ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

The Relationship between Temperatures and Transport Load on Tikrit–Kirkuk Road

Talip Khalaf Abid

* *Corresponding author: E-mail* : talib.k.abed@tu.edu.iq

Keywords:
Temperature
Transport Load
Tikrit–Kirkuk Road
Road Risk
Spatial Analysis

ARTICLE INFO

Article history:

Received	3 Mar 2026
Received in revised form	25 Apr 2026
Accepted	27 May 2026
Final Proofreading	25 Oct 2026
Available online	25 Oct 2026

E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ABSTRACT

This study examines the relationship between temperature conditions and transport-load suitability on the Tikrit–Kirkuk road, a strategic land corridor linking two active urban and economic centers in northern Iraq. The research treats transport load as an operational spatial-suitability indicator rather than as an isolated axle-weight record. The indicator is derived from quantitative and ordinal variables, including thermal class, areal percentage, road-risk class, subsidence density per 100 km, and solar-radiation level. The study applies a descriptive-analytical method supported by spatial analysis and measurable indicators such as weighted summer temperature, seasonal thermal contrast, and road-risk ranking. The findings indicate that road segments located within the highest thermal classes and medium-to-high risk zones are the most sensitive for heavy-freight operation. Consequently, the study recommends planning, engineering, and maintenance interventions to reduce thermal stress on freight movement and improve the reliability, safety, and continuity of transport service along the studied corridor.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.33.10.1.2026.10

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities

العلاقة بين درجات الحرارة وملاءمة حمولة النقل على طريق تكريت–كركوك

طالب خلف عبد / جامعة تكريت / كلية التربية للعلوم الإنسانية / قسم الجغرافية

الخلاصة:

يهدف هذا البحث إلى تحليل العلاقة بين درجات الحرارة وملاءمة حمولة النقل على طريق تكريت–كركوك، بوصفه محورًا بريًا مهمًا يربط بين مركزين حضريين واقتصاديين فاعلين في شمال العراق . وانطلقت الدراسة من فرضية مفادها أن التباين الحراري، ولا سيما خلال أشهر الصيف، لا ينعكس على كفاءة التشغيل المروري فقط، بل يمتد إلى قدرة الطريق على استيعاب الحمولات الثقيلة وانتظام حركتها

وسلامة انتقالها .ولتجنب التعامل العام مع مفهوم الحمولة، عرّف البحث حمولة النقل إجرائيًا بوصفها ملاءمة تشغيلية مكانية للحركة الثقيلة، تقاس من خلال مؤشرات كمية ورتبية تشمل الفئة الحرارية، ومساحة انتشارها، ودرجة المخاطر، وكثافة التخسفات لكل 100 كم، ومستوى الإشعاع الشمسي .واعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي والتحليل المكاني، مع توظيف مؤشرات قياس مستخرجة من الخرائط والجداول مثل المتوسط الحراري الوزني ومعامل التباين الموسمي ومؤشر المخاطر .وأظهرت النتائج أن المقاطع الواقعة ضمن الفئات الحرارية العليا والمناطق المتوسطة إلى العالية المخاطر تمثل النطاق الأكثر حساسية لتشغيل الحمولات الثقيلة، الأمر الذي يستدعي إجراءات تخطيطية وفنية وصيانية تقلل من أثر الحرارة على كفاءة النقل واستمرارية الخدمة.

الكلمات المفتاحية :درجات الحرارة، حمولة النقل، طريق تكريت–كركوك، المخاطر الطريقية، التحليل المكاني.

المقدمة

يُعد النقل البري من أكثر الأنشطة الاقتصادية والخدمية تأثرًا بالعناصر المناخية، لأن كفاءة تشغيله لا تُقاس فقط بمستوى جودة الطريق أو عدد المركبات العاملة عليه، بل تتحدد أيضًا بدرجة ملاءمة المناخ لحركة المركبات وتحملها للأحمال المختلفة .وقد بينت أدبيات هندسة الطرق والنقل أن ارتفاع الحرارة يؤثر في صلابة الرصف الإسفلتي، وكفاءة الإطارات، واستهلاك الوقود، وسلامة التشغيل، ولا سيما عند اقترانه بالحمل المحوري الثقيل وطول زمن الرحلة(AASHTO, 1993؛ Asphalt Institute, 2014؛ FHWA, 2016).

ويمثل طريق تكريت–كركوك محورًا بريًا مهمًا في شمال العراق، فهو يربط بين عقدتين حضريتين لهما وزن إداري واقتصادي واضح، كما يمر ضمن بيئات مكانية تتباين فيها الخصائص السطحية والحرارية .وجاء اختيار هذا الطريق لأنه يربط بين محافظتي صلاح الدين وكركوك، ويمثل مسارًا يوميًا لحركة الأشخاص والبضائع، ويتقاطع مع نطاقات حرارية ومخاطر طريقية وتخسفات موضعية ظاهرة في الخرائط، فضلًا عن قلة الدراسات التطبيقية التي ربطت بين المناخ وملاءمة الحمولة على هذا المحور مقارنة بالطرق الرئيسة الأكثر تداولًا في الدراسات العراقية.

وتنبع أهمية الدراسة من كونها تعالج موضوعًا تطبيقيًا يجمع بين المناخ والنقل والمخاطر الطريقية ضمن إطار مكاني محدد، مع الاستناد إلى خرائط ميدانية وبيانات حرارية ومؤشرات مكانية توضح توزيع الفئات الحرارية ودرجة المخاطر .ومن خلال ذلك يمكن الوصول إلى قراءة أكثر دقة للمقاطع التي تتعرض لضغط

حراري أعلى، ولمواضع الطريق التي تحتاج إلى تنظيم أكبر لحركة الحمولات الثقيلة في أوقات محددة من السنة أو خلال ساعات الذروة الحرارية.

مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في أن طريق تكريت–كركوك لا يعمل ضمن بيئة حرارية ومخاطرية متجانسة؛ إذ تشير بيانات التصنيف المكاني إلى أن 66.48% من مجال الدراسة يقع ضمن فئتي°45 م و°48م صيفًا، في حين تستحوذ فئتا المخاطر المتوسطة والعالية على 66.33% من مساحة طبقة المخاطر .ومن ثم فإن التساؤل الرئيس هو :كيف ينعكس هذا التباين الحراري والمخاطري المكاني في ملاءمة تشغيل الحمولات الثقيلة على الطريق؟ ويتفرع عنه :ما الفئات الحرارية الأكثر ضغطًا؟ وما كثافة التخسفات نسبة إلى طول الطريق؟ وهل تتقارب البؤر الحرارية مع مواضع الخطر؟ وكيف يمكن تحويل هذه العلاقة إلى مؤشرات تفيد التشغيل والصيانة؟

فرضية البحث

ينطلق البحث من فرضية مفادها أن ارتفاع درجات الحرارة واتساع نطاقاتها العليا على طريق تكريت–كركوك يقترن بانخفاض ملاءمة الحمولة التشغيلية الآمنة، ولا سيما في المقاطع التي تجمع بين حرارة مرتفعة، وإشعاع شمسي عالٍ، ومخاطر طريقية أو تخسفات موضعية .ولغرض اختبار هذه الفرضية إجرائيًا، اعتمد البحث مؤشر ملاءمة حمولة النقل بوصفه مؤشرًا رتبيًا مكانيًا مركبًا، لا مجرد وزن محوري منفرد، ويقاس من خلال الفئات الحرارية، ونسب انتشارها، وكثافة التخسفات، وفئات المخاطر.

أهداف البحث

١. تحليل التوزيع المكاني لدرجات حرارة سطح المجال الطرقي على طريق تكريت–كركوك في الصيف والشتاء، وبيان أساس تصنيفها.
٢. حساب مؤشرات كمية داعمة، مثل المتوسط الحراري الوزني للصيف، ومعامل التباين الموسمي، وكثافة التخسفات لكل 100 كم من طول الطريق.
٣. تحديد مناطق المخاطر التي تؤثر في ملاءمة حمولة النقل وحركة الشاحنات، مع بيان معيار تصنيف المخاطر إلى قليلة ومتوسطة وعالية.
٤. بناء صياغة تطبيقية قابلة للقياس تربط بين الفئات الحرارية والإشعاع الشمسي والمخاطر وملاءمة الحمولة وإدارة الحركة والصيانة.

أهمية البحث

تظهر أهمية البحث في أنه يقدم معالجة تطبيقية لواحد من المحاور المهمة في جغرافية النقل العراقية، ويكشف عن الأثر الذي تمارسه الحرارة بوصفها عاملًا بيئيًا مؤثرًا في الحمولة وكفاءة الانسياب المروري .كما يسهم في تقديم مؤشرات مكانية يمكن أن تفيد الجهات المختصة في صيانة الطريق، وجدولة النقل الثقيل، وتحديد أوقات التشغيل الأنسب، وتطوير المعالجات الهندسية للمقاطع الأكثر تأثرًا.

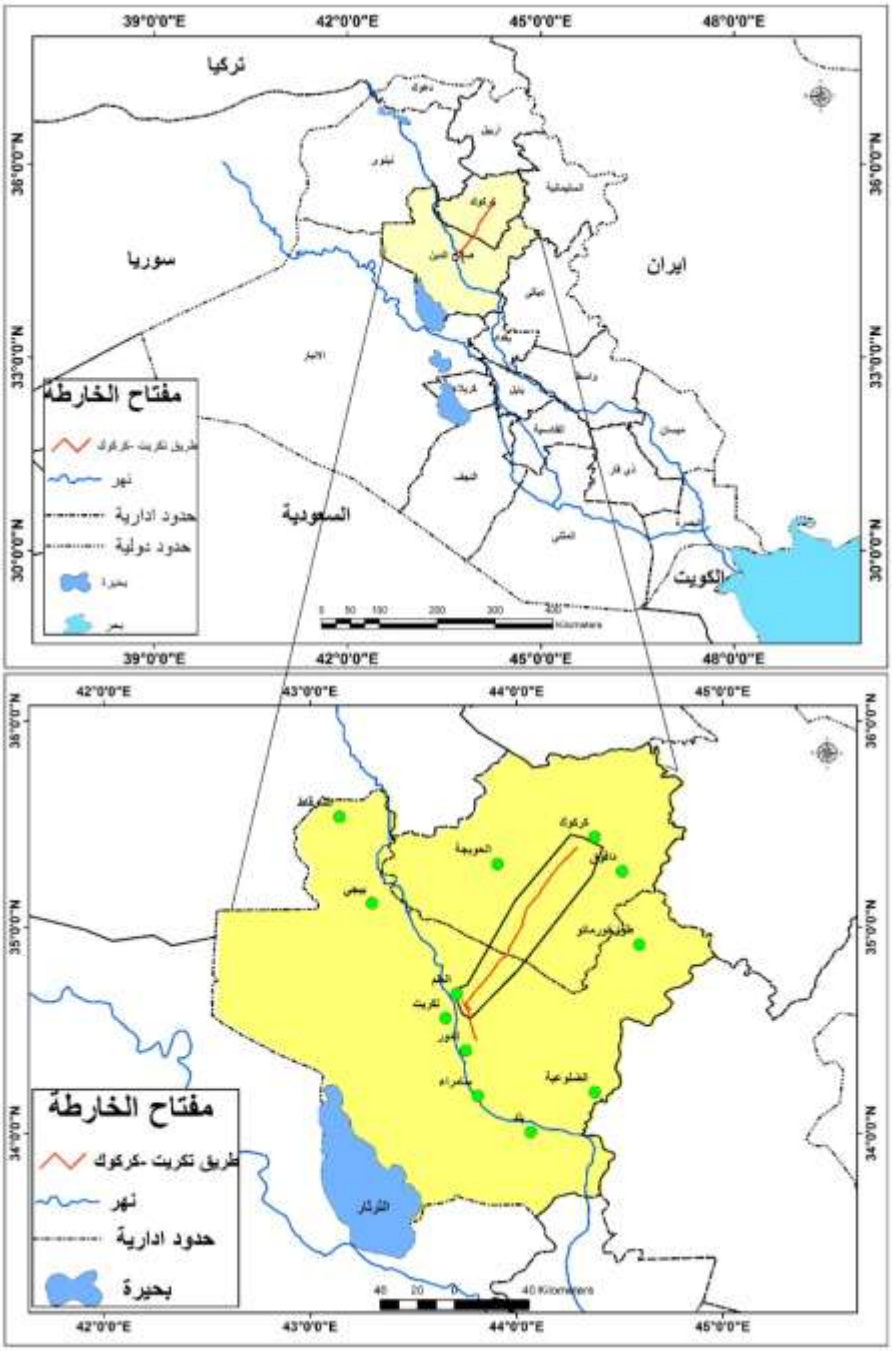
منهجية البحث

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، مع توظيف المنهج المكاني في تفسير الخرائط المرفقة وقراءة التوزيع الجغرافي للحرارة والمخاطر على طول الطريق .كما استند إلى بيانات رقمية مرافقة تخص درجات الحرارة الصيفية والشتوية، ودرجة المخاطر، وعدد التخسفات، وكمية الإشعاع الشمسي، وتم تحويلها إلى جداول تحليلية ومؤشرات قياس، منها المتوسط الحراري الوزني، ونسبة الفئات الحرارية العليا، ومعامل التباين الموسمي، وكثافة التخسفات لكل 100 كم، ومؤشر رتبي للمخاطر .وتمثل الفترة الزمنية للبيانات المناخية والتحليلية الإطار المتاح للسنوات 2025–2023 بحسب الطبقات والبيانات المعتمدة في الخرائط، مع الإشارة إلى أن بيانات الحمولة عولجت بوصفها ملاءمة تشغيلية للحركة الثقيلة لا سجلًا ميدانيًا يوميًا للأوزان المحورية.

