توفر الطريقة البيئية عملية لدمج البيانات متعددة الأبعاد والموضوعات وتمثيل بيئي شامل بناءً على المعلومات التي تم جمعها. وبالاستفادة من تأثير الشفافية في بيئة التصميم التناظرية؛ لجعل البيئة مرئية ومتاحة للتشخيص ككيان شامل. مع الأخذ بعين الاعتبار أن مكارج بايَن في استخدام الطبقات بحسب الدراسات التي قام بها والأهداف التي سعى لتحقيقها، وخصوصاً تلك الدراسات الثلاث التي طبّق فيها أسلوبه الجديد. ففي دراسته التي قام بها عام ١٩٦٧م لدراسة المناظر لطبيعية وهندسة البيئة وتأثرها بإنشاء طريق جديد يمر عبر ضواحي فيلاديلفيا ميتروبوليان The Philadelphia Metropolitan، حيث استخدم طبقات: المناخ، والتربة، والجيولوجيا، والسكان، وتحليل المنظر الطبيعي في ذلك. ولكن في عام

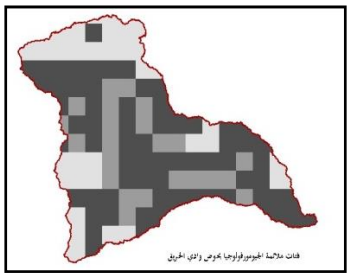
٢٠٠٦م حين درس المناطق التي تحتوي –أو تقع– على أودية ذات إنتاج زراعي قام بتطبيق تجربة التحليل البيئي الإقليمي العام لفهم المكان الذي ستكون فيه مواقع التنمية المستدامة وماهيتها استخدم الطبقات: الغابات، والصخور، والتربة، والتحليل الهيدرولوجي والجيومورفولوجي والسكان في سبيل ذلك، مع التركيز على استدامة الغابات وجودتها. وخَلُص إلى أنه لا ينبغي تطوير مجاري الأودية الأساسية في منطقة الدراسة؛ لحساسيتها الهيدرولوجية ولأنها تحتوي على أفضل أنواع التربة للإنتاج الزراعي. ومن هذا أيضاً ما استعرضه الباحثان هونت ودانييلز (Hundt and Daniels, 2018) في تقييم عدة أساليب بيئية لمكارج Rogers وروجرز Rogers ومالون Malone وغيره لدراسة تصاميم البيئة وطرق تقييم استغلال الموارد فيها. وهذا يعطي الباحث المجال الذي يستطيع من خلاله دراسة العناصر البيئية واختيار الأنسب بما يتوافق مع أهداف الدراسة، ومعطياتها، وموقعها. وفي حالة حوض وادي الحريق الذي يعتبر وادياً عظيماً، وذا تباينات في الارتفاعات، ووجود المزارع والسكان في المناطق المنخفضة منه، ولاحتوائه على أماكن تبعد عن التجمعات العمرانية، في مقابل مراكز إدارية اندمجت مع محافظة الحريق بحكم التمدد العمراني والتوسع الزراعي، كما هو الحال بين مركز المفيجر ومحافظة الحريق. لذا سيتم اعتماد الطبقات حسب الأشكال في (١٢). وفي سبيل ذلك سيتم تطابق الفئات لأنواع الملاءمات للعناصر البيئية والأبعاد الجيومورفولوجية بحوض وادي الحريق .

شكل (١٢) خرائط فئات الملاءمة لعناصر التنمية المستدامة بحوض وادي الحريق ضمن برمجية ArcGIS pro

