

Suiting and simulating the growth of rural urbanization in the central part north of Wadi Fatima Basin using the hierarchical analysis method and multi-criteria decision in a geographic information systems environment

ملاءمة ومحاكاة النمو العمراني الريفي في الجزء الأوسط شمال حوض وادي فاطمة باستخدام طريقة التحليل الهرمي والقرار متعدد المعايير في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

Dr. Maliha Hamed Al Abdali^{1*}

د. مليحة حامد العبدلي^{1*}

¹Associate Professor, Department of Geography, College of Social Sciences, Umm Al-Qura University, Makkah Al-MukarramahK, Saudi Arabia.

أستاذ مشارك قسم الجغرافيا/ كلية العلوم الاجتماعية/ جامعة أم القرى، مكة المكرمة، السعودية

Received:05/09/23 Revised:11/10/23 Accepted: 28/10/23

تاريخ التقديم: 05/09/23 تاريخ ارسال التعديلات: 11/10/23 تاريخ القبول: 28/10/23

الملخص:

تهدف الدراسة إلى تطبيق النمذجة المكانية لتحديد المناطق الملائمة للنمو العمراني الريفي من خلال منهجية التحليل الهرمي والقرار متعدد المعايير في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، ومحاكاة نمو العمران الريفي في الجزء الأوسط شمال حوض وادي فاطمة حتى عام 2060. ولتحقيق هذه الاهداف بدأت الدراسة بجمع المرئيات الفضائية (لاندسات، سينتال) لاشتقاق طبقات اغشية واستعمالات الارض بعامي 2013، 2023، وتوصلت نتائج الدراسة لتراوح نسب ملاءمة المنطقة للنمو العمراني الريفي بين 25.03% في المناطق التي تقل فيها الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي إلى 94.9% في المناطق التي تتصف بملاءمة عالية لنمو العمران الريفي في المنطقة، وتوصلت نتائج محاكاة نمو العمران الريفي في المستقبل إلى توقع تغيراته بشكل ايجابي في مختلف الفترات، وبالتالي يتوقع نموذج سلسلة ماركوف ان تبلغ مساحة العمران الريفي في المنطقة عام 2030 نحو 24.82 كم²، بنسبة 4.47% من إجمالي مساحة المنطقة، وبنسبة تغير 4.039%، وستبلغ مساحة العمران الريفي عام 2040 حوالي 32.76 كم²، بنسبة 5.89% من إجمالي مساحة المنطقة، بنسبة تغير بين عامي 2030 - 2040 حوالي 31.98% ويتوقع النموذج ان تزداد مساحة العمران الريفي عام 2050 إلى 40.14 كم²، بنسبة 7.22% من إجمالي مساحة المنطقة، بنسبة تغير بين عامي 2040 - 2050 ستبلغ 22.04%، ومن المتوقع حسب نتائج النموذج ان يبلغ مساحة العمران عام 2060 نحو 47.13 كم²، بنسبة 8.48% من إجمالي مساحة المنطقة، لتبلغ نسبة تغيره بين عامي 2050 - 2060 حوالي 17.4%.

الكلمات المفتاحية:الملاءمة المكانية، العمران الريفي، طريقة التحليل الهرمي، القرار متعدد المعايير، حوض وادي فاطمة .

Abstract:

This study aims to apply spatial modeling to identify areas suitable for rural urban growth using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) within a Geographic Information Systems (GIS) environment. It also simulates the future expansion of rural urbanization in the central-north part of Wadi Fatima Basin until 2060. The study utilized satellite images (Landsat and Sentinel) to derive land use and land cover maps for 2013 and 2023. Based on these, layers of environmental, production, and living suitability factors were prepared and analyzed.

The results showed that the spatial suitability for rural urban growth in the region ranges from 25.03% in low-suitability areas to 94.9% in highly suitable areas. AHP was used to assign weights to 16 variables influencing urban growth, and a composite suitability map was produced.

Simulation using the Markov Chain model revealed that rural urban areas are expected to expand positively over time: reaching 24.82 km² in 2030 (4.47% of the region), 32.76 km² in 2040 (5.89%), 40.14 km² in 2050 (7.22%), and 47.13 km² in 2060 (8.48%). This study can serve as a reference for rural development planning, helping decision-makers optimize rural land use and enhance the quality of life in rural communities.

Keywords: Religious services: mosques, Hail city, geographical distribution of mosques, geography of services, geographic information systems.

مقدمة

الشمالي لحوض وادي فاطمة الذي يعد ظهور زراعي مهم ليس لسكان قرى الحوض بل لسكان المدن المحاذية للحوض، مع أخذ هذه النماذج في الاعتبار الحماية البيئية، واستخدام الأراضي المزروعة، وممارسات الإنتاج الزراعي، ومتغيرات أخرى. وبشكل عام تحاول الكثير من دراسات النمو العمراني للقرى تركيزها على تحقيق تكامل بين الكيانات المادية المكانية وصولاً إلى إعادة إعمار مساحة المستوطنات الريفية (Fang, 2016, P.460).

ولتحقيق التنمية الريفية بما في ذلك نمو العمران الريفي يجب بناء النماذج التي يمكن من خلالها تحديد أفضل المناطق لتوسعات القرى، ومحاكاة النمو العمراني المستقبلي وفقاً لمعايير هذه النماذج، وهو ما ستقوم به هذه الدراسة، وبالتالي يمكن أن تكون هذه الدراسة مرجعاً لتخطيط وإعادة أعمار المناطق السكنية الريفية في الجزء الأوسط من حوض وادي فاطمة، حيث يساعد نموذج الملاءمة ومحاكاة العمران لفترات مستقبلية الباحثين والقطاعات الحكومية وصناع القرار على وضع إطار عام للتنمية الريفية، ويمكن لاستراتيجية تحسين التخطيط للمناطق السكنية الريفية في المنطقة تحسين نوعية حياة سكان الريف، وتعزيز النمو العمراني للقرى فيها. ويعد تقييم مدى ملاءمة المناطق السكنية الريفية خطوة أولية حاسمة لتوجيه عملية تحسين تخطيط المناطق السكنية الريفية، ويساعد على إثراء وتحسين أساليب ونتائج التقييم، والتي ستستفيد منها عملية تخطيط استخدام الأراضي الريفية Polat (and Olgun, 2004, p.1507).

دراسات سابقة

استخدم Abdullah, (2014) نموذج ملاءمة قائم على نظم المعلومات الجغرافية والقرار متعدد المعايير لتحليل توزيع المستوطنات الريفية، كان هدف هذه الدراسة كشف أنماط التوزيع المكاني للمستوطنات، ووضع نموذج ملاءمة مكانية للاستيطان من خلال تطبيق منهجية قائمة على تحليل القرار متعدد المعايير، والاعتماد على أحد عشر معيار، وتم استخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي لبناء أوزان للمعايير، وتوضح نتائج الدراسة وجود تناقض طفيف بين النمط المكاني للملاءمة والتوزيع الفعلي للمستوطنات، ووفقاً للنموذج فإن حوالي 53.7% من مساحة الدراسة إما مناسبة أو مناسبة بدرجة كبيرة لبناء مستوطنات جديدة، والمساحة المتبقية 46.3% تم تصنيفها على أنها مناسبة بشكل متوسط أو ضعيف أو غير مناسبة.

وقاس Wang, et al, (2017) التغيرات في القرى الآخذة في التوسع في منطقة العاصمة بكين من خلال دمج بيانات الاستشعار عن بعد وتحليل نظم المعلومات الجغرافية، وقدمت هذه الدراسة منهج مختلف لاكتشاف تغير المستوطنات السكنية الريفية، يمكن من خلاله تحديد أنواع مختلفة من تغيرات المستوطنات الريفية على مستوى القرية الفردية من خلال دمج بيانات الاستشعار عن بعد في (GIS)، وصنف الدراسة القرى إلى خمسة أنواع لا تغيير كلياً فهي تتوسع وتندمج مع بعضها بين عامي 1984-2010، وتم

تعرف القرى الريفية بأنها المناطق التي تهيمن عليها الزراعة كنشاط اقتصادي رئيسي، لكن هذا لا يمنع وجود أنشطة أخرى مثل الصناعات والحرف الريفية والسياحة (Hamody, 2009, p.7). وتعتبر الأراضي السكنية في الريف جزء من نظام الأراضي الريفية الذي يتحمل الوظيفة الأساسية لدعم الإنتاج الزراعي ومسكن المزارعين.

ركزت كثير من الدراسات السابقة على تحديد ملاءمة القرى لتحقيق تعديل في مواقعها وأحجامها (Yanbo, et al, (2012, p.491) ومع الفهم العميق لوظيفة القرى واحتياجات النمو العمراني، تم أخذ عدد متزايد من العوامل الاقتصادية والاجتماعية في الاعتبار عند تنمية المستوطنات الريفية (Kong, et al, (2021, p.251) وتأثر عملية تنمية المستوطنات الريفية إلى حد كبير برغبات سكانها، والتي تنعكس على استخدام القرى والخصائص الفردية للأسر الريفية (Qu, et al, (2017, p.1203) يضاف إلى مدى ملاءمة الأرض لنمو العمران الريفي، تعتبر الأوضاع الاقتصادية ومستويات الاستخدام وسبل العيش عوامل مهمة للأسر الريفية لتقرر مدى رغبتها في التنمية الريفية (Ren, et al, 2015, p.1019). ومن الواضح أن نماذج النمو العمراني للمستوطنات الريفية ينبغي ان تأخذ في الاعتبار جميع متغيرات معايير الملاءمة، ما لم ينعكس ذلك سلباً على التنمية الريفية بما في ذلك نمو القرى.

وبذلك لا تشكل المستوطنات الريفية مساحات معيشة للقرويين فحسب، بل تشكل مساحات للتواصل الاجتماعي والأنشطة الإنتاجية (Rye, 2017, p.191) لذا من الصعب فصل القرى عن وظائفها وأنشطتها، أو تجاهل تأثير العمليات الاجتماعية والاقتصادية التي تركز على سكانها. لذلك فإن إعادة بناء القرى لم تغير الطريقة التي يعيش بها سكان القرى، ولكنها أنشأت نمط من العلاقات الاجتماعية والإنتاجية، وأثرت على استغلال مساحات المستوطنات الريفية (Halfacree, 2012, p.3).

وبسبب ضعف التوجيه والإشراف التخطيطي المنهجي أظهرت المناطق السكنية الريفية مشاكل كالتوزيع المتناثر وانخفاض كفاءة استخدام الأراضي وهجرة سكان الريف إلى المدن بشكل مستمر، حيث اجتذبت عملية التحضر السريع في المملكة عدد كبير من سكان الريف إلى المدن، وتوسعت المدن بسرعة، مما أدى إلى تغير كبير في الاقتصاد الريفي والاجتماعي ومساحة الاستيطان في القرى، وأصبح هناك ركود كبير في النمو العمراني لكثير من القرى بسبب مغادرة السكان للمناطق الريفية والأراضي المزروعة وغير المزروعة، ومع استمرار ظهور القرى الخالية من السكان تحاول خطط التنمية في المملكة خلال السنوات الأخيرة تعزيز استراتيجية تنمية المناطق الريفية التي واجهت تغيرات متعددة الأبعاد، مثل إعادة تنظيم العوامل السكانية والمكانية، فضلاً عن تطور السياسة الزراعية والبنية الاجتماعية في القرى.

ومع قصور الدراسات المتعلقة بنمو العمران الريفي في المملكة تحاول هذه الدراسة بناء نماذج ملاءمة تعيد نشاط نمو العمران الريفي للقرى في الجزء الأوسط

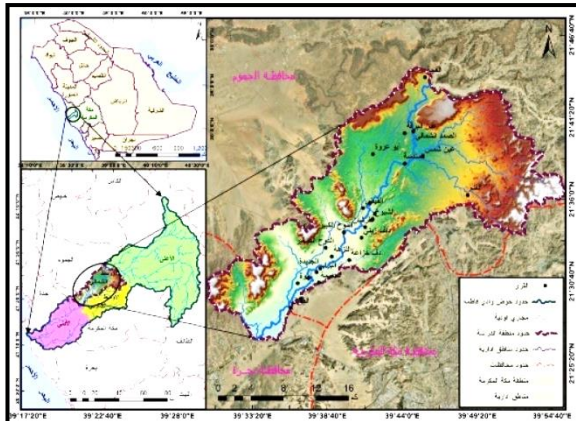
المناطق الريفية، واعتمدت الدراسة على معايير النشاط الزراعي والبنية التحتية والخدمات العامة والمشايخ الاقتصادية والخصائص الطبيعية وخصائص المواقع للمناطق الريفية كمعايير مهمة لتحديد مواقع قرى جديدة، ودمجت طبقات المعايير في (نموذج ملاءمة)، وصنفت الطبقة الناتجة إلى مناطق ملائمة جداً، وعالية، ومتوسطة، ومنخفضة، ومنخفضة جداً، ومن إجمالي القرى تقع 52 قرية (9.2%) في مناطق ذات ملاءمة عالية جداً.