حدود منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن الامتداد الرابط بين مدينة تكريت في محافظة صلاح الدين ومدينة كركوك في محافظة كركوك، ويبلغ طول محور الطريق المدروس قرابة 139 كم بحسب القياس الخطي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، ويمتد تقريبًا بين دائرة عرض 34.6° شمالًا وخط طول 43.7° شرقًا عند تكريت، ودائرة عرض 35.5° شمالًا وخط طول 44.4° شرقًا عند كركوك .وتم اعتماد مجال تأثير مكاني بعرض 5 كم على جانبي محور الطريق، أي نطاق تحليلي كلي يقارب 10 كم عرضًا، وهو ما يفسر اتساع المساحة المحللة في خرائط الحرارة والمخاطر .أما الحدود الموضوعية فتتمثل في تحليل العلاقة بين درجات الحرارة وملاءمة حمولة النقل اعتمادًا على العناصر الحرارية والمخاطر المرتبطة بالطريق، في حين تتركز الحدود الإجرائية في قراءة الخرائط المرفقة والجداول المستخلصة منها.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة على طريق تكريت–كركوك



المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (ARC GIS 10.8).

توضح الخريطة موقع الطريق ضمن الإطار العراقي العام ثم ضمن النطاق المحلي الرابط بين تكريت وكركوك، وتبين أن الطريق يتخذ مسارًا وظيفيًا مهمًا يصل بين مراكز حضرية وعقد ربط محلية متعددة .ويُقرأ هذا الموقع في ضوء طول تقريبي يبلغ 139 كم، مع مجال تأثير مكاني قدره 5 كم على جانبي الطريق؛

ولذلك فإن أي تغير في الظروف الحرارية على امتداد هذا الشريط سينعكس مباشرة على انسيابية النقل بين المحافظتين وعلى حركة الحمولات، ولا سيما في المقاطع الوسطية التي تظهر فيها حساسية مكانية أكبر.

متطلبات البحث وإطاره التحليلي

اقتضت طبيعة البحث تنظيم المادة العلمية ضمن محورين رئيسين .يتناول المحور الأول الأساس النظري للعلاقة بين المناخ والنقل وملاءمة حمولة الطريق، في حين يعالج المحور الثاني التحليل التطبيقي لخرائط الحرارة والإشعاع الشمسي والتخسفات ودرجة المخاطر .كما تطلب البحث تحويل البيانات الرقمية المرفقة إلى جداول عربية، وربط كل جدول أو شكل أو خريطة بعنوان ومصدر واضحين، وصولًا إلى استنتاجات وتوصيات ذات بعد تطبيقي .وقد اقتصر التمثيل الخرائطي العام على محور تكريت–كركوك ومجال تأثيره، مع الإشارة إلى أن المقارنة التفصيلية مع الطرق البديلة أو المنافسة تحتاج طبقة شبكة طرق أوسع في دراسة لاحقة.

أولًا :الإطار النظري للعلاقة بين درجات الحرارة وحمولة النقل

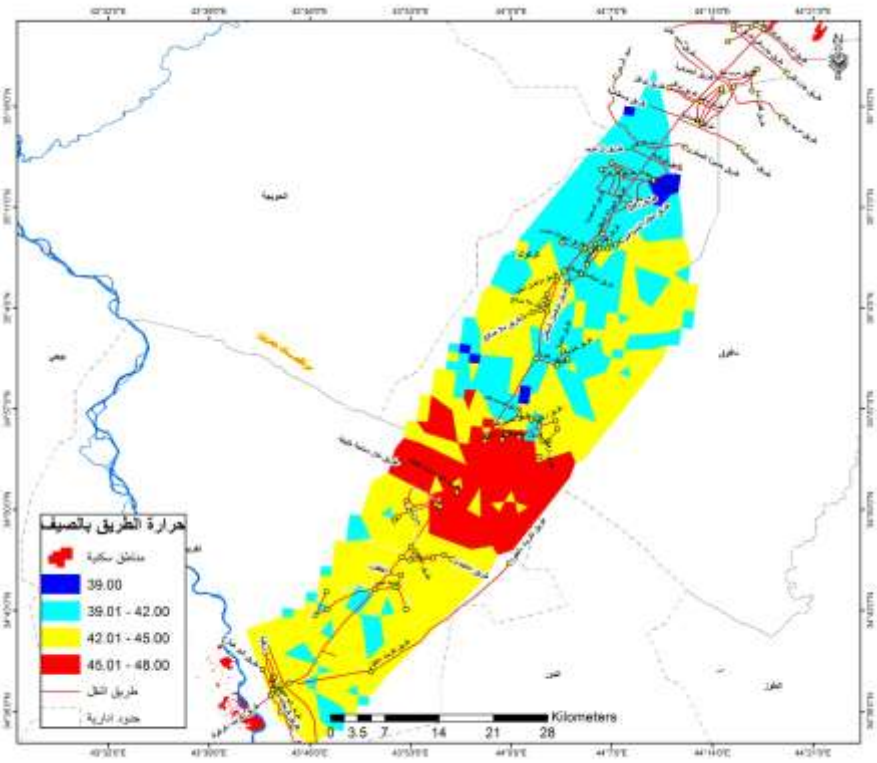
تؤثر درجات الحرارة في النقل البري من خلال قناتين متداخلتين :الأولى فنية تتصل بأداء المركبة نفسها، والثانية بنيوية تتعلق بحالة الطريق .ففي الجانب الفني تسهم الحرارة المرتفعة في رفع الحمل الحراري على المحرك ونظام التبريد والزيوت والإطارات، ويصبح هذا الأثر أكثر وضوحًا مع الحمولة الثقيلة وطول الرحلة وتكرار التوقف والانطلاق .أما في الجانب البنيوي فإن ارتفاع حرارة سطح الرصف يقلل صلابة الخلطة الإسفلتية نسبيًا ويزيد حساسيتها للتشوه الموضعي والتخدد والتخسف، وهي علاقة تؤكدها أدبيات تصميم الرصف وإدارة الطرق(AASHTO, 1993 ؛Asphalt Institute, 2014) ومن زاوية جغرافية النقل فإن الحمولة لا تُفهم بوصفها رقمًا ميكانيكيًا ثابتًا فقط، بل بوصفها متغيرًا تشغيليًا يتأثر بالزمن والمكان والظروف البيئية .لذلك استعمل البحث تعبير ملاءمة حمولة النقل ليعني قدرة المقطع الطرقي على استيعاب الحركة الثقيلة بأمان وكفاءة ضمن ظروف حرارية ومخاطرية محددة .وبذلك تصبح الحمولة مفهومًا قابلًا للقياس عبر مؤشرات بديلة عندما لا تتوافر سجلات وزن محوري يومية مفصلة.