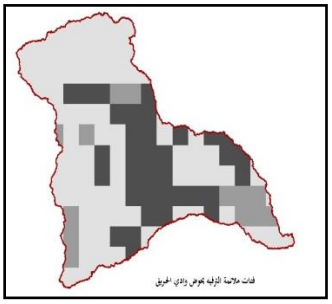
أ. فئات ملاءمة المناخ



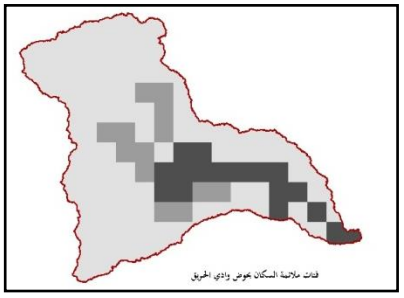
ب. فئات ملاءمة الجيولوجيا



ج. فئات ملاءمة الجيومورفولوجيا



د. فئة ملاءمة الهيدرولوجيا

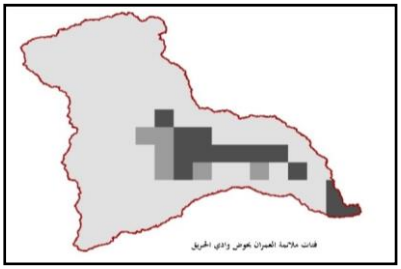


ه. فئات ملاءمة السكان

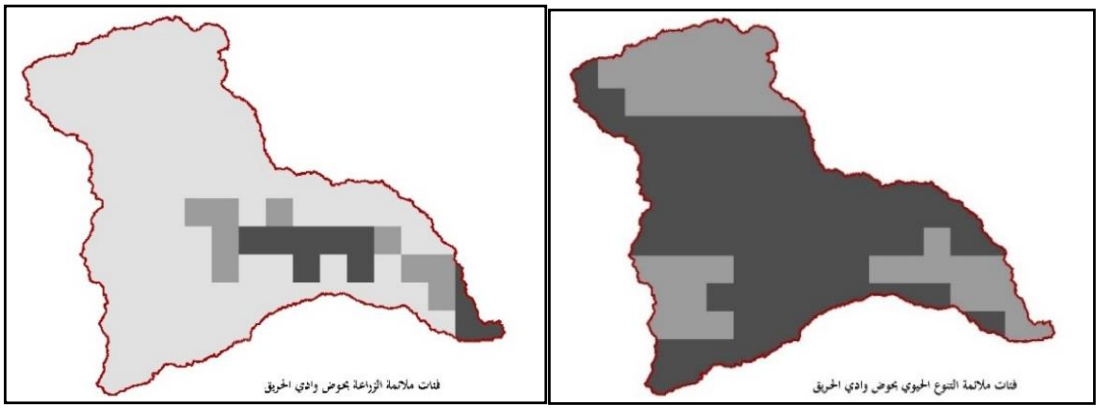
و. فئات ملاءمة الترفيه

ز. فئات ملاءمة العمران

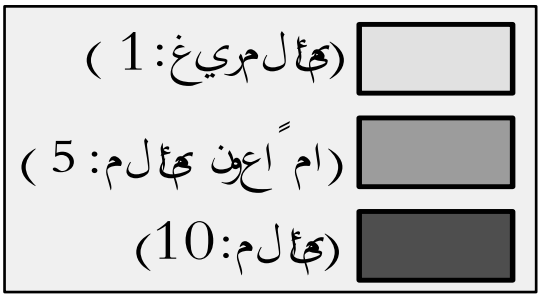
ح. فئات ملاءمة الصناعة



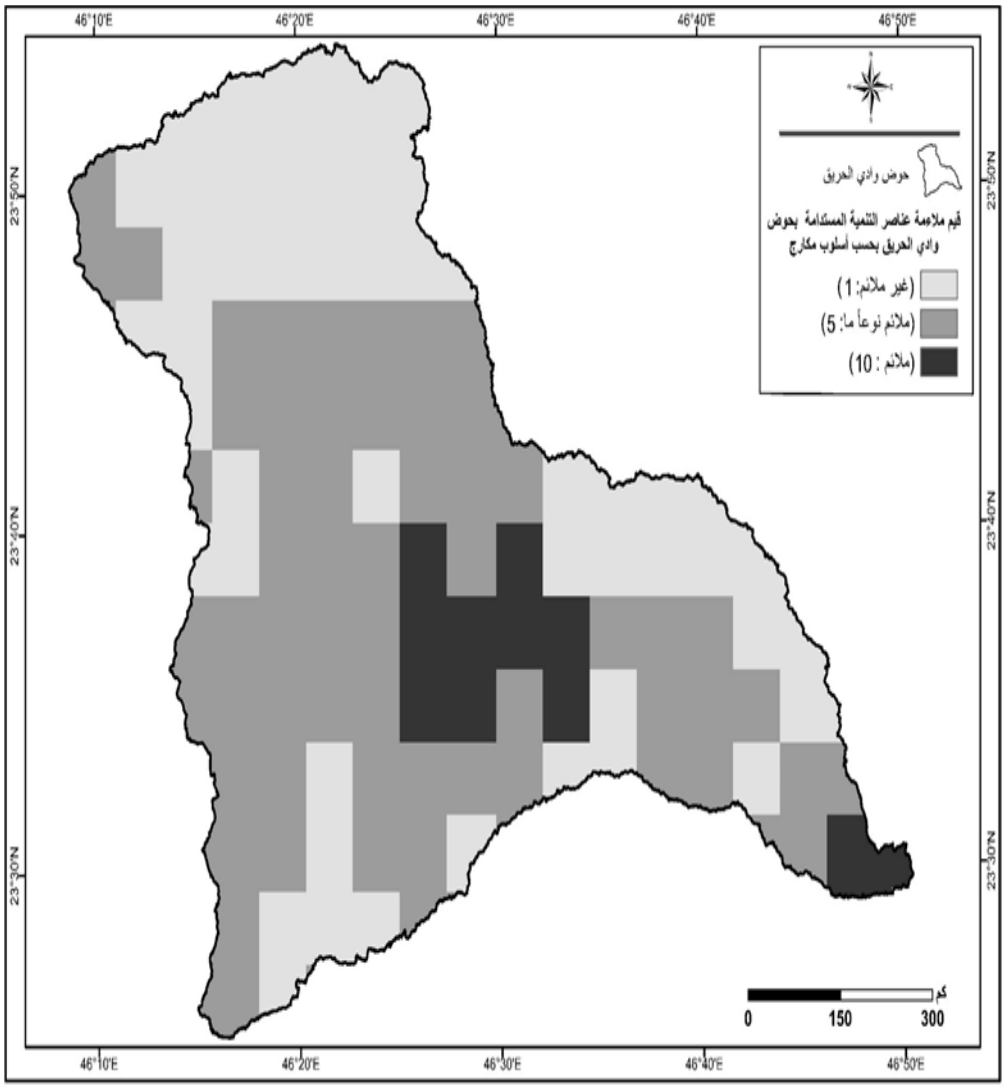
ط. فئات ملاءمة المياه الجوفية



ك. فئات ملاءمة الزراعة ي. فئات ملاءمة الحيوانات



شكل (١٣) خريطة تصنيف التنمية المستدامة طبقاً لأسلوب مكارج بحوض وادي الحريق ضمن برمجية ArcGIS pro



يتبين من خلال شكل (١٣) الذي يستعرض المخرج النهائي لتطبيق أسلوب مكارج في تحديد مناطق التنمية الأنسب للتنمية المستدامة وفقاً للعناصر المختارة بحوض وادي الحريق، والتي تبلغ أحد عشر عنصراً بيئياً ما يلي:

