مجلة العمارة والتخطيط، م ٣٤ (٣)، ص ص ٢٦٩- ٢٩٤، الرياض (٢٠٢٢م / ١٤٤٣هـ)
doi:10.33948/JAP-KSU-34-3-2

بناء نموذج تحليل القرار متعدد المعايير بالاعتماد على التقنيات الجيومكانية لتحديد المسار المقترح لسكة حديد (الرياض – جدة)

هديل بنت عبد العزيز السلامة
الهيئة الملكية لمدينة الرياض، المملكة العربية السعودية
hadeelaziiz@gmail.com

مفرح بن ضايم القرادي
قسم الجغرافيا جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية
mufarehq@ksu.edu.sa

قدم للنشر في ٢/ ٥/ ١٤٤٣ هـ ؛ وقبل للنشر في ٢٦/ ٨/ ١٤٤٣ هـ

ملخص البحث. تتناول هذه الورقة بناء نموذج ملاءمة مكانية لتحديد المسار المقترح لسكة حديد تربط مدينة الرياض بمدينة جدة، وذلك لربط الساحل الشرقي بالساحل الغربي من المملكة العربية السعودية. تعتمد هذه الدراسة على بناء نموذج قرار تحليل مُتعدِّد المعايير (MCDA) من خلال نمذجة عدة معايير مكانية، ومن ثم إعطاء هذه المعايير الأهميةَ النسبيةَ. وقد تمَّ إجراءُ عمليةِ التحليل الهرمي (AHP) التي تم استخدامها في أداة التراكب الموزون؛ وهي إحدى الأدوات المُستخدمة في بناء نموذج الملاءمة المكانية. وقد حددت الدراسة ستة معايير لتحديد المسار من أهمها: معيار استعمالات الأراضي، ومعيار الانحدار، ومعيار الأودية، والتضاريس، والجيولوجيا. توصَّلت الدراسة إلى إنتاج خريطة ملاءمة مكانية لمسار سكة حديدية مُقترح، يربط وسط المملكة بغربها بطولٍ يبلغ (٤٢ , ٨٣٢ كم). توصي الدراسة بإجراء المزيد من الدراسات التفصيلية للجوانب الاقتصادية لتقدير التكلفة المالية لكل معيار، والعمل على تقليل قيمة هذه التكلفة، ومحاولة الجمع بين المعايير البيئية والاجتماعية التي قدمتها هذه الدراسة مع المعايير الاقتصادية.

الكلمات المفتاحية: السكة الحديدية، نموذج الملاءمة المكانية، تحليل قرار متعدد المعايير، عملية التحليل الهرمي.

١. المقدمة

تُعدُّ وسائلُ النقل مُهمةً في عملية التنمية والنشاط الاقتصادي، فحين يتوفّر عامل النقل وحركة التبادُل التجاري ستزداد الكثافة السكانية للمناطق التي تقِل فيها أعدادُ السكان؛ ومن ثمَّ يزداد اقتصاد الدولة. وتؤدِّي تكاليفُ النقل دورًا مُؤثِّرًا في عملية التنمية، حيث تُعد السكك الحديديَّة ثاني أفضل وسائل النقل من حيث التكاليف، بعد النقل المائي (الزوكة، ٢٠٠٠). ولأهمية السكك الحديديَّة، اهتمت المملكة العربية السعودية منذ عهد الملك عبد العزيز -رحمه الله - بتطوير وسائل النقل؛ وذلك عند بداية الخطوط الحديديَّة السعودية: ففي سنة (١٩٥٢م) أُنجز مشروع السكة الحديدية الذي يصل بين الدمَّام والرياض، كما أُنشئت دراسةٌ أوليةٌ لخط سكة حديدية يصل بين الرياض وجدّة (شطارة، ١٤١٠). ومع تطوُّر قطاع النقل، تمَّ استكمالُ ما بدأه الملك عبد العزيز - رحمه الله، عندما أُقرَّ مشروع قطار الشمال (ربه، ٢٠١٥)، ومشروع قطار الحرمَيْن الذي دُشِّن سنة (٢٠١٨م)؛ لمساعدة الزوَّار القادمين لبيت الله والمسجد النبوي (وكالة الأنباء السعودية، ٢٠١٨). تدعَم هذه المشاريع رؤيةَ المملكة في تحويلها إلى محور لوجستي قادرٍ على الربط بين القارات الثالث، من خلال الاستفادة من موقعها الجغرافي (وزارة النقل والخدمات اللوجستية، ١٤٤٢). ولدعم الدراسات التي قدّمت في عهد الملك عبد العزيز - رحمه الله -، ورؤية (٢٠٣٠) في عملية تطوير قطاع النقل، والخطط اللوجستية واستكمال المشروع المُستقبلي (قطار الجسر البريّ: الرياض - جدة)؛ سيُفَعَّل دورُ التقنيات الحديثة في تحديدِ المَسار الأمثَل، فمِن المهم معرفةُ دور نظم المعلومات الجغرافية في عملية اتخاذ القرار (الشمري، ٢٠٠٧). تُقدِّم نظمُ المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems – GIS) الدعمَ لاتخاذ قرارٍ متعدِّد المعايير، فهي توفر القُدرة على التحليل المكاني، وهذا ما تم تفعيلُه لهذه الدراسة، من خلال تحديد المعايير، وإعطائها الأهميةَ النسبيةَ من خلال عملية التحليل الهرمي (Analytical Hierarchy Process (AHP للوصول إلى نتيجةٍ توضِّح أفضلَ مسارٍ لسكة حديدية تصل بين مدينة الرياض ومدينة جدة، موضّحة على خريطة.

٢. موضوع الدراسة وأهميته

تتناول الدراسة موضوع إنشاء مسار سكة حديدية مقترح يربط الساحل الشرقي بالساحل الغربي في المملكة العربية السعودية بالاعتماد على التقنيات الجيومكانية وما تقدمه من تحليلات متقدمة للوصول إلى دعم اتخاذ القرار. تم دراسة المنطقة الواقعة بين مدينتي الرياض وجدة من خلال مجموعة من البيانات المكانية وغير المكانية لتغذية نموذج الملاءمة المكانية بالمتطلبات الضرورية والدقيقة للخروج بنتائج سليمة داعمة لاتخاذ القرار المكاني الصحيح.

يتمتع المسار المقترح بأهمية كبيرة في حالة تنفيذه، وذلك من خلال دعم المنطقة الوسطى بشكل خاص لجعلها مركزًا ومحورًا رئيسًا في تقديم خدمات النقل المُستدام، ورفع كفاءة الخدمات اللوجستيَّة الداخلية، وتسهيل السياحة الداخلية، وتقليل الضغط على الخطوط البرية، كما سيعمل الربط بين المنطقتين على تفعيل النشاط الاقتصادي من خلال عملية نقل البضائع والأفراد، والإسهام في تخفيف الأثر البيئي، وتوفير وسائل نقل آمنة بديلة للمسافرين، فقد ذكر وزير الاستثمار السعودي خالد الفالح في مؤتمر المعادن الدولي أن المملكة العربية السعودية ستعمل على مد ٨ آلاف كيلومتر من خطوط السكة الحديدية، وهذا ما يدعم أهمية دراسة هذا المسار (الشرق، ٢٠٢٢)

٣. مشكلة الدراسة وأهدافها

تكمن مشكلة الدراسة في عدم توفر شبكة سكة حديدية لربط مدينة الرياض الواقعة وسط المملكة بمدينة جدة الواقعة في الغرب لإكمال ربط الساحل الشرقي بالساحل الغربي، حيث إن وسيلة النقل الحالية المتوفرة بين المدينتين هي وسيلة النقل البري. ونظراً لدور وسائل النقل في عملية التنمية المُستدامة والاقتصادية؛ وبالأخص: تطوير شبكة السكك الحديديَّة التي دعمتها استراتيجية النقل الوطني (National Transport Strategy (NT)) (المؤسسة العامة للسكك الحديدية، ٢٠١٦)، فإنه من الأهمية البدء ببناء شبكة سكة حديدية لربط مناطق المملكة بعضها بالآخر.

ومع الاختلاف الكبير بين تضاريس وجيولوجية المدينتين، حيث إن مدينة الرياض تقع في منطقة الرف العربي بينما تقع مدينة جدة في منطقة الدرع العربي؛ كان لا بد من اعتماد منهجية علمية دقيقة من خلال توظيف التقنيات الجيومكانية الحديثة لتحديد المسار الأمثل وفق أقل التكاليف المادية، وتقليص البعد الزمني الذي تستغرقه وسائل النقل البرية، والجهد من قِبَل المُسافرين عبر وسائل النقل الأخرى، وكذلك دعم النقل اللوجستي للبضائع وتقليل عدد الحوادث.

وعليه، تسعى الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

١. تحديد معايير المسار الأمثل لخط السكة الحديدية بين مدينة الرياض ومدينة جدة.

٢. بناء نموذج تحليل قرار مُتعدد المعايير (MCDA) وعملية التحليل الهرمي (AHP) لإعطاء المعايير نسبة معينة وفق أهميتها.

٣. إنتاج خريطة توضح المسار الأمثل لخط السكة الحديدية بين مدينة الرياض ومدينة جدة وفق المعايير المحددة.

