

التنبؤ باحتمالية حرائق الغابات في شمال غرب الأردن

## Forest Fire Prediction in Northwest Jordan

هاشم الشريفات<sup>1\*</sup>، وحسام البلبيسي<sup>1</sup>

Hashem Alshraifat<sup>1</sup> & Hussam Al-Bilbisi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الأردنية، الأردن

<sup>1</sup>Department of Geography, Faculty of Arts, University of Jordan, Jordan

\*الباحث المراسل: has3dw078@gmail.com

تاريخ التسليم: (2023/5/4)، تاريخ القبول: (2023/9/13)، تاريخ النشر: (2024/6/1)

DOI.org/10.35552/0247.38.6.2215

### ملخص

إن أخطار الحرائق شائعة في غابات الأردن، لذلك ركزت هذه الدراسة على الطرق المختلفة لتحليل الخصائص الطبيعية والبشرية لأراضي شمال غرب الأردن للتنبؤ باحتمالية الحرائق فيها، واعتمدت منهجية الدراسة على تحليل المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاعات الرقمية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وعلى تطبيق نموذج التحليل الهرمي Analytical Hierarchy Process (AHP) في سبيل إنتاج خريطة تمثل الفئات المحتملة لحدوث حرائق الغابات في أجزاء منطقة الدراسة، وأظهرت نتائج الدراسة أن نحو 820 كم<sup>2</sup> معرضة للحرائق بشكل كبير والتي تمثل 34% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وأوصت الدراسة أخيراً بتصميم نظام للمراقبة والإنذار المبكر في حال حدوث حرائق حرجية، يقوم على الربط بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتكنولوجيا المعلومات (IT) وبتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي.

**الكلمات المفتاحية:** حرائق الغابات، شمال غرب الأردن، نموذج التحليل الهرمي، نظم المعلومات الجغرافية.

### Abstract

Fire hazards are common in forests of Jordan. For this reason, the study was focused on the different methods to analyze the human and natural characteristics of northwest Jordan for predicting the possibility of forest fire in the study area. The methodology was applied by using satellite images, Geographic Information System (GIS), Analytical

Hierarchy Process (AHP) and Digital Elevation Model (DEM) as well as different extracted data from various sources which is important to produce forest fire probability map. The results of the study showed that about 820 km<sup>2</sup> which represent 34% of the area is vulnerable of fires. The study recommended an installation of early monitoring system to avoid forest fire based on linking Geographic Information Systems (GIS) and Information Technology (IT) and employing Artificial Intelligence techniques.

**Keywords:** Forest Fire, Northwestern Jordan, AHP, GIS.

### المقدمة

تحدث الكوارث الطبيعية المختلفة بشكل مستمر في أماكن مختلفة من الأرض، وتُعدُّ أحداثاً مأساوية غالباً ما تحدث بشكل مفاجئ، ويكون حدوثها ناجماً من فعل العوامل الطبيعية وبدون تدخل الإنسان إلا بتأثير قليل تسببه نشاطاته، وتتنوع هذه الكوارث وتتعدد تعددا ملحوظاً؛ فمنها الكوارث الجوية كالفيضانات والسيول، ومنها الكوارث الجيولوجية كالزلازل والبراكين، ومنها الكوارث الجيومورفولوجية كانهجرات التربة وانهيارات الصخور والانزلاقات الأرضية، ومنها الكوارث البيولوجية مثل الجفاف وحرائق الغابات (قرين، 2015). ويمكن أن تندرج حرائق الغابات ضمن نطاق الكوارث المناخية؛ ذلك أن نشوؤها يخضع بشكل كبير إلى العناصر المناخية وتأثيراتها، خصوصاً عند تفاعلها مع العامل البشري، فضلاً عن دور التغيرات المناخية على رفع درجة حرارة الأرض (Chaudhary & Piracha, 2021).

