

دراسة أثر المعطيات الأرضية على درجة الحرارة السطحية لمدينة إربد باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد خلال الفترة (1986-2018)*

سامر النوايسة**

ملخص

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر المعطيات الأرضية على درجة الحرارة السطحية لمدينة إربد باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد خلال الفترة (1986-2018). من خلال التعرف على خصائص درجة حرارة سطح الأرض LST لكل نوع من أنواع استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي LULC في المدينة خلال فترة الدراسة، بعد أن تم إجراء التصنيف الموجة Supervised Classification للمريثات الفضائية باستخدام برنامج ARC GIS 10.5 والخوارزميات المعدة لذلك والمعتمدة على تحليل بيانات المريثات الفضائية (5,7,8) LANDSAT. وتوصلت الدراسة إلى أن هناك امتدادات واسعة وكبيرة للمناطق العمرانية وعلى حساب كافة الأصناف الأرضية الأخرى، ونسبة تطور بلغت 206%، إضافة إلى تشكل نمط من الجزيرة الحرارية المعكوسة The inversion of urban heat island التي تبلغ ذروتها فيما بين الساعة التاسعة والعاشر صباحاً، وأن مناطق الغطاء النباتي بصنفها الأراضي الزراعية والغابات ارتفعت فيها قيم متوسط درجات الحرارة السطحية خلال جميع فترات الدراسة لتصل إلى أكثر من 34 درجة مئوية. وكشفت الدراسة عن وجود علاقة سلبية وبمعامل تحديد مرتفع وصل إلى (R2=0.85) للعلاقة بين مؤشري التباين في الغطاء النباتي والتباين في رطوبة التربة ودرجة الحرارة السطحية، بينما لوحظ وجود علاقة إيجابية لمؤشر تباين المناطق العمرانية وبمعامل تحديد مرتفع أيضاً (R2=0.80). وتم الكشف عن علاقة سلبية واضحة وبمعامل تحديد (R2=0.90) فيما بين قيم متغيري الارتفاع والانحدار ونظيرتها من قيم درجات الحرارة السطحية. وأوصت الدراسة بضرورة اتخاذ سياسات مناسبة للحد من التوسعات العمرانية على الأراضي الزراعية نظراً لإسهامها في تكريس مفهوم الجزيرة الحرارية الحضرية.

الكلمات الدالة: درجة الحرارة السطحية، مدينة إربد، الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي، نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

المقدمة

تعد العناصر المناخية للبيئة الحضرية إحدى أهم الأنظمة البيئية؛ لكونها دالة واضحة لمعطيات الأنظمة الفرعية الأخرى، المشكلة لنظام البيئة الحضرية الكلية والذي تعد ميزته الأساسية الدينامية الواضحة، وكثرة الارتباطات البيئية بين مكوناته مما ينعكس بذلك على مضامين فهم الكينونة الزمانية والمكانية. إلا في حدود تثبيت هذه الكينونة لحظياً بتغطية واسعة (Synoptic view)، أو تجميد جملة عناصر المنظومة وتحريك ما كان منها أمام الدارس، لفهم آلية عملها والوقوف على الأسباب والنتائج من أجل تعظيم المنافع ودرئ السلبيات والتعامل معها بما يضمن استمرارية عملها واستدامة منظومتها.

وتعد النمذجة الكمية وسيلة إضافية يمكن تبنيها في دراسة البيئة المناخية الحضرية (Urban climate) داخل المدن، وخصوصاً الموازنة الإشعاعية وما يتبعها من موازنة حرارية تحمل طرفين متناقضين من عجز وفائض قد يكون استثنائهما الثبات. فتصبح تلك النمذجة وسيلة جيدة لتحديد مدى مساهمة المعطيات البيئية الطبيعية والبشرية في المدينة وتقييم تغيراتها للكشف عن تلك المساهمة وتأثيرها في البيئة الحرارية الحضرية، ولربط ما يتم الحصول عليه من نتائج في تحديد مستويات القبول وعتبات الراحة الحرارية داخل المدينة فيما يسمى الجزيرة الحرارية الحضرية (Urban heat island) بالإضافة إلى تسهيل التخطيط للأراضي الحضرية وصياغة المبادئ التوجيهية للتصميم والتنوعية الحضرية وإدخالها في التشريعات الناظمة للتوسعات الحضرية وبنيتها وكود البناء الملائم. ونظراً لما تحويه المريثات الفضائية (Satellite Images) من بيانات توفرها الأقمار الصناعية والتي تعد سجلاً متصلاً عن الحيز

* تم إنجازه هذه الدراسة خلال إجازة التفرغ العلمي الممنوحة من جامعة اليرموك للعام الدراسي 2018\2019

** جامعة اليرموك، الأردن. تاريخ استلام البحث 2020/9/14، وتاريخ قبوله 2020/12/28.

الحضري (Spatially continuous) التي يمكن دمجها بالمعلومات المناخية وتحضيرها من خلال معالجة الحزم الطيفية (Bands) خصوصاً حزم البيانات الملتقطة بالأطياف المتعددة لنطاق تحت الأحمر الحراري وتوابعه وعلى امتداد اليوم بأكمله، لتكون بذلك ميداناً وافراً لدراسات التغيرات المناخية الحضريّة المصاحبة للفعاليات والأنشطة المدنية المختلفة. وليعد هذا المخرج مدخلاً أساسياً في نظم المعلومات الجغرافية، والتي بدورها تعد مجالاً آخر يتوافق مع بيانات المستشعر من جهة ويسهم بمثالية في معالجة واستخراج النتائج بما تحقّقه من وفورات في الكلفة والجهد والوقت.

وتعد درجة حرارة الأرض السطحية (LST) إحدى أشكال المتغيرات المناخي Climate Variable الهامة المتصلة بالتغير المناخ ذاته Climate Change، وهي مؤشر على توازن الطاقة على السطح، حيث أنها متغيراً أساسياً من متغيرات عمليات التبادل الإشعاعي على سطح الأرض والهواء المتاحم له. مما يثري التقلبات في الطاقة والتفاعلات الأرضية الجوية والتي تنعكس على كفاءة وسرعة العمليات الحرارية من تسخين وتبريد، وتحديد البؤر والتراكمات الحرارية تبعاً لتغير السطوح الأرضية المرتبطة بالنمو الحضري حيث أن القدرات الحرارية للسطوح المصمتة أكبر منها في بقية السطوح وعلى وجه الخصوص النباتية منها، نظراً لتحول جزء من الإشعاع الشمسي إلى طاقة تسهم في عملية التبخر والنتج المؤدية إلى تزايد رطوبة الهواء ومن ثم تلطيفه وتبريده. بخلاف السطوح الحضريّة التي يتحول فيها الإشعاع إلى طاقة حرارية تنعكس على ارتفاع درجات الحرارة مباشرةً.

وقد أدت الوتيرة المتسارعة للنمو السكاني إلى إرهابات أخرى ساهمت في تسارع نمو حجم المدن بالتحويلات الحضريّة، إذ تشير تقديرات الأمم المتحدة إلى أن أكثر من 60% من سكان العالم يعيشون في المناطق الحضريّة ومن المتوقع أن تصل هذه النسبة إلى 70% بحلول عام 2050 (تقرير الأمم المتحدة، 2015)، ولكون الأردن ليس استثناء عن ذلك حيث شهدت أكبر حواضره مدينتي العاصمة عمان وإربد تضخماً سكانياً تميزت العاصمة بأنها الأكثر سكاناً بما يزيد عن الأربع ملايين نسمة، بينما عدت محافظة إربد الأكثر كثافة سكانية بما يزيد عن ضعفي الكثافة السكانية في العاصمة عمان، وقد قدرت الكثافة السكانية في محافظة إربد بحدود 1100 نسمة/كم² (دائرة الإحصاءات العامة، 2018)، مما أسهم بدورة بطب متزايد على الوحدات السكنية زاد من التوسعات العمرانية داخل حيز مكاني مثقل سكانياً، يسهم هو كذلك في تغيرات النظام البيئي والمناخي، واختلاف معدلات درجات الحرارة باختلاف وتغير السطوح الأرضية.

مشكلة الدراسة وأهميتها:

نتيجة لما تشهده مدينة إربد من توسع في المساحات العمرانية والذي يوصف بأنه سريع وعشوائي وعلى حساب الأراضي الزراعية البعلية وفي جميع الاتجاهات، مما يشكل تأثيراً واضحاً على التوزيع المكاني والزمني لدرجة الحرارة السطحية في المدينة، ونظراً لأن التوسعات العمرانية تكون على حساب الأراضي الزراعية في الغالب، بصورة امتدادات وجيوب ذات خصائص طبوغرافية متباينة، تسهم في تجزئة الأراضي الريفية مما ينعكس على الخصائص المناخية والبيئية فيها الذي يتجاوز أثاره حدود المدينة بكثير ويسهم في عرقلة النظم الأيكولوجية وإحداث التلوث وما يترتب عليها من تغيرات مناخية محتملة.

ولأنه أصبح من الضروري إجراء تحليل شامل للتغيرات البيئية الطبيعية في المناطق الحضريّة ومراقبة هذه التغيرات ليتسنى اتخاذ القرارات اللازمة لتحسين الظروف البيئية المتدهورة ولضرورة فهم أسباب ونتائج التغيرات في المناطق الحضريّة باستخدام أدوات مناسبة تزود المخططين ومتخذي القرار بالمعلومات اللازمة لابتكار ووضع طرق فاعلة جديدة للمشاكل البيئية الحضريّة وتضمينها داخل الخطط الحضريّة، جاءت هذه الدراسة أنموذجاً لبيان وتحليل أثر المعطيات الأرضية على درجة الحرارة السطحية في مدينة إربد باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد خلال الفترة (1986-2018).

أهداف الدراسة

الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو بيان الآثار الدينامية لتغيرات المعطيات الأرضية والتي تشمل: المؤشرات الطيفية الأرضية (مؤشر تباين الغطاء النباتي NDVI ومؤشر تباين المناطق العمرانية NDBI، ومؤشر تباين رطوبة التربة NDMI)، والمتغيرات الطبوغرافية (فئات الارتفاع Elevation ودرجات الانحدار Slope)، بالإضافة إلى الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي LULC، على درجة حرارة سطح الأرض خلال الفترة 1986-2018 في مدينة إربد. ولتحقيق هذا الهدف فقد تم تجزئته إلى مجموعة من الأهداف الثانوية، وتتمثل فيما يلي:

1. الكشف عن أنماط استعمال الأراضي والغطاء الأرضي LULC في مدينة إربد وتغيراتها خلال الفترة بين عامي 1986 و2018.
2. تقدير درجة حرارة سطح الأرض LST في أراضي المدينة باستخدام الخوارزميات المعتمدة على تحليل بيانات المرئيات

الفضائية (5,7,8) LANDSAT.

3. التعرف على خصائص درجة حرارة سطح الأرض LST لكل نوع من أنواع استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي LULC في مدينة إربد خلال فترة الدراسة.

4. دراسة آثار تغيرات المؤشرات الأرضية والطبوغرافية على درجات حرارة سطح الأرض LST في مدينة إربد.

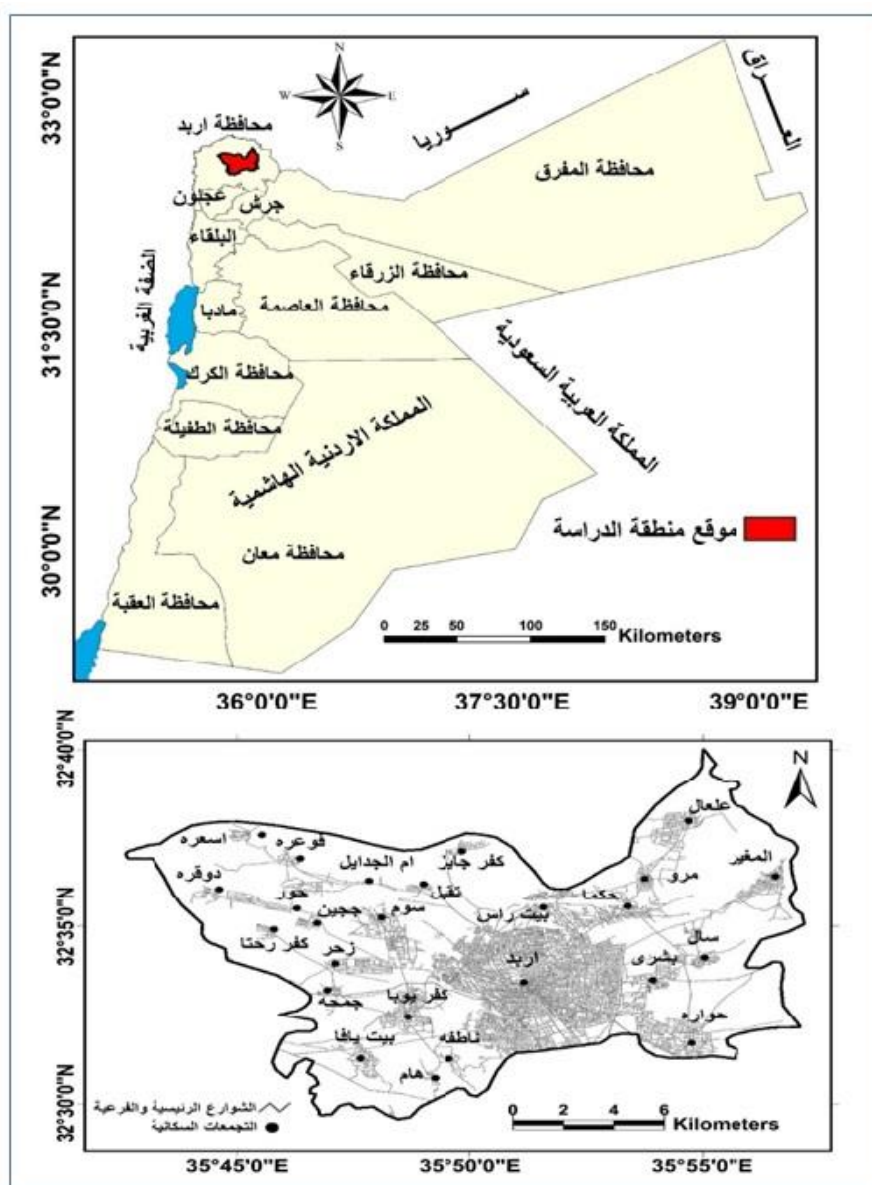
منطقة الدراسة:

تقع مدينة إربد في أقصى الجهة الشمالية من المملكة الأردنية الهاشمية بالقرب من الحد الشمالي لسوريا، ضمن خطي طول 30° و 35° و 58° و 35°، ودائرتي عرض 30° و 32° و 40° شمالاً، شكل (1)، ويبعد مركز المدينة عن العاصمة عمان حوالي 71.5 كم. وتصل مساحة مركز المدينة 30 كم²، بينما تصل المساحة الإجمالية لمدينة إربد كاملة التي تشمل حدود بلدية إربد فيما بعد عام 2001 بحدود 235.5 كم²، ويقطنها ما يقارب 740 ألف نسمة، لتسجل بذلك أعلى كثافة سكانية في الأردن تصل إلى 24667 نسمة كم² (دائرة الإحصاءات العامة، 2018).