مبررات اختيار الموضوع

تحاول الدراسة تحديد النمو العمراني للقرى ومحركاته في الجزء الأوسط الشمالي لحوض وادي فاطمة، وبالتالي من أهم مبررات الدراسة وقوع هذه القرى في منطقة شبه حضرية بين مدينتي مكة وجدة، وتقع هذه القرى تحت تأثيرات الزحف العمراني للمدينتين، لذا بعض قرى وادي فاطمة لاسيما قرى الجزء الأدنى من الحوض أصبحت داخل الإطار العمراني لمدينة جدة، والجزء الأوسط الجنوبي أصبح بعضها ضمن الإطار العمراني لمدينة جدة، لذا تستخدم هذه الدراسة نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الاستشعار عن بعد لدراسة القرى في هذا الجزء من الحوض قبل تحول كل منها من نطاق العمران الريفي إلى الحضري.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة شكل (1) في الجزء الشمالي الأوسط من حوض وادي فاطمة الواقع بمنطقة مكة المكرمة غرب المملكة العربية السعودية، وتمتد منطقة الدراسة بين دائرتي عرض 40°-27'-21" إلى 30°-45'-21" شمالاً، وخطي طول 20°-30°-39' إلى 27°-54'-39" شرقاً، وتقع المنطقة على ارتفاع يتراوح بين 115 - 760 م فوق سطح البحر ضمن ثلاثة محافظات الجموم ومكة المكرمة وبحرة، بمساحة بلغت 556.1 كم² شمال مدينة مكة المكرمة وشرق مدينة جدة، وتضم هذه المساحة 24 قرية تنتشر غالبيتها على جانبي مجرى وادي فاطمة الأوسط، وتعاني قرى حوض وادي فاطمة بالذات جنوب وغرب الحوض لضغط التوسعات العمرانية لمدينتي مكة وجدة كبرى مدن غرب المملكة، مما أدى إلى دخول بعضها كقرى التنعيم وأبو مرغ والنوارية ومطية وبرانه والروضة والجعرانة ضمن النسيج الحضري لمدينة مكة المكرمة، وقرى صميمية وكومارما وبحرة القديم ضمن النسيج الحضري لمدينة جدة.



شكل 1: موقع منطقة الدراسة

التحقيق في دوافع هذه التغييرات باستخدام نماذج الانحدار اللوجستي متعدد الحدود، وأظهرت النتائج أن 36% من القرى تغيرت كلياً من خلال زيادة مساحة الأراضي المطورة في هذه القرى.

وقيم (Guo, et al, 2020) الملاءمة وتحسين تخطيط التوزيع المكاني للمناطق السكنية الريفية في منطقة تشنغتشو، مقاطعة خنان، الصين، وتم استخدام نموذج لتقييم مدى ملاءمة التوزيع المكاني للمستوطنات الريفية، واستخدم مخطط فورونوي الموزون لتحديد نطاق تأثير القرى المركزية وتحديد اتجاه إعادة التوطين للمناطق السكنية الريفية، وصنفت الدراسة المنطقة إلى مناطق ملائمة للغاية، ومناطق ملائمة، ومناطق ملائمة بشكل عام، ومناطق غير ملائمة، ومناطق غير ملائمة للغاية، وبلغت مساحة المناطق غير المناسبة والمناطق غير المناسبة للغاية 33.66% من إجمالي المساحة تضم 662 منطقة سكنية ريفية.

وتناولت دراسة (Guohua and Yang 2022) إعادة البناء المكاني للمستوطنات الريفية على أساس الملاءمة متعددة الأبعاد دراسة حالة لقرية يينغبا، الصين، حيث اقترحت هذه الدراسة اطار لإعادة بناء القرى على أساس الملاءمة متعددة الأبعاد تجمع بين متغيرات ثلاثة معايير هي البيئة والإنتاج وسبل العيش، ويندرج تحت كل معيار عدة متغيرات موضوعية تعكس التباين المكاني بين القرى، وتظهر نتائج الدراسة أن ظروف الملاءمة المختلفة تؤدي إلى تباين عدد القرى التي من الممكن ان تبقى أو تنقل وحجمها وتوزيعها المكاني، حيث توصلت نتائج الملاءمة متعددة الأبعاد أنه يجب نقل أو تنمية 74 قرية ريفية، بنسبة 67% من إجمالي عدد القرى.

وتطرق (Yang, et al, 2022) تقييم الملاءمة والتوزيع المكاني للمستوطنات الريفية في المنطقة الجبلية الكارستية في تشيوان الصين، وبالتالي كان هدف الدراسة تحليل وتقييم ملاءمة القرى في مناطق الجبال الكارستية للقضاء على الفقر وتسريع عملية النمو العمراني في 525 قرية بمقاطعة فويتشو، وتم إنشاء نموذج تقييم الملاءمة يعتمد على عملية التسلسل الهرمي لحل مشكلة تخصيص الوزن وعكس التفاعل بين العوامل المؤثرة، وتظهر النتائج أن نمط توزيع القرى كان عشوائياً بشكل أساسي، وتوزيع القرى بشكل رئيسي تحت درجة انحدار 15، وعلى ارتفاع 800 م، وعلى بعد 6 كم من الأنهار، 4 كم من الطرق، 7 كم من مركز المقاطعة، ويعتبر التفاعل بين الانحدار والبعد من الاودية القوى الدافعة الرئيسية للتباين المكاني، وتظهر نتائج تقييم الملاءمة أن 87.40% من القرى تصنف على أنها مناسبة الى مناسبة نسبياً للعيش، وتتركز القرى المناسبة بشكل رئيسي في المناطق الجبلية المنخفضة والتلال وأودية الأنهار، مع تضاريس ذات انحدار خفيف، وتنتشر القرى المناسبة نسبياً بشكل رئيسي في المناطق المحيطة بالمناطق الصالحة للعيش.

وقام (Radi, et al 2023) بتحليل ملاءمة الموقع للتنمية الريفية في محافظة ميسان/العراق باستخدام تقنية الجيوماتكس كان هدف الدراسة اختيار المناطق المناسبة للقرى المرشحة للتنمية الريفية، واعتمدت الدراسة على مرئية (Sentinel-2) ونموذج ارتفاع رقمي (DEM)، وخريطة طبوغرافية، وطبقة مواقع القرى في

أهداف الدراسة

خلال دمج نطاقات المرئيات المدمجة في خطوة سابقة مع النطاق البنكروماتي، ومن ثم الاقتطاع على حدود منطقة الدراسة، وأخيراً تم اشتقاق طبقات الاغشية الارضية باستخدام التصنيف غير الموجه، وبعد اشتقاق طبقة العمران الريفي في المنطقة استخدمت خوارزمية المسافة الاقليدية Euclidian Distance لاشتقاق طبقة متغير البعد من العمران الريفي. ومن اهم المعالجات قبل اشتقاق طبقات متغيرات الارتفاع والانحدار والخصائص الجيومورفولوجية والبعد من الاودية معالجة نموذج الارتفاع الرقمي بإعادة الارجاع من النظام الجغرافي GCS_WGS_1984 إلى المترى (UTM_ZONL_37N)، وتعبئة الفراغات أو القيم الصفرية لبعض الخلايا التي لا توجد فيها قيم ارتفاع، ومن ثم الاقتطاع على حدود المنطقة الدراسة، وبالتالي اشتقت طبقة فئات الارتفاع بعمل (Reclassify)، اما الانحدار والخصائص الجيومورفولوجية فقد تم بواسطة اداة (Slope)، واستخدام ادوات هيدرولوجي لاشتقاق شبكة الأودية، وبالتالي البعد منها باستخدام خوارزمية المسافة الاقليدية.

وعولجت بيانات الخصائص الجيولوجية والتربة بإعادة ارجاع خرائط الجيولوجيا والتربة والطوبوغرافيا بالاعتماد على الاحداثيات الموجودة ضمن كل خريطة، ومن ثم عمل ترقيم على شكل مضلعات لكل من التراكيب الجيولوجية وتوعية الترب، وترقيم خطي للصدوع ونقطي للقرى، وبالتالي اشتقت الطبقات النهائية لمتغيرات هذه المعايير بتحويل المضلعات من (Shapfile to Raster)، اما البعد من القرى والصدوع فقد استخدمت الدراسة خوارزمية المسافة الاقليدية.

وتم معالجة طبقات كثافة السكان وعناصر المناخ والمياه التي تم الحصول عليها من مصادر مختلفة كما سبق الاشارة من خلال تغيير نظام الارجاع من النظام الجغرافي إلى النظام المترى، وتحويل بعض وحدات قياس بعض العناصر المناخية كالحارة المحولة من الكلفانية إلى المئوية بطرح الطبقة المرجعة من (273.15)، وكذلك تحويل الامطار من بيانات يومية إلى سنوية بضرب الطبقة المرجعة في (365.25)، ولتحسين الدقة المكانية لهذه الطبقات وتوحيدها مع طبقات المتغيرات الاخرى حولت طبقات هذه المتغيرات (point)، تمهيدا لاشتقاق طبقات هذه المعايير المدخلة في النمذجة من خلال عمل استكمال أو (Interpolation) لكل منها باستخدام خوارزمية (Spline).

ج) تحديد ملاءمة المنطقة لنمو العمران الريفي

بعد انتهاء الدراسة من اشتقاق طبقات متغيرات كل معيار وإعادة تصنيف كل منها وترميزها وإعطائها فئات كل متغير الأوزان بما يتناسب مع ملاءمة كل فئة لنمو العمران الريفي، قامت الدراسة ببناء نموذج ملاءمة مكانية لتحديد المناطق المناسبة لنمو القرى بإتباع منهجية القرار متعدد المعايير (MCDA) القائمة على 16 متغير تنطوي تحت ثلاثة معايير، ويرجع اعتماد الدراسة على هذه الطريقة

- التعرف على العمران الريفي وتغيراته في قرى الجزء الشمالي الأوسط لحوض وادي فاطمة عامي 2013-2023.
- النمذجة المكانية لتحديد المناطق الملائمة للنمو العمراني للقرى باستخدام طريقة التسلسل الهرمي والقرار المتعدد المعايير في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.
- محاكاة نمو العمران الريفي في المنطقة حتى عام 2060 باستخدام نموذج سلسلة ماركوف.

الإطار المنهجي

أ) مصادر بيانات الدراسة

قامت الباحثة بالحصول على مرئية لاندسات (9) للمستشعر OLI_TIRS بتاريخ (2013/8/9) من موقع المساح الجيولوجي الامريكى <https://earthexplorer.usgs.gov> ومن نفس الموقع للمساحة الجيولوجية الامريكية حصلت الباحثة على نموذج ارتفاع رقمي (DEM) للقمر الصناعي (SRTM) كما تم الحصول على مرئية أخرى للقمر الصناعي سينتال Sentinel1 بتاريخ (2023/8/20) من موقع الاسكا للأقمار الصناعية، وهو مرفق خاص بمعالجة البيانات، ومحطة أرضية لتتبع الأقمار الصناعية داخل المعهد الجيوفيزيائي بجامعة الاسكا فيربانكس <https://search.asf.alaska.edu> كما تم الحصول على خريطة طبوغرافية للمنطقة بمقياس 1:250000 موقع عليها مواقع القرى وأسماءها في الحوض، وزارة النفط والموارد المعدنية، وكالة وزارة الموارد المعدنية، 1985، كما تم الحصول على خريطة جيولوجية للمنطقة لوحدة مكة مقياس 1:250000، وزارة النفط والموارد المعدنية، 1989، المديرية العامة للموارد المعدنية. وتم الحصول على طبقة التربة من كتاب أطلس التربة في المملكة اللوحتين (158، 159). وتم جمع بيانات عناصر المناخ والمياه بين عامي 2013 - 2023 من موقع وكالة ناسا <https://giovanni.gsfc.nasa.gov> وكانت بيانات الحرارة للقمر (FLDAS) بدقة مكانية 1.8 كم، كمية الامطار للقمر GPM بدقة مكانية 10.8 كم، ونسبة تخزين المياه الجوفية للقمر GRACE بدقة مكانية 27 كم. اما بيانات كثافة السكان فقد تم الحصول عليها من موقع مكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية على شكل طبقة رقمية .

ب) معالجة البيانات واشتقاق الطبقات

قامت الدراسة بمعالجة البيانات السابقة تمهيداً لاشتقاق طبقات المعايير، حيث عولجت المرئيات تمهيداً لاشتقاق طبقات العمران الريفي والأغشية الأرضية بعامي (2013 - 2023) بدمج نطاقات كل مرئية، وبالتالي التصحيح الهندسي Geometric Correction لإعطاء المرئيات الاحداثيات الحقيقية على الأرض بالاعتماد على خريطة اساس طبوغرافية، أعقبه التصحيح الراديومتري Radiometric وتحسين الدقة المكانية من

2-تحديد البدائل: هي التي تقوم بتحديد البدائل أو العلاقات بين متغيرات المعايير مع عدد من البدائل بشكل هرمي، فكل متغير له بدائل (أهمية قليلة، وأهمية متوسطة، وأهمية كبيرة، وأهمية كبيرة جدا، وأهمية مطلقة) قابلة للمقارنة الزوجية بينها، وتقاس البدائل حسب طريقة التسلسل الهرمي بمقياس يتراوح بين 1 - 9.

3-بناء مصفوفة المقارنة الزوجية: وتم من خلالها مقارنة كل زوجين من متغيرات المعايير بدلالة مقياس الأهمية، وتستخدم مصفوفة المقارنة الزوجية لاستقراء أوزان معايير الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي، وحساب مدى ثبات الاحكام (منطقيتها)، واعتمدت الدراسة في بناء مصفوفة المقارنة الزوجية على حاسبة الكترونية لطريقة التسلسل الهرمي (<https://bpmg.com/AHP>) جدول (1)..

بسبب تفاعل متغيرات الجغرافيا المكانية الطبيعية والبشرية في تحديد أفضل مناطق نمو العمران الريفي، وتختلف هذه المتغيرات المكانية في أهميتها النسبية في التأثير، ولتحديد الأهمية النسبية لهذه المتغيرات اتبعت الدراسة طريقة التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process)، ولأجل اتخاذ القرار متعدد المعايير بطريقة التحليل الهرمي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية مرت الدراسة في هذه المرحلة بعدة خطوات:

1-قياس متغيرات النموذج: ويتم ذلك بداية بتجهيز الطبقات المعلوماتية لمتغيرات المعايير على شكل طبقات خلوية، وإعادة تصنيف كل طبقة إلى أربعة فئات وإعطاء كل فئة وزن بما يتناسب مع أهميتها في تحديد انسب مناطق النمو العمراني.