كما أن الإشعاع الشمسي يمثل عاملًا داعمًا لارتفاع حرارة الطريق حتى في حال ثبات حرارة الهواء نسبيًا، إذ يزيد من امتصاص السطح للحرارة ويضاعف الإجهاد الحراري في ساعات الظهيرة .وعندما تقترن هذه الحالة بوجود تخسفات أو عيوب موضعية في الطريق فإن الخطر لا ينعكس على السلامة المرورية فقط، بل يمتد إلى انتظام الحمولة وسرعة نقلها واحتمال الحاجة إلى تخفيض الأوزان الفعلية أو إعادة توزيعها زمنيًا ومكانيًا.

ثانيًا :التحليل التطبيقي لدرجات الحرارة وحمولة النقل على الطريق

١- التوزيع المكاني لحرارة الطريق في فصل الصيف

خريطة (2) التوزيع المكاني لحرارة الطريق في فصل الصيف



المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (ARC GIS 10.8).

جدول (1) فئات حرارة الطريق في الصيف ومساحاتها ونسبها المئوية

الفئة الحرارية°) م(	المساحة	النسبة المئوية	الانتشار المكاني	الدلالة النقلية
39.0	17.51	1.27	شريط محدود جداً	أثر حراري ضعيف نسبياً على الحمولة
42.0	445.62	32.25	جزء واسع من الطريق	تأثير واضح في تبريد المحركات والإطارات وراحة السائق
45.0	717.18	51.91	الفئة الغالبة	ضغط حراري مرتفع يفرض حذراً في تشغيل الحمولات الثقيلة
48.0	201.30	14.57	بؤر حرارية مركزة	تزايد احتمالات الإجهاد الحراري وتراجع الكفاءة التشغيلية

المصدر :من إعداد الباحث بالاعتماد على ملف درجات الحرارة بالصيف.

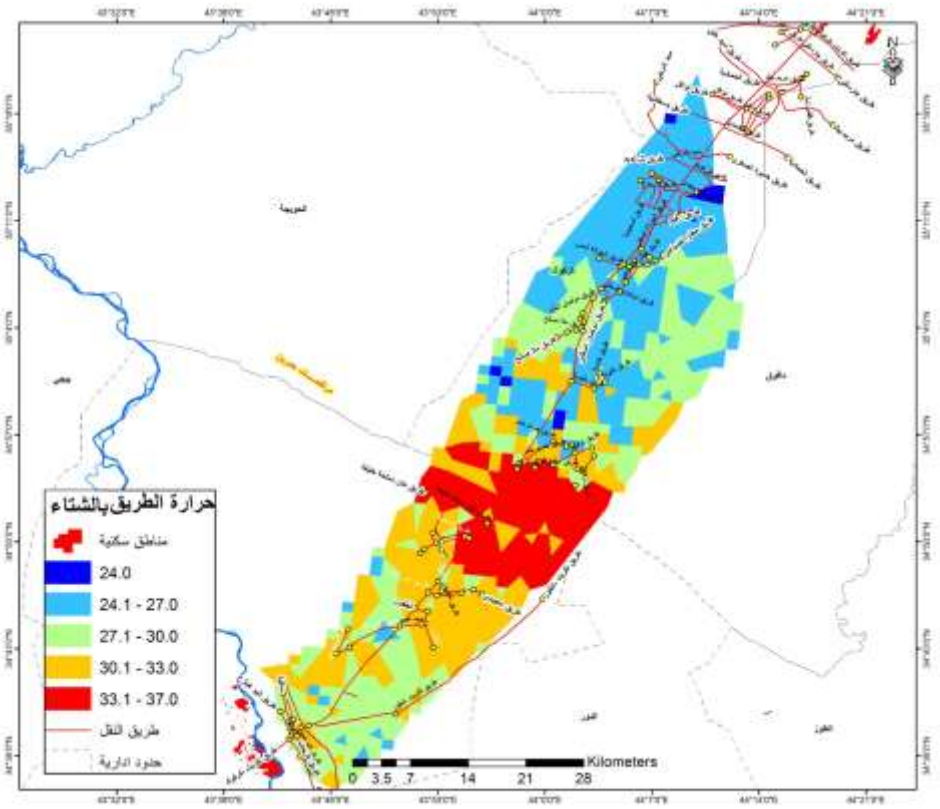
تكشف البيانات أن الفئة الحرارية°45) م (تمثل النطاق الغالب على الطريق، إذ تستحوذ على نحو 51.91% من المساحة المدروسة، تليها الفئة°42) م (بنسبة32.25% ، ثم الفئة°48) م (بنسبة14.57% ، في حين لا تمثل الفئة°39) م (سوى 1.27% فقط .وقد اعتمد التصنيف على إعادة تصنيف القيم الحرارية في طبقة الرستر إلى فئات مقدارها 3 درجات مئوية تقريبًا، وهو تصنيف رتبي مناسب لإظهار الانتقال من الضغط الحراري المنخفض إلى الضغط الحراري الشديد .ويبلغ المتوسط الحراري الوزني للصيف، باحتساب المساحة النسبية لكل فئة، نحو°44.39 م، كما أن 66.48% من مجال الدراسة يقع ضمن°45 م فأكثر، وهي نتيجة تحمل دلالة مباشرة بالنسبة إلى ملاءمة حمولة النقل.