ويغلب على طبوغرافية منطقة الدراسة الاستواء عبر سهول حوران الممتدة نحو الجانب الشمالي والشمالي الشرقي بمتوسط ارتفاع

616 م، والتي أسهمت بصورة أو بأخرى في ظهور الاستقرار البشري وزيادة الرقعة العمرانية، وبالتوجه نحو الجهات الغربية من المدينة يبدأ ظهور المسيلات والجداول المائية التي ما تلبث أن تتطور إلى مجاري مائية وأودية أحواض رئيسة كحوض وادي العرب، ووادي الغفر وزقلاب، ولتصبح تلك الجهات اقل المناطق ارتفاعاً ليصل إلى 100م تقريباً، بينما تُظهر الجهات الجنوبية والجنوبية الغربية نهوضاً واضحاً في أراضيها لتصبح بذلك جزءاً من المنظومة الجبلية المتجه نحو محافظة عجلون بارتفاع يصل إلى 725م.

ويسود في منطقة الدراسة تكوينات الصخور الرملية التي تشكل ما نسبته 51% من إجمالي المساحة الكلية، بينما شكل تكوين الحسا ما نسبته 20% بامتداد ضمن مناطق هام، بيت يافا، وجمحه، إضافة إلى سفوح الأودية بالقرب من سوم، حور ودوقرة، فيما شكل تكويني أم الرجام والموقر ما نسبته 23% من مساحة منطقة الدراسة في المناطق الغربية والشمالية الغربية، مع ملاحظة



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على التقسيمات الإدارية للأردن، المركز الجغرافي الملكي، 2016.

شكل (1) موقع منطقة الدراسة.

وجود جيبين من تكوين البازلت بنمط شريطي الأول بين المغير وعلعال، والآخر يأخذ امتداد بين بشرى وسال ومتلازم مع امتداد صدع السرحان (سلطة المصادر الطبيعية، 2016).

وتعد تربة البحر المتوسط الحمراء مبتدئة التطور Topic Xerochrept من أكثر التربة السائدة في المدينة، ذات النمط الرطوبي المتوسط إلى المرتفع والنمط الحراري المعتدل إلى الحار ويصل عمقها إلى أكثر من 50 سم (وزارة الزراعة، 1994)، بينما تظهر تربة الترسبات المائية والتكوينات الطينية في بطون الأودية وعند مصابها في الجهات الغربية.

ويصنف مناخ مدينة إربد على أنه مناخ البحر المتوسط الدافئ Csa وبحسب تصنيف كوبن المناخي، والذي يمتاز بشتاء قصير بارد وماطر وصيف طويل جاف، ويبلغ معدل الهطول المطري في محطة إربد والتابعة لدائرة الأرصاد الجوية حوالي 485 ملم سنوياً، بينما يبلغ معدل درجة الحرارة السنوي حوالي 18 درجة مئوية، لتصل درجة الحرارة الصغرى إلى 15.8 درجة مئوية، بينما ترتفع درجة الحرارة العظمى لتصل إلى حوالي 33.4 درجة مئوية، ويصل معدل الرطوبة النسبية إلى 63.8%، بسرعة رياح 9.2 كم/ساعة، ويقدر معدل التبخر السنوي من حوض التبخر A Pan بحدود 195.1 ملم (دائرة الأرصاد الجوية، 2018).

الدراسات السابقة

يمكن بيان اهم الدراسات السابقة حول موضوع الدراسة ومجالها بالآتي:

دراسة ماهر موسى، والفارس (2005) هدفت إلى تحليل وتقدير خصائص التوزيع المكاني لدرجات الحرارة السطحية وأثر استعمالات الأراضي في مدينة بغداد على ذلك، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد بالقمر لاندسات لعامي 2000، 2001 باستخدام بيئة برامج الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية، وأظهرت النتائج تأثيراً واضحاً للغطاء النباتي والمحتوى الرطوبي في خفض درجات الحرارة السطحية خاصة في المناطق الممتدة على طول نهر دجلة كما أظهرت النتائج جزراً حرارية واضحة في المناطق السكنية من بغداد وبلغت درجة الحرارة السطحية أقصاها 40 س. وأوصت الدراسة بضرورة البدء بعمليات التشجير داخل المدينة.

وبينت دراسة بني دومي (Bani Domi) وآخرون (2016) آثار تغيرات الغطاء الأرضي على درجة حرارة سطح الأرض في مدينة عمان؛ دراسة عن تغير المناخ في المناطق الحضرية. استخدمت الدراسة تقنيات الاستشعار عن بعد لتحليل العلاقة بين تغير الغطاء الأرضي ودرجة حرارة سطح الأرض، حيث تم استخدام مجموعات بيانات لاندسات TM5 للعامين 1987 و 2003، وبينت النتائج أن قيم درجة حرارة سطح الأرض الإجمالية تراوحت بين 19 و 29 درجة مئوية مع متوسط قدره 23.9 درجة مئوية، وانحراف معياري قدره 3.0 درجة مئوية لمئوية عام، 1987 وتراوحت كذلك بين 20 و 32 درجة مئوية مع متوسط قدره 26.2 درجة مئوية وانحراف معياري قدره 4.1 درجة مئوية بالنسبة لعام 2003. بينما تراوحت القيم في عام 2014 بين 20 إلى 33 درجة مئوية مع متوسط 26.5 درجة مئوية وانحراف معياري قدره 4.4 درجة مئوية لمئوية عام 2014. وأظهرت هذه النتائج أدلة قوية للعلاقة بين التغيرات في أنواع الغطاء الأرضي ودرجة الحرارة السطحية في المدينة.

وهدف دراسة هيفاء المحمد، وآخرون (2016) إلى كشف وتحليل التغيرات في الغطاء النباتي في حوض وادي العرب خلال الفترة (1984-2015) باستخدام المؤشرات النباتية الطيفية لتحديد المؤشر النباتي الأفضل، وتقويم مدى ملائمته في تحديد التغيرات في الغطاء النباتي حيث تم استخلاص قيم أربع مؤشرات لتغطية، وتوصلت الدراسة أن هناك علاقة ارتباط قوية وذات دلالة إحصائية بين مؤشر النبات المحسن الثاني والتغير في الغطاء النباتي وان أكثر المناطق تناقصاً بالغطاء هي منطقة ما بعد بحيرة السد غرب حوض وادي العرب.

وأوضحت دراسة Ibrahim و Abu-Mallouh (2018) أثر استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظام المعلومات الجغرافية (GIS) وكذلك بيانات الأرصاد الجوية في دراسة العلاقة بين التحليل المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض والتغيرات الحالية في استخدام الأرض / الغطاء الأرضي بناء على الوحدات الجيولوجية في المنطقة الشمالية الشرقية من الأردن، وبينت النتائج العلاقات الإحصائية بين أنواع استخدام الأراضي ودرجة حرارة سطح الأرض وخلصت الدراسة إلى أن درجات الحرارة السطحية العظمى لأنواع استخدام الأراضي للتركيب الصخري هي 59 درجة مئوية ضمن تكوين البازلت، وأوصت بضرورة استخدام بيانات المرئيات الفضائية في الدراسات البيئية، نظراً لما تتمتع به من قدرة عالية على التمييز بين أنواع استخدام الأراضي والتركيب الصخري.

وهدف دراسة Salah Uddin M. Jaber (2018) إلى توصيف الخصائص المكانية والزمانية لوفرة الغطاء النباتي والذي يمثل مؤشرات الغطاء النباتي NDVI وحرارة سطح الأرض (LST)) والتحقيق من أنواع العلاقات بين هذه المتغيرات في مواسم مختلفة في فترة الدراسة 1987-2016، باستخدام بيانات لاندسات في أمانة عمان الكبرى، حيث أظهر تحليل الارتباط وجود علاقة سلبية بين مؤشرات الغطاء النباتي ودرجة حرارة السطح في الصيف وعلاقة إيجابية في فصل الشتاء. وهذا يؤثر إلى وجود نمط الجزيرة

الحرارية الحضريّة المعكوسة.

وبينت دراسة Javed, M (2018)، الخصائص الأرضية لدرجة الحرارة السطحية في البيئات الجبلية شبة الجافة من مدينة أبها في المملكة العربية السعودية، باستخدام بيئة الاستشعار عن بعد وأنظمة المعلومات الجغرافية، وكشفت النتائج أن درجة الحرارة السطحية قد تأثرت باستخدام الأراضي/الغطاء الأرضي والتضاريس. وتبدي المناطق المرتفعة ذات الكثافة والتجارية/الصناعية درجة حرارة سطحية أعلى من نظيرتها الأراضي المحيطة بها. وأوضحت الدراسة أن هناك انخفاض تدريجي في درجة حرارة سطح الأرض مع زيادة الارتفاع. بالإضافة أنها بينت تأثير التبريد باتجاه المنطقة المحيطة بالمدينة، وأوصت الدراسة بضرورة استخدام نتائج هذه الدراسة لبناء تخطيط حضري مستدام بيئياً يناسب المناطق شبه الجافة لخلق ممارسات تراعي البيئة المحلية في التخطيط الحضري. وأظهرت دراسة Abu-Quadis و Shatnawi (2019) التغيرات في درجة حرارة سطح الأرض (LST) في شمال الأردن خلال الفترة من 2000 إلى 2016. نتيجة ما شهدته المنطقة من زيادة في تدفق اللاجئين، ابتداء من عام 2003، مما أدى إلى التوسع الحضري في المنطقة التي انعكست على الظروف المناخية، وأثرت على قيم LST. تم استخدام صور الأقمار الصناعية لاستخراج قيم LST، وتمثل المرئيات التي تم الحصول عليها موسمين من كل عام، وهما الصيف والشتاء. تم تنفيذ محاكاة وتنبؤ لقيم LST للسنوات العشر القادمة باستخدام نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية الخارجية ذاتية الانحدار الأحادي (NARX). حيث أظهر النموذج ارتباطاً كبيراً بين مؤشر التغطية النباتية NDVI وقيم LST المتوقعة، وتراوح معامل الارتباط لمجموعة التدريب ومجموعة التحقق من الصحة ومجموعة الاختبار والبيانات بأكملها من 0.91 إلى 0.92. وبناءً على قيم LST المتوقعة، تم تطوير خرائط LST للسنوات العشر القادمة.

ويظهر من خلال العرض الموجز للدراسات السابقة فان هذه الدراسة تختلف عن سابقتها، من ناحية خصوصية وطبيعة مدينة إربد والتي تتميز بانها أكثر مناطق الأردن كثافة سكانية بسبب ارتفاع معدلات النمو السكاني من جهة، واستقبالها لأعداد كبيرة من اللاجئين من الدول المجاورة نتيجة الحروب من جهة أخرى، والذي بدوره انعكس على زيادة التوسع العمراني وعلى حساب أصناف الأراضي الأخرى للمدينة، إضافة إلى حداثة الفترة الزمنية للدراسة، والاختلاف الواضح في بعض جوانب الأسلوب والمنهجية المتبعة بما يتلاءم وطبيعة المنطقة وخصوصية معطياتها الجغرافية.

منهجية الدراسة

تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي Descriptive analytical approach المبني على أساس تطوري لبيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة، وذلك من خلال وصف وتحليل أنماط الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي، ودرجات الحرارة السطحية، والمشتقة من ذات المرئيات، وربطهما مع المؤشرات الأرضية خلال أعوام الدراسة الممتدة من عام 1986 ولغاية عام 2018 ومن أجل تلك الغاية اتبعت الإجراءات التالية والتي يبينها شكل (2):

1. جمع البيانات الأساسية: التي تضمنت الحصول على حدود منطقة الدراسة والمتمثلة بحدود مدينة إربد فيما بعد عام 2001، وتبع ذلك تحميل ثلاث مرئيات فضائية من القمر Landsat من خلال ما توفره هيئة المسح الجيولوجي الأمريكي USGS على موقعها الإلكتروني (<http://earthexplorer.usgs.gov>)، ضمن المسار المحدد لمنطقة الدراسة (Path:174 / Row:037) وخلال فترات الدراسة والمتمثلة جميعها بالقمر الصناعي Landsat، بدءاً من عام 1986 بمسح 5 TM، مروراً بعام 2002 بمسح ETM+ 7، وانتهاءً بعام 2018 بمعالج 8 OLI، ويوضح ذلك الجدول (1)، ومن أجل تمثيل الظروف البيئية لمنطقة الدراسة خير تمثيل فقد اختير شهر نيسان من اشهر العام ممثلاً لفترات الدراسة؛ وذلك نظراً لتوفر الغطاء الكامل للمرئيات في ذلك الشهر، ولجميع الفترات لمنطقة الدراسة، وملائمة الظروف الجوية من حيث صفاء السماء وقلّة تغطيتها بالغيوم بنسبة تقل عن 10%، وكذلك لكون الغطاء النباتي في ذلك الشهر تلقى القدر الكافي من رطوبة مياه الأمطار التي تسمح له بالنمو الجيد والمتوازن، مما يضمن نتائج مقارنة افضل لمتغيرات الدراسة والمشتقة من المرئيات الفضائية شكل(3). وكذلك تم الحصول ومن ذات الموقع على طبقة الارتفاع الرقمي DEM لمنطقة الدراسة على شكل نموذج ASTER DEM بدرجة وضوح مكانية (30m*30m)، إضافة إلى مرئيات ذات وضوح مكاني عالي من خلال ما يعرضه برنامج Google Earth pro من سجل تاريخي للمرئيات تمثل فترات الدراسة، من أجل ضبط وتقييم عملية التصنيف الموجة المستمد من المعالجات الطيفية للمرئيات الفضائية (5.7.8) Landsat، تم الحصول كذلك على البيانات من المصادر الرسمية وغير الرسمية لمنطقة الدراسة والمتمثلة بالخريطة الطبوغرافية لمدينة إربد (لوحة إربد) مقياس 1:50000، المركز الجغرافي الملكي الأردني لعام 1994، إضافة إلى بعض التقارير الإحصائية التي تم الحصول عليها من بلدية إربد الكبرى لعام 2018، وتقارير دائرة الإحصاءات العامة لنفس العام، من أجل التعرف على الخصائص العامة للسكان والمساكن في مدينة إربد ومناطقها.