جدول 1: مصفوفة المقارنة الزوجية بين متغيرات معايير الملاءمة لنمو العمران الريفي باستخدام حاسبة التحليل الهرمي

المتغير	جيولوجيا	مياه جوفية	الانحدار	الجوار الجغرافي	البعد من القرى	التربة	البعد من العيون والابار	الارتفاع	البعد من المزارع	كثافة السكان	البعد من الطرق	البعد من الأودية	البعد من الصدوع	الجيومورفولوجيا	الامطار	الحرارة
جيولوجيا	1	1	2	3	3	3	4	5	6	6	7	8	8	8	9	9
مياه جوفية	1	1	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	8	9	9	9
الانحدار	0.50	1	1	1	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8
الجوار الجغرافي	0.33	0.50	1	1	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8
البعد من القرى	0.33	0.50	1	1	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8
التربة	0.33	0.50	1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7
البعد من العيون والابار	0.25	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6
الارتفاع	0.2	0.25	0.33	0.33	0.33	0.33	1	1	1	1	2	3	3	4	5	5
البعد من المزارع	0.17	0.2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.33	1	1	2	3	3	4	5	5
كثافة السكان	0.17	0.2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.33	1	1	1	1	1	2	4	4
البعد من الطرق	0.14	0.17	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.33	0.50	0.50	1	1	1	3	4	4
البعد من الأودية	0.12	0.12	0.17	0.17	0.17	0.17	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	1	1	2	3	3
البعد من الصدوع	0.12	0.12	0.17	0.17	0.17	0.17	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	1	1	2	2	2
الجيومورفولوجيا	0.12	0.11	0.14	0.14	0.14	0.14	0.20	0.25	0.25	0.25	0.33	0.33	0.50	1	1	1
الامطار	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.17	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.33	0.50	1	1
الحرارة	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.17	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.33	0.50	1	1

(6) اتخاذ القرار متعدد المعايير لنمو العمران الريفي: وقد تم تنفيذ هذا القرار بالاعتماد على دمج طبقات متغيرات المعايير (16) في الحاسبة الخلوية (Raster Calculator in GIS) حسب قيمة أهميتها النسبية الناتجة عن الخطوة السابقة، لنحصل على خريطة الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي في المنطقة وفقاً لنتائج القرار متعدد المعايير.

(د) محاكاة النمو العمران للقرى

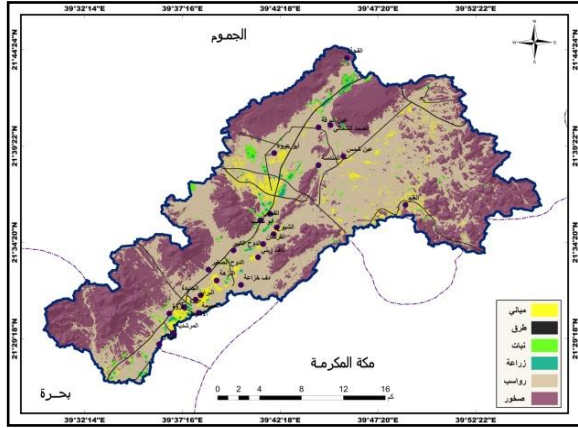
استخدمت الدراسة نموذج سلسلة ماركوف (MARKOV Chain) لمحاكاة النمو العمران للقرى، واعتمدت الدراسة في محاكاة النمو العمران الريفي في الأعوام 2030، 2040، 2050، 2060 على متغيرين تابعين هما: العمران وأغطية الأرض بعامي 2013، 2023، وستة عشرة متغير مستقل تشترك جميعها في تحديد المناطق المناسبة لنمو العمران الريفي في المستقبل، ومرت الدراسة في هذه المرحلة بعدة خطوات أهمها تجهيز الطبقات ببرنامج GIS وتحويلها من (Raster to ASCII) بما يتناسب مع صيغ برنامج (IDRISI) وتم استيرادها بهذا البرنامج وإعادة التصنيف وعمل (Categories) لكل منها ومن ثم استخدام نموذج سلسلة ماركوف (MARKOV Chain) الذي يعتبر احد نماذج (Land change model). وبعد الانتهاء من محاكاة النمو العمران والغطاء الأرضي في المنطقة، قامت الدراسة بالتحقق من دقة نتائج نموذج المحاكاة، ومدى صلاحية طبقات متغيرات المعايير المستقلة والتابعة المستخدمة في اجراء التنبؤات المستقبلية، من خلال نموذج التحقق (VALIDATE) بالبرنامج (IDRISI) لمعرفة اختبار معامل (Kappa) بمقارنة خرائط التنبؤ للأعوام (2030، 2040، 2050، 2060) مع الخريطة الفعلية المشتقة من المرئيات الفضائية لعام (2023)، وبالتالي فقد بلغت قيمة معامل (Kstandard) للتنبؤ عام 2030 نحو 0.99، وبلغت قيمة معامل (Kstandard) للتنبؤ عام 2040 حوالي 0.98، وبلغت قيمة معامل كبا لمحاكاة العمران والغطاء الأرضي عام 2050 نحو 0.9737، كما بلغت قيمة المعامل للتحقق من دقة محاكاة نمو العمران وتغير اغطية الأرض عام 2060 نحو 0.96، وعليه فإن القيم المرتفعة جدا لقيم معامل (Kstandard) تعكس دقة نتائج المحاكاة في المستقبل و دقة تصنيف طبقات العمران والغطاء الأرضي اللتان تم الاعتماد عليهما في محاكاة العمران حتى عام 2060، فضلا عن دقة طبقات متغيرات المعايير المستقلة في التنبؤ.

(4) تحديد مستوى الاحكام: بعد استخدام الحاسبة الالكترونية لعملية التحليل الهرمي (AHP) حددت مستوى ثبات الاحكام في مصفوفة المقارنة الزوجية وقد بلغت 2.2%، مما يعني اقتراب الاحكام من الثبات وعدم وجود تناقض بينها.

(5) تحديد أوزان متغيرات معايير النموذج: حيث اظهرت نتائج حاسبة (AHP) الأوزان النسبية المحسوبة بطريقة آلية لكل معيار حسب طريقة التسلسل الهرمي جدول (2)، حيث بلغت الاهمية النسبية للتركيب الجيولوجي 18.5%، وتخزين المياه الجوفية 15%، والانحدار 10.8%، والجوار الجغرافي 10.1%، والبعد من القرى الحالية 10.1%، والتربة 8.5%، والبعد من الابار والعيون 6%، والارتفاع 4.3%، والبعد من المناطق المزروعة 3.8%، وكثافة السكان 3.2%، والبعد من الطرق 2.1%، والبعد من الأودية 1.9%، والبعد من الصدوع 1.7%، والاشكال الجيومورفولوجية 1.3%، والامطار والحرارة 1.1% لكل منهما.

جدول 2: الاهمية النسبية لمتغيرات معايير الملاءمة لنمو العمران الريفي الناتجة عن حاسبة التحليل الهرمي

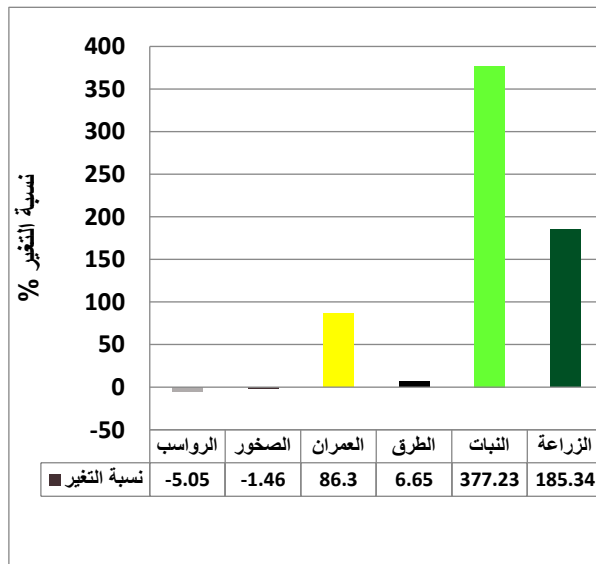
المتغير	الاهمية النسبية %	الرتبة	% (+)	% (-)
التركيب الجيولوجي	18.5	1	6.5	6.5
تخزين المياه الجوفية	15	2	4.3	4.3
الانحدار	10.8	3	2.2	2.2
الجوار الجغرافي	10.1	4	2.3	2.3
البعد من القرى	10.1	5	2.3	2.3
التربة	8.5	6	1.6	1.6
البعد من الابار والعيون	6	7	1.2	1.2
الارتفاع	4.3	8	0.9	0.9
البعد من المزارع	3.8	9	1.2	1.2
كثافة السكان	3.2	10	0.6	0.6
البعد من الطرق	2.6	11	0.8	0.8
البعد من الأودية	1.9	12	0.6	0.6
البعد من الصدوع	1.7	13	0.3	0.3
الاشكال الجيومورفولوجية	1.3	14	0.4	0.4
الامطار	1.1	15	0.4	0.4
الحرارة	1.1	15	0.4	0.4



شكل 3: البعد من الصدوع بمنطقة الدراسة عام 2023

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية سينتال (2023)، ونظم المعلومات الجغرافية.

واستمرت الطرق في المرتبة الرابعة بمساحة 9.86 كم² بنسبة 1.77%، مع زيادة مساحتها اذ بلغت نسبة تغيرها 6.65% بين عامي 2013 - 2023. وظل الغطاء النباتي في المرتبة الخامسة بمساحة 8.68 كم² بنسبة 1.56%، وشهد الغطاء النباتي اسرع تغير ايجابي بين المدتين بنسبة 377.23%. وبقيت المناطق المزروعة في المرتبة الاخيرة بمساحة 4 كم² بنسبة 1%، وبالتالي تعرضت المناطق المزروعة لثاني اسرع تغير ايجابي بين المدتين بنسبة 185.34%.



شكل 4: تغير العمران والغطاء الارضي في المنطقة بين عامي 2013 - 2023

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نتائج مرئيتي لاندسات (2013)، وسينتال (2023).

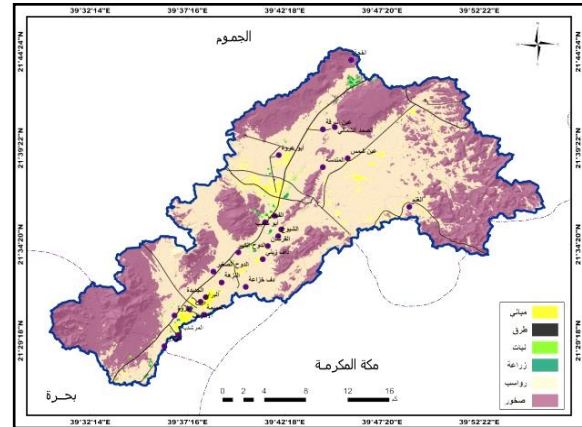
ثانيا) معايير نموذج ملاءمة النمو العمراني الريفي:

(أ) معيار الملاءمة البيئية (Ecological suitability): ويتضمن هذا المعيار عدة متغيرات منها ما هو مرتبط بمخاطر البنية الجيولوجية أو بتكاليف المنشآت العمرانية حسب التركيب الجيولوجي، وعليه يظهر شكل (5) وجود

النتائج والتحليل

أولا) العمران والغطاء الارضي عامي 2013 / 2023:

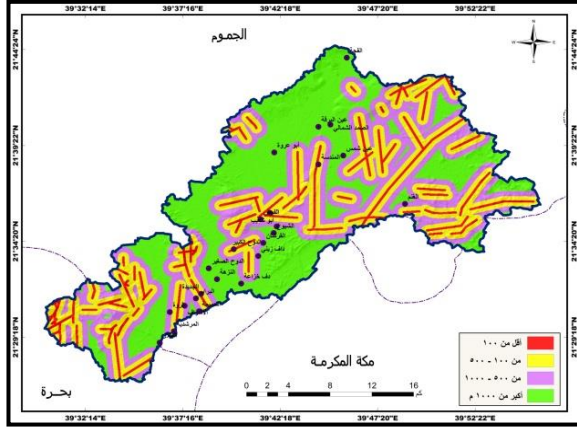
تظهر نتائج اشتقاق طبقة العمران والغطاء الارضي في منطقة الدراسة عام 2013 شكل (2) يوضح غطاء الرواسب الذي يشتمل على كل من التراب الجرداء والرمال وسط ووسط شمال وجنوب المنطقة بمساحة تتجاوز نصف مساحة المنطقة التي بلغت 288.32 كم² بنسبة 51.84%. وجاءت التكوينات الصخرية التي تغطي المرتفعات الجبلية والتلال جنوب شرق وشمال شرق ووسط وشمال غرب المنطقة في المرتبة الثانية بمساحة بلغت 245.94 كم² بنسبة 44.23%. ويأتي غطاء العمران الذي يظهر وسط وجنوب غرب المنطقة في المرتبة الثالثة بمساحة بلغت 9.49 كم² بنسبة 1.7%. وبالتالي جاءت الطرق التي تنتشر وسط وشمال وغرب وشرق منطقة الدراسة في المرتبة الرابعة بمساحة 9.24 كم² بنسبة 1.66%. ومن ثم جاء الغطاء النباتي في المرتبة الخامسة بمساحة بلغت 1.82 كم² بنسبة 0.32%. واخيرا جاءت المناطق المزروعة التي تنتشر في مناطق متفرقة وسط وشمال شرق وجنوب شرق المنطقة بمساحة 1.25 كم² بنسبة 0.22%.



شكل 2: العمران والغطاء الارضي بمنطقة الدراسة عام 2013

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية لاندسات (2013)، ونظم المعلومات الجغرافية.