٤. التساؤلات

١. ما المعايير التي ستُطبَّق لتحديد المسار الأمثل لخط السكة الحديدية بين مدينة الرياض ومدينة جدة؟

٢. ما مكونات ومتطلبات نموذج تحليل قرار مُتعدد المعايير (MCDA) وعملية التحليل الهرمي (AHP)؟

٣. ما المسار الأمثل لخط السكة الحديدية الذي يربط مدينة الرياض بمدينة جدة؟

٥. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة بين مدينة الرياض ومدينة جدة، المحصورة بين نقطتين بإحداثيات (N - 20°44′08 N - 25°18′51″) و (E - 39°31′43″ E - 46°54′08″)، كما في الشكل (١)، كما تبلغ المسافة بين مدينة الرياض ومدينة جدة ٩٥٤ كم (Google Map). وتختلف التضاريس اختلافًا كبيرًا بين المدينتين، حيث تبدأ تضاريس مدينة الرياض من هضبة نجد الواقعة بوسط المملكة العربية السعودية، ومن ثم يليها جبل طويق ونفود

الشكل رقم (١). منطقة الدراسة، الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، ٢٠١٥م

الدحي، بحيث تأتي بعدها منطقة الدرع العربي المتكوّنة من: صخورٍ مُتحوِّلة، وصخور جوفيَّة اندساسية، وصخور بُركانية. كما تتميز المنطقة الغربية بالمرتفعات والجبال، ومن أهم هذه الجبال: جبال الحجاز التي تُعد سلسلةً جبلية، وتنقسم إلى ثلاثة أقسام (الوليعي، ١٤٢٩)، ويقع القسم الأوسط داخل منطقة الدراسة والمتكوِّن من: جبل شمنصير، وجبال الندرة. وهي جزء من جبال السروات التي يتراوح ارتفاعها ما بين ٩٠٠ قدم جنوبًا، وينخفض تدريجيًّا باتجاه الشمال إلى أن يصل إلى ٣٠٠ قدم (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٠). ومن أهم الأودية الواقعة في منطقة الدراسة: وادي الرمة، ووادي الرقب وهو أحد الروافد المهمة لوادي الرمة، ووادي فاطمة، ووادي فيده. يمر الطريق البري بعدة مناطق وقرى ومَحميَّات، مثل: محافظة المزاحمية، والقويعية، والمويه الجديدة، ومحمية سجا وأم الرمث، ومحمية محازة الصيد.

٦. الدراسات السابقة

٦,١ دراسات تناولت التحليلات والنمذجة

تناول كلٌّ من سونق وآخرون (Song et al, 2021) تصميم سكة حديدية قائمة على نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على مجموعة من المعايير والاشتراطات البيئية في الصين. اعتمدت الدراسة على ثلاث عوامل طبيعية تتمثل في الجيولوجيا، والطبوغرافية، والأثر البيئي. وتوصلت الدراسة إلى طريقة لدمج الطريقة الآلية لتحديد المسار مع خريطة الأثر البيئي لتحسين عملية اتخاذ القرار المكاني.

وقام كلٌّ من (العصيمي والقرادي، ٢٠١٨) بالعمل على اختيار المواقع الملائمة لمحطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية، واستعرضت الدراسة تحليل الملاءمة المكانية وأساليبه ونشأته، فحُدِّدت المعايير العالمية المُتّبعة لاختيار مواقع المحطات النووية، وأُجري تحليلٌ مُتعدِّدُ المعايير (MCDA)، مع استعراض الأدبيات المتعلِّقة بتحليل الملاءمة المكانية. وتمكِّن أداةُ تحليل الملاءمة المكانية المُخططين من تحليل التفاعلات بين ثلاثة أنواع هي: عوامل الموقع، والإجراءات التنموية، والعناصر البيئية؛ للوصول إلى نتائجَ تُساعد صناعَ القرار على رؤية البدائل المختلفة واختيار الأفضل. وتتنوع أساليب الملاءمة المكانية بنظم المعلومات الجغرافية، فهي تنقسم إلى أسلوبين: الأول: خرائط التراكيب بمساعدة الحاسب الآلي، والثاني: تحليل قرار مُتعدِّد المعايير (MCDM).

وطبق كلٌّ من نيدفسكا وآخرين (Nedevska et al ,2017) في دراستهم طُرُقًا مختلفة لتحليلٍ متعدِّد المعايير (MCDA) لاختيار طريق السكك الحديديَّة، بحيث تمَّ التنويهُ على أهمية تطبيق تحليل متعدد المعايير (MCDA) في عملية اتخاذ القرار للتقليل من المشاكل والمخاطر، وهنالك ثلاثة طرق طُبِّقَتْ لاتخاذ القرار المتعلِّق بالمعايير المتعددة وهي: طريقة (WSM)، وطريقة

(AHP)، وطريقة (VIKOR). وتظهر النتائج أن جميع الطرق أعطت النتيجةَ نفسَها فيما يتعلق بالملاءمة، مع أفضلية الطريقة الثانية في المعايير المختلفة.

٢,٦ دراسات تناولت معايير مسار السكة الحديدية

في كينيا تناولت (Kenya Railways Corporation et al, 2016) مشروعَ السكك الحديديَّة القياسية المقترحة من منطقة نيروبي (Nairobi)، ويكمن الهدف من هذا المشروع في تحسين هيكلة العمليات وتحسين البيئة التحتية للقطاع، ومن أجل تحقيق زيادة الإيرادات، وتحديث نظام السكك الحديديَّة، وفق ملاءمة بيئية واجتماعية واقتصادية. وتم تقييم الموقع من الناحية الفسيولوجية والجيولوجية والتربة والمياه والموارد والغطاء النباتي، وتم تحليل الطرق البديلة على أساس أربعة عوامل موضوعية وسبع وعشرين من السمات البيئية والاجتماعية، ومن خلال التحليلات تم الوصول إلى أفضل طريق للسكة الحديدية والذي سيبدأ بالقرب من الماساي (Maasai)، وينتهي في وادي الصدع نحو مجمع نايفاشا الصناعي القريب من (Suswa)، ليصل إلى (Enosupukia) في مقاطعة (Narok).

وعمل كلٌّ من سات وسيرانو (Saat & Serrano, 2015) على تحديد المسار الأمثل لسكة حديدية فائقة السرعة (HSR) في ماليزيا؛ حيث اعتمد في تحديد المسار على طريقتين: الطريقة الأولى: تحديد منطقة البداية ومنطقة الوصول والتي تعتمد على ثلاثة معايير أساسية هي: حجم العاصمة، وعدد السكان والإنتاجية الاقتصادية، والمسافة. وتم الوصول إلى الممرات الأساسية، وهي من كوالالمبور شمالًا إلى جورج تاون شرقًا، ومن ثم كوانتان جنوبًا تليها سنغافورة، وفي الطريقة الثانية؛ يأخذ في الاعتبار جميع المدن على طول المسار باستخدام طريقة (ELECTREI)، والتي اعتمدت على معيار تكلفة البناء، والمستخدمين المحتملين، والناتج المحلي الإجمالي. وتم الوصول إلى ثلاثة مسارات تختلف بأفضلية أحد المعايير، وقد وُجِد أن ممر الجنوب من كوالالمبور إلى سنغافورة له الأولوية القصوى.

٣,٦ دراسات تناولت تحديدَ المعايير والتحليل (MCDM) و(AHP):

عمل الحمداوي وآخرون (Al-Hameedawi, et al, 2018) على اختيار المسار الأمثل للسكة الحديدية في منطقة كربلاء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث هدفت الدراسة إلى تحسين عملية النقل العام وسد الفجوات بين جميع المعايير. وحُدِّدت المعايير على أن تكون السكة الحديدية قريبة من المناطق السكنية والطرق السريعة، بعيدة عن المناطق الزراعية. وللوصول إلى نتائج علمية تحقق هدف الدراسة؛ اتبعت منهجية (MCE) وهو تقييم متعدد المعايير يتم عند تقدير وزن الأهمية النسبية للمعايير والنتيجة الإجمالية، من خلال إجراء عملية التحليل الهرمي (AHP)،

وتحليل متعدد المعايير (MCDM)، وذكرت الدراسة البيانات التي سيتم إدخالها في (Arc Map)، وهي طبقة تُمثِّل شبكةَ الطرق داخل مدينة كربلاء، وطبقة لشبكة الطرق السريعة، ومرئيات فضائية، ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).

وعرض كومار وآخرون (Kumar et al, 2017) في دراستهم جدوى خط سكة حديدية في منطقة هيلي، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. في بداية الدراسة حُدِّدت المعايير التي سيتم اتباعها، وكانت تضم: معيارَ الانحدار، ومعيار استخدام الأراضي، ومعيار المجاري المائية وتخزين المياه، وأكدت الدراسة أن عامل الطاقة هو مطلبٌ أساسي لتحديد الملاءمة. وطبقت الدراسة تحليلاً متعدّد المعايير (MCDA)، وتم استخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP)، واستنتجت الدراسة خريطة مقسمة إلى أربعة أجزاء على أساس مؤشر الجدوى، بحيث تظهر أن (٥٥٪) مجدية للغاية و(٢٥٪) من المساحة الكلية تندرج تحت فئة الجدوى المنخفضة.

وطبق (منصور، ٢٠٠٩) تحليلًا متعدد المعايير (MCDA) على مجموعة من البيانات لتقييم مسار السكة الحديدية الأمثل بين منطقة الرياض ومنطقة أبها وفق أهداف تحسين النقل العام وتسهيل السياحة للمنطقة، وكانت المعايير المحددة بأن يكون الطريق المقترح على بعد ١٠ كم على الأقل من المناطق المحميَّة، والبعد عن المسطَّحات المائية ١ كم على الأقل، والبعد ١ كم على الأقل عن الطرق السريعة. وتم تحديد ثلاث محطات للمسار: محطة الرياض، وتم اقتراح محطة معبر أبها، تليها محطة أبها، فكانت المسافة المُثلى للمسار من محطة الرياض إلى محطة أبها قُرابة (٨٨٨) كم.