١. التنمية السكانية والعمرانية: توضح خريطة المخرج النهائي أن أفضل المواقع للتنمية السكانية تقع في وسط الحوض، مع إمكانية التوسع باتجاه الشرق، حيث تمتلك هذه المواقع ميزات جغرافية مناسبة تسمح بتطوير التجمعات السكانية بشكل متدرج، كما أن هذه المنطقة تعد الأكثر تكاملًا من حيث سهولة الوصول إلى الخدمات والموارد الأساسية. ومع ذلك، يظل التوسع العمراني محدودًا؛ بسبب قلة الكثافة السكانية وافتقار المنطقة للبنية التحتية الكاملة، مما يستلزم استثمارات كبرى لتعزيز الخدمات الأساسية مثل الطرق، الكهرباء، وشبكات المياه. وتبلغ مساحة التنمية السكانية في الحوض كم²، أي ما يمثل % من إجمالي مساحة الحوض.

٢. ملاءمة الموارد السياحية للترفيه: تعتبر المنطقة ذات إمكانات جيدة للتنمية السياحية البيئية، حيث إن٥١.٤١% من الحوض يصنَّف على أنه "ملائم نوعًا ما"، مما يعني إمكانية استغلاله في الأنشطة السياحية الطبيعية مثل التخييم، السياحة الجبلية، رحلات السفاري، واستكشاف المعالم الجيولوجية. كما أن توفر العيون المائية في وادي الحريق يدعم أنشطة السياحة البيئية المرتبطة بالمسطحات الخضراء والتنوع النباتي، وهذا يجعل المنطقة مثالية لتطوير مشاريع سياحية مستدامة.