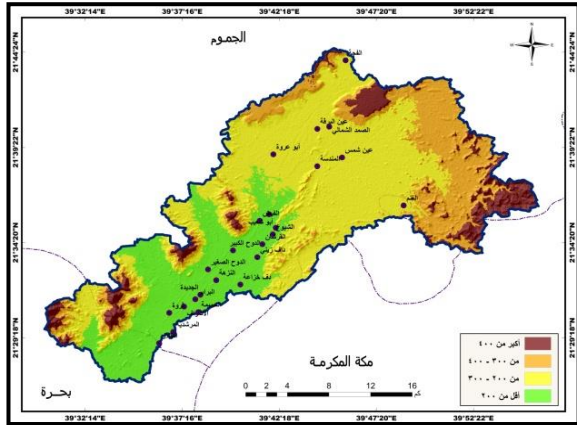
وتظهر نتائج استخلاص العمران والغطاء الارضي عام 2023 شكل (3) بقاء غطاء الرواسب في المرتبة الاولى بمساحة بلغت 274 كم² بنسبة 49.25%، وبذلك شهدت الرواسب تغير سلمي بنسبة تغير بلغت 5.05% بين عامي 2013 - 2023. وظلت الصخور في المرتبة الثانية بمساحة بلغت 242 كم² بنسبة 43.6%، وعليه تعرض التكوين الصخري كذلك لحسارة بسيطة في مساحته، وما يؤكد ذلك بلغت نسبة التغير بين المدتين 1.46%. واستمرت المباني مسيطرة على المرتبة الثالثة بمساحة بلغت 17.68 كم² بنسبة 3.18%، مع تغير ايجابي أو زيادة في مساحة العمران بنسبة تغير بين المدتين بلغت 86.3%.



شكل 6: البعد من الصدوع منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية، لوحة مكة، 1989، ونظم المعلومات الجغرافية.

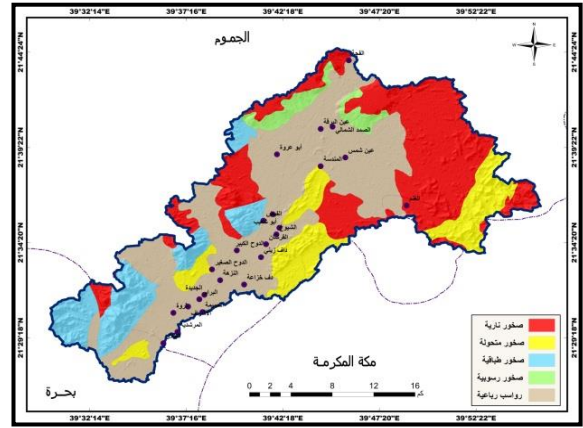
ويتضمن معيار الملاءمة البيئية كذلك متغير الارتفاع، وقد أكدت عدة دراسات سابقة كدراسة (Guohua and Yang, 2022) عكسية علاقة ملاءمة نمو العمران مع ارتفاع التضاريس. وعليه تراوح ارتفاع تضاريس المنطقة بين 114.9 - 759.9 م بمتوسط مكاني بلغ 268.3 م، وبتقييم مواقع القرى حسب ارتفاع التضاريس يلاحظ وقوع 73.9% من القرى حيث يقل الارتفاع عن 200 م، وصنفت الدراسة ملاءمة تضاريس الحوض لنمو العمران الريفي شكل (7) إلى اربعة اقسام يقع الاول بمناطق الملاءمة العالية لنمو العمران وحيث يقل الارتفاع عن 200 م بمساحة بلغت 127.18 كم² بنسبة 22.87%. ويغطي القسم الثاني مناطق الملاءمة المعتدلة حيث تتراوح التضاريس بين 200 - 300 م بمساحة 258.82 كم² بنسبة 46.54%. وتقع مناطق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران حيث يتراوح ارتفاع التضاريس بين 300 - 400 م بمساحة 117.8 كم² بنسبة 21.18%. وتظهر مناطق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران حيث يتجاوز الارتفاع 400 م بمساحة 52.3 كم² بنسبة 9.4%.



شكل 7: ارتفاع التضاريس منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي (SRTM)، ونظم المعلومات الجغرافية.

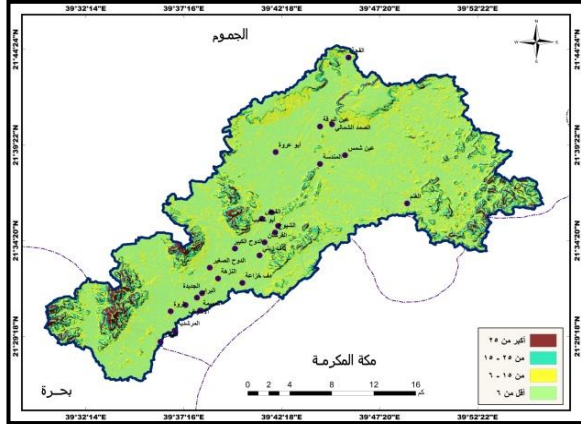
خمس تراكيب جيولوجية في المنطقة يكثرها رسوبيات العصر الرباعي التي تغطي وسط الحوض بمساحة 232.66 كم² بنسبة 41.84%، وتعتبر ذات ملاءمة عالية للنمو العمراني الريفي، بسبب انخفاض تكاليف البناء فضلا عن انبساط سطحها. وتأتي الصخور النارية التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا للنمو العمراني بمساحة 165.77 كم² بنسبة 29.81% في المرتبة الثانية. وتأتي بعدها الصخور المتحولة التي تتصف بملاءمة ضعيفة في المرتبة الثالثة بمساحة 74.84 كم² بنسبة 13.45%. وتعتبر الصخور الطبقية وهي مزيج من عدة صخور تتطابق فوق بعضها، وتتصف كذلك بضعف ملاءمتها لنمو العمران بمساحة 63.41 كم² بنسبة 11.4%، وأخيرا جاءت الصخور الرسوبية التي تتصف بملاءمة معتدلة للنمو العمراني بمساحة 19.4 كم² بنسبة 1.74%. وبذلك تظهر نتائج تقييم مواقع القرى حسب التركيب الجيولوجي ووقوع 95.84% من القرى بمناطق ذات ملاءمة عالية حسب التركيب الجيولوجي للمنطقة.



شكل 5: التركيب الجيولوجي لمنطقة الدراسة

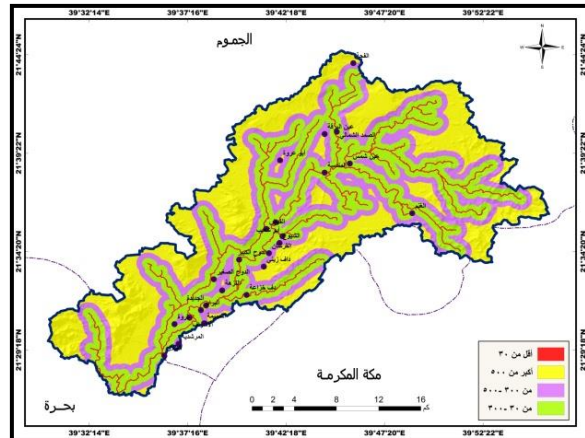
المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية، لوحة مكة، 1989، ونظم المعلومات الجغرافية.

وفيما يتعلق بمتغير البعد من الصدوع يبين شكل (6) وقوع المنطقة التي تتسم بملاءمة ضعيفة جدا لنمو العمران بسبب شدة المخاطر التي قد تنتج عن أي هزات زلزالية، حيث يقل البعد من الصدوع عن 100 م، بمساحة 42.16 كم² بنسبة 7.58%. ومحاذة هذا النطاق تقع المناطق التي تتصف بملاءمة ضعيفة لنمو العمران الريفي حيث يتراوح البعد من الصدوع بين 100 - 500 م بمساحة 149.89 كم² بنسبة 26.95%. ويليهما المناطق التي تقع بمناطق آمنة نسبيا من مخاطر الهزات الأرضية، وتتصف بملاءمة معتدلة لتوسع المباني حيث يتراوح البعد من الصدوع بين 500 - 1000 م بمساحة 146.25 كم² بنسبة 26.3%. وتغطي المناطق التي تتسم بكونها بعيدة عن مخاطر الصدوع حيث تتجاوز المسافة 1 كم غالبية المنطقة بمساحة 217.78 كم² بنسبة 39.17%. وتبين نتائج تقييم مواقع القرى حسب البعد من الصدوع وقوع 70.84% من القرى بمناطق ذات ملاءمة عالية إلى معتدلة حسب البعد من الصدوع في المنطقة.



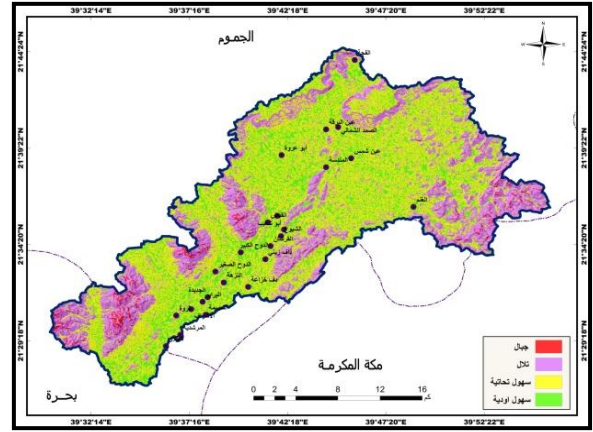
شكل 9: درجات الانحدار في منطقة الدراسة
المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي (SRTM)، ونظم المعلومات الجغرافية.

وللبعد من مجاري الأودية تأثيرين في ملاءمة نمو العمران الأول يتعلق بمخاطر الجريان على المنشآت السكنية التي تقع بمحاذاة المجاري المائية مباشرة ويزداد الخطر مع أمطار المناطق الجافة التي تتصف بالتركز في كميات كبيرة خلال فترة قصيرة، أما التأثير الإيجابي فيربط بخصوبة التربة وإمكانية استغلالها من قبل سكان القرى في التنمية الزراعية، وتراوح البعد من مجاري أودية الحوض بين صفر - 3.8 كم بمتوسط على مستوى المنطقة 910 م، وتظهر نتائج تقييم مواقع القرى حسب البعد من مجاري الأودية وقوع 50% منها بمناطق ذات ملاءمة عالية للبعد من الأودية. وبذلك يوضح شكل (10) وقوع نطاق الملاءمة العالية للنمو العمراني في منطقة الدراسة بحسب البعد عن الأودية بما يتراوح بين 30 - 300 م وأدى ووسط المنطقة بمساحة 190.09 كم² بنسبة 34.14%. ويقع بمحاذاة النطاق السابق نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران حيث تراوح البعد بين 300 - 500 م بمساحة 137.76 كم² بنسبة 24.77%. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة للعمران الريفي المناطق التي يتجاوز بعدها من الأودية بين 500 م بمساحة 206.18 كم² بنسبة 37.08%. وقع نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران حيث يشتد خطر السيول ونقل البعد من مجاري الأودية عن 30 م بمساحة 22.04 كم² بنسبة 3.96%.



شكل 10: البعد من مجاري الأودية منطقة الدراسة
المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي (SRTM)، ونظم المعلومات الجغرافية.

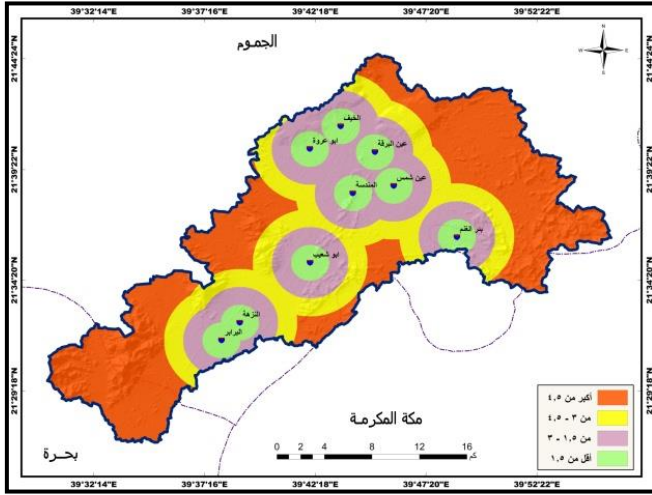
وتعتبر الأشكال الجيومورفولوجية التي تجمع بين متغيري الارتفاع والانحدار من أهم متغيرات معيار الملاءمة البيئية لنمو العمران الريفي، وتقييم مواقع القرى حسب الأشكال الجيومورفولوجية السائدة في المنطقة يلاحظ وقوع 33.34% من القرى بمناطق سهول الأودية، واعتمدت الدراسة تصنيف (Zink) للأشكال الجيومورفولوجية حيث يظهر شكل (8) وقوع النطاق الذي يتصف بملاءمة عالية لنمو العمران بمناطق سهول الأودية أدنى ووسط المنطقة بمساحة 136.26 كم² بنسبة 25.5%. ويقع نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران بمناطق السهول التحتانية وسط أعلى الحوض بمساحة 250.12 كم² بنسبة 44.98%. ويظهر نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران في مناطق التلال المنخفضة والمرتفعة أعلى الحوض بمساحة 158.07 كم² بنسبة 28.43%. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران الريفي في مناطق الجبال جنوب شرق وشرق وشمال غرب الحوض بمساحة 11.64 كم² بنسبة 2.09%.



شكل 8: الأشكال الجيومورفولوجية منطقة الدراسة
المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي (SRTM)، ونظم المعلومات الجغرافية.