وتعد حرائق الغابات ظاهرة شائعة وقديمة، لا تنفك تؤثر في النظم البيئية المختلفة، وتمتاز على العموم بدورة نموذجية تبدأ بالحريق السطحي وتنتهي بالحريق التاجي؛ وهو الحريق الذي يلتهم الأشجار صعوداً باتجاه أعاليها، وتعتمد هذه الدورة على الاختلافات الزمانية والمكانية في التضاريس والظروف المناخية وطبيعة المواد المكونة للغابة، وتشترك جملة من الأسباب في حصول حرائق الغابات؛ منها الحريق المفتعل لأغراض التحطيب ونحوها، أو للأغراض الزراعية، أو من خلال حرق الأعشاب الضارة والتي تستحيل إلى حريق لا يمكن السيطرة عليه، ومن الأسباب الأخرى المؤدية لحدوث حرائق الغابات والتي تعزى إلى عوامل طبيعية؛ حدوث البرق أو ارتفاع درجة الحرارة، وقلة الرطوبة النسبية وازدياد سرعة الرياح (Kumar & Kumar, 2020).

وتتجم عن حرائق الغابات جملة من الآثار الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والصحية، حيث يمكن أن تستهلك النار حيزاً كبيراً من الكتلة الحيوية، وتغير في خصائص التربة، وتؤثر على النظم البيئية الرئيسية وعلى الدورة الهيدرولوجية من حيث التأثير في نوعية المياه وفي الجريان السطحي، وتؤثر أيضاً في التركيب الكيميائي للغلاف الجوي (Rosec-Dias, et al. 2022) وقد أتت النيران على ملايين الهكتارات من الغابات في أنحاء متفرقة من العالم، كما قضت على الكثير

من الأحياء البرية ودمرت مواطنها ومساكنها، وأثرت كذلك في صحة الإنسان وسلامته، وفي التسريع من وتيرة التغير المناخي؛ إذ تتسبب في إطلاق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون إلى طبقات الجو العليا (الشهري، 2010).

وقد تكرر حدوث حرائق الغابات في أجزاء متفرقة من الأردن؛ حيث وقع 991 حادثاً خلال سنة 2022 (المديرية العامة للدفاع المدني، 2022). ولهذه الكارثة الطبيعية كما تقدم أضرار كثيرة؛ لذلك لا بد من التنبؤ بها لتقليل أخطارها والآثار السلبية التي تنتج عنها، ويمكن ذلك من خلال عدة أساليب ومنهجيات مختلفة، كالانحدار الخطي بغية الحصول على مدى علاقة العوامل الطبيعية والبشرية بتكرار الحرائق، وخوارزميات الغابة العشوائية (Random Forest (RF وهي عبارة عن خوارزمية من خوارزميات تعلم الآلة التي تتكون من عدد كبير من أشجار القرار، وأيضا خوارزمية الانتشار المرتد-الخلفي The Back propagation Neural Network algorithm (BPNN) (Gao, et al. 2023). ونظراً لأن شدة هذه الحرائق وامتدادها الجغرافي يتأثر بمعايير مختلفة تعمل على تنشيطها وزيادة فعاليتها؛ مثل جفاف الغابات وسرعة الرياح في المنطقة؛ فإن أسلوب التحليل متعدد المعايير يُعد أسلوباً مناسباً للتنبؤ بآماكن حدوثها ودراستها بعد تحديد المعايير التي تؤثر فيها، وهذا الأسلوب التحليلي يعد بحق أداة هامة لبناء نظام لدعم القرارات المكانية على أصعدة مختلفة في التنبؤ بالكوارث والأخطار الطبيعية المختلفة؛ من خلال تقديم مخرجاته لصناع القرار بصورة دقيقة وذات كفاءة عالية (Keshavarzi, et al. 2011).