جدول (1) بيانات وخصائص المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة.

Satellite	Sensor	Path / Row	Date of Acquisition	(GMT) Time of Acquisition	Sun Elevation	Sun Azimuth	Image Quality
Landsat 5	TM	174 / 037	1986/04/5	07:02:00 am	50.465903	126.62295	7
Landsat 7	ETM+	174 / 037	2002/04/24	07:59:30 am	49.962360	137.12751	9
Landsat 8	OLI/TIRS	174 / 037	2018/04/13	08:10:10 am	58.589600	135.18137	9

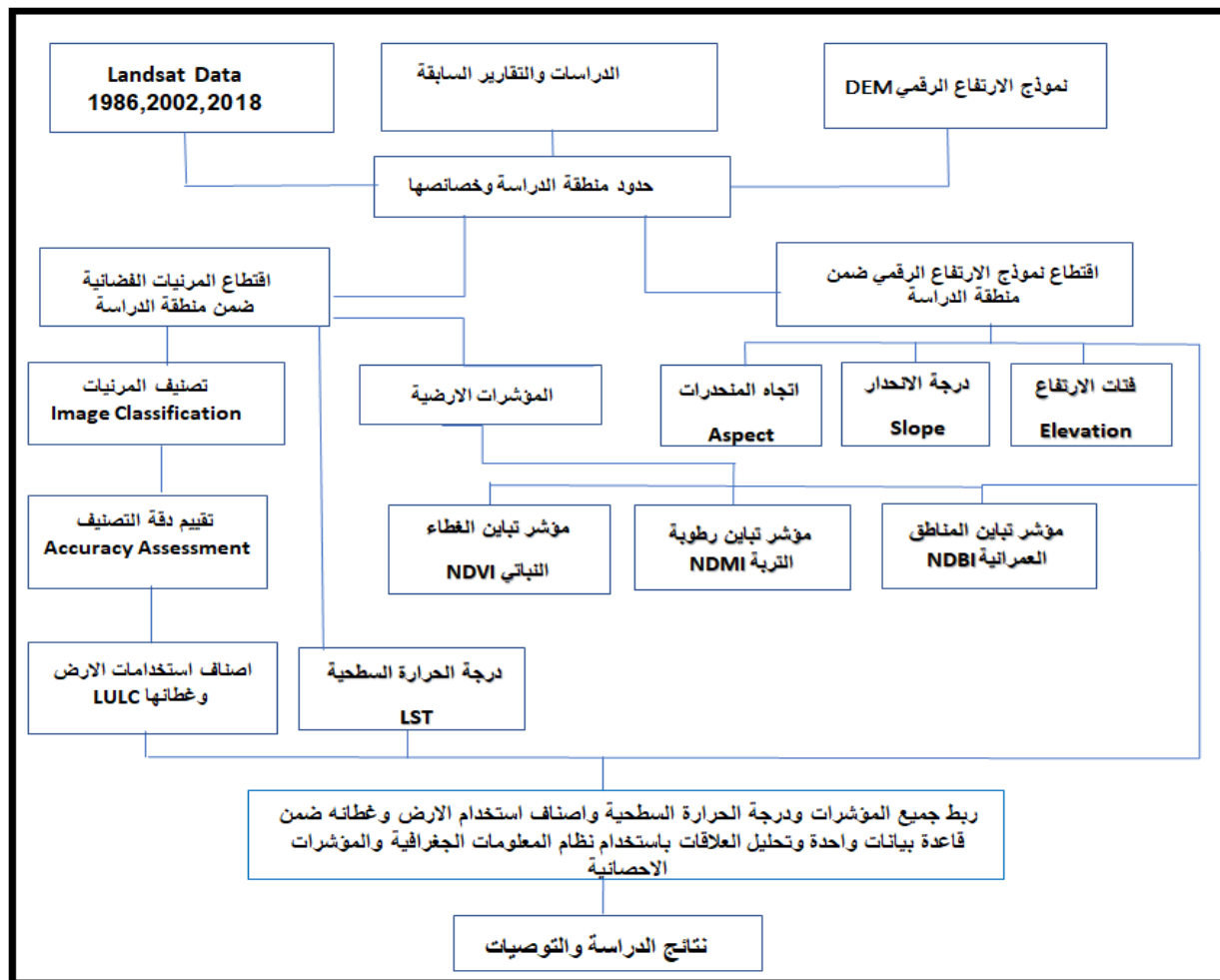
Spatial Reference: WGS-1984-UTM-Zone-36N, Datum: D-WGS-1984. Resolution: (30m).

Source: USGS (<http://glovis.usgs.gov/>)

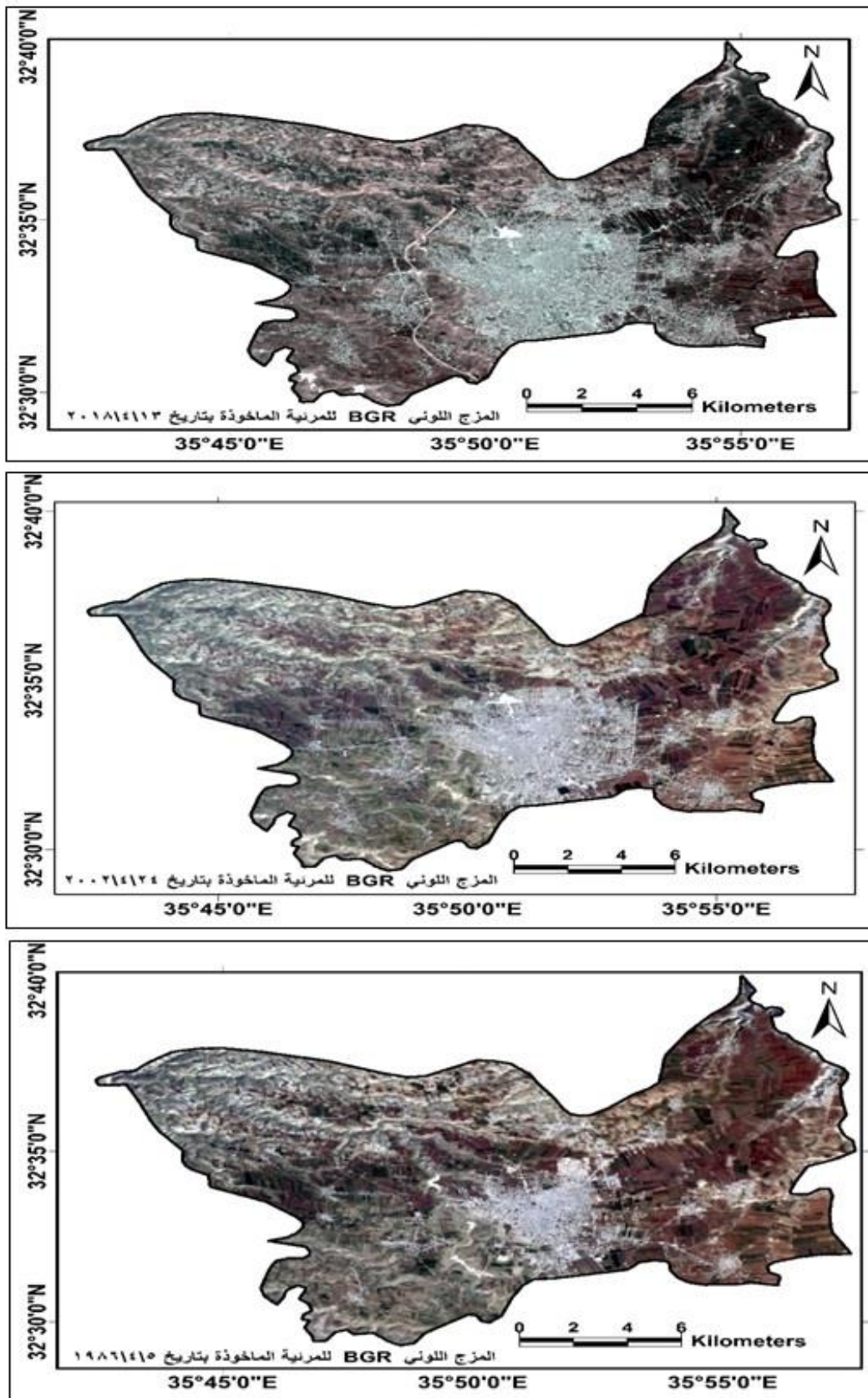
2. توقيع نظام إحداثيات موحد لجميع الطبقات والمرئيات المستخدمة والمشتقة في الدراسة ولكل مراحل العمل، والمتمثل بنظام إسقاط الجيوئيدي العالمي Word Geodetic System-1984 بنظام الإسناد 1984 وعلى النحو التالي:

Project Coordinate System: GCS_WGS_1984- Projection: WGS_1984- Datum: D_WGS_1984.

3. بعد التأكيد على عملية التحسين الراديومتري والمكاني للمرئيات الفضائية والمعدة من قبل الجهات الموزعة لها USGS، اقتطعت منطقة الدراسة لجميع المرئيات قيد الدراسة Landsat ولكافة النطاقات المتوفرة، باستخدام بيئة نظام المعلومات الجغرافية ARC GIS 10.5، ولغرض الحصول على تركيب لوني حقيقي للمرئيات الفضائية فقد تم دمج نطاقات المرئيات (1-3) في كل مرئية ضمن تركيب لوني واحد (RBG)، تمهيداً لإجراء عمليات التصنيف الموجة للمرئيات الفضائية خلال فترات الدراسة إلى أصناف من استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي. بالإضافة الى ذلك تم تجهيز نموذج الارتفاع الرقمي ضمن حدود منطقة الدراسة لاشتقاق الخصائص الطبوغرافية والمتمثلة بطبقات الارتفاعات وانحدار السفوح.



شكل (2) الإجراءات المتبعة في الدراسة.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة.

شكل (3) المرئيات الفضائية (5,7,8) LANDSAT المستخدمة في الدراسة.

4. تم عمل التصنيف الموجبة Supervised Classification للمريثات الفضائية وخلال أعوام الدراسة من خلال برنامج ARC GIS 10.5، للتعرف على أصناف الغطاء الأرضي واستعمالاتها في مدينة إربد، حيث تقوم هذه المرحلة على اختيار عينات مكانية تدريبية Training Area تمثل كل صنف من الأصناف وتحويلها إلى ملف بصمة طيفية Signature File لتعميمه على كافة نطاقات المريثة قيد الدراسة ضمن التركيب اللوني الحقيقي المعد، ومن أجل هذه الغاية فقد تم حصر أربعة أصناف للغطاء الأرضي واستعمالات في منطقة الدراسة وهي: المناطق العمرانية، الأراضي الجرداء، الأراضي الزراعية ومناطق الغابات، اعتماد على المستوى الأول من نظام التصنيف الذي قدمه أندرسون عام 1976 (Anderson, J., et al. 1976) مع إضافة تعديلات طفيفة لتلائم طبيعة وخصائص مدينة إربد كما يوضح ذلك جدول (2).

جدول (2) أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي المستخدمة في الدراسة.

الوصف العام	الصنف	
التجمعات السكانية ومرافقها من طرق ومنشآت خدمية.	المناطق العمرانية Urban Areas	1
الأراضي الصخرية والتكشفت التي لا تحوي غطاء نباتي.	الأراضي الجرداء Bare Lands	2
المناطق المزروعة المروية والبعلية وأراضي المحاصيل الحقلية وتلك المتروكة بورا.	الأراضي الزراعية Agricultural Lands	3
الغابات بنوعها الطبيعية والمستزرعة.	مناطق الغابات Forest Lands	4

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نظام تصنيف أندرسون، 1976.

5. وبعد تحديد أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي، تم اختيار (100) عينة مكانية تدريبية بواقع (25) عينة لكل صنف من الأصناف وموزعة بشكل عشوائي على كافة أنحاء المريثة تبعاً لما ينشئه التفسير اللوني والخرائط الطبوغرافية وخرائط الجوجل المقطعة ضمن حدود منطقة الدراسة، وباستخدام طريقة خوارزمية التصنيف الموجبة بالاحتمالية العظمى Maximum Likelihood classification استخرجت أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي ولكافة المريثات خلال فترات الدراسة، ومن أجل التعرف على دقة التصنيف Classification Accuracy Assessment المشتق من المريثات، وتبعاً للأدبيات العالمية (Jensen, J. 2005)، (Zha, y, et al. 2003) فقد تم إنتاج مصفوفة الخطأ الكلية Error Matrix للأصناف المشتقة، وتضمنت مصفوفة الخطأ تقيماً للدقة الكلية Overall Accuracy، ودقتي المستخدم والمنتج User & Producer Accuracy ومعامل كبا الإحصائي Kappa Coefficient.

6. تم تقدير درجة حرارة سطح الأرض (LST) Land Surface Temperature بالاعتماد على النطاقات الحرارية للمريثات الفضائية المستخدمة في التحليل، فاعتمد في مريثة Landsat 8 النطاقين 10، 11 بينما في مريثتي Landsat 5 & 7 اعتمد النطاق 6. وإجراء ذلك التقدير يتطلب الأمر تطبيق مجموعة من المعادلات والخوارزميات (Lo, Weng, Q et al, 2004). (Weng, Q. 2001). (Weng, Q. 2001). (Quattrochi, D & Luvall, J. 1999) (C. et al, 1997) من خلال بيئة نظم المعلومات الجغرافية Arc Map 10.5، وباستخدام الأمر Raster image calculator. حيث تتمثل الخطوة الأولى باستخراج المؤشرات الموجودة في ملف metadata المرفق مع ملف المريثة الفضائية عند تنزيلها من موقع وكالة المسح الجيولوجي الأمريكي USGS. ويمكن توضيح معادلات استخراج درجة حرارة سطح الأرض والمشتقة من مريثة Landsat 8 بالخطوات الموضحة في الجدول (3). (Masek, J, et al, 2006). (Jones, J, et al, 2013). (Vermote, E, et al, 2016).