ويتضمن هذا المعيار متغير انحدار التضاريس وتتصف علاقة النمو العمراني الريفي بالانحدار بالعكسية فكلما زاد الانحدار قلت الملاءمة لنمو العمران والعكس، وتقييم مواقع القرى حسب انحدار التضاريس المنطقة يلاحظ وقوع 87.5% من القرى بمناطق يقل انحدارها عن 6°، وعليه تراوح انحدار تضاريس المنطقة بين صفر في المناطق المستوية إلى 53.7° بمتوسط على مستوى المنطقة 7.4°. ويوضح شكل (9) تغطية نطاق الملاءمة العالية لنمو العمران المناطق يقل انحدارها عن 6° أدنى ووسط المنطقة بمساحة 341.99 كم² بنسبة 61.49%. ويبرز نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران بمحاذاة المناطق السابقة حيث تراوح الانحدار بين 6 - 15° بمساحة 120.12 كم² بنسبة 21.6%. ويظهر نطاق الملاءمة الضعيفة لتوسع العمران الريفي حيث يتراوح الانحدار بين 15 - 25° جنوب شرق وشمال غرب الحوض بمساحة 63.85 كم² بنسبة 11.48%. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران الريفي حيث تتجاوز درجات الانحدار 25° جنوب شرق وشمال غرب الحوض بمساحة 30.22 كم² بنسبة 5.43%.

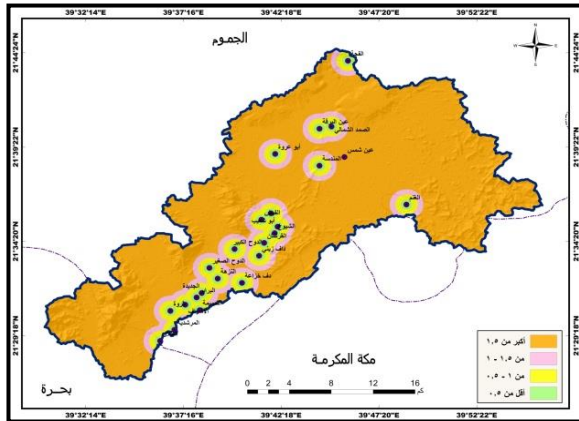
21.03%. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو القرى مناطق تتجاوز البعد 4.5 كم بمساحة 257.05 كم² بنسبة 46.23%.



شكل 12: البعد من الابار والعيون في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية (1:250000)، ونظم المعلومات الجغرافية.

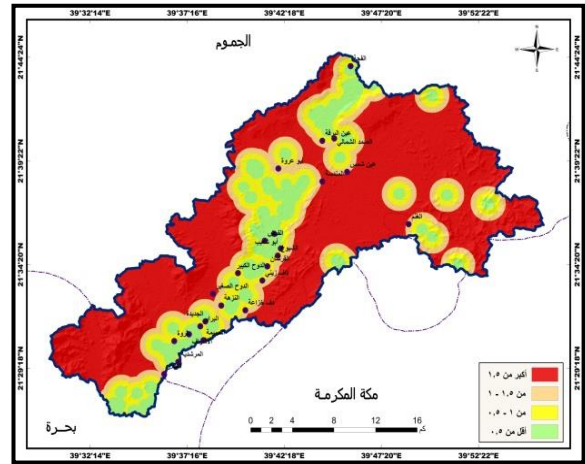
ويعد متغير البعد من القرى من اهم معايير الانتاج الريفي، وتتصف علاقة نمو العمران الريفي بالبعد من القرى بالعكسية فكلما زاد البعد من القرى قلت ملاءمة المكان لنمو العمران والعكس، وعليه فقد تراوح البعد من القرى في المنطقة بين صفر - 11.98 كم بمتوسط مكاني للمنطقة 3.9 كم، وبين شكل (13) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو القرى في المنطقة التي يقل فيها البعد منها عن 0.5 كم بمساحة 16.87 كم² بنسبة 3.03%. ويظهر بمحاذاة النطاق السابق نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران حيث يتراوح البعد من 0.5 - 1 كم بمساحة 38.78 كم² بنسبة 6.97%. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران الريفي حيث يتراوح البعد بين 1 - 1.5 كم بمساحة 42.99 كم² بنسبة 7.72%. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو القرى غالبية الحوض وذلك حيث يتجاوز البعد من القرى 1.5 كم بمساحة 457.43 كم² بنسبة 82.28%.



شكل 13: البعد من القرى في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية (1:250000)، ونظم المعلومات الجغرافية.

(ب) معيار ملاءمة الإنتاج (Production suitability): ويتضمن معيار ملاءمة الارض للإنتاج في المنطقة عدة متغيرات كالبعد من الاراضي الزراعية، وتتسم علاقة ملاءمة نمو العمران بالبعد من الاراضي الزراعية بالعكسية فزيادة البعد عن الاراضي الزراعية يقلل من الملاءمة للنمو العمراني الريفي والعكس. وتراوح البعد من الاراضي الزراعية في المنطقة بين 0 - 8 كم بمتوسط مكاني للمنطقة 2.2 كم، وبتقييم مواقع القرى حسب البعد من المزارع يلاحظ وقوع 70.84% من القرى بمناطق تتصف بملاءمة عالية إلى معتدلة. وتصنيف ملاءمة البعد من المزارع للنمو العمراني الريفي في الحوض شكل (11) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو العمران حيث يقل البعد من المزارع عن 0.5 كم بمساحة 70.17 كم² بنسبة 12.61%. ويبرز نطاق الملاءمة المعتدلة حيث البعد من المزارع بين 0.5 - 1 كم، بمساحة 79.94 كم² بنسبة 14.37%. وتقع مناطق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران الريفي حيث يتراوح البعد بين 1 - 1.5 كم، بمساحة بلغت 72.42 كم² بنسبة 13.02%. وتغطي مناطق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران غالبية الحوض بمساحة تتجاوز 1.5 كم بمساحة 333.55 كم² بنسبة 59.99%.

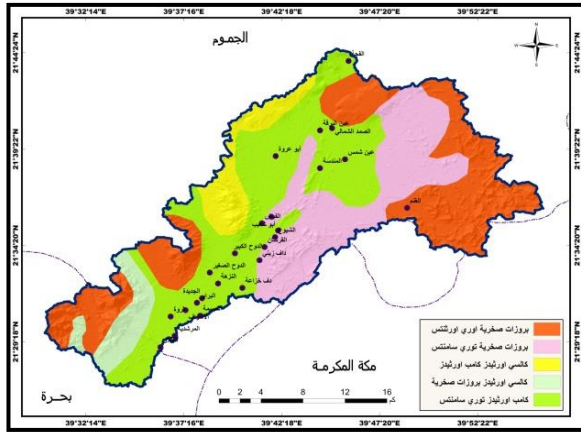


شكل 11: البعد من المزارع في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (Sentinel1)، ونظم المعلومات الجغرافية.

وتعتبر مواقع مياه الابار والعيون من أهم متغيرات معيار الملاءمة للإنتاج الزراعي وتوسع العمران الريفي، وتتصف علاقة النمو العمراني للقرى بالبعد من مواقع الابار والعيون بالعكسية أي كلما زاد البعد من مواقع الابار والعيون قلت الملاءمة لنمو العمران والعكس، وتراوح البعد من الابار والعيون بالمنطقة بين 0 - 14.05 كم بمتوسط مكاني 4.76 كم، وبتقييم مواقع القرى حسب بعدها من الابار والعيون نجد ان 75% من اجمالي القرى تقع بمناطق ذات ملاءمة عالية إلى معتدلة لنمو العمران. وبذلك يظهر شكل (12) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو القرى بمناطق يقل فيها البعد من الابار والعيون عن 1.5 كم بمساحة 61.66 كم² بنسبة 11.08%. ويقع نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران الريفي حيث يتراوح البعد من العيون بين 1.5 - 3 كم وسط الحوض بمساحة 120.41 كم² بنسبة 21.65%. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران الريفي حيث البعد بين 3 - 4.5 كم بمساحة 116.97 كم² بنسبة

للزراعة وتعرف باسم تربة الكامب أورثيدز وتوري سامنتس وهي ترب طينية رميلية تغطي أدنى ووسط ووسط أعلى الحوض بمساحة 189.98 كم² بنسبة 34.17%. ويقع نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران الريفي حيث تنتشر التربة ذات القابلية العالية للاستصلاح الزراعي أدنى الحوض وتعرف بتربة الكالسي أورثيدز بروزات صخرية، بمساحة 31.63 كم² بنسبة 5.68%. أما نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران الريفي فيظهر حيث توجد التربة ذات القابلية المنخفضة للاستصلاح الزراعي شمال الحوض وتعرف هذه التربة بالكالسي أورثيدز كامب أورثيدز بمساحة 38.17 كم² بنسبة 6.86%. ويظهر نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران الريفي حيث توجد تربتي (البروزات الصخرية اوري أورثنتس) و (بروزات صخرية توري سامنتس) جنوب وجنوب شرق وشمال غرب الحوض، وهي ترب غير صالحة للزراعة بمساحة 296.31 كم² بنسبة 53.29%.

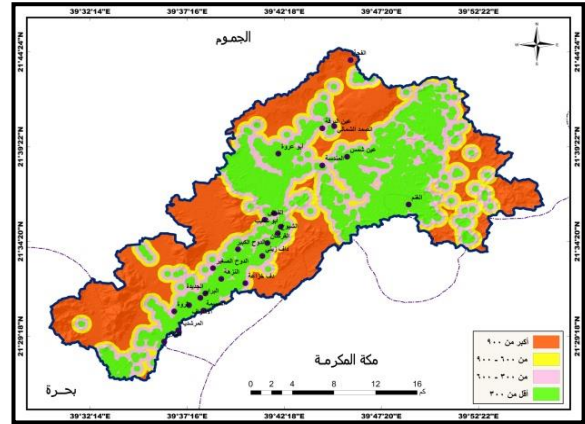


شكل 15: نوعية التربة في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على خريطة التربة بمقياس (1:250000)، ونظم المعلومات الجغرافية.

ويعد التباين في توزيع الامطار السنوية في الحوض من معيار الانتاج الزراعي والنمو العمراني للقرى، وعليه فقد تراوح المعدل السنوي لكمية الامطار في الحوض بين عامي 2013 - 2023 بين 82 - 109.5 ملم بمتوسط على المستوى المكاني بلغ 91.4 ملم سنوياً، وتتسم علاقة نمو عمران القرى بكمية الامطار بالطردية، فكلما زادت كمية الامطار زادت الملاءمة للإنتاج الزراعي والنمو العمراني للقرى والعكس، مع ذلك يبدو ان توزيع القرى والإنتاج الزراعي في الحوض لا يرتبط بتباين توزيع كمية الأمطار، وإنما بأشكال اخرى من الموارد المائية، بدليل وقوع قرية واحدة فقط بنسبة 4.17% من اجمالي القرى بمنطقة ذات ملاءمة عالية لنمو العمران الريفي. وبين شكل (16) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو العمران الريفي حيث تتجاوز كمية الامطار السنوية 95 ملم اعلى الحوض بمساحة 173.75 كم² بنسبة 31.25%. ويظهر نطاق الملاءمة المعتدلة

ومن متغيرات معيار الانتاج الجوار الجغرافي أو البعد من المساكن الريفية، وتراوح البعد من مجاري اودية الحوض بين صفر - 3.8 كم بمتوسط على مستوى المنطقة 910 م، وتتسم علاقة نمو القرى عمرانيا بالبعد من العمران الموجود حالياً بالعكسية، فكلما زاد البعد من العمران قلت الملاءمة المكانية لنمو العمران في المستقبل والعكس، وتراوح البعد من العمران المنتشر حالياً بين 0 - 5.43 كم، بمتوسط مكاني 928 م، وتؤكد نتائج تقييم مواقع القرى حسب البعد من العمران وقوع 79.17% من اجمالي القرى ضمن نطاق الملاءمة العالي لنمو العمران الريفي. ويوضح شكل (14) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو العمران الريفي مستقبلاً في المناطق التي يقل فيها البعد من المساكن عن 300 م بمساحة 188.25 كم² بنسبة 33.85%. ويقع نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران الريفي حيث البعد من المساكن بين 300 - 600 م بمساحة 98.41 كم² بنسبة 17.69%. ويظهر نطاق الملاءمة الضعيفة للعمران الريفي بمناطق تراوح البعد بين 600 - 900 م بمساحة 63 كم² بنسبة 11.32%. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران المناطق التي يتجاوز فيها البعد من المساكن عن 900 م بمساحة 206.41 كم² بنسبة 37.12%.

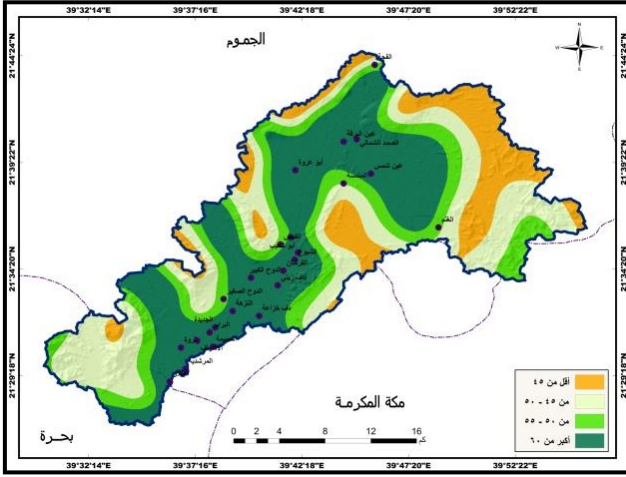


شكل 14: البعد من المساكن في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (Sentinel)، ونظم المعلومات الجغرافية.

وتعتبر التربة من اهم مقومات الانتاج الزراعي في المناطق الريفية، وتتصف علاقة ملاءمة نمو العمران الريفي بالقدرات الانتاجية للتربة بالطردية، فكلما زادت القدرة الانتاجية للتربة زادت الملاءمة المكانية للنمو العمراني في المناطق الريفية والعكس، وتبين نتائج تقييم مواقع القرى حسب صلاحية التربة للزراعة في المنطقة وقوع 79.17% من اجمالي القرى بمناطق ذات تربة صالحة للزراعة وملائمة بدرجة عالية لنمو العمران الريفي. وعليه يبين شكل (15) وجود خمسة انواع من التربة في الحوض تختلف حسب تصنيف أطلس وزارة الزراعة في المملكة من حيث النسيج والصالحة للإنتاج الزراعي، وعليه يقع نطاق الملاءمة العالية لنمو العمران الريفي في المنطقة التي تتصف تربتها بصلاحيتها

نسبة تخزين المياه الجوفية بين 50 - 45%، بمساحة 152.38 كم² بنسبة 27.4%. ويقع نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران حيث تقل نسبة تخزين المياه الجوفية عن 45% بمساحة 89.7 كم² بنسبة 18.13%.