إن سيادة الفئات الحرارية العليا تعني أن تشغيل الشاحنات على الطريق لا ينبغي أن يُقرأ بمعزل عن العامل المناخي .ويُقصد بالقيم الحرارية هنا درجات حرارة مكانية مستخرجة من طبقة حرارية ممثلة لسطح المجال الطرقي، وليست قراءة محطة جوية مفردة؛ لذلك فهي أقرب إلى قياس الإجهاد الحراري الذي يتعرض له الرصف والمركبات ضمن الشريط المكاني المدروس .وبالمقارنة مع مبادئ تصميم الرصف الإسفلتي، فإن ارتفاع حرارة السطح إلى نطاق°48–45 م يزيد احتمال انخفاض صلابة الرصف وتراجع كفاءة الإطارات والفرامل عند مرور الحمولات الثقيلة.

وتظهر الخريطة أن البؤر الأشد حرارة لا تتوزع بالتساوي، بل تتركز في مواضع محددة من الامتداد الطرقي، ما يشير إلى ضرورة اعتماد إدارة مكانية للحمولة، وليس مجرد معالجات عامة تشمل الطريق كله .فالمقاطع التي تقع ضمن°48 م أو تقترب منها ينبغي أن تُعامل على أنها قطاعات ذات أولوية في الصيانة والرقابة والتحذير؛ لأن ارتفاع الحرارة في هذه المقاطع، عندما يترافق مع حمولة ثقيلة أو عيب سطحي أو ضعف في الرصف، يرفع كلفة الرحلة وزمنها ومخاطرها التشغيلية.

٢- حرارة الطريق في فصل الشتاء

شكل (3) التوزيع المكاني لحرارة الطريق في فصل الشتاء



المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (ARC GIS 10.8).

جدول (2) الفئات الحرارية الشتوية ودلالاتها التشغيلية على حمولة النقل

الفئة الحرارية°) م(	الانتشار النسبي	الدلالة التشغيلية
24.0	قطاع محدود	أثر بارد نسبيًا مع انخفاض إجهاد الإطارات والمحرك
24.1 – 27.0	قطاع واسع شمالي	بيئة تشغيلية مريحة نسبيًا للحمولات المتوسطة
27.1 – 30.0	قطاع انتقالي	درجة ملائمة لحركة النقل الاعتيادية
30.1 – 33.0	مقاطع وسطى وجنوبية	بداية ارتفاع العبء الحراري نهارًا
33.1 – 37.0	بؤر أكثر دفئًا	تراجع نسبي في راحة التشغيل مع زيادة الطلب على التبريد

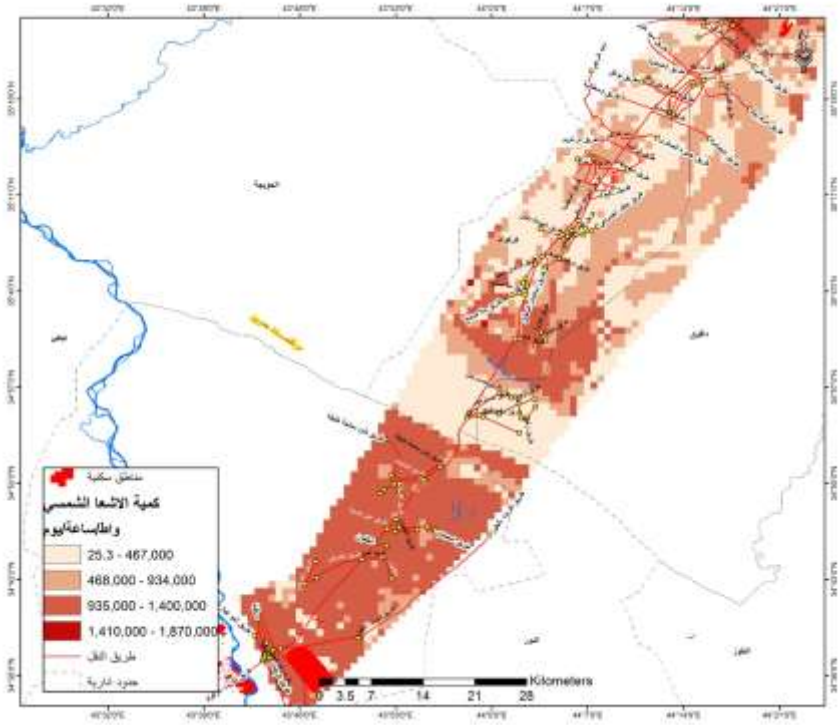
المصدر :من إعداد الباحث بالاعتماد على خريطة حرارة الطريق بالشتاء.

تُظهر الخريطة الشتوية أن الطريق ينتقل من بيئة شتوية معتدلة نسبيًا إلى مقاطع أكثر دفئًا، وتتراوح الفئات الحرارية بين°24 م و°37م .وبرغم أن هذه القيم أقل ضغطًا من الحالة الصيفية، إلا أن دلالتها الأساسية تكمن في إظهار موسمية التأثير الحراري على الحمولة؛ فالفارق بين أعلى فئة صيفية وأعلى فئة شتوية يبلغ °11م، في حين يبلغ الفرق التقريبي بين المتوسط الحراري الوزني للصيف°44.39) م (ومركز النطاق الشتوي°30.5) م (نحو°13.9 م، أي أن العبء الحراري الصيفي أعلى بنحو 45.6% من المؤشر الشتوي التقريبي.

وتبدو أهمية الفصل الشتوي في أنه يتيح قياسًا مضادًا للحالة الصيفية؛ فحين تنخفض حرارة السطح والمحرك والإطارات يتحسن هامش الأمان النسبي، ويغدو تشغيل الحمولة المتوسطة والثقيلة أكثر استقرارًا .غير أن هذا التحسن لا يلغي أثر العوامل الشتوية الأخرى، مثل الأمطار والرطوبة وبلل السطح، لأنها قد ترفع احتمالات الانزلاق وتزيد مسافة التوقف وتؤثر في انتظام الحركة، لذلك ينبغي النظر إلى الشتاء بوصفه فصلًا أقل إجهادًا حراريًا لكنه ليس خاليًا من المخاطر التشغيلية.

٣- الإشعاع الشمسي بوصفه عاملًا مفسرًا لارتفاع حرارة الطريق

شكل (4) التوزيع المكاني لكمية الإشعاع الشمسي على طريق تكريت–كركوك



المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (ARC GIS 10.8).