وهدف جينالييف (Djenaliev, 2007) في دراسته إلى إظهار قدرات نظم المعلومات الجغرافية في تحديد المسار الأمثل من محطة (Arpa) إلى محطة (Uzgen)، واختيار الموقع الأمثل لمحطة القطار، وتقدير التكلفة. واستخدم الباحث برنامج (ArcGIS)، لمعالجة البيانات، ولإجراء تحليل متعدد للمعايير المكانية، كما استخدم برنامج الإدريسي لتحليل القرار باستخدام وحدة دعم القرار المُدمجة لتحديد موقع المحطات. وتم تقييم الأهمية النسبية للمعايير عن طريق أسلوب (MCDM)، ولتحديد الأوزان للمعايير اعتُمد على أسلوب (AHP) التحليل الهرمي، واستُخدم (ArcGIS Model Builder) لتنفيذ جميع العمليات تلقائيًّا، بحيث توصِّل إلى الموقع الأمثل لإنشاء محطة سكة القطار القريبة من (Uzgen)، والمسار الأقل تكلفة (LCP)، وهو أقصر مسار والأفضل للسكك الحديديَّة. ومن أهم النتائج التي توصَّلت لها الدراسة: أن المسار المقترح لا يتطلب سوى نفقٍ واحد، ومقارنةً بالطريق الذي اقترَحتْه الحكومة يتطلب بناء أربعة أنفاق.

وتناول كيما وكارانيا (Karanja, 2007 & Kiema) دراسة السكة الحديدية الكينية في السودان. وهدفت الدراسة إلى إظهار إمكانات نظم المعلومات الجغرافية، وتقع منطقة الدراسة

في مقاطعة الوادي الشمالي المُتصدِّع في كينيا، بحيث ينتهي الخط المُقترح جنوب السودان. وذكرت الدراسة أنَّ من أهم المتطلبات في تحديد مسار السكة الحديدية الجديد؛ السلامة والجانب الجمالي والاقتصادي وربط المراكز. وتطرَّقت الدراسة إلى: عامل الانحدار، وعامل التربة، وتجنب المسار المناطق الصخرية، وعامل الأنهار، وعامل استخدام الأراضي والعوامل الأخرى. وبُني نموذج لبيانات الدراسة في برنامج (GIS)، ومن ثمَّ تم تقييم المعايير بأسلوب (AHP)، وتم الوصول إلى أربعة مسارات تُعدُّ الأمثل من مدينة (Kitale) إلى (Kapenguria).

والمُلاحَظ من خلال الدراسات السابقة التي بَحثت في إنشاء خط السكة الحديدية: أن تطبيق تحليل مُتعدد المعايير (MCDA) هو الأكثر استخدامًا؛ إذ أثبتت الدراسات جدوى هذا التحليل من بين التحليلات الأخرى، وبعض الدراسات طبَّق عملية التحليل الهرمي (AHP) لإعطاء الأهمية للمعايير. كما تبيَّن سببُ اختلاف المعايير في الدراسات السابقة؛ وهو طبيعة منطقة الدراسة وأهدافها، ولكنَّ بعضَ الدراسات اشتركت في معيار الانحدار واستخدام الأراضي ومعيار المجاري المائية مع اختلاف طبيعة نوع الأرض لكلِّ دراسة.

تشترك الدراسات السابقة في تطبيق تقنية نظم المعلومات الجغرافية وذكرِ أهميتها لاختيار المسار، وأنها الأفضل للوصول إلى نتائجَ وفقًا لأهدافٍ بيئية واجتماعية وتقنية.

وتسعى هذه الدراسة لتفعيل دوْر تقنية نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المكاني، على عدة معايير مناسبة لطبيعة منطقة الدراسة، للوصول إلى نتائجَ تحقق الأهداف التي تُحدِّد المسارَ الأمثلَ الذي سيصل بين العاصمة الرياض ومدينة جدة.

٧. منهج الدراسة

تعتمد هذا الدراسة على المنهج التحليلي الوصفي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وستُقدم هذه الدراسة المنهجية العلمية لبناء نموذج الملاءمة المكانية، وذلك من خلال المراحل التالية:

٧,١ المرحلة الأولى: تحديد المعايير

حُددت المعايير المكانية وفقًا لمراجعة الدراسات السابقة والمعايير المحددة من قِبَل شركة (سار):

١. معيار استعمالات الأراضي: يخدم هذا المعيار معرفة طبيعة الأراضي التي سيمر عبرها المسار المُقترح، ومن ثمَّ تجنُّب بعضِ أنواع استعمالات الأراضي التي تحد من المسار.

٢. معيار الجيولوجية والطبوغرافية: من المهم تحديد هذا المِعيار، وذلك لاختلاف طبيعة جيولوجية الأرض، والمِعيار الطبوغرافي لمعرفة التفاصيل الدقيقة لتضاريس منطقة الدراسة.

٣. معيار شبكة النقل: يُحدَّد هذا المعيار

لتجنُّب الطرق التي قد تتقاطع مع المسار المُقترح، كما يُعد هذا المعيار مهمًا لتحديد المسافة المناسبة عند توازي الطرق أو اقترابها من المسار.

٤. معيار الانحدار (slope): يؤثر معيار الانحدار بتكلفة المسار، حيث من المُمكن تجنُّبُ المناطقِ المرتفعةِ التي تعمل على زيادة التكلفة.

٧,٢ المرحلة الثانية: جمع وإعداد البيانات

تم الاعتمادُ على عدَّة بياناتٍ مكانية (Spatial Data) وهي كالتالي:

١. مرئية فضائية لاستخراج بيانات استعمالات الأراضي: قمر (Landsat 8) لسنة (٢٠٢٠م)، ومصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

٢. خريطة التضاريس لمنطقة الدراسة: تم الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة (٣٠)م نظرًا لكبر مساحة منطقة الدراسة، وللقدرة على إتمام المعالجات والتحليلات المختلفة وفق الأجهزة الحاسوبية المتوفرة، ومصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

٣. خريطة جيولوجية لمنطقة الدراسة: خريطة رقمية جيولوجية بمقياس رسم صغير (Vector) ومصدرها هيئة المساحة الجيولوجية، تظهر هذه الخريطة التكوينات الموجودة بمنطقة الدراسة وبعض أنواع الصخور وهي كالتالي:

- تكوين ضرماء (Jd).
- تكوين واجد (Pw).
- تكوين بياض (Kb).
- السبخات ورواسب الطمي (Qsb).
- رمال يوليان (Qe).
- البازلت (QTb).
- الدرع العربي (PwC).
- مارت الحجر الجيري (Tsm).
- أم سهم، تشكيل الحجر الرملي (OCur).

شبكة النقل الأساسية والفرعية الواقعة بين مدينة الرياض ومدينة جدة على هيئة خرائط رقمية (Vector) ومصدرها وزارة النقل.

٧,٣ المرحلة الثالثة: تحديد اشتراطات المعايير

٧,٣,١ اشتراطات مسار السكة الحديديَّة:

أولًا: استعمالات الأراضي:

وفقًا للدراسات السابقة يجب أن يكون طريق السكك الحديديَّة على بُعد (١٠٠) م وأكثر عن أماكن الاستيطان البشري، وقد ذكر (Kussner, 2011) أن معايير وزارة البيئة لتقييم الضوضاء تُوصي بأن تكون الأراضي المُقترحة على بعد (١٠٠) م (Kumar, et al, 2017).

ثانيًا: الجيولوجيا والتضاريس:

١. الجيولوجيا:

- تكوين ضرماء (Jd): يتكون من الحجر الجيري والحجر الرملي، وتُظهر دراسة (Ismanto, 2018) أنه ملائم لمرور السكة الحديديَّة.
- تكوين واجد (Pw): وهو حجرٌ رملي، ونظرًا لدراسة (Djenaliev, 2007) يُعد الكوارتز ذا مُلاءمة منخفضة؛ فلذلك سيتم استبعادُ هذه المناطق.
- تكوين بياض (Kb): يحتوي على حجر رملي متوسط الحجم، ويعدُّ خزاناً للمياه الجوفية (هيئة المساحة الجيلوجية السعودية، ٢٠١٧)، وهو ذو ملاءمة مُنخفضة جدًّا.
- السبخات ورواسب الطمي (Qsb): طبقات أسمنتية غير مُتماسِكة، تُعدُّ غيرَ ملائمة، بسبب قابليتها لفقدان القوة عند هطول الأمطار (AI-Amoudi, et al, 1997).
- رمال يوليان (Qe): حقول من الكُثبان الرملية، وفي دراسة (Shehata, et al, 1997) ذَكر أن هذه الكثبان لا تُشكِّل خَطَرًا حقيقيًّا في زحف الرمال أو انجرافها.
- البازلت (QTb): وهو أحد أنواع الصخور النارية وتسمى بالحرات، يُعدّ من الصخور الصُّلبة، ويُعدّ أثبت عند تثبيت قضبان المسار (Coleman , et al, 1983).
- الدِّرع العربي (PwC): يتكوَّن من صخور قاعدية نارية ومتحوِّلة، ومن خصائص الصخور النارية أنها قويةٌ، وتُعدُّ منطقة الدِّرع العربي مُلائِمةً لمرور المسار.
- مارل الحجر الجيري (Tsm): ذكر في دراسة (Djenaliev, 2007) أن المارل يُعدّ مُلائمًا لمرور المسار.
- أم سهم، تشكيل الحجر الرملي (OCur): يتكون بشكلٍ أساسي من كوارتز آرنيت مع حجر طيني (Faulkender et al, 1956) وكما تم ذكره سابقًا في دراسة (Djenaliev, 2007) أن الكوارتز آرنيت غير ملائمة لمرور مسار.
- (Qu): طبقات من الحصى السميكة مغطى بالبازلت (Powers et al, 1966)، ولأن الصخور ليست متكوِّنة بشكلٍ أساس من البازلت؛ وإنما طبقة منها فقط، فسيتم اعتبارُه ذا ملاءمة مُنخفضة.
- (Qg2): حصى من الحجر الجيري (Powers, et al, 1966)، ويُعدّ كما ذُكر في دراسة (Djenaliev, 2007) ذا ملاءمة جيدةٍ جدًّا إلى متوسطة لمرور المسار.