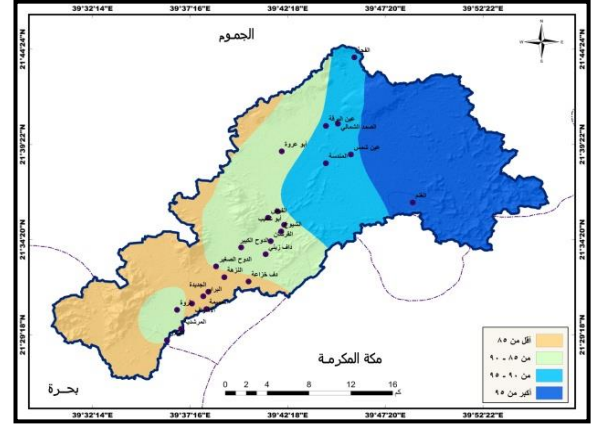


شكل 17: نسبة تخزين المياه الجوفية في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (GRACE)، ونظم المعلومات الجغرافية.

ج) معيار ملاءمة المعيشة (Living suitability): ويتضمن معيار ملاءمة الارض للعيش في المنطقة متغيرات عدة كتباين توزيع درجات الحرارة، حيث تتصف علاقة الملاءمة لنمو العمران بالحرارة بالعكسية، فزيادة الحرارة تتسبب في الانزعاج الحراري وتقليل الراحة المناخية لسكان القرى وتؤدي إلى ضعف الملاءمة لنمو العمران الريفي والعكس، وعليه فقد تراوحت درجات حرارة المنطقة حسب نتائج القمر (FLDAS) بين عامي 2023 - 2023 بين 27.6 - 31 بمتوسط مكاني للمنطقة 30.4، وتبين نتائج تقييم مواقع القرى حسب درجات الحرارة وقوع 95.84% من القرى بمناطق تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حسب الحرارة مما يعني ضعف تأثير هذا المتغير في توزيع القرى بالمنطقة. وبذلك يظهر الشكل السابق (18) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو العمران حيث تقل الحرارة عن 28.5 في المناطق المرتفعة شمال غرب الحوض بمساحة 4.19 كم² بنسبة 0.75%. ويظهر نطاق الملاءمة المعتدلة جنوب شرق وشمال وشمال غرب الحوض حيث تتراوح درجات الحرارة بين 28.5 - 29.5، بمساحة 27.14 كم² بنسبة 4.87%. وتقع مناطق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران الريفي شرق وشمال المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين 29.5 - 30.5، بمساحة بلغت 210.98 كم² بنسبة 37.95%. وتغطي مناطق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران غالبية الحوض حيث تتجاوز درجات الحرارة 30.5 بمساحة 313.76 كم² بنسبة 56.43%.

لنمو العمران حيث تتراوح كمية الامطار بين 95 - 90 ملم وسط واعلى الحوض، بمساحة 97.62 كم² بنسبة 17.55%. اما نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران الريفي يظهر وسط بمناطق تراوح الامطار بين 90 - 85 ملم سنوياً، بمساحة 149.89 كم² بنسبة 26.96%. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو العمران المناطق حيث تقل كمية الامطار السنوية 85 ملم أدنى الحوض بمساحة 134.82 كم² بنسبة 24.24%.

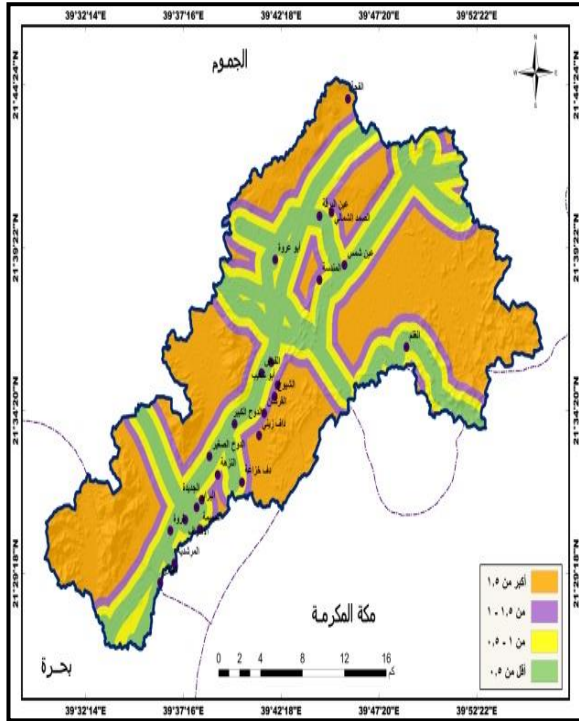


شكل 16: توزيع الامطار في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية الامطار للقمر الصناعي (GPM) ونظم المعلومات الجغرافية.

وبما ان النتائج السابقة اظهرت ضعف علاقة توزيع ونمو القرى بمتغير الامطار في الحوض حاولت الدراسة في هذه الفقرة التحقق من تأثير متغير تباين قدرة الحوض على تخزين المياه الجوفية التي من الممكن ان يكون لها تأثير في توزيع القرى حالياً ونموها في المستقبل، وعليه فقد تراوحت القدرات التخزينية للمياه الجوفية في الحوض حسب مرئية (GRACE) للمدة بين 2013 - 2023 من 32.9 - 71.1% بمتوسط مكاني 51.5%، وتتصف علاقة نمو العمران الريفي بتخزين المياه الجوفية بالطردية، فزيادة القدرة على تخزين المياه الجوفية تعني توفر مورد مائي مهم للتنمية الزراعية في الحوض مما يساعد على تشجيع النمو العمراني للقرى والعكس، وللتأكيد على اهمية هذا المتغير في التنمية الزراعية وتوزيع القرى توصلت نتائج تقييم مواقع القرى حسب قدرات الحوض على تخزين المياه الجوفية وقوع 91.67% من اجمالي القرى بمنطقة ذات ملاءمة عالية لتخزين المياه الجوفية ونمو العمران الريفي. وبذلك يظهر شكل (17) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو العمران الريفي حيث تتجاوز نسبة تخزين المياه الجوفية 55% أدنى ووسط الحوض بمساحة 207.7 كم² بنسبة 37.36%. وبمحاذاة النطاق السابق يقع نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران حيث تتراوح نسبة تخزين المياه الجوفية بين 55 - 50%، بمساحة 106.3 كم² بنسبة 19.11%. ويظهر نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران الريفي حيث تتراوح

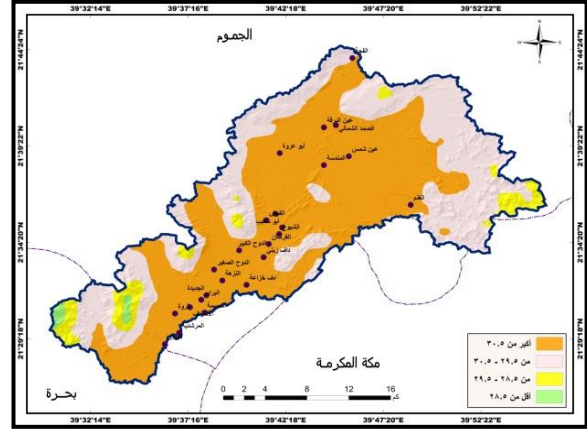
وتعد الطرق من أهم متغيرات معيار ملاءمة العيش ونمو العمران الريفي في المنطقة، وتتصف علاقة النمو العمراني للقرى بالبعد من الطرق بكونها عكسية، فكلما زادت البعد من الطرق تقل الملاءمة للنمو العمراني والعكس، وعليه فقد تراوح البعد من الطرق في المنطقة بين 0 - 7.97 كم بمتوسط على مستوى المنطقة 1.84 كم، وتبين نتائج تقييم مواقع القرى حسب البعد من الطرق ان 65.2% من إجمالي القرى تقع بمناطق ذات ملاءمة عالية لنمو العمران الريفي. ويوضح شكل (20) وقوع نطاق الملاءمة العالية لنمو العمراني في القرى حيث يقل البعد من الطرق عن 0.5 كم وسط وجنوب المنطقة بمساحة 133.32 كم² بنسبة 23.97%. ويقع نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران حيث يتراوح البعد من الطرق بين 0.5 - 1 كم بمحاذاة النطاق السابق بمساحة 93.36 كم² بنسبة 16.78%. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو العمران حيث يتراوح البعد من الطرق بين 1 - 1.5 كم بمساحة 70.35 كم² بنسبة 12.65%. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لتوسع العمران المناطق التي يتجاوز بعدها من الطرق 1.5 كم بمساحة 259.04 كم² بنسبة 46.59%.



شكل 20: البعد من الطرق في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (Sentinel1)، ونظم المعلومات الجغرافية.

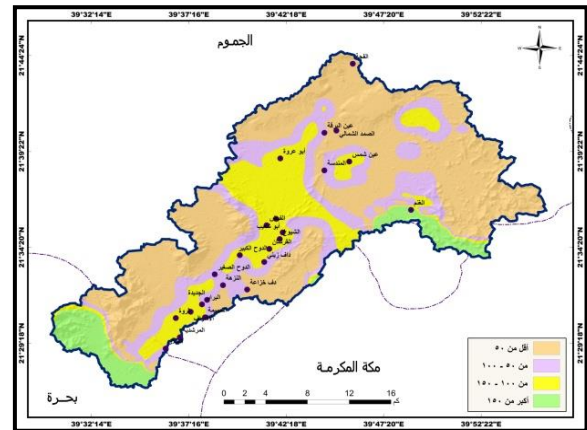
ثالثا) نموذج ملاءمة النمو العمراني حسب طريقة (AHP): تظهر نتائج تحديد انسب المناطق لملاءمة نمو العمران الريفي في منطقة الدراسة حسب أوزان متغيرات المعايير المبينة بجدول (3) والتي حددت بواسطة الحاسبة الالكترونية لطريقة التحليل الهرمي (AHP).



شكل 18: توزيع درجات الحرارة في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (FLDAS)، ونظم المعلومات الجغرافية.

وتعتبر الكثافة العامة للسكان من متغيرات معيار ملاءمة العيش وتوسع العمران الريفي، وتتصف علاقة النمو العمراني للقرى بكثافة السكان بالطردية، فكلما زادت كثافة السكان زادت التوسع العمراني والعكس، وعليه فقد تراوحت كثافة سكان لمنطقة بين 0 - 1527 نسمة/كم² بمتوسط مكاني 85 نسمة/كم²، وتبين نتائج تقييم مواقع القرى حسب متغير كثافة السكان ان 70.83% من إجمالي القرى تقع بمناطق ذات ملاءمة معتدلة إلى ضعيفة لنمو العمران. ويوضح شكل (19) وقوع نطاق الملاءمة العالية للنمو العمراني الريفي حيث تتجاوز كثافة السكان 150 نسمة/كم² جنوب وغرب المنطقة بمساحة 43.8993 كم² بنسبة 7.89%. ويقع نطاق الملاءمة المعتدلة لنمو العمران حيث تتراوح كثافة السكان بين 100 - 150 نسمة/كم² وسط وجنوب غرب الحوض بمساحة 96.93 كم² بنسبة 17.43%. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة لنمو القرى حيث تتراوح كثافة السكان بين 50 - 100 نسمة/كم² وسط المنطقة بمساحة 117.87 كم² بنسبة 21.2%. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لنمو القرى مناطق انخفاض الكثافة عن 50 نسمة/كم² بمساحة 297.37 كم² بنسبة 53.48%.



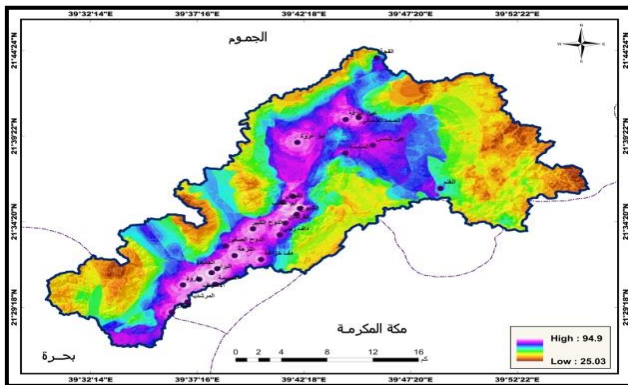
شكل 19: الكثافة العامة للسكان في منطقة الدراسة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على طبقة (Raster) موقع الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية، ونظم المعلومات الجغرافية.