#### مشكلة الدراسة وتساؤلاتها

تكرر حدوث حرائق الغابات في شمال غرب الأردن مرات عدة آخرها حريق محمية اليرموك في إربد الذي وقع منتصف شهر أيار من سنة 2022، والذي أتى على أكثر من 1600 شجرة حرجية (المديرية العامة للدفاع المدني، 2022)، هذا وتتصف الغابات الطبيعية في عموم الأردن بأنها قليلة المساحة؛ حيث تشغل من إجمالي مساحة المملكة ما لا يزيد عن 1%، وينتشر الجزء الأكبر من الغابات الطبيعية في إقليم الشمال في محافظات إربد وعجلون وجرش، وعلى وجه التحديد في محافظة عجلون التي تسيطر لوحدها على 30% من ذلك التنوع الطبيعي (غرابية، 2012)، من أجل ذلك كله ستمثل مشكلة الدراسة الحالية في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. ما أسباب حدوث الحرائق في غابات منطقة شمال غرب الأردن؟
2. ما المعايير المؤثرة في حرائق الغابات في منطقة الدراسة؟
3. هل يمكن التنبؤ باحتمالية حرائق الغابات في منطقة الدراسة عبر مستويات مختلفة؟

#### أهمية الدراسة ومبرراتها

تعد هذه الدراسة إضافة علمية فريدة وجديدة وإضافة للقاعدة البحثية الجغرافية في الأردن وفي الإقليم المحيط بشكل عام؛ وذلك لأنها تتناول موضوعاً جديداً لم تسبقها إليه دراسة من قبل في الأردن؛ ألا وهو التنبؤ باحتمالية حرائق الغابات، وكذلك فإنها تقوم على إدراك ووعي أهمية إجراء مثل هذه الدراسات في شمال غرب المملكة؛ لأنه ينطوي على الانتشار الأكثر للغابات فيها؛

ولأنه يفتقر إليها من أجل المحافظة على التنوع الحيوي فيه وما ينطوي تحت هذا التنوع من تنوع بيولوجي يشتمل على تجمعات جملة من الأحياء البرية المختلفة، ولدورها الكبير وأهميتها في الحفاظ على سلامة النظام البيئي وفي التقليل من وتيرة التغير المناخي.

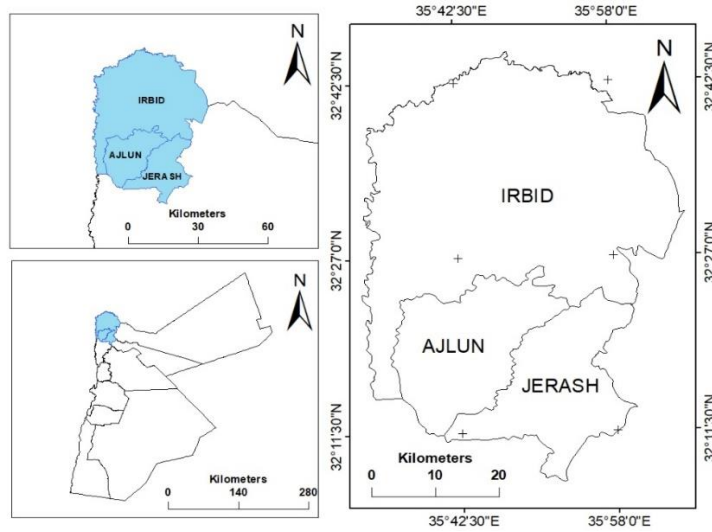
#### أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. الكشف عن أسباب حرائق الغابات في شمال غرب الأردن.
2. استنباط أبرز المعايير المؤثرة في حرائق الغابات في منطقة الدراسة.
3. التنبؤ بفئات احتمالية حرائق الغابات في منطقة الدراسة.