٣. ملاءمة التنمية الصناعية: أظهرت خريطة المخرج النهائي أن أنسب المواقع للتنمية الصناعية تقع في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض، حيث تتميز هذه المنطقة بتوفر الموارد المعدنية، مثل الحجر الجيري والسيليكا، مما يجعلها موقعًا مناسبًا لإقامة الصناعات الاستخراجية مثل المحاجر والكسارات. وتبلغ المساحة المخصصة للتنمية الصناعية 220.79كم²، والتي تشكل ١٢.٥٥% من إجمالي مساحة الحوض، مما يعكس إمكانية تطوير هذا القطاع كأحد محاور التنمية المستدامة في المنطقة. ومع ذلك، فإن محدودية البنية التحتية الصناعية تستدعي توفير طرق نقل مناسبة، وشبكات كهرباء ومياه داعمة لهذا النشاط.

٤. ملاءمة الغطاء النباتي: تُظهر نتائج التحليل أن بعض أجزاء الحوض تمتلك إمكانات معتدلة لتطوير المساحات الخضراء، خاصة في المناطق ذات الرطوبة النسبية الأعلى والقريبة من العيون المائية، حيث يمكن زراعة الأشجار الصحراوية والنباتات المتكيفة مع المناخ الجاف لتعزيز الغطاء النباتي الطبيعي ومكافحة التصحير.

٥. ملاءمة الوفرة المائية وعيون وادي الحريق: يُعد الوادي غنيًا بالعيون المائية والمناطق التي تدعم الوفرة النباتية والمسطحات الخضراء، مما يجعل المنطقة مناسبة لمشاريع إعادة التشجير وتنمية المناطق الطبيعية حول مصادر المياه. هذه الموارد تؤدي دورًا مهمًا في دعم التنوع البيئي ودعم الاكتفاء في بعض المحاصيل الزراعية في المنطقة، خاصة عند استغلالها بطريقة مستدامة.

٦. فيما يتعلق بالتنمية الزراعية فقد حُددت المناطق في الجزء الجنوبي والجنوبي الشرقي من الحوض، مع إمكانية التوسع نحو الشمال. إلا أن هذه المناطق تواجه نسب أمان أقل بسبب أخطار السيول والفيضانات، ما يستدعي تنفيذ حلول احترازية مثل إنشاء السدود أكثر، وتحسين شبكات الري، وتطبيق تقنيات الحصاد المائي. تبلغ المساحة المخصصة للتنمية الزراعية 1161.25كم²، ما يشكل ٦٦% من إجمالي مساحة الحوض، وهي نسبة مهمة يمكن استغلالها لدعم الأمن الغذائي المحلي، خصوصًا في زراعة التمور، الحمضيات، والمحاصيل الصحراوية.

٧. ملاءمة الحيوانات وتنوعها: أظهرت النتائج أن المنطقة تحتفظ ببيئة جيدة تدعم الحياة البرية والتنوع الحيواني، مما يوفر فرصًا لتطوير المحميات الطبيعية والصيد المستدام. ومع ذلك، فإن الحاجة للحفاظ على هذه الموارد الطبيعية تتطلب خططًا لحماية التنوع البيولوجي وتقليل التدخلات البشرية السلبية.

وتعتمد قابلية المنطقة للتنمية على مجموعة من العوامل البيئية الأساسية مثل المناخ، والجيولوجيا، والجيومورفولوجيا، والهيدرولوجيا، والتي تعد الأساس الذي تُبنى عليه جميع قرارات التنمية المستدامة. فمثلاً التضاريس الصخرية والارتفاعات الجبلية تجعل بعض المناطق أقل ملاءمة للعمران، لكنها توفر فرصًا مثالية للسياحة الجبلية والتعدين. كما أن توفر العيون المائية يدعم الزراعة، بينما المناخ الجاف والتضاريس القاسية تحد من التوسع العمراني التقليدي (جدول:١٥).

جدول (١٥) مساحات فئات التنمية المستدامة طبقاً لمخرج خريطة أسلوب مكارج بحوض وادي الحريق

عنصر الملاءمة	الفئة	المساحة (كم٢)	النسبة (%)
أسلوب مكارج للتنمية المستدامة	ملائم	166.24	9.45
	نوعا ما	904.66	51.41
	غير ملائم	688.70	39.14
	المجموع	1759.60	100.00

النتائج:

يعد أسلوب مكارج أحد الأساليب الفعالة في تقييم التنمية المستدامة، حيث ساعد في تحليل العوامل البيئية والجغرافية وتحديد مدى ملاءمة المناطق للتنمية المختلفة. ومن خلال تطبيق هذا الأسلوب على وادي الحريق، تم التوصل إلى عدة نتائج تعكس التحديات والفرص التنموية في المنطقة، وهي على النحو الآتي:

١. عدم ملاءمة معظم أراضي الوادي للتنمية يستوجب تخطيطًا دقيقًا لاستغلال الموارد الطبيعية بفعالية، إذ كشف تحليل مكارج أن ٨٠% من مساحة الوادي غير قابلة للتنمية بسبب العوامل البيئية، بينما ٧% فقط مناسبة للمشروعات التنموية، مما يستلزم توجيه الاستثمارات نحو الزراعة الموسمية، والتنقيب المستدام عن المعادن، وإنشاء المحميات البيئية، واستغلال الموارد المائية الجوفية بشكل متزن.

٢. تمتلك المنطقة مقومات قوية لتنمية السياحة البيئية، لكن ضعف البنية التحتية والخدمات السياحية يحد من إمكاناتها، حيث كشف تحليل نتائج أسلوب مكارج أن التكوينات الجيومورفولوجية الفريدة في الوادي توفر فرصًا كبيرة لتطوير السياحة البيئية، مثل سياحة السفاري، والتزلج على الرمال، ومراقبة الطيور. إلا أن نقص الخدمات الداعمة، مثل الطرق والمرافق السياحية، يشكل عائقًا أمام استغلال هذه الفرص، مما يستدعي تطوير البنية التحتية وتعزيز التوعية البيئية.

٣. التنمية الزراعية المستدامة في وادي الحريق تتطلب إدارة فعالة للمياه والتكيف مع التغيرات المناخية، حيث أظهر أسلوب مكارج أن المناطق الزراعية تتمتع بملاءمة مناخية عالية، إلا أن محدودية المياه الجوفية وارتفاع درجات الحرارة يستدعيان تبني تقنيات ري حديثة، وزراعة محاصيل مقاومة للجفاف، وتطبيق إستراتيجيات مدروسة لضمان استدامة الإنتاج الزراعي على المدى الطويل.

٤. الفيضانات والتصحر تشكل تحديات رئيسية أمام استدامة التنمية في الوادي، مما يتطلب حلولًا بيئية وهندسية متكاملة، حيث أظهرت نتائج أسلوب مكارج أن بعض المناطق معرضة لمخاطر فيضانات مرتفعة بسبب الانحدارات الشديدة وسوء التصريف المائي، مما يستدعي بناء سدود أخرى لحصاد المياه وتعزيز البنية التحتية لتصريف السيول. وفي المقابل، يؤدي التصحر إلى تدهور الأراضي الزراعية، مما يستوجب تنفيذ برامج لإعادة التشجير، واستخدام مصدات الرياح، وتحسين تقنيات الحفاظ على التربة.

٥. التوسع العمراني والصناعي في وادي الحريق يتطلب إدارة متوازنة للموارد الطبيعية لضمان الاستدامة، حيث أظهر أسلوب مكارج أن التوسع السكاني والصناعي يزيد الضغط على الموارد الطبيعية، مما يستدعي تطبيق معايير بيئية صارمة في التعدين والصناعات المحلية، وتحفيز الاستثمار في المشروعات المستدامة، وتطوير أنظمة إدارة النفايات وإعادة التدوير، للحد من التلوث وحماية جودة البيئة في المنطقة.

التوصيات:

١. تعزيز التخطيط المكاني القائم على الخصائص الجيومورفولوجية عن طريق توظيف نتائج التحليل الجيومورفولوجي لتوجيه التنمية الزراعية والصناعية نحو المناطق ذات القابلية العالية، وتفادي التوسع في المناطق الهشة بيئيًا.

٢. الاستفادة من التجارب العالمية والاسترشاد بالتجارب الدولية في إدارة الأحواض المائية الجافة وشبه الجافة، وتكييفها مع الخصوصية الجغرافية والبيئية لحوض وادي الحريق.

٣. تطبيق أسلوب مكارج على مشاريع للتنمية المستدامة قائمة حالياً في مجال التنمية المستدامة، وذلك لتقييم مدى ملاءمتها البيئية اعتمادًا على عناصر المصفوفة، مع إجراء مقارنات منهجية بين نتائج هذا التقييم ونتائج مستخلصة من مصفوفات تقييم أخرى أو دراسات ذات صلة. ويهدف هذا التوجه إلى تعزيز مصداقية أساليب التقييم البيئي، وتنويع أدوات التحليل المستخدمة، ودعم صُنّاع القرار بمخرجات أكثر شمولية وتكاملاً، خاصة في ظل تزايد الحاجة إلى خطط تنموية متوازنة تُراعي الأبعاد البيئية والجيومورفولوجية والاجتماعية في آنٍ واحد.