٢. التضاريس:

- الانحدار والارتفاعات: بالنسبة للانحدار، فقد تمَّ الرجوع لدراسة (Al-Hameedawi, et al, 2018) ودراسة (Djenaliev, 2007) لتحديد نسبة

المسار المسموح بها، وتم اعتبار أن (١٠٪) مقبولة، وسيتم استبعاد ما هو أكبر من (١٠ ٪)، ولارتباط الانحدار بالارتفاعات فعند تحديد النسبة المقبولة من الانحدار سيتم تجنُّب الارتفاعات.

- الأودية: يجب الابتعاد عن الأودية بمسافة (١٠٠٠) م التي تم تحديدُها بالرجوع إلى دراسة (Djenaliev, 2007) ودراسة (Kumar, et al ,2017)، أما بالنسبة لتقاطع المسار مع الوادي؛ فالدراسة لم تتطرق لهذا الاتجاه؛ لما يترتب عليه من حلول هندسية.

ثالثًا: شبكة النقل:

تقوم المؤسسة العامة للخطوط الحديديَّة بأخذ الإجراءات اللازمة، وذلك من خلال إنشاء جسورٍ خرسانية لتكون مَعْبَرًا آمنًا للسيارات والماشية.

أما بالنسبة للمسافة المثلى للبُعد عن الطرق فقد ذكرت دراسة (Hasanabadi, et al, 2018) أن المسافة المثلى للبعد عن الطرق (١٠٠٠) م وهذا الشرط ينطبق على الطرق الرئيسة والفرعية.

رابعًا: الطريق البري:

من المهم قرب الطريق البري من المسار المُقترح، وذلك بسبب احتمالية مرور المسار بمناطقَ خاليةٍ من السكان ومناطقَ معزولةٍ صحراوية، ومن ثم فإن عملية الأمن والسلامة تكون صعبة في حال أن المسار المُقترح يبعُد عن الطريق البري؛ فقد تم الرجوع إلى مسار قطار الشمال حيث بلغت أقصى مسافة لبعدها عن المسار البري: (٥٠٠٠٠) م.

٧,٤ المرحلة الرابعة: البرامج المستخدمة في الدراسة:

برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc-GIS).

- (Arc Catalog).
- (Arc map).
- (Arc Toolbox).

٧,٥ المرحلة الخامسة: تحديد أدوات الدراسة:

٧,٥,١ التحليل المكاني:

تم الاعتماد على نموذج البيانات الخطية (Vector Data) لإجراء التحليلات، والعمل على تحويل البيانات الخلوية (Raster Data)، وقد تم استخدام أدوات أخرى للوصول إلى بيانات الدراسة.

أدوات التحليل المكاني:

- مُؤشّر الغطاء النباتي Normalized difference vegetation index – (NDV).
- مؤشّر نمو المناطق الحضرية Normalized Difference Built-up Index – (NDBI).
- الانحدار (slope).

- المسافة الإقليدية (Euclidean distance).
- تكلفة المسافة (Cost distance).
- إعادة التصنيف (Reclassify).

استخلاص المجاري المائية:

تم استخدامُ أدوات الهيدرولوجي الموجودة في صندوق أدوات (Arc Toolbox)، لاستخراج طبقة للأودية عن طريق نموذج الارتفاعات الرقمية، والأدوات التي تم استخدامُها:

Fill: حذف البيانات غير الحقيقية، لإزالة العيوب الصغيرة في البيانات.

Flow Direction: لتحديد اتجاه التدفُّق أو الجريان من خلية إلى الخلية المجاورة.

Flow Accumulation: حساب عدد الخلايا المنبثقة التي تتدفق إلى كل خلية.

Stream to Feature: لتحويل شبكة التدفق الخلوية إلى شبكة تدفُّق خطيَّة.

Stream Order: إعطاء ترتيبٍ رقميٍّ يُمثِّل فروع الشبكة الخطيَّة.

٧,٥,٢ تحليل الملاءمة المكانية:

يعمل تحليل الملاءمة المكانية على اختيار الموقع أو المسار، أو غيرها من الأهداف المرتبطة مكانيًّا وفق معايير وشروط يتم تحديدُها، حيث تتنوع أساليب الملاءمة المكانية من خرائط التراكب بمساعدة الحاسب الآلي، وتحليل القرار مُتعدد المعايير. (العصيمي و القرادي، ٢٠١٨)، وستعتمد الدراسة على الأسلوب التالي من أساليب تحليل الملاءمة المكانية:

٧,٥,٣ تحليل متعدد المعايير (MCDM):

يعمل التحليل على إيجاد البدائل والتقييم الشامل لها، عن طريق دمج المعلومات والبيانات، وينقسم التحليل متعدد المعايير إلى تقييم قرار

جدول رقم (١). مقياس الأهمية النسبية لعملية التحليل الهرمي (AHP).

الشرح	التعريف	كثافة الأهمية
نشاطان اثنان يساهمان بصورة متساوية في الهدف	أهمية متساوية	١
الحكم يُفضِّل قليلًا أحد النشاطين على الآخر	أهمية ضعيفة لأحدهما عن الآخر	٣
الحكم يفضل بصورة قوية أحد النشاطين على الآخر	ضروري وأهمية قوية	٥
الحكم يفضل بصورة قوية وتظهر هيمنته عمليًّا	أهمية ظاهرة	٧
الدليل الذي يفضل أحد النشاطات على الآخر وهو أعلى درجة ممكنة للتأكيد	أهمية مؤكدة	٩
عند الحاجة لحلٍّ وسط	القيم متوسطة بين حكميْن متجاورين	٢،٤،٦،٨
إذا كان المعدل المهم للعامل (أ) إلى (ب) هو Rxy، فإن المعدل لعامل (ب) إلى(أ) هو $Rxy=\frac{1}{Rxy}$		

المصدر: (SAATY, 1980)

مُتعـدد المعايـير (MADA) (Vinodh et al, 2008)، وهـو يعمـل عـلى هـدفٍ واحـدٍ معـين، بحيـث يجـب في البدايـة تحديـد الهـدف أو تحديـد المشـكلة، ومـن ثـمَّ تحديـد المعايـير (العوامل/ القيـود)، وتحديـد وزنٍ لـكل عامـل (Estoque, 2011)، وتقييـم قـرار متعـدد الأهـداف (MODA) يقـوم عـلى أسـاس تحديـد البدائـل في النمـوذج مـن حيـث متغـيِّرات القـرار، وفي الغالـب يتـم التعامـل معـه عـن طريـق تحويلهـا إلى مشـاكل فرديـة موضوعيـة (Malczewski, 2004) .

بنـاء عـلى المعايـير المحـددة للدراسـة تـم إدخـالُ كلِّ معيـار كطبقـة في قاعـدة البيانـات الجغرافيـة، وإجـراء تقييـم قـرار مُتعـدد المعايـير (MADA). سـيحتاج كلُّ معيـار إلى تحديـد الأهميـة النسـبية ووضـع الأوزان لـكل معيـار قبـل إجـراء عمليـة تقييـم قـرار مُتعـدد المعايـير، وذلـك عـن طريـق عمليـة التحليـل الهرمـي (AHP).

٧,٥,٤ عملية التحليل الهرمي (AHP):

نظريـة عامـة للقيـاس، تُسـتخدم لاشـتقاق مقاييـس النسـب لجميـع المقارنـات المنفصلـة والمسـتمرة، بحيـث يعكـس الأفضليـةَ النسـبيَّة عـلى المعايـير لتحديـد الأوزان لـكلِّ معيـار (Whitaker, 1987)، والتـي تتكـون مـن: الهـدف، والمعيـار، والبدائـل؛ لتقديـم نظـرة شـاملة للعلاقـات المُعقَّـدة وتوضيـح التأثـير، عـن طريـق إجـراء تصنيفـات وتحديـد مسـتويات التصنيـف لـكل معيـار، ومـن ثـمَّ إجـراءُ تقييـم لجميـع المعايـير لإنتـاج مجموعـة مـن الأولويَّـات (الأوزان) (Bahurmoz, 2006).

تَسـتخدم عمليـة التسلسـل الهرمـي مقياسًـا أساسـيًّا بقِيَـم تبـدأ مـن [١ إلى ٩] لتقييـم التفضيـلات النسـبية لمعياريـن (الجـدول ١)، بحيـث يكـون للباحـث القـدرةُ عـلى المقارنـة والترتيـب في وقـت واحـد (Djenaliev, 2007).

٧,٥,٥ قرينـة الاتسـاق (consistency index (CI):

تقـوم عمليـة الاتسـاق بإظهـار بعـض التناقضـات التـي قـد تحـدث بـين المقارنـة الثنائيـة للمعايـير، فهـي تعمـل عـلى التحقُّـق مـن اتسـاق التقييـمات التـي أُعطيَـت لـكل معيـار. وتحسـب نسـبة الاتسـاق عـن طريـق تحديـد مجمـوع المُعامـلات الموزونـة، ومـن ثـم يتـم حسـاب قيمـة (λ)؛ وهـي متوسـط قيمـة معامـلات الاتسـاق (Djenaliev, 2007).

يعتمـد حسـاب قرينـة الاتسـاق عـلى ملاحظـة: أنهـا دائـمًا (أكـبر مـن أو تسـاوي) عـددَ معايـير الدراسـة (N) للمصفوفـات الإيجابيـة والمتبادلـة، و λ=N إذا كانـت مصفوفـة المقارنـة عبـارة عـن مصفوفـة مُتَّسِـقة، ووفقًـا لذلـك يمكـن اعتبـارُ (λ – n) مقياسًـا لدرجـة التناقـض.