جدول 2: معايير ومتغيرات الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي في المنطقة

المعيار	المؤشر	أوزان المعايير	أوزان فئات المؤشرات			
			1	2	3	4
الملاءمة البيئية	التركيب الجيولوجي	0.185	نارية	متحولة-طباقية	رسوبية	رواسب
	البعد من الصدوع	0.017	100 >	500-100	1000-500	< 1000 م
	الارتفاع	0.043	400 <	300-400	200-300	> 200 م
	الاشكال الجيومورفولوجية	0.013	سهول اودية	سهول تحاتية	تلال	جبال
	الانحدار	0.108	°25 <	°15 - 25	°6 - 15	> 6
	البعد من الأودية	0.019	30 >	500 <	500 - 300	300 - 30 م
	ملاءمة الانتاج	البعد من الارضي الزراعية	0.038	1.5 <	1-1.5	0.5 - 1
البعد من العيون والآبار		0.06	4.5 <	3-4.5	1.5 - 3	> 1.5 كم
البعد من القرى		0.101	1.5 <	1-1.5	0.5 - 1	> 0.5 كم
الجوار الجغرافي		0.101	900 <	600-900	300 - 600	> 300 م
نوعية التربة		0.085	بروزات صخرية اوري اورثنس توري سامنتس	كالسي اورثيدز كامب اورثيدز	كالسي اورثيدز بروزات صخرية	كامب اورثيدز وتوري سامنتس
كمية الامطار		0.011	85 >	90 - 85	95 - 90	< 95 ملم
نسبة تخزين المياه الجوفية		0.15	45 >	50 - 45	55 - 50	< 55%
البعد من الطرق		0.026	1.5 <	1-1.5	0.5 - 1	> 0.5 كم
كثافة السكان		0.032	150 >	100 - 150	50 - 100	> 50 نسمة/كم ²
درجات الحرارة		0.011	30.5 <	29.5-30.5	28.5 - 29.5	> 28.5

المصدر: الباحثة بالاعتماد على حاسبة التحليل الهرمي (<https://bpmg.com/AHP>) ونظم المعلومات الجغرافية.

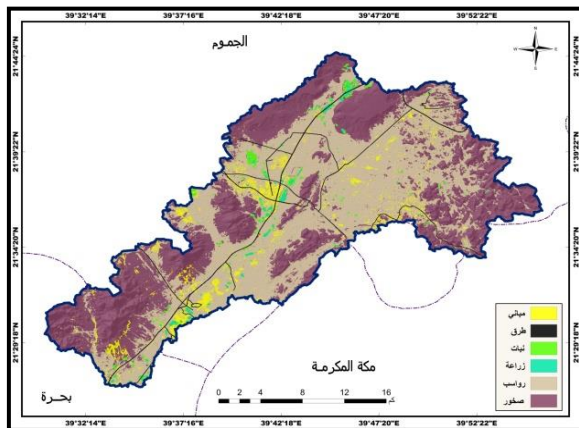


شكل 21: نسب ملاءمة المنطقة لنمو العمران الريفي

المصدر: الباحثة بالاعتماد على طبقات متغيرات المعايير في الاشكال من (4 - 20).

وجبرت في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، تراوح نسب الملاءمة المكانية شكل (21) بين 25.03% كحد أدنى في المناطق التي تحققت فيها أدنى شروط الملاءمة لنمو العمران الريفي، وتعكس هذه النسبة بأنه لا توجد أي منطقة غير ملائمة تماماً لنمو العمران الريفي بدليل ان قيمة الحد الأدنى للملاءمة لم تكن صفراً، وبلغ الحد الاعلى للملائمة لنمو العمران الريفي حسب متغيرات معايير النموذج 94.9%، وتعني هذه النسبة بأنه لا يوجد أي مكان بمنطقة الدراسة قد حقق معايير الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي بنسبة 100%، بدليل ان قيمة الحد الاعلى لنسب الملاءمة لم تصل إلى 100%.

(23)، حيث تمت هذه المحاكاة بواسطة نموذج سلسلة ماركوف ضمن برنامج ادريسي سيلفا، بالاعتماد على طبقتي متغيري اغطية واستعمالات الارض بعامي 2013 و 2023 كمتغيرات مستقلة، وطبقات متغيرات المعايير السابقة التي تعتبر من أهم محددات النمو العمراني وتغيراته وتوجهاته في المستقبل، امكانية زيادة مساحة العمران الريفي في المنطقة إلى 24.82 كم²، بنسبة 4.47% من إجمالي مساحة المنطقة، بزيادة عن عام 2023 بنحو 7.14 كم²، وبنسبة تغير ستبلغ 40.39% بين عامي 2023 - 2030. وبذلك جاء نمو العمران الريفي على حساب بعض الاغطية حيث من المتوقع ان تبلغ مساحة الرواسب عام 2030 نحو 266.55 كم² بنسبة 47.94%، ومن المتوقع تراجع غطاء الرواسب بنحو 7.22 كم²، وبالتالي يتوقع ان تبلغ نسبة تغيرها -2.64% بين المدتين. ويتوقع نموذج ماركوف كذلك ان تبلغ مساحة الغطاء الصخري في المنطقة عام 2030 نحو 241.54 كم² بنسبة 43.43%، وعليه يتوقع تراجع التكوين الصخري بنحو 0.84 كم²، وبنسبة تغير من المتوقع ان تبلغ -0.35% بين المدتين. وتظهر نتائج النموذج ان تبلغ مساحة طرق المنطقة عام 2030 نحو 11.1 كم² بنسبة 1.99%، وعليه يتوقع زيادة مساحة الطرق بنحو 1.24 كم²، مما يعني امكانية تغيرها بنسبة 12.57% بين المدتين. وتبين نتائج المحاكاة ان تبلغ مساحة النبات عام 2030 نحو 8.5 كم² بنسبة 1.52%، وعليه من المتوقع تراجع مساحة الغطاء النباتي بنحو 0.18 كم²، وبنسبة تغير بين المدتين -2.09%. وتفيد نتائج المحاكاة ان تبلغ مساحة المناطق المزروعة عام 2030 نحو 4 كم² بنسبة 1%، وعليه يتوقع تراجع مساحة الغطاء النباتي بنحو 0.0045 كم²، وبنسبة تغير بين المدتين -0.12%.

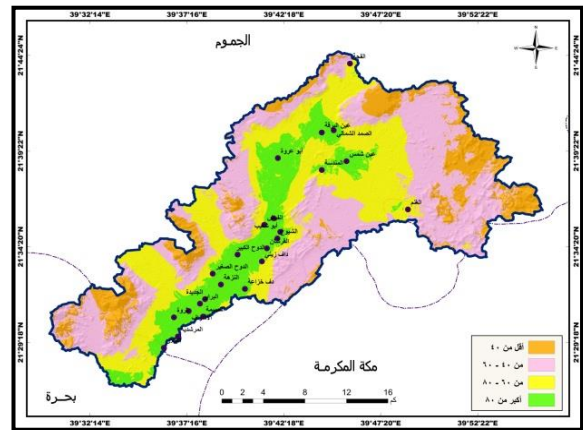


شكل 23: محاكاة النمو العمراني والغطاء الارضي 2030

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج المحاكاة سلسلة ماركوف، برنامج (IDRISI Selva).

في المقابل تظهر نتائج محاكاة النمو العمراني وتغير الغطاء الارضي في المنطقة عام 2040 زيادة مساحة العمران الريفي في منطقة الدراسة ليصل إلى 32.76 كم²، بنسبة 5.89% من إجمالي مساحة المنطقة، وبالتالي من

في المقابل تظهر نتائج تقييم مواقع القرى الحالية حسب نتائج الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي شكل (22) وقوع 22 قرية من إجمالي 24 قرية بنسبة 91.7% من إجمالي عدد القرى في المنطقة تقع في مناطق ذات ملاءمة عالية للنمو العمراني الريفي. ويوضح شكل (23) وقوع المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا لنمو العمران حسب معايير النموذج حيث تقل نسب الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي عن 40% شرق وشمال وشمال غرب منطقة الدراسة بمساحة بلغت 83.94 كم² بنسبة 15.1%. وتغطي المناطق التي تتصف بملاءمة ضعيفة للنمو العمراني حسب معايير النموذج المطبق في الدراسة حيث تتراوح نسب الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي بين 40 - 60% شرق وجنوب وشمال منطقة الدراسة بمساحة بلغت 220.17 كم² بنسبة 39.4%. وتظهر المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة لنمو القرى حسب نتائج نموذج الملاءمة حيث تتراوح نسب الملاءمة لنمو العمران الريفي بين 60 - 80% وسط وشمال وغرب المنطقة بمساحة 162.23 كم² بنسبة 29.17%. وتقع المناطق التي تتصف بملاءمة عالية لنمو عمران القرى حيث تتجاوز نسب الملاءمة المكانية لنمو العمران الريفي 80% جنوب ووسط منطقة الدراسة بمساحة بلغت 89.75 كم² بنسبة 16.14%.



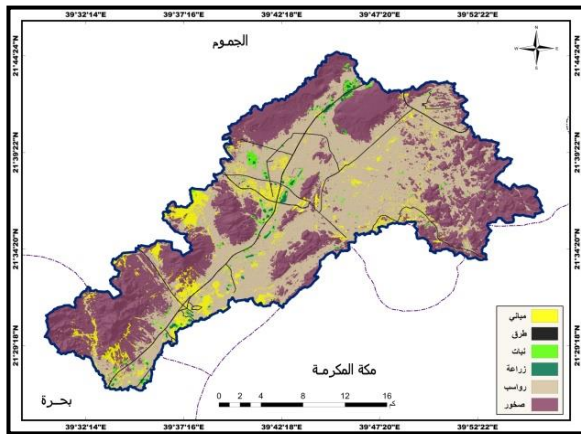
شكل 22: فئات ملاءمة المنطقة النمو العمران الريفي

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الشكل رقم (21).

رابعا) محاكاة تغيرات العمران الريفي: لقد اعطى التقدم السريع في النماذج الجغرافية المكانية إمكانية تصميم ومحاكاة الأنماط المكانية لنمو العمران وتغير الغطاء الأراضي، وتستخدم النماذج المستندة إلى محاكاة النمط المكاني لعمليات تغير استخدامات الأرض لفهم وشرح عملية اتجاهات تغير استخدام الأراضي بطرق فعالة (Sanga, et al, 2011, p.938). وتعتمد المنهجية المستخدمة في نماذج محاكاة اغطية واستعمالات الارض على نظرية الأتمتة الخلوية وإطار نظم المعلومات الجغرافية (Kocabas and Dragicevic, 2006, p.923).

وبذلك توصلت نتائج محاكاة النمو العمراني للقرى، وما يرافق ذلك من تغيرات في اغطية الارض واستعمالاتها بمنطقة الدراسة عام 2030 شكل

كم²، وعليه فمن المتوقع ان تبلغ نسبة تغيرها بين المديتين حوالي 5.27%. وهو نفس الاتجاه الذي من الممكن ان يتعرض له غطاء الصخور عام 2050 فمن المتوقع ان تتراجع مساحته إلى 238.76 كم² بنسبة 42.93%، وعليه ستبلغ خسارة هذا التكوين بين المديتين نحو 1.53 كم²، بنسبة تغير يتوقع ان تبلغ 0.63%. وتبين نتائج نموذج ماركوف ان تبلغ مساحة الطرق عام 2050 نحو 12.78 كم² بنسبة 2.29%، وبالتالي يتوقع زيادة مساحة الطرق بنحو 0.93 كم²، مما يعني تغيرها بين المديتين بنسبة 7.85%. كما توضح نتائج النموذج ان تبلغ مساحة النبات عام 2050 نحو 8.33 كم² بنسبة 1.49%، وعليه يتوقع تراجع مساحة الغطاء النباتي بنحو 0.09 كم²، بنسبة تغير للنبات بين المديتين 1%. وتظهر نتائج النموذج ان مساحة المناطق المزروعة عام 2050 ستبلغ 4 كم² بنسبة 1%، وعليه يتوقع تراجع مساحة المزارع بنحو 0.024 كم²، ونسبة تغيرها بحوالي 0.66% بين الفترتين.

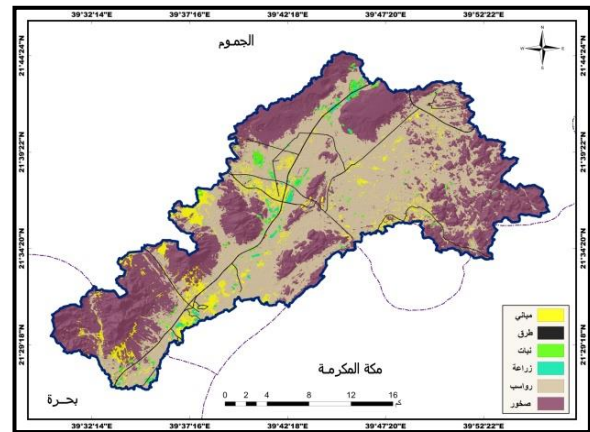


شكل 25: محاكاة النمو العمراني والغطاء الارضي 2050

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج محاكاة سلسلة ماركوف، برنامج (IDRISI Selva).