جدول (3) فئات الإشعاع الشمسي) واط/م (²ودلالتها في تسخين الطريق

فئة الإشعاع الشمسي (واط/م²)	المستوى النسبي	الانعكاس المتوقع على الطريق
25.3 – 467,000	ضعيف نسبيًا	أثر محدود في تسخين السطح
468,000 – 934,000	متوسط	يسهم في رفع درجة حرارة الطريق تدريجيًا
935,000 – 1,400,000	مرتفع	يرفع حرارة السطح ويزيد إجهاد المركبات نهارًا
1,410,000 – 1,870,000	مرتفع جدًا	يعزز البؤر الحرارية ويقلل هامش الأمان للحمولات الثقيلة

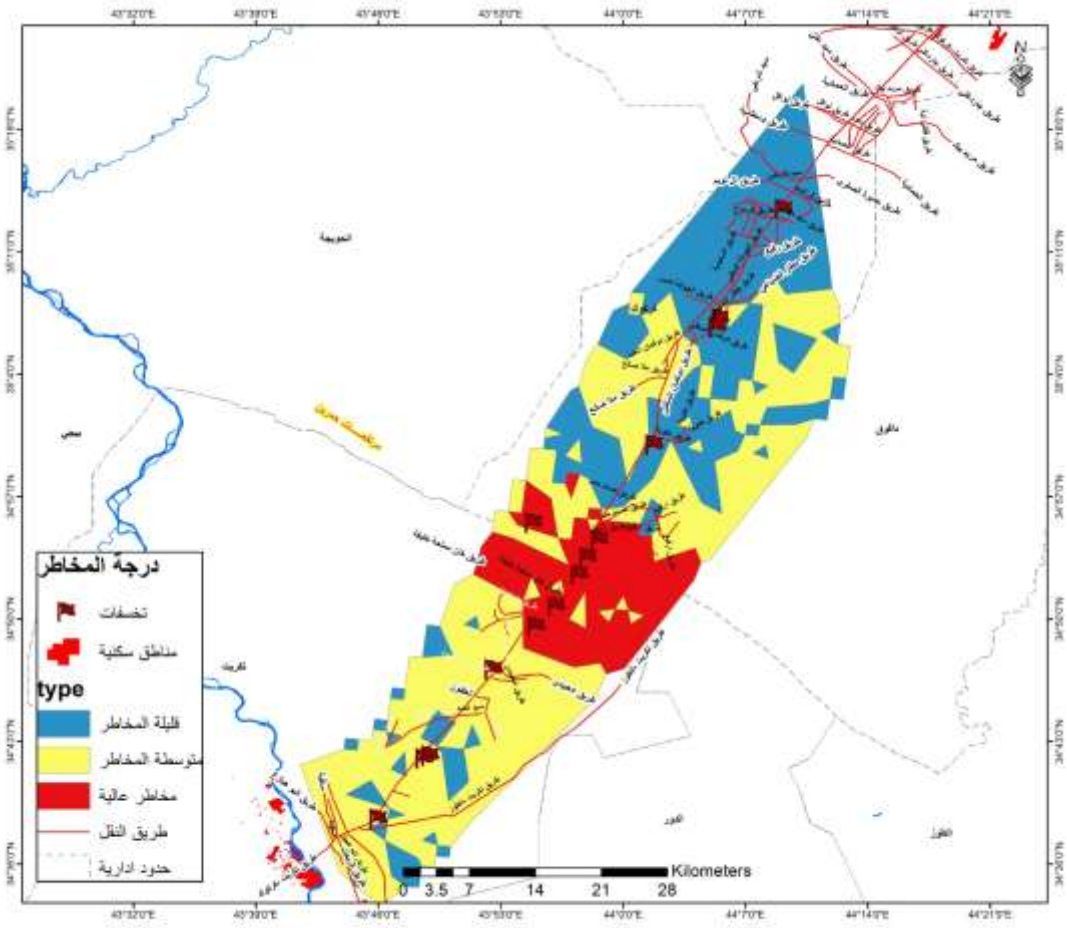
المصدر :من إعداد الباحث بالاعتماد على خريطة كمية الإشعاع الشمسي.

يُعد الإشعاع الشمسي متغيرًا تفسيريًا مهمًا في دراسة حرارة الطريق، لأنه يفسر جانبًا من الاختلاف المكاني في سخونة السطح حتى عندما تكون حرارة الهواء متقاربة نسبيًا .وتقاس قيم الإشعاع في الخريطة بوحدة واط/م ²وفق طبقة الرستر المستخدمة في التحليل المكاني، وتمثل القيم متوسطات مكانية على مستوى خلايا الرستر لا قياسات نقطية لمحطة واحدة .وتشير الخريطة إلى وجود تدرج واضح في قيم الإشعاع الشمسي على امتداد الطريق، مع تركز فئات مرتفعة في بعض المقاطع الجنوبية والوسطى، وهو ما ينسجم مع ظهور بؤر حرارية صيفية أعلى نسبيًا.

ومن الناحية النقلية، فإن ارتفاع الإشعاع الشمسي لا يقتصر أثره على السطح، بل يمتد إلى المركبة والحمولة نفسها، خصوصًا الشحنات الحساسة للحرارة أو الشاحنات التي تعمل لمسافات متوسطة وطويلة دون توقف كافٍ .وبالقراءة المكانية المقارنة، تُظهر مواضع الإشعاع المرتفع تقاربًا واضحًا مع عدد من البؤر الحرارية، بما يدعم وجود ارتباط مكاني موجب بين شدة الإشعاع وارتفاع حرارة السطح .لذلك فإن الجمع بين حرارة الهواء العالية والإشعاع الشمسي المرتفع يكون بيئة تشغيلية أكثر صعوبة، ويبرر جدولة الحمولات الثقيلة في ساعات أقل تعرضًا للإشعاع كلما أمكن.

٤- التخسفات ودرجة المخاطر على الطريق

شكل (5) درجة المخاطر والتخسفات على طريق تكريت–كركوك



المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (ARC GIS 10.8).

جدول (4) التوزيع النسبي لدرجة المخاطر على الطريق

درجة المخاطر	المساحة	النسبة المئوية	الدلالة التطبيقية
قليلة المخاطر	477.18	33.67	مقاطع أكثر استقراراً ومناسبة نسبياً لانسياب الحركة
متوسطة المخاطر	733.77	51.77	الفئة المسيطرة مكانياً وتحتاج متابعة وصيانة دورية
مخاطر عالية	206.30	14.56	قطاعات حساسة تتقاطع فيها الحرارة المرتفعة والتخسفات ومواطن الضعف

المصدر :من إعداد الباحث بالاعتماد على ملف مخاطر نهائي.