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$$

يقـوم CI بإعطـاء مقيـاسٍ للابتعـاد عـن الاتسـاق وحسـاب نسـبة الاتسـاق (CR)، وتحسـب بالمعادلـة التاليـة:

$$CR = CI \ / RI$$

جدول رقم (٢). قيمة قرينة الاتساق العشوائية (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

المصدر: (عوض،٢٠١٩)

حيث إن RI هي القرينة العشوائية، وهو يعتمد على عدد العناصر أو المعايير التي يتم مقارنتها. ويجب أن تكون قيمةُ قرينة الاتساق تساوي صفرًا؛ لكي تكون خالية من التناقض أو عدم الاتساق، ولكن يمكن التسامح إذا كانت قيمة CI/RI<0.10 ، فبالتالي يمكن تَوَقُّعُ نتائجَ موثوقةٍ عن طريق التحليل الهرمي (AHP). (عوض،٢٠١٩). يوضح الجدول (٢) القرينة العشوائية (RI) ورقم المعايير (N):

٦ ,٧ المرحلة السادسة: إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية:

تأتي هذه المرحلة بعد الانتهاء من عملية جمع البيانات، بحيث سيتم بهذه الخطوة إنشاءُ قاعدة بيانات جغرافية من نوع ملف قاعدة البيانات الجغرافية (File Geodatabase) وإدخال جميع البيانات المكانية، ومن المهم التركيز على توحيد المرجع الجغرافي لجميع البيانات.

المعالجة الأولية: توحيد نظام الإسقاط:

تستخدم المملكة العربية السعودية نوعين من أنظمة الإسقاط وهما (Lambert & UTM) (بشير، ٢٠١١). ولقد اعتمد في هذه الدراسة نظام إسقاط لامبرت المخروطي (Lambert Conformal Conic Projection)؛ وذلك بسبب أن منطقة الدراسة تقع – بشكلٍ كامل – داخل الإسقاط، كما يحافظ على مساحة المضلعات والاتجاهات الحقيقية من المركز.

معالجة الطبقات وفقًا للمعايير والاشتراطات:

بعد الانتهاء من عملية جمع البيانات ومعالجتها تأتي هذه المرحلة لتطبيق الاشتراطات لكل معيار من معايير الدراسة المُحدَّدة من خلال تصنيف المعايير والاشتراطات؛ بإعطاء قيمة (1) للمناطق الملائمة و(0) للمناطق غير الملائمة، وتكون قيمة (0) في نموذج الملاءمة المكانية الذي سيتم بناؤه (NoData)، وسيتم استخدام عدة أدوات، ومن أهمها: تطبيق أداة المسافة الإقليدية (Euclidean distance)، ومن ثم أداة إعادة التصنيف (Reclassify) على المعايير، وإجراء عملية التطابُق؛ وذلك لتجهيزها لنموذج الملاءمة المكانية.

٧ ,٧ المرحلة السابعة: بناء نموذج الملاءمة المكانيَّة:

تُعد هذه المرحلة الأخيرة قبل الوصول إلى

خريطة الملاءمة، ففيها سيتم بناءُ نموذج الملاءمة المكانية لإيجاد المسار الأمثل. ويحتوي نموذج الملاءمة على طبقات من البيانات المكانية التي تمت معالجتُها سابقًا، وأوامر لعمليات التشغيل؛ للوصول إلى المسار الملائم.

٨. النتائج والمناقشة

سيتم مناقشة التحليلات المكانية المُستخدمة لإيجاد أفضل مسار يصِل بين منطقة الرياض ومدينة جدة، كما سيتم إعطاءُ المعايير مؤشراتٍ دقيقةً لبناء النماذج.

٨,١ معالجة طبقات المعايير

سيتم إجراءُ عملية إعادة التصنيف على مقياس مُوحَّد (1-0) التي تُفسِّر أن قيمة (0) غير ملائمة، ويمكن اعتبارها (NoData) و(1) ملائمة، بناءً على الاشتراطات، فإذا كانت المسافة مُلائمة للاشتراط؛ تأخذ قيمة (1)، والأقل من الاشتراط؛ تأخذ قيمة (0)، وهكذا بتكرارها على جميع العوامل الأخرى.

ومن ثم يتم في هذا الجدول تحديد القيود للعوامل، من خلال استثناء المناطق التي سيتم استبعادها من تحليل متعدد المعايير وعملية التراكب الموزون، وسيُلخِّص الجدول التالي ما تم ذكرُه سابقًا لتحديد المسار في الجدول (٣)، وتظهر نتائج إعادة التصنيف في الجدول (٤):

٨,٢ عملية التحليل الهرمي (Analytical Hierarchy Process (AHP)):

تم تحديد درجات لكل معيار بناءً على الرجوع لدراسة (Kiema & Karanja, 2007) ودراسة (Djenaliev, 2007). للتأكُّد من أهمية كل معيار ومقارنته مع المعيار الآخر، تم إنشاء جدول للمعايير بالاستعانة بنموذج إكسل مصمم للتحليل الهرمي من قِبَل (AlShimmary, 2020). وتم أخذُ فكرةٍ شاملة عن أهمية كلِّ معيار بالنسبة للمعيار الآخر، وتحديد الدرجات لكل معيار للوصول لأوزان المعايير لهذه الدراسة، ويُظهر الجدول التالي عملية التحليل الهرمي (AHP):

- التحليل الهرمي (AHP) لمسار السكة الحديديَّة، الجدول (٥):

عند إجراء عملية التحليل الهرمي (AHP) لمعايير تحديد المسار الأمثل يتضح أن: معيار استعمالات الأراضي من أهم المعايير؛ فقيمة وزن المعيار بلغت: (٠,٣٤٧)، أي (٣٤,٧٪)، ويرجع زيادة أهمية وزن هذا المعيار لعدة أسباب، من أهمها: زيادة تكلفة الأراضي، خاصة أنها لا ترجع للحكومة؛ فعليها تثمينُ هذه الأراضي وشراؤها، وكذلك هنالك الأراضي الزراعية، ولها أهميةٌ كبيرة لما لها من دورٍ أساسي في الغذاء، وكذلك أهميتها الاقتصادية والبيئية، ويجب المحافظة على هذه الأراضي والعمل على زيادتها.

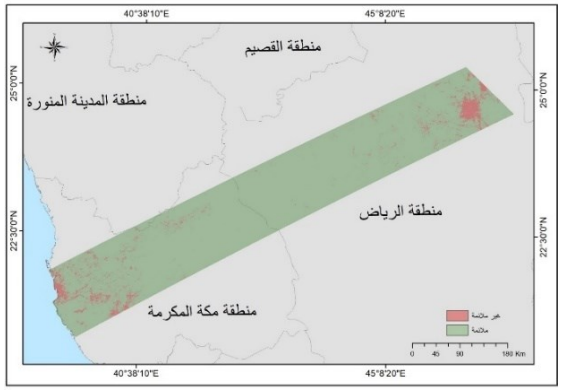
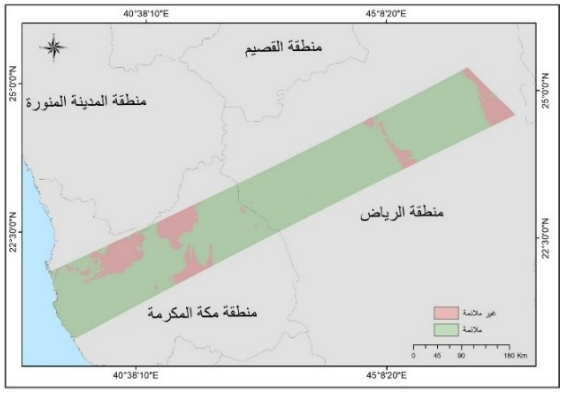
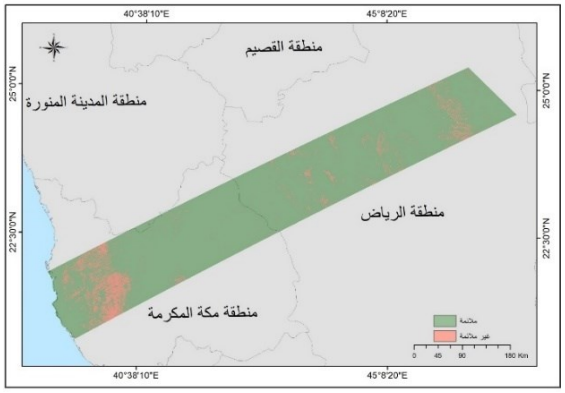
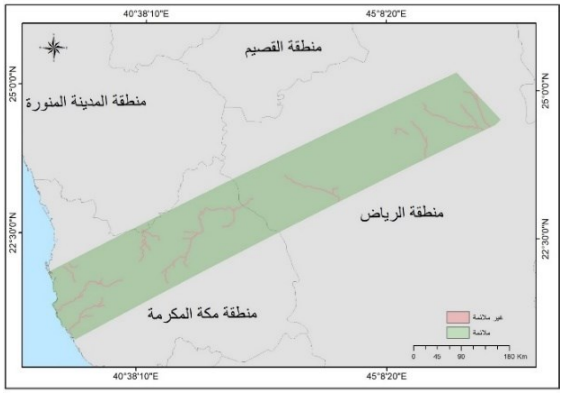
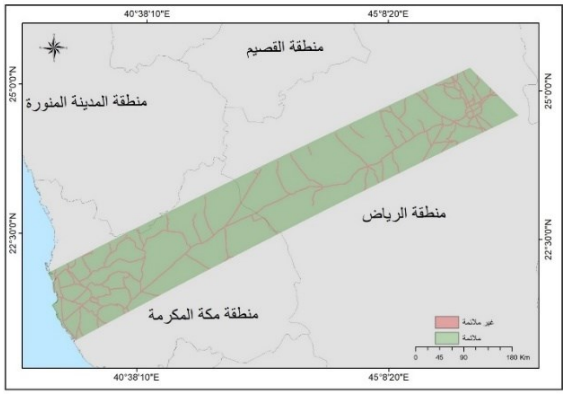
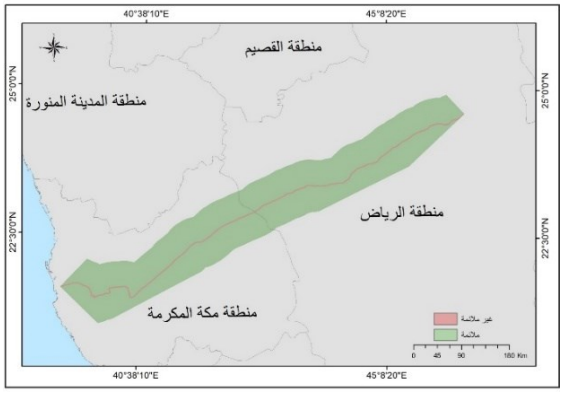
يليه معيار الانحدار بنسبة (٢٤,٧٪)، ويأتي هذا المعيار بوصفه ثانيَ معيار بالنسبة للأهمية، حيث يجب الحفاظُ على النسبة التي تم تحديدُها من قِبَل الخبراء للحفاظ على أمن وسلامة المسار والمسافرين، وقد أخذ معيار الأودية نسبة (١٦,٥٪)، أما بالنسبة لمعيار شبكة النقل والمسار البري؛ فكان لهم الأهمية نفسها بنسبة (٩,٥٪) لكل معيار، ويُعدّ المعيار الجيولوجي هو الأقل أهمية بنسبة (١,٥٪).