وتبين نتائج محاكاة النمو العمراني بسلسلة ماركوف عام 2060 زيادة مساحة العمران الذي من المتوقع ان يبلغ 47.13 كم²، بنسبة 8.48% من إجمالي مساحة المنطقة، وبالتالي يتوقع زيادة مساحة المباني عن عام 2050 بنحو 6.99 كم²، لتبلغ نسبة تغيرها بين عامي 2050-2060 نحو 17.4%، ويتوقع ان تظهر الزيادة في مساحة العمران الريفي شكل (26) جنوب ووسط وشمال وشمال غرب وجنوب غرب منطقة الدراسة. وسيظل غطاء الرواسب في تراجع مستمر حيث يتوقع النموذج ان تبلغ مساحته عام 2060 نحو 247.07 كم² بنسبة 44.43%، ويتوقع تراجع الرواسب بنحو 5.46 كم²، لتبلغ نسبة تغيره بين المديتين 2.17%. وتؤكد نتائج نموذج سلسلة ماركوف استمرارية تراجع مساحة التكوين الصخري لتبلغ 236.53 كم² بنسبة 42.53% عام 2060، وبالتالي من المتوقع تراجع الصخور بنحو 2.23 كم²، بنسبة تغير 0.93% بين الفترتين. ويتضح من نتائج النموذج ان تصل مساحة الطرق إلى 13.6 كم² بنسبة 2.22% عام 2060، لتزداد مساحتها بنحو 0.82 كم²، وتبلغ نسبة تغيرها بين المديتين نحو 6.42%. وتتوقع نتائج

المتوقع زيادة العمران عن عام 2030 بنحو 7.94 كم²، ويتوقع ان تبلغ نسبة التغير بين عامي 2030 و 2040 حوالي 32%، وستبرز زيادة العمران الريفي شكل (24) وسط وشمال وشمال غرب وجنوب منطقة الدراسة. وسيأتي هذا التغير الايجابي للعمران الريفي على حساب غطاء الرواسب الذي يتوقع ان تبلغ مساحته عام 2040 نحو 259.2 كم² بنسبة 47%، ويتوقع تراجع غطاء الرواسب بنحو 7.35 كم²، وبالتالي يتوقع ان تبلغ نسبة تغيرها 2.76% بين المديتين. ومن المتوقع حسب نتائج ماركوف ان تبلغ مساحة الصخور عام 2040 نحو 240.29 كم² بنسبة 43%، وبالتالي من الممكن ان يتراجع هذا التكوين بنحو 1.25 كم²، لتبلغ نسبة تغيره بين المديتين نحو 0.52%. كما تؤكد نتائج تطبيق هذا النموذج ان تبلغ مساحة الطرق عام 2040 نحو 11.86 كم² بنسبة 2.13%، وبالتالي قد تزيد مساحة الطرق بنحو 0.75 كم²، وعليه من الممكن ان تبلغ نسبة تغيرها بين المديتين نحو 6.76%. وتتوقع نتائج نموذج المحاكاة ان تبلغ مساحة الغطاء النباتي عام 2040 نحو 8.42 كم² بنسبة 1.51%، وعليه من الممكن تراجع مساحة النبات بنحو 0.076 كم²، ونسبة تغير بين المديتين يتوقع ان تبلغ 0.88%. وتظهر نتائج نموذج ماركوف ان تبلغ مساحة المزارع عام 2040 نحو 3.55 كم² بنسبة 0.638%، وبالتالي قد تتراجع مساحة الغطاء النباتي بنحو 0.015 كم²، ونسبة تغير 0.4% بين المديتين.



شكل 24: محاكاة النمو العمراني والغطاء الارضي 2040

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج المحاكاة سلسلة ماركوف، برنامج (IDRISI Selva).

وتظهر نتائج محاكاة ماركوف للنمو العمراني في المنطقة عام 2050، زيادة المساحة المبنية إلى 40.14 كم²، بنسبة 7.22% من إجمالي مساحة المنطقة، وبالتالي من الممكن زيادة العمران الريفي عن عام 2040 بنحو 7.39 كم²، وعليه من المتوقع ان تبلغ نسبة تغير العمران بين عامي 2040 - 2050 حوالي 22.54%، ويتوقع ظهور هذه الزيادة جنوب ووسط وشمال غرب وجنوب غرب منطقة الدراسة شكل (25). وبنفس التغيرات السابقة يتوقع ان تتجه الرواسب عام 2050 لتبلغ مساحتها نحو 252.53 كم² بنسبة 45.41%، وبالتالي سوف تتراجع مساحة الغطاء الرسوبي بنحو 14.02

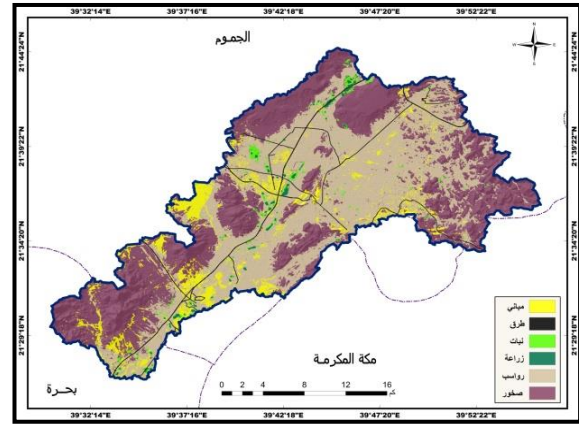
بين 25.03% في المناطق التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا لنمو العمران الريفي، إلى 94.9% في المناطق التي تتصف بملاءمة عالية جدا لنمو العمران الريفي، وتعكس هذه النتائج بان لا توجد منطقة غير ملاءمة تماما او ملاءمة بنسبة 100% لنمو المران الريفي في الحوض، وتظهر نتائج النمذجة وقوع المناطق التي تتصف بملاءمة عالية لنمو العمران الريفي حيث تتجاوز نسب الملاءمة المكانية 80% جنوب ووسط منطقة الدراسة بمساحة بلغت 89.75 كم² بنسبة 16.14%.

وتظهر نتائج محاكاة نمو العمران الريفي بنموذج سلسلة ماركوف توقع زيادة مساحة العمران الريفي في الحوض إلى 24.82 كم²، بنسبة 4.47% من إجمالي مساحة المنطقة، بزيادة عن عام 2023 بنحو 7.14 كم²، وبنسبة تغير من المحتمل ان تبلغ 40.39% بين عامي 2023 - 2030. وتتوقع نتائج محاكاة العمران الريفي عام 2040 امكانية زيادة مساحته إلى 32.76 كم²، بنسبة 5.89% من إجمالي مساحة الحوض، وبالتالي من المتوقع زيادة مساحة المباني عن عام 2030 بنحو 7.94 كم²، بنسبة تغير يمتثل ان تبلغ بين عامي 2030 - 2040 حوالي 32%، وتظهر نتائج محاكاة ماركوف لنمو العمراني عام 2050، زيادة مساحة المنطقة المبنية إلى 40.14 كم²، بنسبة 7.22% من إجمالي مساحة الحوض، وبالتالي من الممكن زيادة مساحة العمران الريفي عن عام 2040 بنحو 7.39 كم²، ويتوقع ان تبلغ نسبة تغيره بين عامي 2040 - 2050 حوالي 22.54%، وتتوقع نتائج محاكاة عام 2060 زيادة مساحة العمران إلى 47.13 كم²، بنسبة 8.48% من إجمالي مساحة الحوض، وبالتالي يمتثل زيادة مساحة المباني عن عام 2050 بنحو 6.99 كم²، لتبلغ نسبة تغيرها حوالي 17.4%، وسوف تأتي غالبية هذه التوسعات العمرانية على حساب غطاء الرواسب، ويتوقع ان تظهر زيادة العمران الريفي في المناطق التي تتصف بملاءمة عالية إلى معتدلة جنوب ووسط وشمال غرب وجنوب غرب منطقة الدراسة.

Reference

- Abdullah, N. S. (2014). Suitability model based on GIS and MCDA FOR spatial distribution of settlements in different geographical environments. *European Scientific Journal*, 2, 250-264. https://www.researchgate.net/publication/304113808_SUITABILITY_MODEL_BASED_ON_GIS_AND_MCDA_FOR_SPATIAL_DISTRIBUTION_OF_SETTLEMENTS_IN_DIFFERENT_GEOGRAPHIC_ENVIRONMENTS
- Alaska Satellite Facility, Sentinel Satellite Image, date of obtain, (1-8-2023), Website link, (<https://search.asf.alaska.edu>).
- Bi. G., Yang, Q. (2022). *Spatial Reconstruction of Rural Settlements Based on Multidimensional Suitability: A Case Study of Pingba Village, China*. Land, 11, 1-18.
- Fang, Y., Shi, K., Niu, C. A. (2016). comparison of the means and ends of rural construction land consolidation: Case studies of villagers' attitudes and behaviours in Changchun City, Jilin province, China. *J. Rural Study*, 47, 459-473. <https://landportal.org/library/resources/agri-sus201600195990/comparison-means-and-ends-rural-construction-land>
- Guo, P., Zhang, F., Wang, F., Qin, F. (2020). *Suitability Evaluation and Layout Optimization of the Spatial Distribution of Rural Residential Areas*. Sustainability, 12, 1-15.

محاكاة سلسلة ماركوف ان مساحة الغطاء النباتي ستكون 8.25 كم² بنسبة 1.48% عام 2060، وعليه يتوقع تراجع مساحة النبات بنحو 0.09 كم²، ونسبة تغيرها -1.07% بين المدتين. كما تؤكد نتائج النموذج ان تبلغ مساحة الاراضي الزراعية 4 كم² بنسبة 1% عام 2060، لتتراجع بحوالي 0.03 كم²، وتتغير بنسبة -0.85% بين المدتين.



شكل 26: محاكاة النمو العمراني والغطاء الارضي 2060

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج المحاكاة سلسلة ماركوف، برنامج (IDRISI Selva).

الخاتمة

اظهرت نتائج هذه الدراسة وقوع 24 قرية في الجزء الشمالي الأوسط لحوض وادي فاطمة، وتوصلت نتائج استخلاص غطاء العمران الريفي من مرئية عام (2013) لوقوع المناطق المبنية وسط وجنوب غرب المنطقة بمساحة 9.49 كم² بنسبة 1.7%، وظلت المنطقة المبنية مسيطرة على المرتبة الثالثة بين أغطية واستعمالات الارض، بمساحة زادت عام (2023) إلى 17.68 كم² بنسبة 3.18% من إجمالي مساحة الحوض، وبلغت نسبة تغيرها بين المدتين 86.3%.

وهناك مجموعة من المتغيرات المكانية التي تندرج ضمن ثلاثة معايير مكانية بيئية تؤثر على نمو العمران الريفي اما بسبب مخاطرها او تؤثر في تكاليف النمو العمراني ومنها التركيب الجيولوجي والصدوع والارتفاع والأشكال الجيومورفولوجية والانحدار والبعد من مجاري الأودية ويندرج ضمن معيار الانتاج عدة متغيرات تتحكم في نمو العمران الريفي وتغيراته من فترة إلى أخرى، وتمثل متغيرات هذا المعيار بالبعد من المزارع والآبار والقرى والجوار الجغرافي للمساكن ونوعية التربة والأمطار وتخزين المياه الجوفية، كما يندرج ضمن معيار التأثير على الظروف المعيشية عدة متغيرات كالحرارة وكثافة السكان والبعد من الطرق.

وتتشرك جميع متغيرات هذه المعايير في تحديد انطباق المناطق لنمو العمران الريفي في المستقبل، حيث تراوحت نسبة ملاءمة الجزء الشمالي الأوسط لحوض وادي فاطمة لنمو العمران الريفي طبقاً لنتائج دمج جميع هذه المتغيرات حسب اهميتها النسبية المستخرجة بطريقة التحليل الهرمي (AHP)

- Ren, Y., Yansui, L., Hualou, L., Yijun, Z. (2015). Research progress and prospect of rural transformation and reconstruction in China: Paradigms and main content. *Prog. Geogr.* 34, 1019–1030.
- Rye, J. (2017). Labour migrants and rural change: The “mobility transformation” of Hitra/Frya, Norway, 2005–2015. *J. Rural Study*, 64, 189–199.
- Sanga, L., Zhanga, C., Yanga, J., Zhua, D., Yunb, W. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA–Markov model. *Mathematical and Computer Modelling*, 54, 938–943.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, digital layer of density, date of obtain. (1/8/2023). Website Link, (<https://data.humdata.org/group>).
- United States Geological Survey, Landsat 9 Satellite Image, OLI_TIRS, date of obtain, (1-8-2023), Website link, (<https://earthexplorer.usgs.gov>).
- United States Geological Survey, Satellite Digital Elevation Model (SRTM), date of obtain, (1-8-2023), Website link, (<https://earthexplorer.usgs.gov>).
- Wang, K., Zhou, W., Xu, K., Liang, H., Yu, W., Li, W. (2017). Quantifying Changes of Villages in the Urbanizing Beijing Metropolitan Region: Integrating Remote Sensing and GIS Analysis. *Remote Sens*, 9, 1-16.
- Yanbo, Q., Fengrong, Z., Wei, S., Fachao, L., Guanghui, J. (2012). Integrated correction and calculation of rural residential consolidation potential: A case study of Pinggu District, Beijing. *Acta Geogr. Sin.* 67, 490–503.
- Yang, Y. D., Geng, J., Tian, F. (2022). Evaluation of Suitability and Spatial Distribution of Rural Settlements in the Karst Mountainous Area of China Zhiyuan. *Land*, 11, 1-21.
- Halfacree, K. (2012). *Heterolocal Identities? Counter-Urbanisation, Second Homes, and Rural Consumption in the Era of Mobilities*. *Popul. Space Place*, 18, 1–16.
- Hamody, L. A. (2009). *Sustainable Rural Development Study in Stability and Growth of Rural Settlement*. University Of Baghdad.
- Kocabas, V., Dragicevic, S. (2006). Assessing cellular automata model behaviour using a sensitivity analysis approach, *Computers, Environment and Urban Systems*, 30, 921–953.
- Kong, X., Liu, D., Tian, Y., Liu, Y. (2021). Multi-objective spatial reconstruction of rural settlements considering inter-village social connections. *J. Rural. Stud.* 84, 254–264.
- Ministry of Agriculture and Water, General Soil Map. (1986). Soil maps (panels 158, 159), scale 1.250000.
- Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Agency of the Ministry of Mineral Resources. (1985). Topographic map, Mecca plate, scale 1.250000.
- Ministry of Petroleum and Mineral Resources, General Directorate of Mineral Resources. (1989). Geological map, Mecca plate, scale 1.250000.
- NASA, Earth Climate Data, date of obtain (1/8/2023), Website Link, (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>).
- Polat, H.E., Olgun, M. (2004). Analysis of the rural dwellings at new residential areas in The Southeastern Anatolia, Turkey. *Build. Environ.* 39, 1505–1515.
- Qu, Y., Jiang, G., Zhao, Q., Ma, W., Zhang, R., Yang, Y. (2017). Geographic identification, spatial differentiation, and formation mechanism of multifunction of rural settlements: A case study of 804 typical villages in Shandong Province, China. *J. Clean. Prod.* 166, 1202–1215.
- Radi1, A. M., Ziboon, A. T., Ismael, H. S. (2023). Site suitability analysis for rural development using geomatics technology in Maysan province/Iraq. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, doi:10.1088/1755-1315/1129/1/012003.