المصادر والمراجع:

المراجع العربية:

ابن معمر، عبد المحسن بن محمد، (٢٠٠٢)، صفحات من تاريخ نجد إمارة العيينة وتاريخ آل معمر، دار المريخ، الرياض، صفحة: ٦٠٦. نقلاً عن: أطلس المياه، (١٩٨٨)، وزارة البيئة والمياه والزراعة، المملكة العربية السعودية، الرياض. بتصرف.

ابن منظور، أبو الفضل جمال الدين محمد بن مكرم الإفريقي، (1993)، لسان العرب، دار صادر، بيروت، الطبعة الثالثة، المجلد الثاني عشر.

أطلس تربة المملكة العربية السعودية، (٢٠١٥)، وزارة البيئة والمياه والزراعة، مقياس ١:٢٥٠,٠٠٠.

آل سعود، مشاعل محمد، (2014)، دراسة هيدرولوجية وادي السلي، الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض.

الإيزجاوي، أنيس، ومحمود، هديل، (٢٠١٢)، إبراز دور التخطيط لتنمية سياحية مستدامة في محافظة كربلاء، بحث منشور، الجامعة التكنلوجية قسم الهندسة المعمارية، العراق.

الجابري، محمد بن عبد الله، (2009)، *التحضر وتوزيع السكان في المملكة العربية السعودية*، *مجلة جامعة الملك سعود (العلوم الإدارية)*، ٢١(2).

الجاسر، لميعة عبد العزيز، (٢٠١٣)، تحديد مناطق السياحة البيئية في حوض وادي بيش جنوب غرب المملكة العربية السعودية بإستخدام تقنيتي الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، جامعة الكويت – كلية العلوم الاجتماعية – قسم الجغرافيا، الكويت.

الجعيدي، فرحان، (٢٠١٩)، إقليم الخرج، جامعة الملك سعود، الطبعة الأولى، ص ١٣٥.

الدبل، محمد سعد، (1988)، الحريق – سلسلة هذه بلادنا، الرياض، المملكة العربية السعودية: الرئاسة العامة لرعاية الشباب – وكالة شؤون الشباب – الإدارة العامة للنشاطات الثقافية.

الدليمي، خلف حسين، (2001)، الجيومورفولوجيا التطبيقية: علم شكل الأرض التطبيقي، عمان، الدار الأهلية للنشر والتوزيع، المملكة الأردنية الهاشمية.

الرازي، زين الدين أبو عبد الله محمد بن أبي بكر بن عبد القادر الحنفي، (2010)، مختار الصحاح، مؤسسة دار الرسالة، الطبعة الخامسة.

الشريف، عبد الرحمن صادق، (2007)، جغرافية المملكة العربية السعودية، المملكة العربية السعودية، الرياض، دار المريخ للنشر.

العبيد، عبد المحسن بن عبد الله، (2003)، السياحة في المملكة العربية السعودية، مكتبة العبيكان.

الغريب، رشيد سعد، (2002)، *الجزيرة الإلكترونية: الحريق موطن النخيل وملتقى الشعاب*، من : http://www.al-jazirah.com/2002/20021113/hv1.htm

الفقير، بدر بن عادل، (2012)، الموارد السياحية في المملكة العربية السعودية: التوزيع والخصائص، الطبعة الأولى.

القويفلي، ريان محمد ناصر، (٢٠١٩)، مقومات الجذب السياحي في مدينة الطائف، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبد العزيز بجدة .

المركز الوطني لتنمية الحياة الفطرية (NCW)، (2023)، *المناطق المحمية: محمية الوعول*، من : https://www.ncw.gov.sa/centers.html

المعاني، لكل رسم معنى، (٢٠٢٣)، معنى رِسّ، موقع الكتروني، من: https://www.almaany.com/ar/dict/ar-ar/%D8%B1%D8%B3/

النجار، أحمد حسن، (2019)، مدخل إلى التصميم البيئي: الإنسان والطبيعة، مكتبة الأنجلو المصرية.