يُظهِر الجدول (٦) عددَ المعايير المُدخلة في عملية التحليل الهرمي (AHP)، وكذلك قيمة قرينة الاتساق (٠,٠٦٤)، أما بالنسبة لقيمة القرينة العشوائية فهي (١,٢٤٠)، ومن خلال هاتين القيمتين يمكن حساب نسبة الاتساق؛ حيث إنها تساوي (٥,١٧٠٪) وتُعدُّ هذه النسبة مقبولة.

جدول رقم (٣). اشتراطات وتصنيف معايير مسار السكة الحديدية (الرياض – جدة)

المعايير		المسافة (متر)	التكوينات الجيولوجية	التصنيف	المصدر
استعمالات الأراضي	عمرانية	0 - 100		0	(Kussner, 2011), (Kumar, et al,2017)
	زراعية	>100		1	
الجيولوجي			تكوين ضرماء (Jd)	1	تمت كتابة المصدر لكلِّ نوع في فقرة تحديد الاشتراطات
			تكوين واجد (Pw)	0	
			تكوين بياض (Kb)	0	
			السبخات ورواسب الطمي (Qsb)	0	
			رمال aeolian (Qe)	1	
			البازت (QTb)	0	
			الدرع العربي (PwC)	1	
			مارل الحجر الجيري (Tsm)	1	
			أم سهم (Occur)	0	
			Qu	1	
			Qg2	1	
شبكة النقل		0 - 1000		0	(Hasanabadi, et al,2018)
		>1000		1	
الأودية		0 - 1000		0	(Djenaliev, 2007) (Kumar, et al ,2017).
		>1000		1	
الانحدار		0% - 10%		1	(Al-Hameedawi, et al, 2018)، (Djenaliev, 2007)
		>20%		0	
المسار البري		0 - 1000		0	مسار قطار الشمال والمسار البري (Google Earth)
		>25000		1	

جدول رقم (٤). خرائط إعادة التصنيف لمعايير مسار السكة الحديدية (الرياض – جدة)

إعادة التصنيف (Reclassify) لمعايير الدراسة	
استعمالات الأراضي	جيولوجيا
	
الانحدار	الأودية
	
شبكة النقل	المسار البري
	

جدول رقم (٥). عملية التحليل الهرمي (AHP) لمعايير مسار السكة الحديدية

المعايير	استعمالات الأراضي	الانحدار	شبكة النقل	المسار البري	الأودية	جيولوجي	المتجه الذاتي	الوزن
استعمالات الأراضي	1.000	2.000	3.000	3.000	3.000	5.000	2.542	0.347
الانحدار	0.500	1.000	3.000	3.000	2.000	5.000	1.817	0.248
شبكة النقل	0.333	0.333	1.000	1.000	0.330	3.000	0.692	0.095
المسار البري	0.333	0.333	1.000	1.000	0.330	3.000	0.692	0.095
الأودية	0.333	0.500	3.030	3.030	1.000	2.000	1.205	0.165
جيولوجي	0.200	0.200	0.333	0.333	0.500	1.000	0.375	0.051

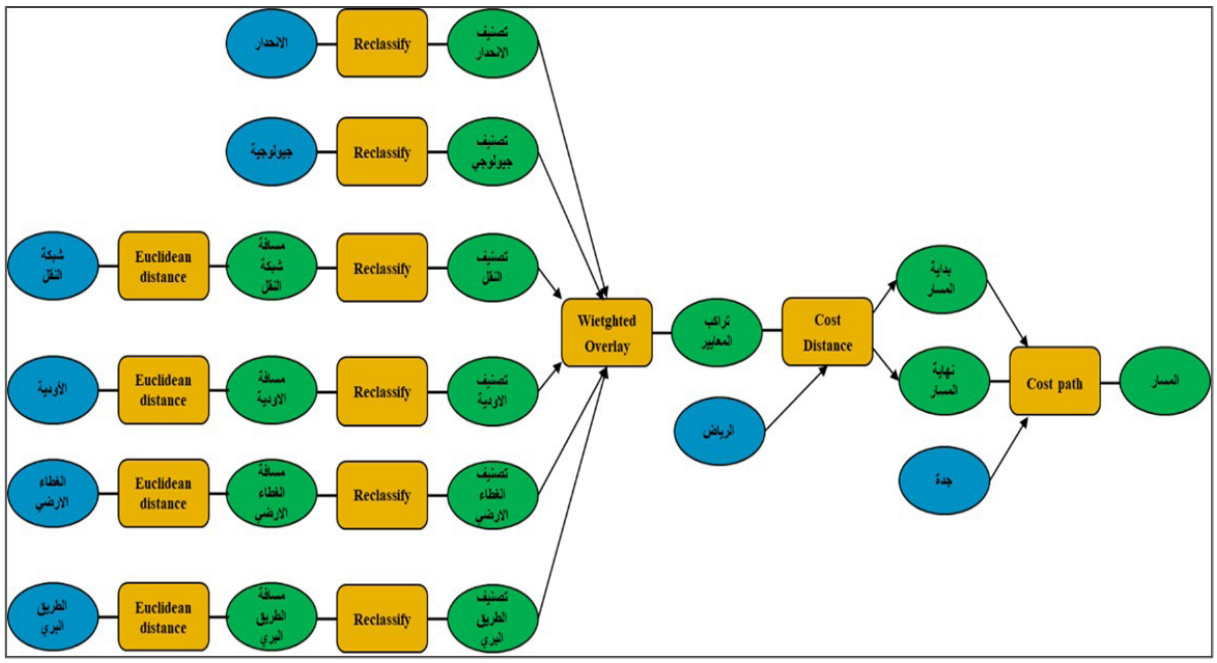
جدول رقم (٦). قرينة الاتساق لمعايير مسار السكة الحديدية

Number of Criteria =	**6**
C. I. =	0.064
R. I. =	1.240
C. R. % =	5.170

٨,٣ نموذج الملاءمة لتحديد مسار السكة الحديديَّة:

بعد الانتهاء من تحديد المعايير والأوزان؛ سيتم بناء نموذج الملاءمة المكانية لتحديد المسار الأمثل، الذي سيصل بين مدينة الرياض ومدينة جدة.

في البداية، سيتم إدخال جميع البيانات للمعايير المُتَّبعة في هذه الدراسة لتحديد المسار، ومن ثم سيتم إدخال أداة المسافة الإقليدية (Euclidean distance) لتطبيق اشتراطات المسافة لكل معيار، تَلِيها أداة إعادة التصنيف (Reclassify) لتحديد المناطق الملائمة وغير الملائمة. ولدمج هذه المعايير للوصول إلى نتيجة المسار؛ يتم استخدام أداة التراكب الموزون (Wietghted Overlay)، وإعطاء كلِّ معيار وزنَ الأهمية الناتج من عملية التحليل الهرمي (AHP). ولتحديد نقطة البداية (مدينة الرياض) والنهاية (مدينة جدة) للمسار؛ تم استخدام أداتي (Cost Distance & Cost path)، ويظهر الشكل (٢) نموذج الملاءمة المكانية الذي تم بناؤه. وللوصول إلى النتيجة النهائية للمسار تم التعديل على المعيار الجيولوجي؛ بإعطاء قيمة (1) أي ملائمة لطبقة البازلت (QTb)؛ وهي مناطق الحرات، حيث يُعدّ البازلت ذا ملاءمة متوسطة إلى منخفضة وذلك لشدة صلابته، واضطر الباحث إلى تعديل هذا المعيار بسبب تضارُب المعايير الأخرى، وعدم الوصول إلى نتيجة وفقًا للمعايير السابقة.