#### منطقة الدراسة

يشكل شمال غرب الأردن منطقة الدراسة الحالية، ويشتمل على ثلاث محافظات هي: إربد، عجلون، جرش. وتقع المنطقة فلكيا ما بين خطي الطول  $36^{\circ}5'14''$  –  $35^{\circ}33'6''$  شرقا، ودائرتي العرض  $32^{\circ}7'7''$  –  $32^{\circ}45'12''$  شمالا، وتبلغ المساحة الإجمالية للمحافظات الثلاثة ما مقداره  $2406$  كم<sup>2</sup> حيث تصل مساحة إربد إلى  $1577$  كم<sup>2</sup>، أما عجلون  $416$  كم<sup>2</sup>، في حين تقدر مساحة جرش بنحو  $412$  كم<sup>2</sup>. ويسيطر الشمال الغربي الأردني على غالبية الغطاء الغابي في الأردن وتنتشر فيه أنواع مختلفة من النباتات الطبيعية تحديدا الصنوبر الحلبي البري *Pinus halepensis* Mill، الذي ينمو بوفرة وعلى وجه الخصوص في غابات ديبين في محافظة جرش (Ababsa, 2013) وما يرافقه من شجيرات مختلفة.



شكل (1): خريطة منطقة الدراسة. (المصدر: إعداد الباحثين).

## مصادر البيانات

## المصادر الثانوية

- وتشمل مصادر المسح المكتبي مثل الكتب والرسائل الجامعية والأبحاث والنشرات والدوريات، واستخدمت هذه المصادر في سبيل وصف منطقة الدراسة وفي التعريف بظاهرة البحث -حرائق الغابات- ووسائل التحليل وطرائق القياس.
- ملف بامتداد Shapefile وتم الحصول عليه من موقع جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية، قسم الهندسة المدنية، ويضم التشكيل الإداري لمحافظة المملكة جميعها، وقد اشتقت من خلاله خريطة منطقة الدراسة، فضلا عن ملف آخر بنفس الامتداد لشبكة الطرق في منطقة الدراسة، واشتقت من خلاله خريطة معايير تأثير البعد عن الطرق.
- البيانات المستقاة من الوزارات والدوائر الرسمية المختلفة والتي سوف تدخل في التحليل والمتمثلة ببعض المعايير الأساسية في تطبيق النموذج التحليلي الرئيس للبحث.
- البيانات التي تم الحصول عليها من المديرية العامة للدفاع المدني والجمعية الملكية لحماية البيئة لمواقع حرائق غابية سابقة خلال السنوات 2012-2022.
- مرئيات فضائية Landsat-8 لمنطقة الدراسة، بقدرة تمييزية 30\*30 من وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية.

## المصادر الأولية

- الزيارات الميدانية إلى مواقع حرائق الغابات السابقة في شمال غرب بالأردن، واستخدام جهاز نظام التوقيع العالمي (GPS) للحصول على إحداثيات تلك المواقع ومن ثم إدخالها إلى بيئة نظام المعلومات الجغرافية.
- البيانات المتعلقة بتحديد أوزان المعايير المؤثرة في ظاهرة البحث بالدرجات، وحصل الباحث عليها عبر توزيع استبانة لمجموعة من المتخصصين في مجالات الغابات والغطاء النباتي والكوارث الطبيعية.

## منهجية الدراسة

اتبعت الدراسة المنهج التحليلي الذي طبق في تحليل البيانات المأخوذة من مصادر مختلفة وفي تحليل المرئيات الفضائية للوقوف على مستويات خطر الحرائق المتوقعة في غابات منطقة الدراسة، عبر تحديد المعايير المختلفة التي تؤثر في حرائق الغابات في منطقة الدراسة واشتقاق خرائط منفصلة لكل معيار على حدة، ومن ثم إدخالها في نموذج التحليل الهرمي Analytical Hierarchy Process (AHP)، فضلا عن استخدام الأسلوب الكارتوغرافي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية في اشتقاق الخرائط المنفصلة سابقة الذكر ومن ثم إعادة تصنيف تلك المعايير جميعا إلى فئات تحظى كل واحدة منها بقيمة أو وزن محدد بحسب مقدار تأثيرها في ظاهرة البحث،

ليصار أخيرا إلى مطابقة الخرائط جميعها وضرب قيم فئاتها بعضها ببعض للوصول إلى التنبؤ بفئات الخطر المتوقعة لحرائق الغابات في شمال غرب الأردن.