علمًا بأن ما يتم احتسابه من قيم درجة الحرارة السطحية يكون على قمة الغلاف الغازي Top of the Atmosphere والتي يتم تسجيلها بانعكاسية حرارة الجسم الأسود، والممثلة من ثلاث قيم إشعاعية أحدها من سطح الأرض وأخرى من الغلاف الغازي بينما تمثل الأخيرة الإشعاع الممتص من الفضاء، وبذلك لا تظهر اثر الغلاف الغازي الذي يكون تأثيره عادة بحدود (1-5) كلفن (Weng, et al. 2004)، ولغاية التغلب على هذا التأثير في الدراسة تم اختيار مريثات في أوقات التقاط تضمن صفاء السماء وخلوها من غطاء السحب وبنسبة تقل عن 10% للفترات المستخدمة في الدراسة، وباعتبار إن هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية تقوم بتصحيح جزئي للخصائص الراديومترية للمريثات قبل التوزيع، بالإضافة إلى سمة التماثل الكلي للمريثات زماناً ومكاناً، فإن ذلك لا

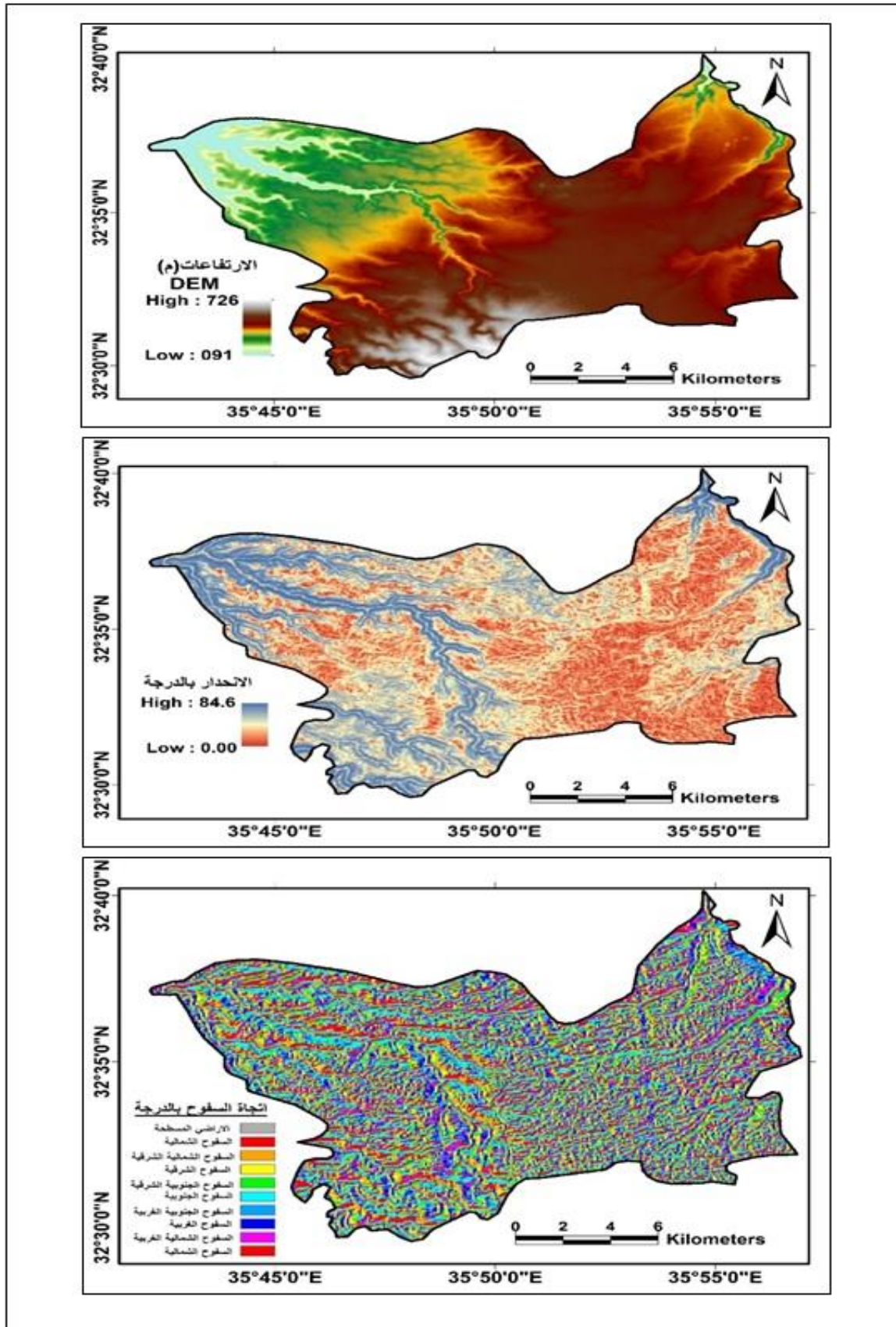
يقلل من أهمية دراسة التباين المكاني لدرجات الحرارة السطحية، ولا يقلل كذلك من بناء العلاقات فيما بين المتغيرات الأرضية ودرجة الحرارة السطحية.

7. استخرجت المؤشرات الأرضية للمرتبات الفضائية، ويوضح ذلك الجدول (4) والمتضمنة: مؤشر تباين الغطاء النباتي NDVI ومؤشر تباين الاختلافات الحضرية NDBI، ومؤشر تباين رطوبة التربة NDMI. استخدمت المعالجات الكارتوغرافية والأشكال والرسوم البيانية والعلاقات الانحدارية الخطية Linear Regression Coefficient، لبيان مجمل العلاقات بين درجة حرارة سطح الأرض LST والمؤشرات الأرضية والمتمثلة: مؤشر تباين الغطاء النباتي NDVI ومؤشر الاختلافات الحضرية NDBI، ومؤشر تباين رطوبة التربة NDMI، والمتغيرات الطبوغرافية، شكل (4)، والتي تشمل فئات الارتفاع Elevation، ودرجات الانحدار Slope.

جدول (3) معادلات استخراج درجة حرارة سطح الأرض والمشتقة من مرئية Landsat 8.

المتغير	المعادلة الرياضية		دلالة المتغيرات
	رمز المتغير	طريقة الاشتقاق	
1	TOA(L)	$= M L * Q \text{ cal} + A L$	عامل القياس المضاعف للنطاق ويتم الحصول عليه من ملف البيانات التعريفية للمرئية (RADIANCE_MULT_BAND_x)
			النطاق 10 (band 10)
2	BT	$= (K 2 / (\ln (K 1 / L) + 1)) - 273.15$	عامل التحجيم الإضافي للنطاق ويتم الحصول عليه من ملف البيانات التعريفية للمرئية (RADIANCE_ADD_BAND_x)
			ثابت التحويل الحراري الأول ويتم الحصول عليه من ملف البيانات التعريفية للمرئية (K1_CONSTANT_BAND_x)
3	NDVI	$= \text{Float} (\text{Band } 5 - \text{Band } 4) / (\text{Band } 5 + \text{Band } 4)$	ثابت التحويل الحراري الثاني ويتم الحصول عليه من ملف البيانات التعريفية للمرئية (K2_CONSTANT_BAND_x)
			الإشعاع الطيفي TOA
4	Pv	$= \text{Square} ((\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{min}}) / (\text{NDVI}_{\text{max}} - \text{NDVI}_{\text{min}}))$	النطاق الرابع في مرئية Landsat8
			النطاق الخامس في مرئية Landsat8
5	ϵ	$= 0.004 * P_v + 0.986$	القيمة العظمى من مؤشر التباين في الغطاء النباتي NDVI
6	LST	$= (BT / (1 + (0.00115 * (BT / 1.4388) * \ln(\epsilon))))$	القيمة الدنيا والعليا من مؤشر التباين في الغطاء النباتي NDVI
			نسبة الغطاء النباتي
7	LST	$(LST - 273.15) =$	درجة حرارة السطوح Brightness
			الانبعاثية الطيفية Emissivity
			اشتقاق قيم الانبعاثية الطيفية Emissivity ϵ
			اشتقاق NDVI مؤشر التغطية النباتية. Difference Normalized Vegetation Index
			اشتقاق الإشعاع الطيفي (أعلى الغلاف الجوي) TOA spectral radiance (Top of Atmospheric)
			تحويل الإشعاع الطيفي TOA (L) إلى درجة حرارة السطوح BT Temperature
			اشتقاق NDVI مؤشر التغطية النباتية. Difference Normalized Vegetation Index
			اشتقاق نسبة الغطاء النباتي proportion of Pv .vegetation
			اشتقاق قيم الانبعاثية الطيفية Emissivity ϵ
			حساب درجة حرارة سطح الأرض LST Land Surface Temperature .Temperature
			وللحصول على درجة حرارة السطح بالدرجة السيليزية (Celsius) يتم إضافة الصفر المطلق (Kelvin) بالمعادلة

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على أدبيات الدراسة.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM).

شكل (4) الخصائص الطبوغرافية لمنطقة الدراسة.

جدول (4) مؤشرات المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة.

المؤشر	رمز المؤشر	اشتقاق المؤشر	أصناف نتائج المؤشر
مؤشر التغطية النباتية Normalized Difference Vegetation Index (Rouse et al., 1974)	NDVI	$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$ Landsat 7 data, $\text{NDVI} = (\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + \text{Band 3})$ For Landsat 8 data, $\text{NDVI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$	0 to 1=NDVI تمثل المسطحات المائية 0.1 to -0.1=NDVI تمثل الصخور المنكشفة والرمل والغطاء الثلجي 0.2 to 0.5=NDVI تمثل الشجيرات والمراعي والمحاصيل الحقلية 0.6 to 1.0=NDVI تمثل الغطاء النباتي الكثيف والغابات المطيرة الاستوائية
مؤشر الاختلافات الحضرية Normalized Difference Built-up Index (Zha et al., 2003)	NDBI	$\text{NDBI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR})$ Landsat 7 data, $\text{NDBI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$ Landsat 8 data, $\text{NDBI} = (\text{Band 6} - \text{Band 5}) / (\text{Band 6} + \text{Band 5})$	تقع قيم المؤشر بين -1 إلى +1 وتمثل القيمة السالبة المسطحات المائية، بينما تمثل القيمة الموجبة مناطق التجمعات العمرانية، مع ملاحظة أن قيم التغطية النباتية لهذا المؤشر منخفضة.
مؤشر فرق رطوبة التربة Normalized Difference Moisture Index (Xu, 2006)	NDMI	$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$ Landsat 7 data, $\text{NDMI} = (\text{Band 4} - \text{Band 5}) / (\text{Band 4} + \text{Band 5})$ Landsat 8 data, $\text{NDMI} = (\text{Band 5} - \text{Band 6}) / (\text{Band 5} + \text{Band 6})$	تقع قيم المؤشر بين -1 إلى +1 وتمثل القيمة السالبة المناطق ذات المحتوى الرطوبي القليل أي التي تعاني من الجفاف، بينما تمثل القيمة الموجبة مناطق ذات رطوبة عالية مثل: المناطق النباتية والمسطحات المائية.

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على أدبيات الدراسة.

نتائج الدراسة ومناقشتها

أولاً: نتائج التصنيف الموجة للمرئيات الفضائية المستخدمة في مدينة إربد.

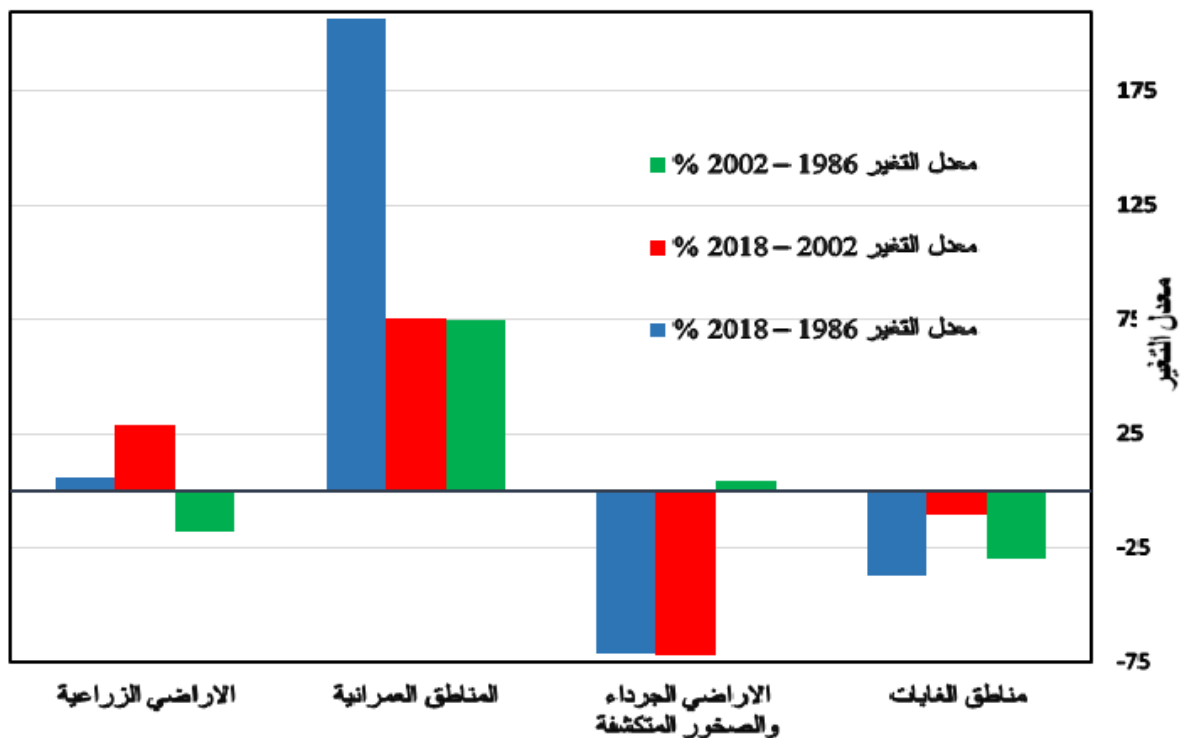
استناداً إلى نتائج التصنيف الموجة بالاحتمالية العظمى للمرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة، تم الحصول على تقديرات أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي خلال فترات الدراسة والممتدة من عام 1986 ولغاية عام 2018 كما يوضح ذلك جدول (5)، إذ أظهرت نتائج تصنيف الأراضي لمدينة إربد في عام 1986، أن الأراضي الزراعية شكلت أكبر امتداد بمساحة 97.7 كم² بما نسبته 41.5%، بينما شكلت المناطق الجرداء ثلث مساحة المدينة، بحوالي 80 كم²، في حين أن المناطق العمرانية والغابات لم تتجاوز نسبة توأجهما ربع المساحة بما نسبته 24% من إجمالي المساحة الكلية والبالغة 235.5 كم². وبينت نتائج التصنيف لعام 2002 ملامح التطور والامتداد العمراني وبنسبة زيادة تقدر 75% وعلى حساب صنف الغطاء النباتي والمتمثل بالغابات والأراضي الزراعية حيث تراجع نسبة الغابات بحدود 30% من مساحتها في عام 1986، بينما بلغت نسبة التراجع في الأراضي الزراعية حوالي 18%، في حين حافظت الأراضي الجرداء على مساحتها مع نسبة زيادة ضئيلة 4%. وبدو انه وفي ظل عدم وجود سياسات واستراتيجيات واضحة لتوجيه وتحديد الامتدادات العمرانية في مدينة إربد، استمر الوضع السابق خلال عام 2018 وبذات النسبة للمناطق العمرانية مع اختلاف توجه الامتداد العمراني والذي أصبح يتجه نحو المناطق الجرداء بنسبة تراجع بلغت 72% بمساحة تقدر 23 كم²، واستمر التراجع ذاته لنطاقات الغابات ولكن بنسبة اقل 10%، مما يدل دلالة واضحة على تنبه الجهات الرسمية للحفاظ على الغابات وحمايتها من التراجع المتزايد. وان هذه التوجهات طالت كذلك استصلاح الأراضي الزراعية بما انعكس على زيادة نسبتها بحوالي 29% عما كانت عليه في الفترة السابقة من عام 2002.