جدول (5) المؤشرات المكانية للتخسفات على الطريق

المؤشر	القيمة	الدلالة
عدد التخسفات المرصودة	14، 10.1 تقارب وبكثافة كم 100/تخسف	تستدعي موضعية ضعف مواضع وجود كثافتها قياس مع والمعالجة، المراقبة الطريق طول إلى نسبة
الانتشار العام	على امتداد قطاعات متعددة	يدل على أن الخطر ليس موضعيًا صرفًا بل يتطلب متابعة طولية
العلاقة مع الحرارة	مرتفعة نسبيًا في المقاطع الحارة	تضاعف الضغط على الحمولة والحركة

المصدر :من إعداد الباحث بالاعتماد على ملف عدد التخسفات وخرائط الدراسة.

توضح النتائج أن فئة المخاطر المتوسطة تستحوذ على 51.77% من مساحة الطريق، تليها فئة قليلة المخاطر بنسبة33.67% ، ثم فئة المخاطر العالية بنسبة .14.56% وقد صُنفت المخاطر على أساس رتبي ثلاثي :قليلة عندما تنخفض كثافة المؤشرات السلبية وتبتعد عن التخسفات، ومتوسطة عندما تظهر مؤشرات سطحية أو حرارية تحتاج متابعة، وعالية عندما تتقاطع الحرارة المرتفعة مع التخسفات أو مواضع الضعف . ويبلغ مؤشر المخاطر الرتبي الوزني، عند ترميز الفئات 1 و 2و3، نحو1.81 ، أي إن الاتجاه العام للطريق يميل إلى مستوى متوسط المخاطر أكثر من كونه منخفضًا.

أما التخسفات المرصودة، والبالغ عددها 14 تخسفًا، فهي تمثل مؤشرات واضحة على أن الطريق يتعرض لضغوط مكانية موضعية يمكن أن تتفاقم آثارها مع الحرارة المرتفعة وتكرار مرور الأحمال الثقيلة .وباحتساب طول الطريق بنحو 139 كم، تبلغ كثافة التخسفات حوالي 10.1 تخسف لكل 100 كم، وهي كثافة كافية لاعتماد متابعة طولية دورية، لأن اجتماع الحرارة العالية مع ضعف موضعي في السطح يرفع احتمالية الاهتزاز وعدم انتظام الحركة وتزايد الحاجة إلى التهدئة أو التحويل الجزئي للحمولة.

ومن ثم فإن العلاقة بين درجات الحرارة وملاءمة حمولة النقل لا تتجسد فقط في التأثير الحراري المباشر، بل في التفاعل بين الحرارة والمخاطر المكانية .وتُظهر القراءة المشتركة للخريطة أن عددًا من التخسفات يقع قريبًا من المقاطع الوسطية والجنوبية الأعلى حرارة، ما يدعم وجود تلازم مكاني بين البؤر الحرارية ومواضع الضعف .وعليه فإن المقاطع الحارة التي تقع داخل فئة مخاطر متوسطة أو عالية تصبح أكثر حساسية من غيرها، وتتطلب تنظيمًا قائمًا على الأولوية المكانية لا على المعالجة العامة المتساوية لجميع الأجزاء.

٥- الصياغة التطبيقية للعلاقة بين الحرارة والحمولة

جدول (6) العلاقة التطبيقية الكمية بين العوامل الحرارية وملاءمة حمولة النقل

المكاني/الحراري العامل	المستخدم الرتبي/الكمي المؤشر	النقل حمولة ملاءمة على الدلالة
صيفًا السطح حرارة ارتفاع	م،°44.39 وزني حراري متوسط فأكثر م°45 ضمن 66.48%و	في الثقيلة الحمولة ملاءمة انخفاض الحركة جدولة وضرورة الحارة المقاطع أبرد ساعات في
الموسمي الحراري التباين	الصيف بين م°13.9 تقريبي فرق 45.6% تباين ومعامل والشتاء،	مقابل الشتاء في للحمولة نسبي تحسن الصيف في واضح حراري ضغط
المرتفع الشمسي الإشعاع	جدًا مرتفعة إلى مرتفعة مكانية فئات الرستر طبقة حسب	الحساسة والشحنات السطح سخونة زيادة والتبريد العزل إلى الحاجة وارتفاع
المخاطر ومتوسطة عالية المقاطع	ضمن المخاطر مساحة من 66.33% وعالية متوسطة	المقاطع بعض في الثقيلة الحمولة تقييد المحوري والوزن الدوري الفحص وزيادة
المرصودة التخسفات	لكل تخسف 10.1 نحو أي تخسفًا، 14 كم 100	تزامن عند والرقابة الصيانة أولوية رفع العليا الحرارية الفئات مع التخسف

المصدر :من إعداد الباحث بالاعتماد على التحليل المكاني وبيانات الدراسة ومؤشرات الحرارة والمخاطر والتخسفات.

يبيّن الجدول السابق أن أثر درجات الحرارة في الحمولة ليس علاقة وصفية افتراضية، بل نتيجة لمؤشرات مكانية قابلة للقياس تبدأ بحرارة السطح والإشعاع الشمسي ودرجة المخاطر وكثافة التخسفات، ثم تنعكس على ملاءمة الحمولة الآمنة وسرعة النقل وانتظام الرحلات .وهذه الصياغة المركبة تساعد في تجاوز التفسير المبسط الذي يحصر المشكلة في حرارة الجو وحدها.

إن المقصود بحمولة النقل في هذا البحث لا يقتصر على الوزن الفعلي للشاحنة، بل يشمل القدرة التشغيلية على نقل الحمولة بكفاءة وأمان ضمن ظروف مناخية ومكانية متغيرة .ومن هذا المنظور تصبح الحمولة متغيرًا جغرافيًا تشغيليًا يتأثر بالمناخ وبنية الطريق والمخاطر المتولدة عليه .ولذلك فإن المؤشر المعتمد هنا لا يلغي الحاجة إلى قياسات لاحقة للأوزان المحورية اليومية، لكنه يوفر أساسًا مكانيًا لتحديد المقاطع التي ينبغي مراقبتها أولًا.

النتائج

١. بلغ المتوسط الحراري الوزني للصيف نحو°44.39 م، وتبين أن 66.48% من مجال الدراسة يقع ضمن فئتي°45 م و°48م، ما يدل على سيطرة بيئة حرارية مرتفعة على أغلب مجال الطريق خلال الصيف.

٢. أظهر معامل التباين الموسمي أن العبء الحراري الصيفي أعلى بنحو 45.6% من المؤشر الشتوي التقريبي، إذ بلغ الفرق بين المتوسط الصيفي الوزني ومركز النطاق الشتوي نحو°13.9 م.