#### الأدب النظري والدراسات السابقة

تحدث حرائق الغابات بشكل مستمر ودائم في كثير من دول العالم، وتتفاوت أوقات تلك الحرائق وقوتها وطبيعتها ومدى انتشارها الجغرافي من مكان إلى آخر تبعاً لخصائص الأشجار المكونة لغابات المكان، وطبيعة النظام البيئي والظروف الجوية السائدة فيه من حرارة ورطوبة وأمطار وغيرها، وعلى العموم توجد جملة من الأسباب الرئيسية التي تتحكم بحدوث الحرائق في بيئة الغابات، منها: الغطاء النباتي؛ حيث تؤثر طبيعة الغطاء النباتي كثيراً في حدوث حرائق الغابات وانتشارها الجغرافي؛ إذ يتحكم بخطر الحريق واحتمالية انتشاره المكاني من حيث كثافة هذا الغطاء ومحتواه من الرطوبة الذي يرتبط بمحتوى التربة من الرطوبة ارتباطاً وثيقاً (Bach, et al. 2016)، ونوع الأشجار؛ فأكثر الأشجار عرضة للحريق وسرعة في انتشاره بينها هي الإبريات المحبة للضوء؛ بسبب احتوائها على زيوت طيارة، وعمر الأشجار؛ فالأشجار الفتية أكثر عرضة للحرائق وذلك لقرب أغصانها من الأرض، وسرعة الرياح التي تسهم كثيراً في انتشار الحرائق، ورطوبة التربة؛ فالمناطق ذات التربة الرطبة أقل عرضة لانتشار الحرائق في غاباتها بالمقارنة مع المناطق ذات التربة الجافة، والتضاريس؛ حيث يزداد انتشار النار بسرعة في مناطق السفوح والمناطق المنحدرة، والارتفاع عن سطح البحر؛ إذ تقل احتمالية حدوث حرائق الغابات كلما ارتفعنا أكثر، وتكون الحرائق الغابية أكثر احتمالية في المناطق التي يقع ارتفاعها بين 0-500 متر فوق سطح البحر، فضلاً عن مجموعة من الأسباب البشرية، مثل ترك النيران مشتعلة بعد التنزه، رمي أعقاب السجائر، التخلص من بعض النفايات بالحرق من قبل السكان المجاورين للغابة ما يجعل النار تنتشر، الصيد وتأثيراته من حيث الأعيان النارية (الشهري، 2010).

وبخصوص الدراسات والأدبيات السابقة؛ فقد تناولت دراسات مختلفة متغيرات الدراسة الحالية من نواحي مختلفة، وتتنوع هذه الدراسات ما بين محلية وعربية وأجنبية، واستعرضت الدراسة الحالية الدراسات السابقة التي استفادت منها إضافة إلى توضيح أوجه الاتفاق والاختلاف مع بعضها، وأهم ما يميزها عنها جميعاً، وتجدر الإشارة إلى أن الدراسات السابقة التي استعرضتها الباحثة في الدراسة الحالية جاءت خلال الفترة ما بين (1999 إلى 2022)، واشتملت كذلك على نطاقات جغرافية متعددة ما يعني تنوعها الزمني والمكاني، وتجدر الإشارة أيضاً إلى أن هذه الدراسات صنفت تصنيفاً ترتيبياً من حيث البعد الجغرافي فكانت الدراسات المحلية ثم العربية ثم الأجنبية، ثم صنفت داخل بعدها الجغرافي تصنيفاً تنازلياً بحسب سنة كتابتها.