جدول (5) نتائج التصنيف الموجة للمرييات الفضائية لأصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي والمتضمنة: مساحات ونسب ومعدلات التغير في مدينة إربد خلال المدة الزمنية 1986-2018.

معدل التغير - 1986 % 2018	معدل التغير - 2002 % 2018	2018		معدل التغير - 1986 % 2002	2002		1986		صنف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي
		النسبة المئوية	المساحة كم ²		النسبة المئوية	المساحة كم ²	النسبة المئوية	المساحة كم ²	
-37.37	-10.56	7.39	17.41	-29.98	8.27	19.47	11.81	27.80	مناطق الغابات
-70.91	-72.12	9.91	23.34	4.35	35.55	83.72	34.07	80.22	الأراضي الجرداء
206.93	75.26	38.73	91.19	75.12	22.10	52.03	12.62	29.71	المناطق العمرانية
5.93	29.00	43.97	103.53	-17.88	34.08	80.26	41.50	97.73	الأراضي الزراعية
		100	235.47		100	235.47	100	235.47	المجموع

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التصنيف الموجة.

ويبين شكل (5) أن سمة التطورات التي حدثت خلال الفترة الكلية من عام 1986 ولغاية عام 2018 وبشكل عام هي سمة الامتدادات الواسعة والكبيرة للمناطق العمرانية وبنسبة تطور بلغت 206% وعلى حساب كل أراضي الأصناف الأخرى التي يأتي في مقدمتها الأراضي الجرداء والصخور المتكشفة وبنسبة تراجع 71%، بينما كانت نسبة التراجع في المناطق الغابية بحدود 37%، في حين بقيت الأراضي الزراعية محافظة على نسبة تواجدتها بنسبة زيادة ضئيلة بلغت 6%، مع تباين مكاني لامتداداتها داخل أراضي المدينة وخلال فترات الدراسة كما يوضح ذلك شكل (6)، والذي يبين التوزيع المكاني لأصناف الغطاء الأرض واستعمالات الأراضي في منطقة الدراسة وخلال الفترات 1986، 2002، 2018.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على تحليل مرييات الدراسة.

شكل (5) معدلات التغير في أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي في مدينة إربد خلال الفترة 1986 - 2018.

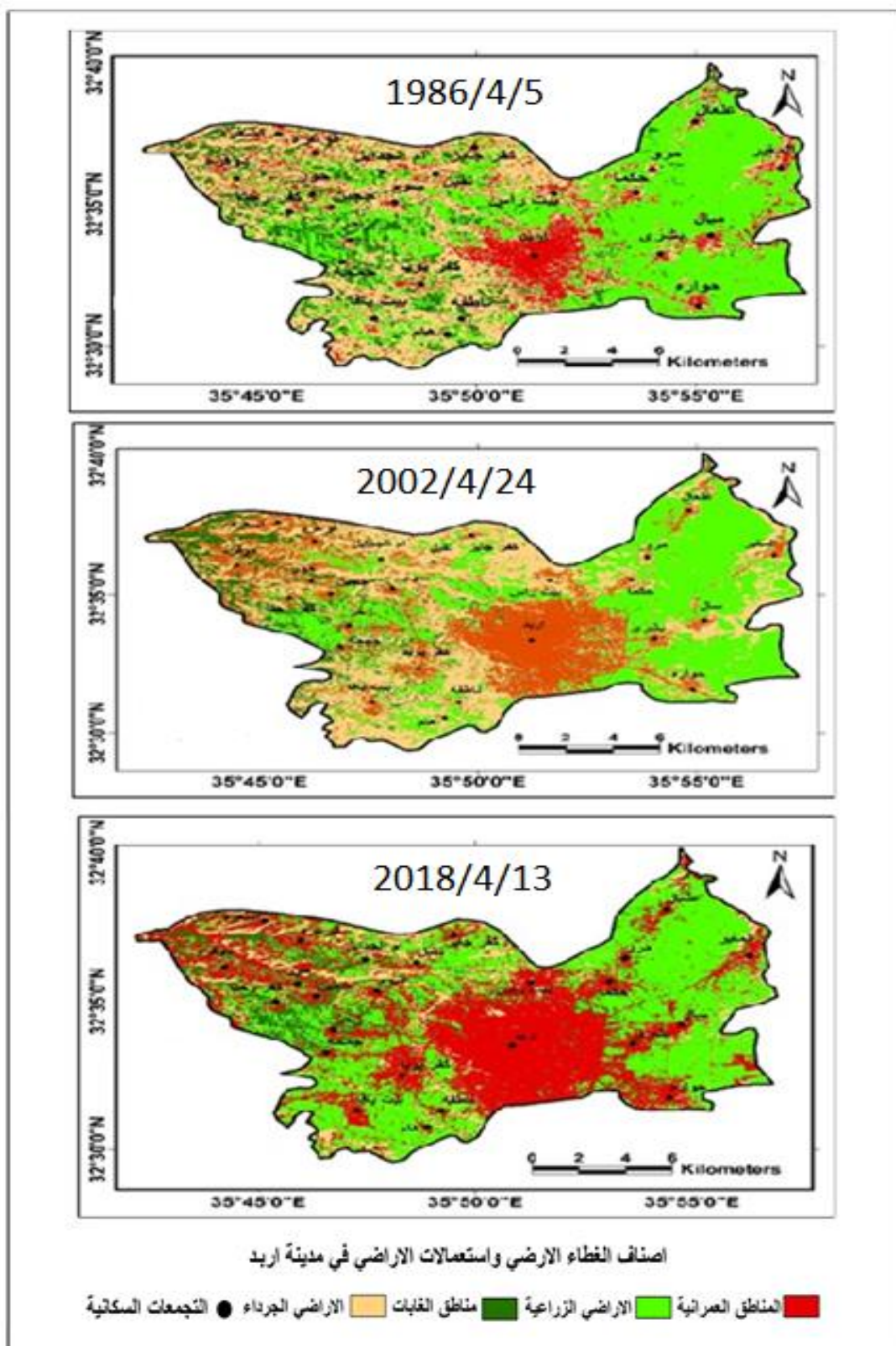
ويوضح جدول (6) مصفوفة الخطأ لتقييم دقة التصنيف الموجة لأصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي المرئيات الفضائية المستخدمة وخلال فترات الدراسة، إذ بلغت الدقة الإجمالية للتصنيف وخلال فترات الدراسة والمتمثلة بعام 1986، 2002، 2018، حوالي 90% و86% و87% وعلى التوالي، وبنسبة خطأ لم يتجاوز 24% وهي من النسب المقبولة عالمياً لغايات دقة التصنيف (Fan et al., 2007).

جدول (6) متغيرات دقة التصنيف لأنواع الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي المرئيات الفضائية المستخدمة، للأعوام 2018,2002,1986.

Landsat 8 2018	Landsat 7 2002	Landsat 5 1986	الصف	متغير التقييم Assessment Statistics
95.00	73.00	82.00	المناطق العمرانية	Producer's Accuracy % دقة المنتج %
56.00	94.00	92.11	الأراضي الجرداء	
90.00	85.00	90.50	الأراضي الزراعية	
100.0	100.0	90.00	مناطق الغابات	
92.00	89.00	81.00	المناطق العمرانية	User's Accuracy % دقة المستخدم %
100.0	86.00	89.00	الأراضي الجرداء	
90.00	89.00	95.00	الأراضي الزراعية	
87.00	67.00	81.00	مناطق الغابات	
0.87	0.86	0.90	Overall Accuracy الدقة الإجمالية	
0.81	0.81	0.86	Overall Kappa Statistic معامل كايبا الإجمالي	

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على تحليل مرئيات الدراسة.

في حين أكدت نتائج معامل كايبا نتائج الدقة الكلية للتصنيف، إذ بلغت نسبة ذلك المعامل 86% لتصنيف المرئية الملتقطة في عام 1986، بينما انخفضت هذه النسبة في تصنيف المرئيات خلال عامي 2002، 2018 إلى 81%، نظراً للتداخل الكبير بين أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي في منطقة الدراسة خلال هذين العامين. وهذا ما يؤكد نتائج دقة المنتج وخصوصاً في المناطق العمرانية والتي وصلت فيها الدقة إلى أقل نسبها في عام 2002 بحدود 73%، وتبعها في ذلك الدقة المتدنية التي حصلت عليها الأراضي الجرداء في تصنيف المرئية لعام 2018 بحوالي 56%. وأما فيما يخص دقة المستخدم فقد كانت نسب الدقة عالية وتزيد عن 81%، ألا في مناطق الغابات فقد بلغت 67%؛ وذلك بسبب التغول الكبير والتداخل الكبير لأصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي على هذا الصنف تحديداً، مما أسهم في قلة كثافته والصعوبة أحياناً في تحديد ملامحه باتباع البصمات الطيفية المستخرجة من المرئيات الفضائية.

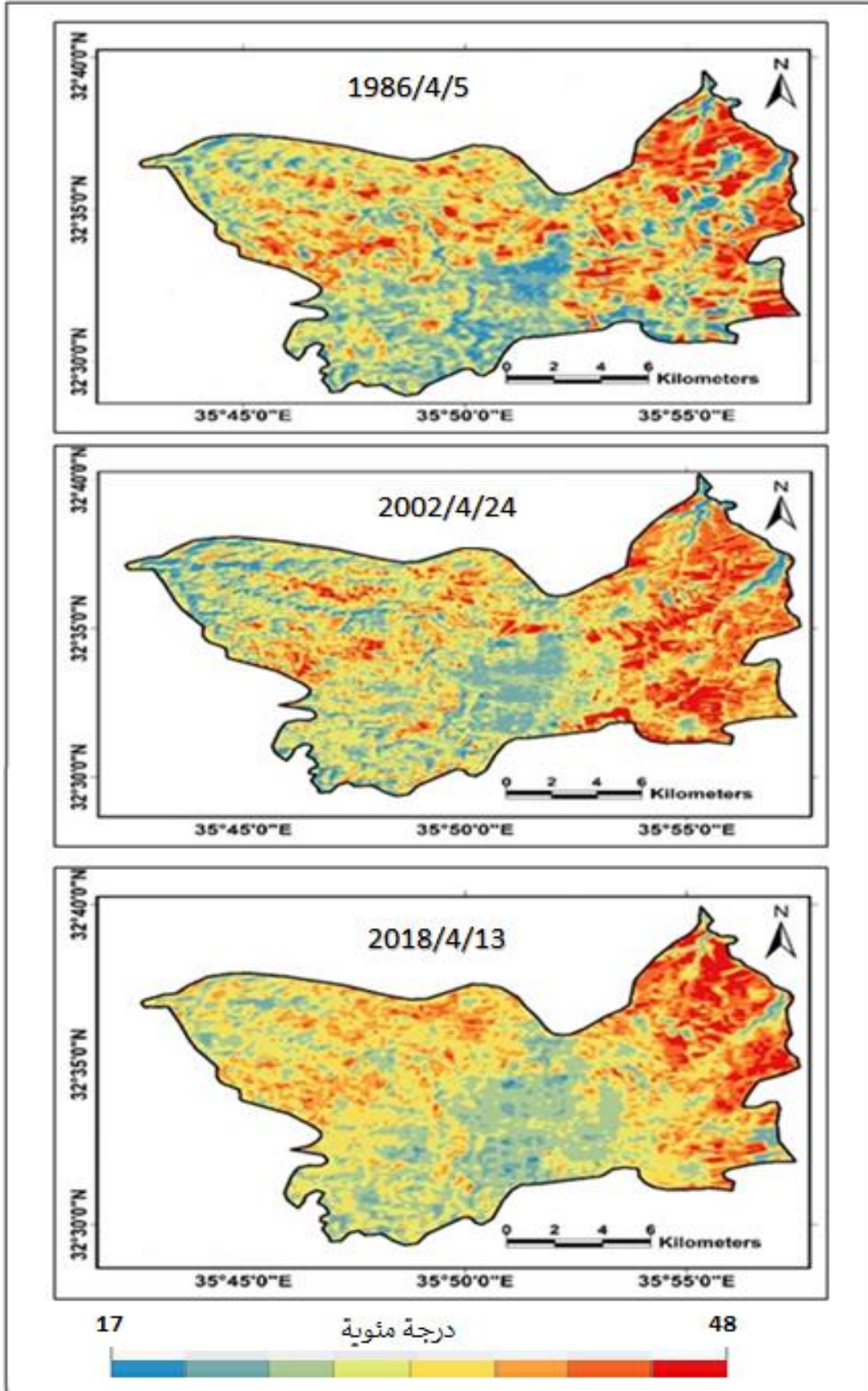


شكل (6) أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي خلال فترات الدراسة والممتدة من عام 1986 ولغاية عام 2018 الرئيسية لمنطقة الدراسة.

ثانياً. تحليل درجة الحرارة السطحية لمدينة إربد.