٣. أظهرت خريطة المخاطر أن فئتي المخاطر المتوسطة والعالية تشغلان معًا 66.33% من مساحة طبقة المخاطر، كما بلغ مؤشر المخاطر الرتبي الوزني نحو1.81 ، وهو ما يعكس غلبة المستوى المتوسط على الطريق.

٤. بلغ عدد التخسفات المرصودة 14 تخسفًا، وبكثافة تقارب 10.1 تخسف لكل 100 كم من طول الطريق، وهي قيمة تؤكد الحاجة إلى متابعة صيانة طولية لا تقتصر على مواقع منفردة.

٥. تتسم الحالة الشتوية بملاءمة تشغيلية أعلى نسبيًا من الصيف من ناحية الحرارة، إلا أن الأمطار والرطوبة وبلل السطح تمثل عوامل موسمية أخرى ينبغي إدخالها في إدارة الحركة والحمولة.

٦. تدعم خريطة الإشعاع الشمسي تفسير تركز البؤر الحرارية؛ إذ يظهر تقارب مكاني بين الفئات الأعلى إشعاعًا والفئات الأعلى حرارة، ولا سيما في بعض المقاطع الوسطية والجنوبية.

٧. تؤكد الدراسة أن العلاقة بين الحرارة وملاءمة الحمولة علاقة مركبة ذات اتجاه رتبي عكسي؛ فكلما ارتفعت الفئة الحرارية وازدادت المخاطر انخفضت ملاءمة الحمولة التشغيلية، مع بقاء الحاجة إلى بيانات وزن محوري يومية لاختبار انحدار مباشر في دراسات لاحقة.

الاستنتاجات

١- يؤكد التحليل المكاني أن طريق تكريت–كركوك ليس طريقًا متجانسًا من الناحية الحرارية، بل يتباين إلى فئات واضحة، وتُهيمن عليه في الصيف درجات مرتفعة تزيد العبء التشغيلي على الحمولات الثقيلة.

٢- يتضح أن الخطر الحقيقي لا يرتبط بدرجات الحرارة وحدها، وإنما بتمفصلها مع بنية الطريق ووجود التخسفات ودرجات المخاطر المختلفة، لذلك فإن إدارة الحمولة ينبغي أن تعتمد على مؤشر ملاءمة مكاني لا على تقدير عام موحد لجميع المقاطع.

٣- إن المقاطع الوسطية والقطاعات التي تظهر فيها فئات حرارية عليا أو مخاطر متوسطة إلى عالية تُعد أكثر حساسية للنقل الثقيل، ولا سيما أن كثافة التخسفات المحسوبة تقارب 10.1 تخسف لكل 100كم.

٤- تكشف الدراسة عن أهمية تبني منظور جغرافي تطبيقي في إدارة النقل، بحيث تُقرأ الحمولة ضمن إطار مكاني موسمي .فالنتيجة الأساسية ليست أن الحرارة تؤثر وحدها في الحمولة، بل أن تأثيرها يصبح أقوى عندما يتزامن مع الإشعاع الشمسي والتخسفات ومواطن الضعف في الرصف.

التوصيات

١- تكليف دائرة الطرق والجسور في وزارة الإعمار والإسكان، بالتنسيق مع مديريات المرور في صلاح الدين وكركوك، بإعداد خريطة حساسية تشغيلية للطريق تُحدَّث سنويًا قبل موسم الصيف وتُدمج فيها الفئات الحرارية ودرجة المخاطر وعدد التخسفات.

٢- اعتماد تنظيم مروري موسمي من قبل مديرية المرور العامة خلال أشهر حزيران–أيلول لتقنين مرور الحمولات الثقيلة جدًا في ساعات الذروة الحرارية، وخاصة في المقاطع ذات المخاطر المتوسطة والعالية.

٣- تنفيذ صيانة وقائية ربع سنوية للمقاطع التي تقع ضمن البؤر الحرارية المرتفعة أو تتكرر فيها التشوهات السطحية والتخسفات، على أن تسبق الصيانة الرئيسة بداية فصل الصيف.

٤- تعزيز الرقابة المرورية والحمولية باستخدام محطات وزن محوري متنقلة أو ثابتة في المواقع الأكثر تعرضًا للإجهاد الحراري، مع ربط القياسات بزمن المرور ودرجة الحرارة اليومية.

٥- توظيف بيانات الإشعاع الشمسي والحرارة لدى هيأة الأنواء الجوية ودوائر النقل في جدولة النقل اليومي وتوقيت رحلات الشاحنات بما يحد من الخسائر التشغيلية.

٦- إجراء دراسة متابعة خلال سنة واحدة تربط بين حرارة سطح الطريق الفعلية، والحمل المحوري، ونوع الرصف، وحجم المرور، وزمن الرحلة، للوصول إلى نموذج انحدار تنبؤي أكثر دقة.

References

Central Statistical Organization. (2023**).** *Statistics of Land Transport Activity in the Public Sector for Passengers, Delegations, and Goods for the Year 2023*. Baghdad: Ministry of Planning.

Central Statistical Organization. (2023). *Annual Statistical Abstract 2022–2023*. Baghdad: Ministry of Planning.

Iraqi Meteorological Organization and Seismology. (2024). *Climate Data, Reports, and Road Climates*. Baghdad: Ministry of Transport.

Agrometeorological Center. (2024/2025). *Monthly and Annual Data for Temperature and Solar Radiation for Iraqi Stations*. Baghdad: Iraqi Ministry of Agriculture.

 Ministry of Construction, Housing, Municipalities and Public Works. (2024). *Department of Roads and Bridges: Maintenance, Furnishing, and Operation Tasks for Public Roads*. Baghdad: Republic of Iraq.

 Ministry of Transport. (2024). *Reports of the Iraqi Meteorological Organization and Seismology and its Role in Supporting Transport Projects*. Baghdad: Republic of Iraq.

 Ministry of Transport. (2015). *Annual Report of the National Committee for the Facilitation of Transport and Trade in the ESCWA Region*. Baghdad: Republic of Iraq.

 Statistics and Geographic Information Systems Authority. (2025). *Spatial and Statistical Data Indicators Supporting Planning*. Baghdad: Ministry of Planning.

AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Asphalt Institute. (2014). Asphalt Mix Design Methods, MS-2. Lexington, KY: Asphalt Institute.

Federal Highway Administration. (2016). Climate Change Adaptation Guide for Transportation Systems Management, Operations, and Maintenance. Washington, DC: FHWA.

Transportation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual. Washington, DC: National Research Council.