على المستوى المحلي لا توجد أبداً دراسات تطرقت لموضوع حرائق الغابات أو مسبباتها كموضوع دراسي رئيس، ولكن ثمة دراسة تناولتها كمتغير ثانوي، ودراسات تناولت متغير الغابات في محافظات شمال الأردن على عدة أصعدة، فقد هدفت دراسة (الحراشنة، 2021) إلى تتبع وتقييم التغييرات على الغطاء النباتي في شمال الأردن، وتحليل الرسوم البيانية للسلاسل الزمنية للمؤشرات الطيفية لعينات مختارة في منطقة الدراسة؛ للوقوف على مصادر الاضطراب

في الغابات، وتسليط الضوء على الأسباب الطبيعية والبشرية لتدهور الغابات في منطقة الدراسة، وطبقت الدراسة جملة من الأساليب مثل التغيير الثنائي الزمني لرسم خرائط أنماط إزالة الغابات، وحساب مجموعة مختارة من مقاييس التجزئة لتحديد نمط التغيرات الحرجية في منطقة الدراسة، وبناء السلاسل الزمنية (TS) لمؤشرات الغطاء النباتي الطيفي التي اشتقت لمواقع معينة في منطقة الدراسة؛ وذلك في سبيل الوقوف على مصادر اضطراب الغابات بمرور الوقت، وقام (المومني وأبو سمور، 2022) بتحليل الغطاء النباتي في محافظة عجلون ودراسة توزيعه المكاني والوقوف على أهم الأنواع النباتية والعشبية فيها، واعتمدت الدراسة بشكل رئيس على المسح الميداني للمحافظة والذي تبين معه وجود 137 نوعاً من النباتات الطبيعية كان أكثرها تكراراً الصمعة والنجيل والسيسلة، بالإضافة إلى 23 نوعاً من الأشجار والشجيرات تحديداً البلوط والزرعور والملول، وجاءت دراسة (الزريقات وآخرون، 2014) للكشف عن التغيير في الغطاء الغابي في حوض وادي كفرنجة في محافظة عجلون بين 1978-2014، واعتمدت الدراسة لتحقيق أهدافها على غطاء من الصور الجوية والفضائية خلال فترة الدراسة، وتوصلت الدراسة إلى أنه يوجد تغيير فعلي في الغطاء الغابي في منطقة الدراسة إذ تزايد من 16,9 كم<sup>2</sup> إلى 23,4 كم<sup>2</sup>، وهدف (غرايبة، 2012) في دراسته إلى التعرف على واقع محمية غابات عجلون ودورها في الحفاظ على التنوع البيئي الذي تمتاز به المنطقة، ولتحقيق هذا الهدف من الدراسة قام الباحث بالاعتماد على الزيارات الميدانية المتكررة للمحمية وإجراء المقابلات الشخصية مع مسؤوليها ومع السكان المحليين، وكشفت الدراسة عن وجود أهمية بالغة للمحمية في الحفاظ على التنوع البيئي، وحاول (المومني، 2001) بيان جدوى استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة مشكلة الزحف السكاني على الغابات في محافظة عجلون وتنبعها؛ بالإضافة إلى حصر التغييرات الطبيعية التي طرأت على المنطقة بفعل هذه الظاهرة، واعتمد الباحث في دراسته على المنهج الوصفي والتحليلي الاستقرائي، ولوحظ من نتائج الدراسة زيادة الزحف العمراني على المنطقة ما أثر على الأراضي الزراعية والغابات، وقام (أبو سمور، 1999) بدراسة التراجع المساحي للغطاء الغابي في حوض وادي جرش شمال الأردن للفترة بين 1960-1999، واعتمد الباحث على الصور الجوية والخرائط الطبوغرافية لفترات زمنية متباعدة خلال فترة الدراسة؛ لإجراء مقارنة بينها للوصول إلى الهدف الأساسي من البحث، ثم مقارنة نتائجها مع الحقل الميداني، وكشفت الدراسة أن المساحة التي تشغلها غابات البلوط تراجعت من 7,6 كم<sup>2</sup> إلى 3,35 كم<sup>2</sup>، في حين تراجعت غابات الصنوبر الحلبي من 13,6 كم<sup>2</sup> إلى 5,1 كم<sup>2</sup>.