يظهر الشكل (7) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض والمشتقة من المرئيات الفضائية في منطقة الدراسة خلال فترة الدراسة، حيث يلاحظ بشكل عام أن المناطق الشرقية والممتدة من علال-المغير- سال-بشرى- حوارة، سجلت أعلى درجات حرارة سطحية لتصل أعلى قيمها في عام 1986 بلغت 46.8 درجة مئوية، بينما أظهرت المناطق الوسطى والجنوبية الغربية من المدينة والمتضمنة مدينة إربد - كفر يوبا-بيت يافا- ناطفة، نمطاً معاكساً للاتجاه السابق، فسجل عام 2002 ادنى قيمة لدرجة الحرارة السطحية بلغت 17.9 درجة مئوية، في حين أن المناطق الشمالية والشمالية الغربية والممتدة من بيت راس- كفر جازير- فويرة- اسعرة - حور- كفر رحتا، وقد أخذت سمة درجات الحرارة السطحية المتدنية وصلت في عام 2018 إلى قيمة 23.6 درجة مئوية، تخللها جيوب من المناطق ذات القيم الحرارية السطحية المرتفعة، خصوصاً تلك المناطق غير المشغولة الجرداء وتلك المتروكة بوراً من غير زراعة، والسفوح الجانبية للأودية والمتمثلة بوادي الغفر، ووادي العرب. ويلاحظ كذلك من التوزيع تشكل نمطاً من الانقلاب الحراري الصباحي *Morning Heal Sink* وعكس صورة الجزيرة الحرارية الحضرية فيما يطلق عليه الجزيرة الحرارية المعكوسة *The inversion of urban heat island (Buyantuyev, A, 2009)* التي تبلغ ذروتها فيما بين الساعة التاسعة والعاشر صباحاً - الاطار الزمني التي التقطت فيه مرئيات الدراسة - ضمن المناطق الحضرية والممتدة لمدينة إربد وضواحيها القريبة، ويوصف هذا النمط من خلال ارتباطه بتباين شدة الإشعاع الشمسي والانبعثات الحرارية من السطوح، مما يسهم بانخفاض في درجات الحرارة السطحية خلال ساعات النهار، وبشكل أوضح في اشهر الربيع، لاختلاف معدل اكتساب الحرارة نهاراً عما هي عليه ليلاً، فتظهر السطوح الجرداء اكثر حرارة في النهار بسبب استجابتها الحرارية العالية والسريعة لعملية التسخين الحراري، بينما تظهر السطوح العمرانية الخرسانية استجابة حرارية منخفضة بسبب القدرة العالية للمواد الحضرية على التخزين الحراري (Cai, G., et al. 2009)، بالإضافة إلى ما يسهم به ظل المباني الحضرية من التقليل من الاكتساب الإشعاعي نهاراً، وجل ذلك يسهم في بناء ما يطلق عليه الانقلاب الحراري الصباحي *Morning Heal Sink*.

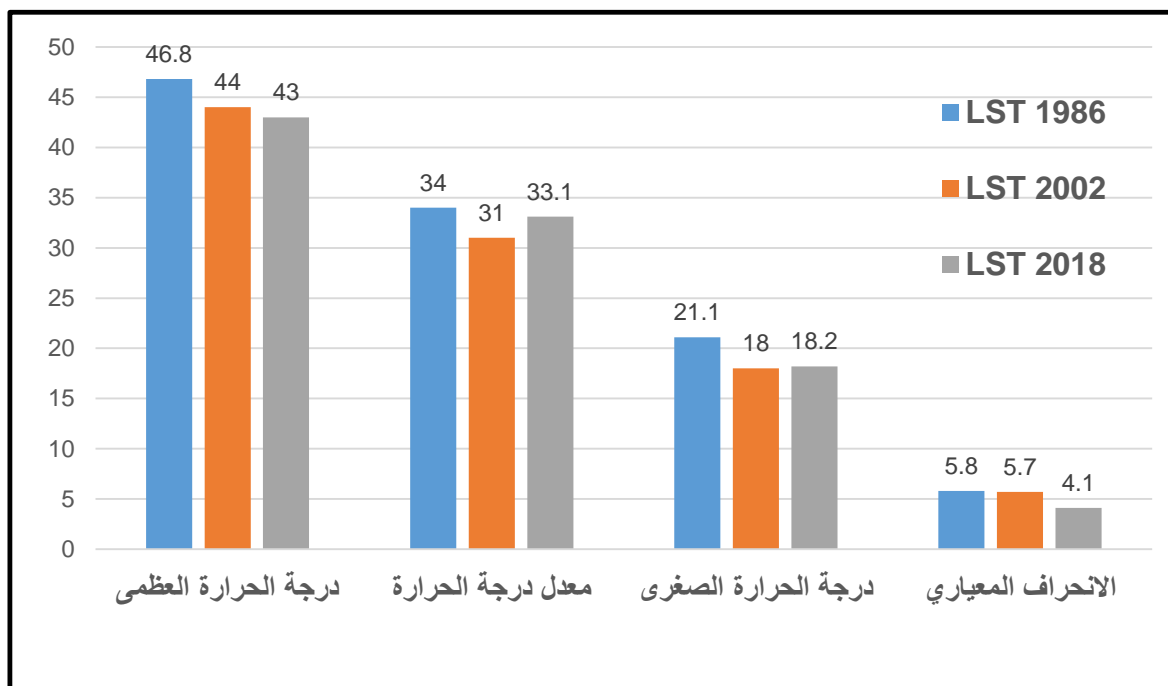
وبيين شكل (8) الخصائص الإحصائية لقيم درجة الحرارة السطحية في مناطق مدينة إربد خلال فترات الدراسة، ويتضح من خلاله ارتفاع قيم المقاييس الإحصائية لدرجة الحرارة السطحية في عام 1986 عنها في عام 2002، حيث وصلت درجة الحرارة السطحية العظمى إلى حوالي 46.8 درجة مئوية، انخفضت في عام 2002 لتصل إلى 44 درجة مئوية، واستمر ذلك الانخفاض في عام 2018 ليصل إلى 43 درجة مئوية، وهذا يعطي دلالة واضحة على التوسعات العمرانية التي حدثت في مدينة إربد تبعاً لفترات الدراسة، مما اسهم في زيادة تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية المعكوسة *The inversion of urban heat island* والتقليل من درجة الحرارة السطحية خصوصاً في ساعات الصباح الأولى التي تمثل وقت النقاط المرئية الفضائية *Landsat* المتناولة في الدراسة، وهذا بدوره



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات المستخدمة في الدراسة.

شكل (7) توزيع درجة حرارة سطح الأرض المشتقة من المرئيات الفضائية في منطقة الدراسة خلال فترة الدراسة.

انعكس على بقية المقاييس الإحصائية لدرجة الحرارة السطحية، مع ملاحظة أن متوسط درجة الحرارة السطحية لعام 2018 قد ارتفع عما هو عليه في عام 2002 بما مقداره 2.1 درجة مئوية، ويعود ذلك إلى التوسع في المساحات الزراعية في تلك الفترة وعلى حساب الأراضي الجرداء وإعادة توزيعها داخل مناطق المدينة مما أسهم جزئياً في تبديد ظاهرة الجزيرة الحرارية المعكوسة، بسبب امتداد تأثير تبريد تلك المناطق إلى المناطق الحضرية المجاورة لها، كما أظهرت ذلك قيم درجة الحرارة السطحية الصغرى التي تباينت قيمتها بين 18 إلى 21.5 درجة مئوية، وتبدي قيم الانحراف تقارباً واضحاً عند قيمة 5 درجة مئوية ليدل ذلك على أن التباينات في قيم درجة الحرارة السطحية لم تبدي تغييراً ملحوظاً خلال فترة الدراسة والممتدة من عام 1986 ولغاية عام 2018.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التحليل.

شكل (8) الخصائص الإحصائية لدرجة الحرارة السطحية بالدرجة المئوية لمدينة إربد خلال فترات الدراسة.

ثالثاً. تحليل مؤشرات الغطاء الأرضي لمدينة إربد خلال فترات الدراسة.

يوضح شكل (9) توزيع قيم مؤشر تباين الغطاء النباتي NDVI في منطقة الدراسة، ليشير إلى انخفاض قيم هذا المؤشر خلال فترات الدراسة مع الثبات النسبي للتوزيع المكاني لفئاته إلا في بعض الامتدادات التي ارتفعت فيها قيم المؤشر خصوصاً في المناطق الشرقية القريبة من منطقتي المغير وحوارة. فأنخفضت قيم المؤشر في حدها الأعلى من 0.74 في عام 1986 ليصل إلى 0.62 في عام 2002 وليستمر ذلك الانخفاض في عام 2018 إلى قيمة بلغت 0.45، ويتضح كذلك من خلال الشكل التداخل الكبير بين الأنماط المكانية لفئات قيم المؤشر في عام 2002 عنها في بقية الأعوام، بينما أبدى توزيع قيم المؤشر في أراضي منطقة الدراسة عام 2018 ميلاً كبيراً إلى الفئة المتدنية التي لا تزيد عن 0.1 تقريباً.

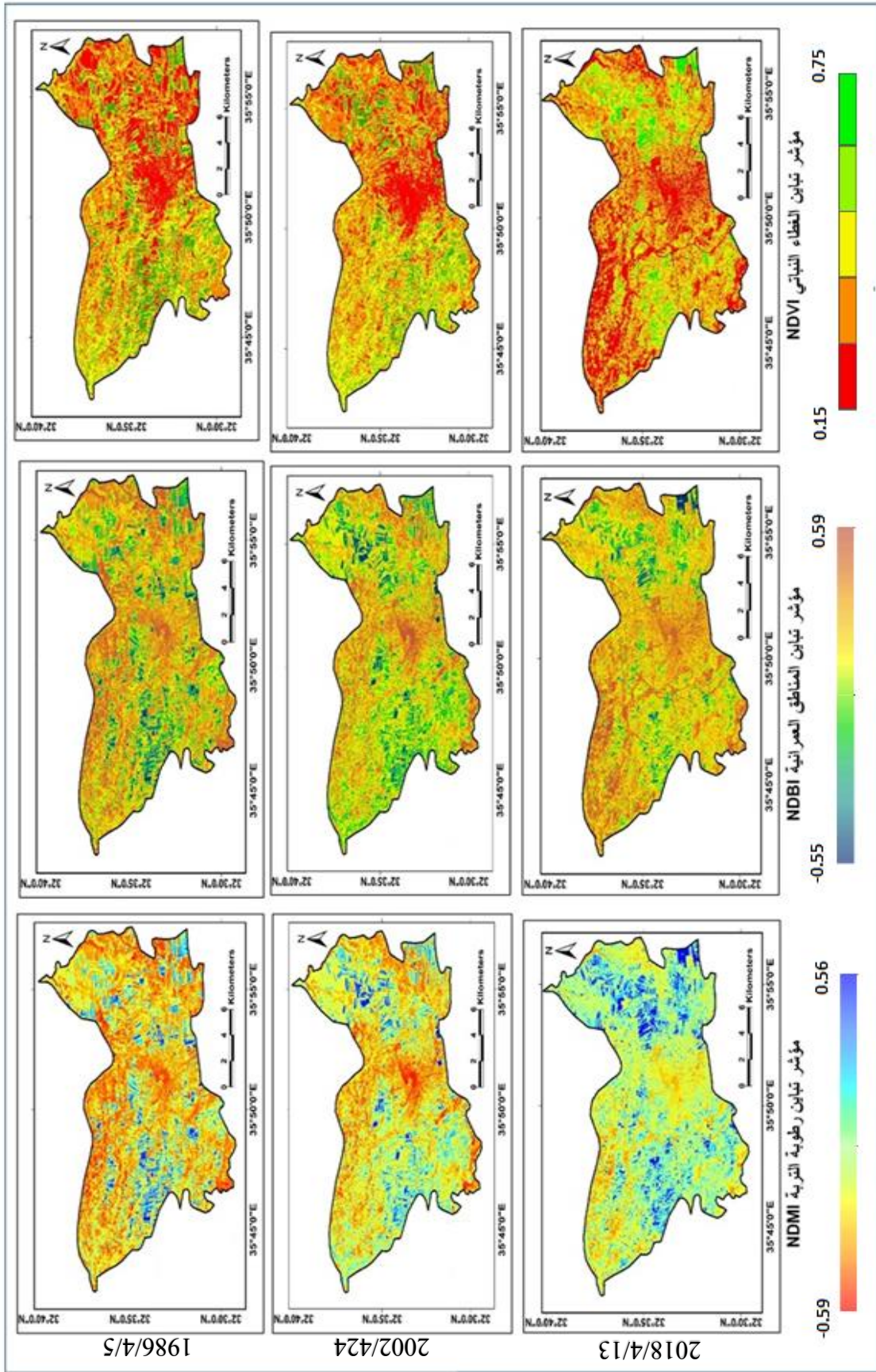
ويبين كذلك شكل (9) توزيع قيم مؤشر تباين المناطق العمرانية NDBI في أراضي مدينة إربد خلال فترات الدراسة ليظهر كذلك انخفاض حدود قيم المؤشر العليا من عام 1986 بقيمة بلغت 0.55، ولتصل إلى 0.24 في عام 2002، ولتنخفض القيمة إلى 0.21 في عام 2018، وكذلك أظهر التحليل المكاني لقيم المؤشر زيادة مساحات القيم المرتفعة من المؤشر ليعطي دلالة على التوسعات العمرانية الكبيرة التي حدثت في المدينة التي تزيد نسبتها عن 200%، بينما أظهر التحليل أن هناك تداخلات كثيرة في امتدادات هذا المؤشر في القيم المتدنية والتي تبدو أكثر وضوحاً في عام 2002.

فيما يظهر الشكل نفسه توزيع قيم مؤشر رطوبة التربة NDMI في منطقة الدراسة، والذي يبرز دور المحتوى المائي للسطوح

الأرضية، وهو بذلك مؤشر جيد لتتبع الغطاء النباتي وكثافته، ليبين الانسجام الواضح بين القيم المرتفعة للمؤشر وتوزيع الأراضي الزراعية ولاسيما أن التحليل تم على مرئيات التقطت في شهر نيسان وهو الموعد المفضل لطرح السنابل والإزهار بالنسبة للمحاصيل الزراعية، وبشكل عام يلاحظ وجود نمطين متركزين لهذا المؤشر، إحداهما في الجهة الشرقية على امتداد مناطق علعال -حوارة، والأخر في الجهة المقابلة له بامتداد مناطق فوعرة -بيت يافا، يقطع هذين الامتدادين البنية الحضرية لمدينة إربد مع ميل اتجاه التركيز نحو الجنوب، بالإضافة أن قيم هذا المؤشر ليست استثناءً عن سابقتها من المؤشرات من حيث الانخفاض الواضح لقيم الحد الأعلى من فئاتها خلال أعوام الدراسة لتتخفض من 0.59 إلى 0.45 في عام 2018.

رابعاً: تحليل العلاقة بين أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي ودرجة الحرارة السطحية لمدينة إربد خلال فترات الدراسة.