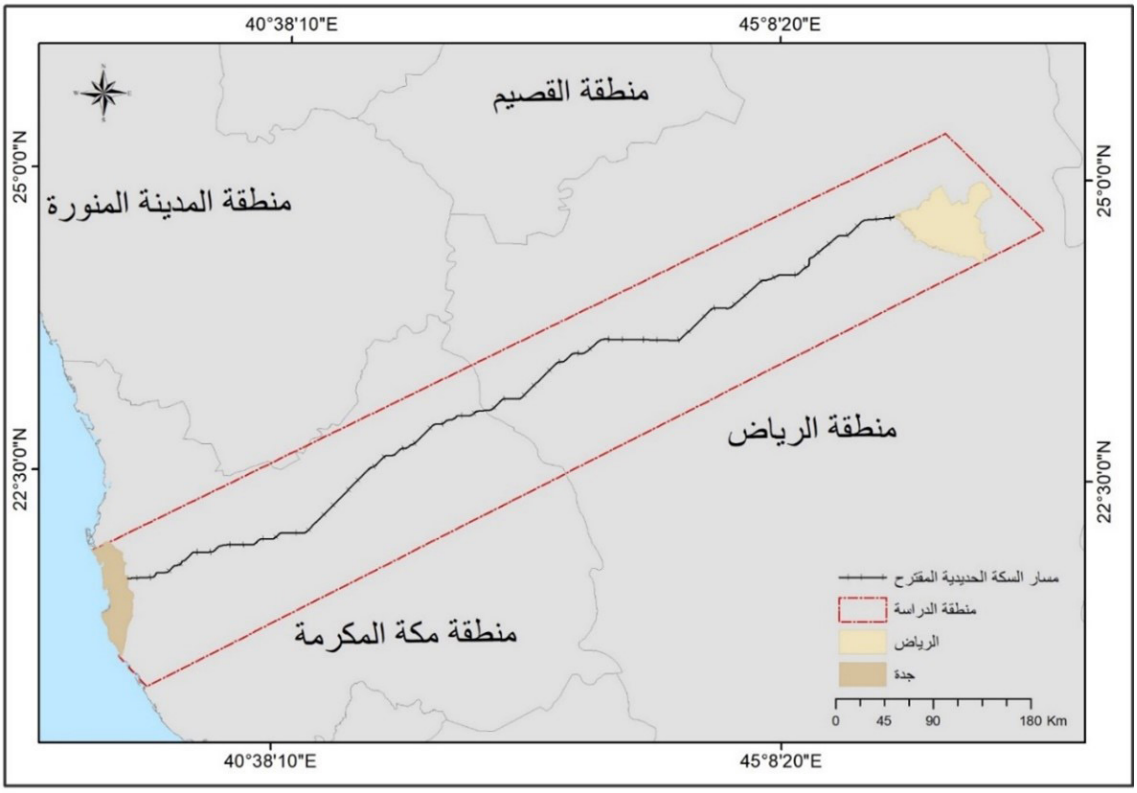
الشكل رقم (٢). نموذج الملاءمة المكانية لمسار السكة الحديدية

٤, ٨ النتيجة النهائية لنموذج الملاءمة المكانية (مسار السكة الحديديَّة):

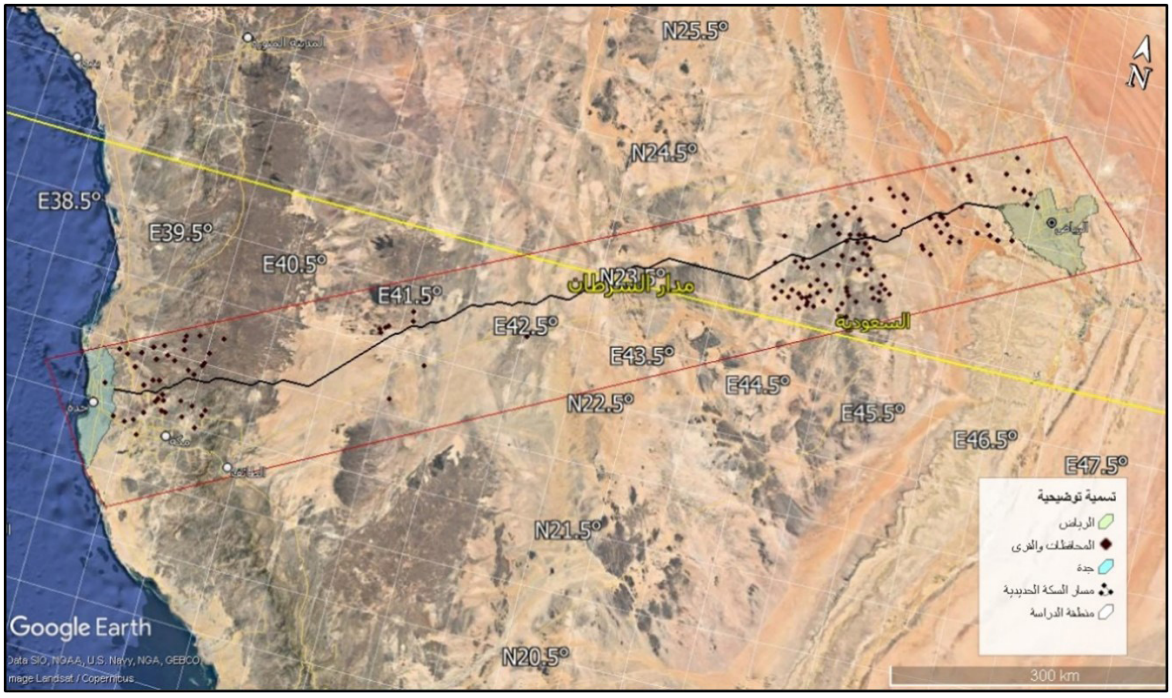
من خلال نموذج الملاءمة المكانية لمسار السكة الحديديَّة الذي تم بناؤه؛ تم الوصول لأفضل مسار للسكة الحديديَّة -الشكل (٣)، حيث تُظهر النتيجة أن المسار سيقطع (١٣) طريقًا فرعيًّا وطريقًا رئيسًا واحدًا؛ وهو ما يعني إنشاء (١٤) جسرًا خرسانيًّا لتكون معبرًا آمنًا للسيارات والماشية، أما بالنسبة للأودية فسيتقاطع مسار السكة الحديديَّة مع سبعة أودية، وتختلف حلول تقاطع الأودية مع المسار؛ فإما أن تكون بإنشاء عبَّارات أو جسور، ولتحديد ذلك لا بد من دراساتٍ هندسية مرفومترية خاصة بتقاطعها مع المسار - وبشكل تفصيلي - وقد تم تمثيل المسار على خرائط (Google Earth) كما هو ظاهر في الشكل (٤).

٩. الخاتمة

تمثَّلت الدراسة في تحقيق الهدف الرئيس في تحديد المسار الأمثل الذي يصل بين مدينة الرياض ومدينة جدة، وتحديد معايير اختيار المسار الأمثل، فقد تمَّ جمعُ البيانات اللازمة للمعايير، ومن ثمَّ تحديد أهمية كل معيار باستخدام التحليلات اللازمة لبناء نماذج الملاءمة المكانيّة، حيث كان هناك نموذج للملاءمة المكانية: للوصول إلى مسار السكة الحديديَّة والذي بلغ طوله (٤٢, ٨٣٢كم).



الشكل رقم (٣). مسار السكة الحديدية المقترح



الشكل رقم (٤). المسار المقترح باستخدام (Google Earth)

١٠. الاستنتاجات

١. استكشاف إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية في تخطيط السكك الحديديَّة.

٢. تطبيق قرار متعدد المعايير (MCDA) القائم على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية – وهو من التحليلات الأساسية لهذا البحث – فهي تسمح للمخطط بتحديد طرقٍ بديلة.

٣. استند اختيار المسار الأمثل على المعايير البيئيّة؛ حيث أعطيت الأهمية النسبية لكل معيار من معايير اختيار المسار الأمثل باستخدام التحليل الهرمي (AHP).

٤. نجاح تطبيق عملية التحليل الهرمي (AHP) في هذه الدراسة للتعرُّف إلى الأهمية النسبية للمعايير المختلفة.

٥. تم التعديل على المعيار الجيولوجي لاختيار المسار الأمثل؛ حيث إن هناك تضاربًا في المعايير لمحاولة تقليل تكلفة إنشاء المسار، ولكن هناك إيجابيات في اعتبار مناطق الحرات ملائمة؛ فهي تُعدُّ أرضًا صُلبة، ويمكن تشييد السكة الحديدية عليها بشكل ثابت.

٦. يبدأ المسار خلف جبال طويق في الجزء الشمالي، وهو ما يعني أهمية إنشاء مسارٍ بريٍّ للوصول إلى محطة الانطلاق، كما طبق على طريق نزلة القدية، ومن الممكن وجودُ حلٍّ آخرَ بنقل بداية المسار إلى ما بعد طريق نزلة القدية.

٧. أما بالنسبة لشبكة النقل في منطقة الدراسة؛ فلقد اشترط قربها من الطريق البري الرئيس الذي يصل بين مدينة الرياض ومدينة جدة، فكان تحديد مسافة (٥٠٠٠٠) م يُعدّ ملائمًا؛ وذلك لكون المنطقة تقع فيها مناطق خالية من السكان ومناطق صحراوية، فقربُها من المسار البري يُساعد على الوصول السريع لمسار السكة الحديديَّة، وبالنسبة للطرق الفرعية فسيتقاطع المسار مع (١٤) طريقًا فرعيًّا، وهو ما يعني الحاجة إلى وجود جسور أو معابر تسمح للماشية والسيارات بالمرور بشكلٍ آمن.

٨. يتقاطع مسار السكة الحديديَّة مع سبعة أودية، منها: وادي حنيفة، حيث يتقاطع مع الجزء الشمالي من الوادي، وكذلك الأجزاء الشمالية من وادي قطان.

١١. التوصيات

١. تقوم المملكة العربية السعودية بتقديم تطوير في استراتيجيات النقل والخدمات اللوجستية؛ فلذلك يجب العملُ على دراسة إكمال حلقة الوصل بين شرق المملكة وغربها وبين شمالها وجنوبها، ومن ثم الانتقال إلى خطة مستقبلية لتحقيق الربط بين دول الخليج.

٢. دراسة المعايير بشكلٍ تفصيليٍّ دراسة اقتصادية تُبين التكلفة لكل معيار لإنشاء المسار، ومحاولة الجمع بين المعايير البيئية التي قدمتها هذه الدراسة مع المعايير الاقتصادية والاجتماعية.

٣. القيام بدراسات مستقبلية مكمِّلة لهذه الدراسة، تُركِّز على الجانب الهيدرولوجي والمورفومتري لتحديد مناطق وجود العبارات؛ لما تحمل من أهمية عند إنشاء المسار.