النجار، خالد، (٢٠١٧)، تطوير السياحة الجيومورفولوجية في محمية جزيرة سقطرى باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة جامعة النجاح للأبحاث (العلوم الإنسانية)، المجلد: ١٢/٣١، الصفحات: ٢١٨٦-٢٢٣٦.

الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠١٧)، تقرير إحصاء السكان ٢٠١٧، المملكة العربية السعودية.

الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢)، تقرير إحصاء السكان ٢٠٢٢، المملكة العربية السعودية.

الوليعي، عبد الله ناصر، (2010)، الإنسان في الأرض: فلسفة التربية البيئية ومضمونها، الطبعة الأولى، الرياض، المملكة العربية السعودية، دار الصولتية للتربية.

الوليعي، عبد الله ناصر، (2012)، المدخل إلى إعداد البحوث والرسائل الجامعية في العلوم الاجتماعية، الطبعة الأولى، الرياض، المملكة العربية السعودية، مكتبة جرير.

بظاظو، إبراهيم، (2010)، السياحة البيئية وأسس استدامتها، الطبعة الأولى، دار الوراق للنشر، عمّان، الأردن.

خاطر، عبد الحليم، وفتح الله، إبراهيم، (2005)، معجم معاني الأسماء، دار المعرفة الجامعية.

سقا، عبد الحفيظ محمد سعيد، (2015)، أشكال سطح الأرض الجيومورفولوجيا (المجلد الأول)، المدينة المنورة، منطقة المدينة المنورة، مكتبة كنوز المعرفة.

عبد الحميد، عاطف معتمد، (٢٠٠٤)، المقومات الطبيعية للسياحة في منطقة جازان جنوب غرب المملكة، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد (٢٨٧)، الكويت.

علي، أحمد عبد الله، (2022)، التحليل الجيولوجي وأثره في التخطيط العمراني المستدام، دار النشر الجامعي، القاهرة.

مدن، الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية، (٢٠١٩)، معايير واشتراطات البناء بالمدن الصناعية، الإصدار الرابع، الطبعة الثالثة.

مكتب عبد الله الحسين لدراسات واستشارات جيولوجيا المياه، (٢٠١٥م)، الرياض.

وزارة البلديات والإسكان، (١٤٣٥هـ)، وكالة الشؤون البلدية والقروية، قسم المعلومات الجيومكانية، الرياض، المملكة العربية السعودية.

المراجع الأجنبية:

Allen, A., Chambers, B., & Foster, D. (1997). The management of contaminated land: Problems and solutions. *Environmental Geology*, 32(1), 22–33.

Barkin, D. (2002). Ecotourism for sustainable regional development. *Current Issues in Tourism*, 5(3), 245–261.

Bell, F. G. (2007). *Engineering geology*. Elsevier.

Bellis, J., Bourke, D., Maschinski, J., Heineman, K., & Dalrymple, S. (2020). Climate suitability as a predictor of conservation translocation failure. *Conservation Biology*, 34(6), 1473–1481.

Carlsson, M. K. (2018). Environmental design, systems thinking, and human agency: McHarg's ecological method and Steinitz and Rogers's interdisciplinary education experiment. *Landscape Journal*, 36(2), 37–52.

Coduto, D. P., Yeung, M. R., & Kitch, W. A. (2011). *Geotechnical engineering: Principles and practices* (2nd ed.). Prentice Hall.

Cohen, W. J. (2003). A critical assessment of Ian McHarg's human ecological planning curriculum at the University of Pennsylvania [Doctoral dissertation, University of Pennsylvania]. University of Pennsylvania Repository.

Crowe, T. J. (1986). Environment: science and policy for sustainable development. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 28(2), i–iv.

Daly, C. (2006). Guidelines for assessing the suitability of spatial climate data sets. *International Journal of Climatology*, 26(6), 707–721.

Daniels, T. L. (2021). Re-designing America's suburbs for the age of climate change and pandemics. *Socio-Ecological Practice Research*, 3(2), 225–236. https://doi.org/10.1007/s42532-021-00084-5

Davey, C. A., & Pielke, R. A. Sr. (2005). Microclimate exposures of surface-based weather stations: Implications for the assessment of long-term temperature trends. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86(4), 497–504.

De Almeida, W. S., Panachuki, E., de Oliveira, P. T. S., da Silva Menezes, R., Sobrinho, T. A., & de Carvalho, D. F. (2018). Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, 175, 130–138.