يشير الجدول (7) إلى العلاقة بين الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي والمقاييس الإحصائية لقيم درجة الحرارة السطحية في منطقة الدراسة حيث يتضح أن مناطق الغطاء النباتي بصنفيها الأراضي الزراعية والغابات ارتفعت فيها قيم متوسط درجات الحرارة السطحية خلال جميع فترات الدراسة ولتصل إلى أكثر من 34 درجة مئوية، مما يدل على ارتفاع معامل التوصيل لسطوح هذه الأراضي والذي ينعكس بدوره على رفع درجة حرارة مناطقها وبالذات في الأوقات التي تتضح فيها ملامح الانقلاب الحراري الصباحي والجزيرة الحرارية الحضرية المعكوسة. بينما في الجانب الآخر نجد صنف المناطق العمرانية انخفضت فيه قيم متوسط درجة الحرارة السطحية وخلال جميع فترات الدراسة لتبلغ 32 درجة مئوية وليشير ذلك إلى ارتفاع معامل الامتصاص للسطوح الحضرية والمتمثلة بالأحياء السكنية عالية الكثافة، والمراكز التجارية، والفضاءات الإسمنتية المتصلة بها، ومناطق الصناعة وتلقي الخدمات وعقد طرق النقل والمواصلات.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نتائج تحليل المرئيات المستخدمة في الدراسة.

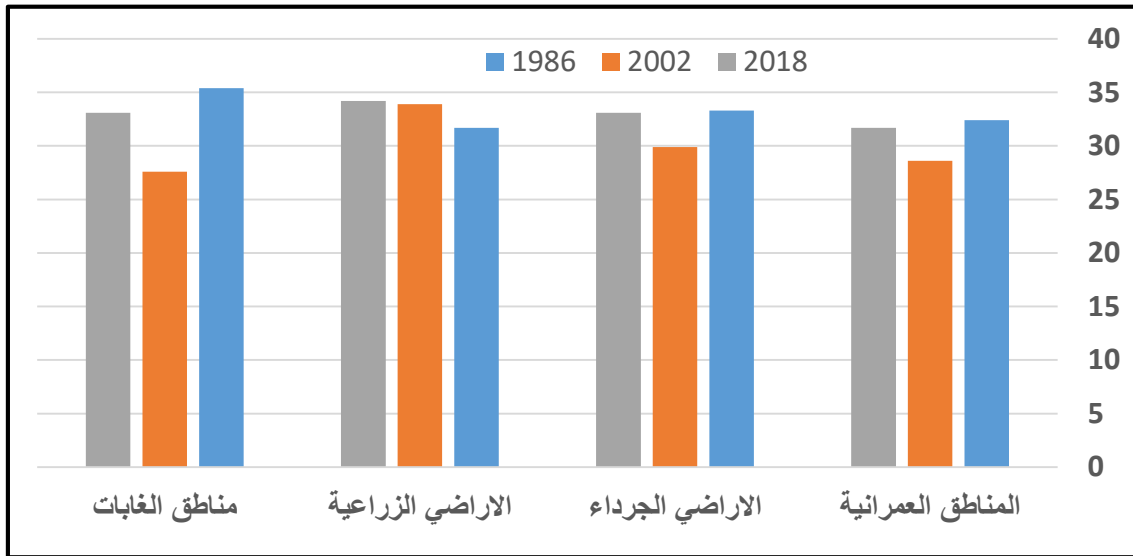
شكل (6) المؤشرات المشتقة من المرئيات الفضائية خلال المدة الزمنية للدراسة (1986-2018).

جدول (7) الخصائص الإحصائية لتقديرات درجة الحرارة السطحية والمشتقة من المرئيات الفضائية تبعاً لصنف الغطاء الأرضي والاستعمالات الأرضية خلال فترات الدراسة.

درجة الحرارة السطحية بالدرجة المئوية والمقدرة من بيانات المرئية الفضائية Landsat												صنف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي
2018/04/13				2002/04/24				1986/04/5				
SD	Mean	Max	Min	SD	Mean	Max	Min	SD	Mean	Max	Min	
2.6	31.7	41.1	18.2	2.4	28.6	39.3	18.9	2.8	32.4	44.5	21.7	المناطق العمرانية
2.9	33.1	42.3	18.2	2.6	29.9	39.7	17.9	4.1	33.3	44.5	21.2	الأراضي الجرداء
2.8	34.2	42.7	18.4	3.4	33.9	43.9	17.9	3.3	31.7	46.8	21.7	الأراضي الزراعية
2.6	33.1	41.8	18.3	3.0	27.6	39.8	17.9	4.4	35.4	45.9	21.1	مناطق الغابات

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نتائج معالجة المرئيات الفضائية.

ويشير الشكل (10) إلى أن المناطق الجرداء بقية محافظة قيم متماثلة نسبياً من متوسطات درجة الحرارة السطحية بحدود 33.5 س خلال عامي 1986، 2018، بينما انخفضت قيم المتوسط ليصل إلى 29.9 درجة مئوية خلال عام 2002، وذلك بسبب تطورات الاستعمالات الأخرى وبالذات صنف المناطق العمرانية والأراضي الزراعية على مساحاتها، ويلاحظ كذلك أن قيم الانحراف المعياري والتي تشير إلى مدى التباين في قيم درجات الحرارة السطحية خلال ذلك العام، أن عام 1986 كان أكثر الأعوام تشتتاً في قيمته وبحوالي 4.4 درجة مئوية خصوصاً في صنف مناطق الغابات والأراضي الجرداء، بينما بقيت قيم الانحراف عن المتوسط في بقية الأعوام منخفضة نسبياً وبتحدهود 3 درجة مئوية.



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نتائج معالجة المرئيات الفضائية.

شكل (10) معدل درجات الحرارة السطحية بالدرجة المئوية تبعاً لصنف الغطاء والاستعمال الأرضي.

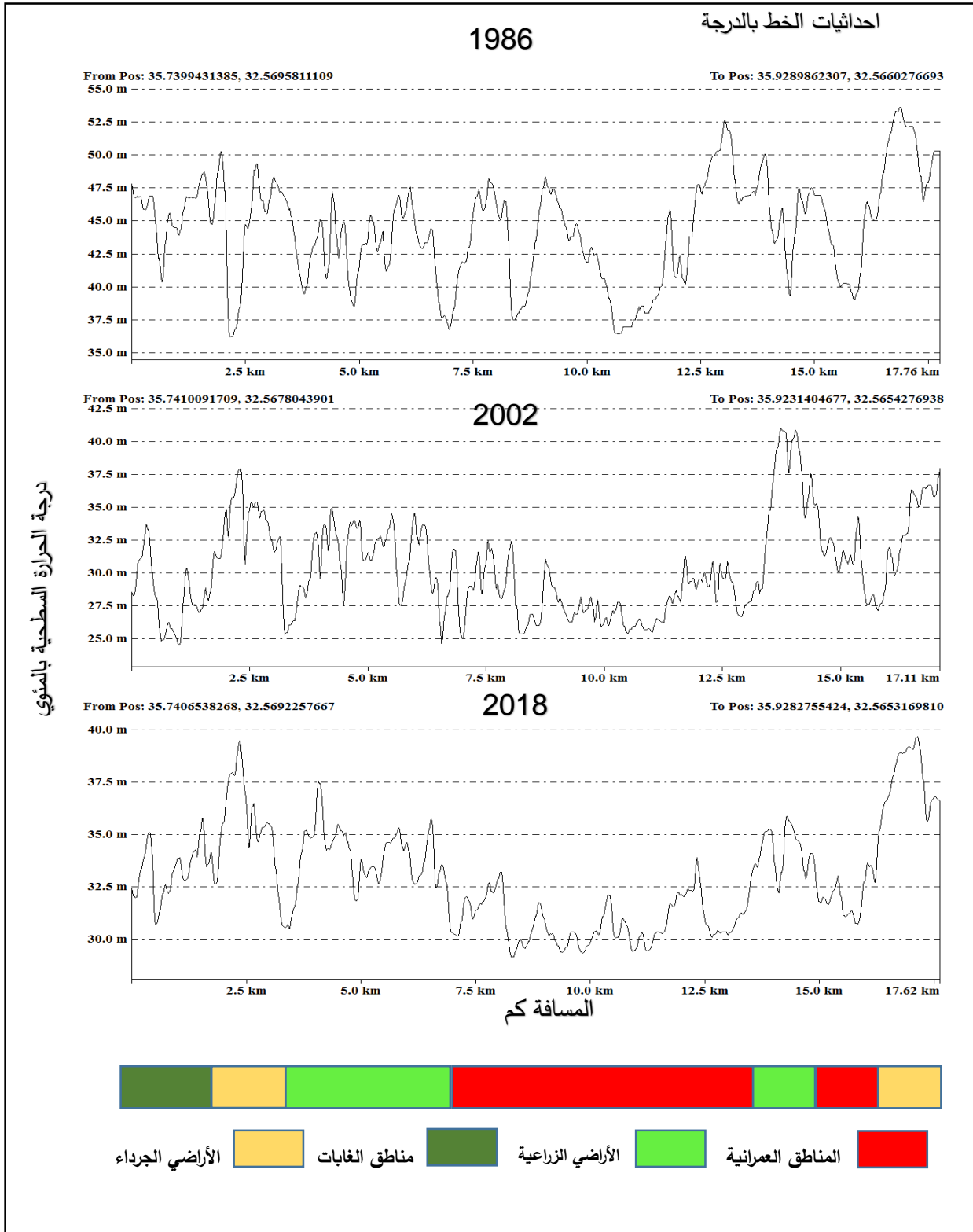
ويوضح المخطط البياني في الشكل (11) جملة من التغيرات التي طرأت على قيم درجة الحرارة السطحية باختلاف صنف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي وعلى امتداد خط أفقي يمتد من الغرب باتجاه الشرق وموضح عليه الإحداثيات، ليؤكد على أن المناطق العمرانية تسجل قيماً منخفضة من درجة الحرارة السطحية ولكل الفترات، ولكن تكون أكثر وضوحاً في عامي 2018، 2002، بينما تظهر الخطوط ميلاً إلى ارتفاع قيمها خصوصاً ضمن صنف المناطق الجرداء والزراعية وخلال جميع فترات الدراسة.

خامساً: تحليل العلاقة بين المؤشرات الأرضية ودرجة الحرارة السطحية في مدينة إربد.

يبين الشكل (12) العلاقات الانحدارية الخطية Linear Regression Coefficient بين مؤشرات الغطاء الأرضي والمتمثلة بمؤشر تباين الغطاء النباتي NDVI ومؤشر تباين المناطق العمرانية NDBI، ومؤشر تباين رطوبة التربة NDMI، مع قيم درجة الحرارة السطحية ولكافة فترات الدراسة وعند مستوى ثقة إحصائية 0.01، والتي يظهر من خلالها وجود علاقة عكسية وبمعامل تحديد مرتفع ($R^2=0.85$) لمؤشري التباين في الغطاء النباتي والتباين في رطوبة التربة، بينما لوحظ وجود علاقة طردية وبمعامل تحديد مرتفع أيضاً ($R^2=0.80$) بين مؤشر تباين المناطق العمرانية ودرجة الحرارة السطحية، وعموماً يتضح من هذه العلاقات الانحدارية صحة ما توصلت إليه الدراسة من نتائج تخص أثر التباين في الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض على درجة الحرارة السطحية ومقاييسها الإحصائية في منطقة الدراسة التي تتفق إلى حد كبير مع ما جاءت به الدراسات والأدبيات التي تعرضت لفهم تباينات درجة الحرارة السطحية تبعاً لتغيراً الغطاء الأرضي واستعمالاته، (Wong, M. and Nichol, J. 2013). (Baruch G,1998). (Javed M,2014). pierce.K.B, Lookingbill,T,2005).

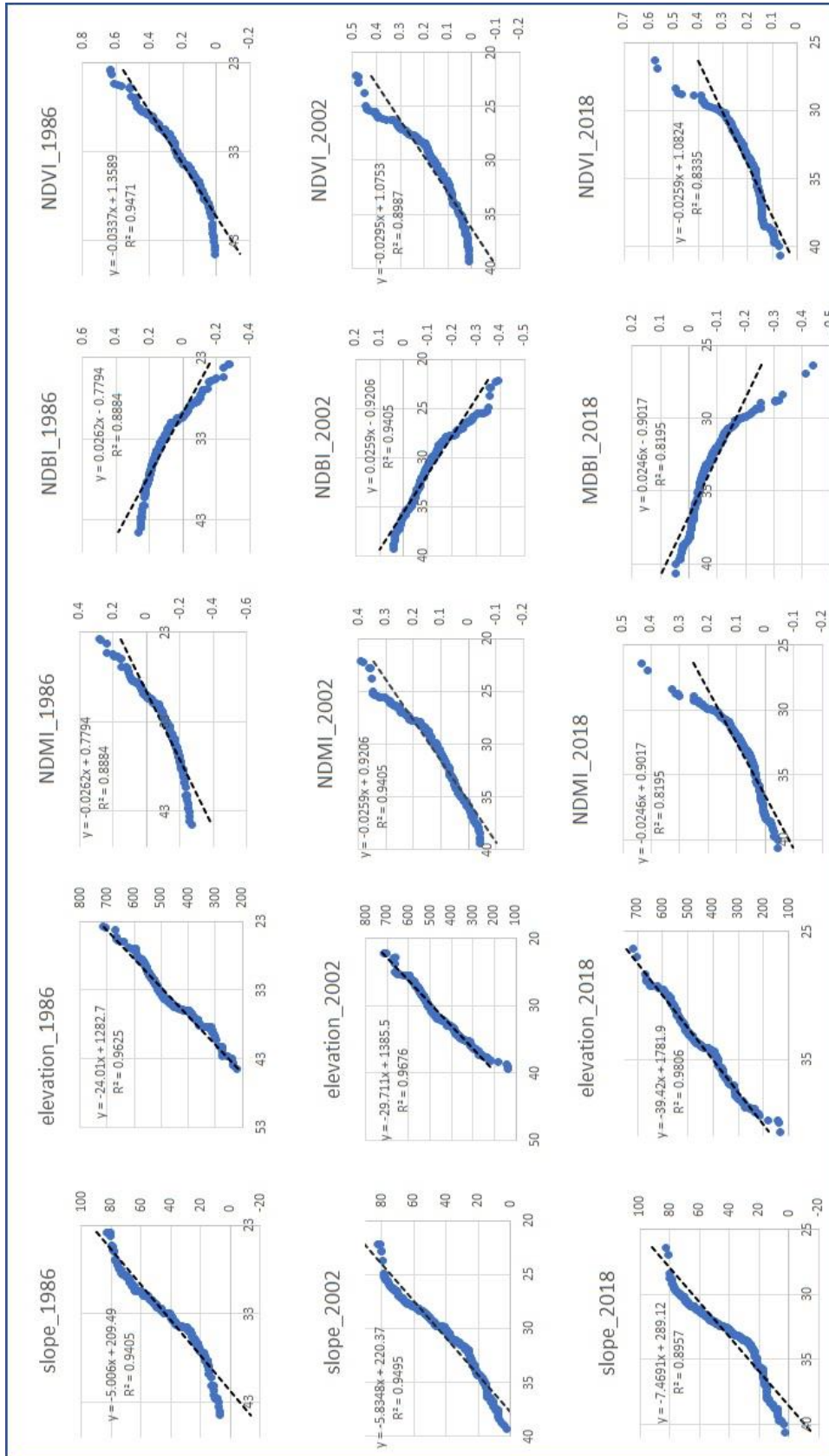
سادساً: أثر الخصائص الطبوغرافية على التوزيع المكاني لدرجة الحرارة السطحية في مدينة إربد.