٤. تُوصي الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستفادة من التقنيات التي توفِّرها؛ من تحليلات مكانية وتقنيات الاستشعار عن بعد، في دراسة تحليل الملاءمة المكانية واختيار المواقع؛ لما تقوم به من إدارة لهذه البيئات المكانية وهذا ما يدعَم صُناع القرار باتخاذ القرارات السليمة، والابتعاد - قدر الإمكان - عن وجود أخطاء في المشاريعِ المُستقبليَّة.

١٢. المراجع

المراجع العربية

بشير، بشار كمال. علم الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية. الرياض: جامعة الملك سعود. (٢٠١١).

الحميداوي، صالح، محمد، وحسن. اختيار المسار الأمثل للسكك الحديدية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية. (٢٠١٨).

ربه، رائد محمد عبد. إنجازات الملك عبد الله بن عبد العزيز آل سعود في فترة حكمه ٢٠٠٥-٢٠١٥. (٢٠١٥).

الزوكة، محمد خميس. جغرافية النقل. دار المعرفة الجامعية. (٢٠٠٠).

شطارة، اسعد سليم. الخطوط الحديدية السعودية - تاريخ التجربة ورؤيا المستقبل. (١٤١٠).

الشمري، احمد صالح. نظم المعلومات الجغرافية من البداية. عمان: دار المناهج للنشر والتوزيع. (٢٠٠٧).

العصيمي، والقرادي. مراجعة أدبية لتحليل الملاءمة المكانية في نظم المعلومات الجغرافية، الأسس والمفاهيم، والنشأة، والأساليب المستخدمة المواقع الملاءمة لمحطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية: دراسة حالة. (٢٠١٨).

عوض، جعفر، وخليل. استخدام طريقة التحليل الهرمي AHP في تحديد المواقع الملائمة لتوزيع مياه الجفت OMWW. مجلة جامعة تشرين. (٢٠١٩).

منصـــور، عبـــد الحميـــد. إدارة الســـكك الحديديـــة الســـعودية. (٢٠٠٩).

الوليعـــي، عبـــد الله بـــن نـــاصر. جيولوجيـــة وجيومرفولوجيـــة المملكـــة العربيـــة الســـعودية (اشـــكال ســـطح الأرض). (١٤٢٩).

وكالـــة الأنبـــاء الســـعودية. (واس). مـــشروع قطـــار الحرمـــين يدخـــل منظومـــة النقـــل العـــام بســـواعلوطنيـــةوإمكانيـــاتعاليـــة.(٢٠١٨).

Arabic References

Bashir, Bashar Kamal. Cartography and Geographical Information Systems. Riyadh: King Saud University. (2011).

Al-Hamidawi, Saleh, Muhammad, and Hassan. Choosing the optimum railway track using GIS techniques. (2018).

Lord, Raed Muhammad Abd. Achievements of King Abdullah bin Abdulaziz Al Saud during his reign 2005-2015. (2015).

Al-Zawka, Muhammad Khamis. Transportation geography. University Knowledge House. (2000).

Shatara, Asaad Selim. (1410). Saudi Railways - history of experience and vision of the future.

Al-Shammari, Ahmed Saleh. GIS from the start. Amman: Dar Al-Mahraj for Publishing and Distribution. (2007).

Al-Osaimi, and Al-Qardi. A literature review to analyze spatial fit in geographic information systems: foundations, concepts, origins, and methods used. Fit locations for nuclear power plants: a case study. (2018).

Awad, Jaafar, and Khalil. Use of the AHP hierarchical method in determining suitable sites for OMWW peat water distribution. Tishreen University Journal. (2019).

Mansour, Abdel Hamid. Saudi Railways Administration. (2009).

Al-Wali›i, Abdullah bin Nasser. Geology and geomorphology of the Kingdom of Saudi Arabia (forms of the Earth›s surface). (1429).

English References

AI-Amoudi, Aiban & AI-Abdul Wahhab. Variability and characteristics of eastern Saudi Sabkha soils. Dhahran, Saud i Arabia: International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). (1997).

Bahurmoz, A. The Analytic Hierarchy Process: A Methodology for Win-Win Management. (2006).

Coleman, Gregory& Brown. (1983). Cenozoic volcanic rocks of Saudi Arabia. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR.

Estoque, R. C. GIS-based Multi-Criteria Decision Analysis. (2011).

Faulkender & Dewayne. Source of sand for An Nafud sand sea, Kingdom of Saudi Arabia. Kansas State University Libraries. (1956).

Hussain, Babalola& Hariri. Heavy minerals in the Wajid Sandstone from Abha-Khamis Mushayt area, southwestern Saudi Arabia: Implications on provenance and regional tectonic setting. Geo Arabia. (2004).

Hasanabadi, Almodaresi& Boloor. Optimal Railway Routing using Spatial-Temporal Analysis in Gis (A Case Study of Bafgh - Yazd, Iran). International Journal of Constructive Research in Civil Engineering. (2018).

Ismanto, A. W. Microfacies analysis of the bajocian bathonian dhruma carbonates, central saudi arabia. Dhahran, Saudi Arabia. (2018).

Kiema & Karanja. GIS-Based Railway Route Selection for the Proposed Kenya-Sudan Railway: Case study of Kitale-Kapenguria Section. (2007).

Kenya railways corporation and ather corporation. Proposed standard gauge railway project from Nairobi south railway station-naivasha industrial park-enoosupukia, narok . (2016).

Kumar, Panchal, Ashish, & Singh. Feasibility Study of Railway Line in Hilly Region using GIS. International Journal of Online Engineering (iJOE). (2017).

Malczewski, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. (2004).

Powers, Ramirez, Redmond& Elberg. Geology of the Arabian PeninsulaSedimentary Geology of Saudi Arabia. WASHINGTON: UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE. (1966).

Nedevska, Krakutovski& Zafirovski. Application of Different Methods of Multicriteria Analysis for Railway Route Selection. (2017).

Saaty. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill International. (1980).

Saat & Serrano. Multicriteria high-speed rail route selection: application to Malaysia's high-speed rail corridor prioritization. (2015).

Shehata, Sabtan, & Ghazal. A Study on Sand Dune Forms Southeast of Jeddah, Saudi Arabia. Jeddah, Saudi Arabia. (1997).

Song, T., Pu, H., Schonfeld, P., Zhang, H., Li, W., Peng, X., ... & Liu, W. GIS-based multi-criteria railway design with spatial environmental considerations. Applied Geography, 131, 102449. (2021).

Vinodh, Chandrasekara, Abeysinghe, Ranasinghe& Bandara. A Methodology to identify an Optimum Rail Network. (2008).

Whitaker, R. The Analytic Hierarchy Process – What It Is and How It Is Used. (1987).

المراجع الالكترونية:

الشركة السعودية للخطوط الحديدية. (٢٠١٨): https://www.sar.com.sa/About-SAR/SAR-History-aspx-lang-ar-sa.aspx

مؤسسة العامة للسكك الحديدية. الخطة الاستراتيجية للتوسعة (٢٠١٦): https://www.saudirailways.org/sites/sro/pages/ar-sa/railwaysexpansion/overview/railwaymasterplan.aspx

هيئة المساحة الجيلوجية السعودية. Geologic Map of the Rumā Quadrangle Sheet 25I, with. Explanatory Notes, Kingdom of Saudi Arabia (2017): https://shop.sgs.org.sa

وزارة النقل والخدمات اللوجستية. المنصة اللوجستية، (١٤٤٢): https://mot.gov.sa/ar/AboutUs/Pages/Logisticsplatform.aspx

صحيفة الشرق. السعودية. قانون جديد للاستثمار و٨ آلاف كيلومتر من خطوط السكك الحديدية. **(٢٠٢٢):** https://asharq.com

Web References

AlShimmary. Hussain. MCDA 03: The Analytical Hierarchy Process – AHP Lecture No. (2020). Retrieved from youtube: https://www.youtube.com/watch?v=qIYK2mOqfu8.

Djenaliev, A. Multicriteria decision making and GIS for railroad planning in Kyrgyzstan (Dissertation). (2007). Retrieved from http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-199832.

ESRI. Understanding cost distance analysis. Retrieved from ArcGIS 10.0 Web Help. (2011):https://help.arcgis.com.

ESRI. An overview of the Hydrology toolset. (n.d.) Retrieved from https://pro.arcgis.com.

ESRI. How Slope works. Retrieved from ESRI. (2016): https://desktop.arcgis.com.

Kussner, B. Development issues: rail corridor setbacks and CN guidelines. Retrieved from LEXOLGY. (2011): https://www.lexology.com/.

doi:10.33948/JAP-KSU-34-3-2

Building a Multi-Criteria Decision Analysis Model Based on Geospatial Techniques to Determine the Proposed Route for the (Riyadh - Jeddah) Railway

Hadeel Abdulaziz Al-Salamah

Royal Commission for Riyadh City-KSA

hadeelaziiz@gmail.com

Mofareh D. Al-Qoradi

Department of Geography - King Saud University, Riyadh -KSA

mufarehq@ksu.edu.sa

Received 6/12/2021 ; accepted for publication 29/3/2022

Abstract. This paper addresses the construction of a spatial suitability model to determine the proposed track for a railway linking the city of Riyadh with the city of Jeddah in order to connect the east coast with the west coast of Saudi Arabia. This study relies on building a multi-criteria analysis decision model (MCDA) by modelling several spatial criteria, and therefore giving these criteria relative importance. The Analytic Hierarchy Process (AHP) that was used in the weighted overlay tool was performed. It is one of the tools used in building a suitability model. The study identified six criteria for determining the route. Among the most important of these criteria are: land use criteria, slope criteria, valleys criteria, topography and geology. The study resulted in the production of a map of the spatial suitability of a proposed railway linking the center of the Kingdom with its west, with a length of (832.42 km). The study recommends conducting more detailed studies of the economic aspects to estimate the financial cost of each criteria, reduce the value of this cost and endeavor to combine the environmental and social criteria presented by this study with the economic criteria.

Key words: Railway, spatial suitability model, multi-criteria decision Analysis, The Analytic Hierarchy Process.