Edelson, D. C. (2011). Geo-literacy: Preparation for far-reaching decisions. *National Geographic Education*.

Forsyth, A. (2003). Ian McHarg's Woodlands: A second look. *Planning*, 69(8), 10.

Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall.

Gomaah, M., & Al-Bassam, A. (2021). Geochemistry and origin of the hypersalinity of groundwater in Wasia Biyadh Aquifer, Saudi Arabia. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 9(11), Article 1001.

Goodman, R. E. (1989). *Introduction to rock mechanics*. John Wiley & Sons.

Han, Y.-J., Li, X., & Smith, A. (2024). Sustainable development of water and environment. In *ICSEE Conference Proceedings* (2024).

Hundt, G., & Daniels, T. L. (2018). The Plan for the Valleys: Assessing the Vision of Ian McHarg and David Wallace. *Journal of Planning History*, 17(1), 3–19.

Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Prentice Hall.

Lave, R., Wilson, M. W., Barron, E. S., Biermann, C., Carey, M. A., Duvall, C. S., Johnson, L., Lane, K. M., McClintock, N., Munroe, D., Pain, R., Proctor, J., Rhoads, B. L., & Van Sant, L. (2014). Critical physical geography. *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, 58(1), 1–10.

Li, X., et al. (2017). Infrastructure accessibility as a critical factor in urban development. *Urban Studies*, 54(8), 1870–1888.

Matheron, G. (1971). *The theory of regionalized variables and its applications*. Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique, École des Mines, Fontainebleau, France.

Maude, A. (2017). Geography and sustainability: A conceptual framework. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 26(2), 93–107.

McHarg, I. L., & Steiner, F. R. (Eds.). (1978). *Ecological planning: The planner as catalyst to heal the Earth: Selected writings of Ian L. McHarg*. Island Press.

McHarg, I. L., & Steiner, F. R. (2006). *The essential Ian McHarg: Writings on design and nature* (p. 54). Island Press.

Ndubisi, F. (2002). *Ecological planning: A historical and comparative synthesis*. The Johns Hopkins University Press.

Palacios, M. L., & Cantera, J. R. (2017). Mangrove timber use as an ecosystem service in the Colombian Pacific. *Hydrobiologia*, 803(1), 345–358.

Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1989). *Economics of natural resources and the environment* (3rd ed.). Johns Hopkins University Press.

Pigram, J. (1983). *Outdoor recreation and resources management*. Croom Helm.

Prasetyo, K. (2022). Edu eco-tourism based on local wisdom on the development of sustainable reservoir functions. *SHS Web of Conferences*, 149, Article 02001.

Robinson, G. W. S. (1972). The recreation geography of South Asia. *Geographical Review*, 62(1), 43–44.

Seed, H. B., & Idriss, I. M. (1982). *Ground motions and soil liquefaction during earthquakes*. Earthquake Engineering Research Institute.

Shoval, N., & Ahas, R. (2016). The use of tracking technologies in tourism research: The first decade. *Tourism Geographies*, 18(5), 587–606.

Steinitz, C. F., & Rogers, P. P. (1968). *A systems analysis model of urbanization and change: An experiment in interdisciplinary education*. Graduate School of Design, Harvard University.

Sugimoto, K., Ota, K., & Suzuki, S. (2019). Visitor mobility and spatial structure in a local urban tourism destination: GPS tracking and network analysis. *Sustainability*, 11(3), 919.

UNESCO. (2012). *Managing water under uncertainty and risk: World Water Development Report 4*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

UN Water. (2020). *Water and sustainable development: From vision to action*. United Nations.

Veraart, A. J., Dimitrov, M. R., Schrier-Uijl, A. P., Smidt, H., & de Klein, J. J. M. (2017). Abundance, activity and community structure of denitrifiers in drainage ditches in relation to sediment characteristics, vegetation and land-use. *Ecosystems*, 20, 928–943.

Vivanco, L. (2002). Ecotourism, paradise lost – A Thai case study. *The Ecologist*, 32(2), 30.

Wu, J., et al. (2016). Environmental constraints and sustainable urban land development. *Journal of Urban Management*, 5(1), 9–21.

Young, G., Steiner, F., Brooks, K., & Struckmeyer, K. (1983). Determining the regional context for landscape planning. *Landscape Planning*, 10(3), 269–288.

Zhang, Y., et al. (2018). Integrating land use and zoning regulations in urban growth suitability. *Environmental Management*, 61(2), 248–264.