يتضح كذلك من خلال شكل (12) والذي يبين العلاقات الانحدارية الخطية بين فئات الارتفاع وانحدار السفوح في مناطق مدينة إربد، على أن هناك علاقة عكسية واضحة وبمعامل تحديد يصل لأكثر من ($R^2=0.90$) فيما بين قيم متغيري الارتفاع والانحدار، ونظيرتها من قيم درجات الحرارة السطحية، وبحسب الشكل فإن هذه العلاقة تكون أكثر وضوحاً في فئة الارتفاع المتوسطة (300-500م)، بينما تكون وبذات السمة في الانحدارات المتدنية والمناطق المستوية.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نتائج تحليل المرئيات المستخدمة في الدراسة.

شكل (11) التغيرات في درجة الحرارة السطحية في مدينة إربد بنفس الامتداد والإحداثيات خلال فترة الدراسة تبعاً لاستعمالات الأراضي وغطائها.



المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات المستخدمة في الدراسة.

شكل (12) العلاقات الخطية الانحدارية بين المتغيرات الطيفية الأرضية (بمؤشر تباين الغطاء النباتي NDVI ومؤشر تباين المناطق العمرانية NDBI، ومؤشر تباين رطوبة التربة NDMI) والمتغيرات الطبوغرافية (الارتفاع/م، والانحدار/بالدرجة) ودرجة الحرارة السطحية بالدرجة المئوية في مدينة إربد.

الاستنتاجات والتوصيات.

بناءً على ما تم استعراضه وتحليله في هذه الدراسة، وتوصلت الدراسة إلى استنتاجات تتعلق بالامتدادات الواسعة والكبيرة للمناطق العمرانية وبنسبة تطور بلغت 206% وعلى حساب كافة أصناف الأراضي الأخرى، والتي يأتي في مقدمتها الأراضي الجرداء وبنسبة تراجع وصل إلى 71%، بينما كانت نسبة التراجع في المناطق الغابية بحدود 37%، في حين بقيت الأراضي الزراعية محافظة على نسبة تواجدها. وكشفت الدراسة عن تشكل نمط من الانقلاب الحراري الصباحي *Morning Heat Sink* وعكس صورة الجزيرة الحرارية الحضرية (الجزيرة الحرارية المعكوسة) *The inversion of urban heat island* والتي تبلغ ذروتها فيما بين الساعة التاسعة والعاشر صباحاً في المناطق الحضرية والممتدة لمدينة إربد وضواحيها القريبة. حيث تبين أن المناطق الشرقية والممتدة من علال-المغبر-سال-بشرى-حوارة، سجلت أعلى درجات حرارة سطحية لتصل أعلى قيمها في عام 1986 بقيمة بلغت 46.8 درجة مئوية، بينما أظهرت المناطق الوسطى والجنوبية الغربية من المدينة والممتدة مدينة إربد - كفر يوبا - بيت يافا - ناطفة، نمطاً معاكساً للاتجاه السابق.

واتضح أن التباينات في قيم درجة الحرارة السطحية لم تبدي تغيراً ملحوظاً خلال فترة الدراسة والممتدة من عام 1986 ولغاية عام 2018، وأن المناطق الجرداء بقيت محافظة على قيم متماثلة نسبياً من متوسطات درجة الحرارة السطحية بحدود 33.5 درجة مئوية خلال عامي 1986، 2018، بينما انخفضت قيم المتوسط ليصل إلى 29.9 درجة مئوية خلال عام 2002، وكذلك اتضح ارتفاع قيم متوسط درجات الحرارة السطحية خلال جميع فترات الدراسة في مناطق الغطاء النباتي بصنفيها الأراضي الزراعية والغابات ولتصل إلى أكثر من 34 درجة مئوية.

وبناءً على تحليل العلاقات الانحدارية الخطية لمتغيرات الدراسة تبين وجود علاقة عكسية بين درجة الحرارة السطحية ومؤشري التباين في الغطاء النباتي والتباين في رطوبة التربة، وبمعامل تحديد مرتفع وصل إلى $(R^2=0.85)$ ، بينما لوحظ وجود علاقة طردية لمؤشر تباين المناطق العمرانية وبمعامل تحديد مرتفع أيضاً $(R^2=0.80)$ ، وكذلك تبين أن هناك علاقة عكسية واضحة وبمعامل تحديد يصل لأكثر من $(R^2=0.90)$ فيما بين قيم متغيري الارتفاع والانحدار، ونظيرتها من قيم درجات الحرارة السطحية.

وتوصي الدراسة بما يلي:

1. إجراء تحليل شامل للمتغيرات البيئة داخل مدينة إربد ومراقبة تلك التغيرات وتحديد أثرها على الأنماط الحرارية، لتوفير قاعدة بيانات مناسبة لعمليات اتخاذ القرار اللازم للمساهمة بفعالية في تحسين الظروف البيئية للمدينة الاعتماد على نتائج مثل هذه الدراسات في إثراء التخطيط الحضري المستدام بيئياً في المناطق الحضرية.
2. اتخاذ سياسات مناسبة للحد من التوسعات العمرانية على الأراضي الزراعية نظراً لإسهامها في تكريس مفهوم الجزيرة الحرارية الحضرية.
3. الربط بين درجة حرارة الهواء ودرجة الحرارة السطحية من أجل إيجاد العلاقات الإحصائية المناسبة بينهما التي تسهم في معايرة الاختلافات في المعطيات الأرضية وتوازن الطاقة وتغير المناخ.

قائمة المصادر والمراجع

المصادر والمراجع باللغة العربية.

- بلدية إربد (2018) بيانات غير منشورة، إربد، الأردن.
 دائرة الإحصاءات العامة (2018) الكتاب الإحصائي السنوي، عمان، الأردن.
 دائرة الأرصاد الجوية الأردنية (2018) بيانات مناخية لمحطة إربد، عمان، الأردن.
 سلطة المصادر الطبيعية الأردنية، (1998) الخريطة الجيولوجية لوحة إربد مقياس 1:50000، عمان، الأردن.
 المحمد، هيفاء أحمد، البليسي، حسام، أبو سمور، حسن. (2016)، كشف وتحليل التغير في الغطاء النباتي باستخدام المؤشرات النباتية الطيفية حالة دراسية حوض وادي العرب، مجلة دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 2، العدد 1، عمان-الأردن.
 المركز الجغرافي الملكي الأردني (1994) الخريطة الطبوغرافية لوحة إربد، مقياس 1:50000، عمان، الأردن.
 المركز الجغرافي الملكي الأردني، (2016) خريطة التقسيمات الإدارية لوحة إربد مقياس 1:50000، عمان، الأردن.

موسى، ماهر يعقوب، وإياد الفارس (2005) التحليل المكاني للحرارة السطحية في مدينة بغداد باستخدام تقنية التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية التربية، الجامعة المستنصرية، بغداد، العدد السادس.
وزارة الزراعة الأردنية (1994) خريطة المشروع الوطني لمسح التربة واستعمالات الأراضي، المستوى الأول.

References

- Anderson, J.R., et al. (1976) A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. Geological Survey Professional Paper No. 964, U.S. Government Printing Office, Washington DC, 28.
- Bani-Domi, M. Aldayafrah, O. Hazaymeh, K. (2005), The Effects of Land Cover Changes on Land Surface Temperature in Amman; an Urban Climate Change Study, *Dirasat, Human and Social Sciences*, Volume 43, No. 2, 2016
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Palluconi, F. D., & Hook, S. J. (2005). Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments.
- Baruch G, 1998, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, New York, Van Nostrand Reinhold.
- Buyantuyev, A. and Wu, J. (2009) Urban Heat Islands and Landscape Heterogeneity: Linking Spatiotemporal Variations in Surface Temperatures to Land-Cover and Socioeconomic Patterns, *Landscape Ecology*, 17 p. (<http://leml.asu.edu>).
- Cai, G., Du, M., Xue, Y. and Li, S. (2009) Analysis of an Urban Heat Sink Using Thermal Inertia Model from ASTER Data in Beijing, *Urban Remote Sensing Event, China*, pp. 1-5 (www.igarss08.org).
- Department of Department of Statistics (2018) Annual Statistical Book, Amman, Jordan.
- Fan F, Weng Q, Wang Y (2007). Land use land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. *Sensors*. 7:1323–1342. doi: 10.3390/s7071323.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1557792>.
- Ibrahim, M. and Abu-Mallouh, H. (2018) Estimate Land Surface Temperature in Relation to Land Use Types and Geological Formations Using Spectral Remote Sensing Data in Northeast Jordan. *Open Journal of Geology*, 8, 174-185. <https://doi.org/10.4236/ojg.2018.82011>.
- Irbid Municipality (2018) Unpublished Data, Irbid, Jordan.
- Javed ,M. (2014) Land Characterization Analysis of Surface Temperature of Semi-Arid Mountainous City Abha, Saudi Arabia Using Remote Sensing and GIS. *Journal of Geographic Information System*, 2014, 6, 664-676. <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2014.66055>.
- Jensen, J.R., 2005. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, third ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Jones, J. W., Starbuck, M. J., and Jenkerson, C. B. (2013). Landsat surface reflectance quality assurance extraction (version 1.7) (No. 11-C7). US Geological Survey. <http://pubs.usgs.gov/tm/11/c07/pdf/tm11-c7.pdf>.
- Jordan Natural Resources Authority, (1998) Geological map of irbid scale 1:50000, Amman, Jordan.
- Jordanian Meteorological Department (2018) Climate data for Irbid station, Amman, Jordan.
- Lo, C. P., Quattrochi, D. A., & Luvall, J. C. (1997). Application of high resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 287–304.
- Masek, J.G., Vermote, E.F., Saleous, N., Wolfe, R., Hall, F.G., Huemmrich, F., Gao, F., Kutler, J., and Lim, T.K. (2006). A Landsat surface reflectance data set for North America, 1990-2000, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 3:68-72. <https://landsat.usgs.gov/contact>.
- Mohammed, Haifa Ahmed, Al-Balbisi, Hossam, Abusmore, Hassan. (2016), detection and analysis of the change in vegetation using spectral plant indicators, case study of the Wadi Al Arab Basin, *Journal of Studies, Humanities and Social Sciences*, Volume 2, Issue 1. Amman-Jordan.
- Musa, Maher Yaacoub, and Iyad al-Faris (2005) spatial analysis of surface temperature in Baghdad using remote sensing technology and geographic information systems, *Journal of the Faculty of Education, Mustansiriyah University, Baghdad*, issue 6.

- Pierce, K.B., Looking bill, T. and Urban, D. (2005) A Simple Method for Estimating Potential Relative Radiation (PRR) for Landscape-Scale Vegetation Analysis. *Landscape Ecology*, 20, 137-147.
- Proceedings, SPIE ,vol. 5882. Paper 58820E. Bellingham, WA. 7 pp.
- Quattro chi, D.A. and Luvall, J.C. (1999) Thermal Infrared Remote Sensing for Analysis of Landscape Ecological Processes: Methods and Applications. *Landscape Ecology*, 14, 577-598.
- Rouse Jr, J., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA special publication, 351, 309.
- Royal Geographical Center of Jordan (1994) Topographic map of Irbid Painting, Scale 1:50000, Amman, Jordan.
- Royal Geographical Center of Jordan, (2016) Map of administrative divisions Scale 1:50000, Amman, Jordan.
- Salah Uddin M. Jaber (2018) Landsat-based vegetation abundance and surface
- Shatnawi, N & Hani Abu Qdais (2019): Mapping urban land surface temperature using remote sensing techniques and artificial neural network modelling, *International Journal of Remote Sensing*, DOI: 10.1080/01431161.2018.1557792
- temperature for surface urban heat island studies: the tale of Greater Amman Municipality, *Annals of GIS*, 24:3, 195-208, DOI: 10.1080/19475683.2018.1471519: <https://doi.org/10.1080/19475683.2018.1471519>
- The Jordanian Ministry of Agriculture (1994) map of the National Soil Survey and Land Use Project, Level 1.
- U. S. Geological Survey (2016) Earth Explorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- United Nations, "World Urbanization Prospects: The 2015 Revision, Database, New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division," 2006
- Vermote, E., Justice, C., Claverie, M., & Franch, B. (2016). Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product. *Remote Sensing of Environment*, 185, 46-56. <https://landsat.usgs.gov/contact>.
- Weng, Q. (2001). A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10), 1999–2014.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89, 467–483.
- Wong, M.S. and Nichol, J.E. (2013) Spatial Variability of Frontal Area Index and Its Relationship with Urban Heat Island Intensity. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 885-896. <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.714509>.
- Xu, H. (2006). Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033.
- Zha, Y., Gao, J. and Ni, S. (2003) Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 583-594. <https://doi.org/10.1080/01431160304987>.

Study of the impact of Land Characteristics on Surface Temperature in Irbid City, Jordan, Using Remote Sensing and GIS during the period 1986-2018

*Samer Al Nawaiseh**

ABSTRACT

This study aims to identify the impact of Land Characteristics on the land surface temperature of Irbid City using GIS and remote sensing during the period (1986-2018). By identifying LST characteristics for each type of LULC in Irbid during the study period, after conducting the Supervised Classification of satellite image using ARC GIS 10.5 and the algorithms designed for it, based on the analysis data LANDSAT (5,7,8).. It was reached to found an expansion in urban areas by an increase of 206%, and the pattern of the inversion of urban heat island, which peaked between 9:00 - 10:00 a.m., and that agricultural land and forests increased average surface temperatures during all periods of study to more than 34c. and it was Identified A negative relationship between the Land surface temperature with Normalized Difference Vegetation & Moisture Index NDVI & NDMI $R^2=0.85$, and variables of height, slope ($R^2=0.90$), while a direct relationship was observed between Normalized Difference Built-up Index NDBI and surface temperature LST, ($R^2=0.80$). The study recommended that appropriate policies should be adopted to limit urban expansion on agricultural land as it contributes to increasing the efficiency of the urban thermal island in Irbid city.

Keywords: Land surface temperature; Jordan; land uses & land cover; GIS and Remote sensing.

* Yarmouk University, Jordan.

Received on 14/9/2020 and Accepted for Publication on 28/12/2020.