وعلى المستوى العربي جاءت ورقة (حجلة، 2021) للوقوف على الأسباب المؤدية لاحتراق الغابات الطبيعية في دولة الجزائر، وعرضت أنواع الحرائق التي تصيب الغابات وأهم العوامل المسببة لها وكذلك الآثار الناجمة عنها بالاعتماد على المسح المكتبي، وانتهت هذه الورقة إلى أنّ هناك جملة من الأسباب التي تؤدي إلى احتراق الغابات في دولة الجزائر، منها أسباب طبيعية وأخرى بشرية، وهدفت دراسة (مرهج، 2020) إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم خرائط استعمالات الأرض وخرائط حرائق الغابات في منطقة البائر والبسيط في محافظة اللاذقية بسوريا خلال الفترة (1972-2018) وذلك باستخدام أساليب

التصنيف الموجه وحساب مؤشر الحريق القياسي NBRI وأظهرت نتائج التحليل أن كل الفئات الأرضية ازدادت بتقدم السنوات إلا فئة الغابات فقد تراجعت تراجعاً ملحوظاً، وهدف (العلي وآخرون، 2014) إلى تقييم تأثير الحرائق في غابة عين الجوز في محافظة طرطوس بسوريا، في انجراف التربة وفقدان بعض عناصرها المعدنية، خلال الموسم 2010-2011، وقد اعتمدت الدراسة على المنهج التجريبي والزيارات الميدانية فضلاً عن إجراء بعض التحليلات الإحصائية اللازمة، وكشف الباحثون في نهاية المطاف أن انجراف التربة في المناطق التي تعرضت للحرائق كبير جداً بحيث يعادل ثلاثة أضعافه في المناطق التي لم تتعرض لها، وحلل (ديوب وآخرون، 2013) العوامل الطبوغرافية والمناخية والنباتية لمحمية النبي متى في محافظة طرطوس بسوريا وتأثيرها في حرائق الغابات، واتبعت الدراسة المنهج الإحصائي التحليلي من خلال تطبيق أسلوب الارتباط المتعدد بين العوامل المختلفة وبين تكرار حدوث الحرائق، ثم إنتاج خريطة لخطر الحريق في المنطقة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتوصلت الدراسة إلى ارتفاع نسبة المناطق المعرضة لخطر الحريق بصورة عالية في منطقة الدراسة، وبحث (عشي، 2006) أسباب وحجم حرائق الغابات في محافظة اللاذقية السورية وواقع نماذج مختارة لمساحات تعرضت للحرائق خلال الخمس والعشرين سنة التي سبقت الدراسة، واعتمد الباحث على الإحصاءات الرسمية للحرائق في منطقة الدراسة وعلى الزيارة الميدانية لوصف واقع الحال في مواقع مختارة ضمنها، وأظهرت نتائج الدراسة أن حرائق الغابات في محافظة اللاذقية مشكلة مؤرقة تتكرر سنوياً.

أما عالمياً فقد ركز كل من (Bot & Borges, 2022) في دراستهما على تقديم مراجعة للتطبيقات الحديثة لأساليب وتقنيات التعلم الآلي في إدارة الحرائق والتنبؤ بها، واتبعت الدراسة المنهج الوصفي من خلال تقديم ملخص تصنيفي لهذه الأساليب المستخدمة خلال السنوات الأربع السابقة للدراسة اعتماداً على 135 وثيقة تطبيقية لها، وبيّنت الدراسة في نهاية المطاف أهمية تطبيق أساليب تعلم الآلة في المراحل المختلفة لعملية إدارة الحرائق، وتناول (Gao, et al. 2022) موضوع التنبؤ بحرائق الغابات في مقاطعة جيانكسي جنوب شرقي الصين، واعتمدت الدراسة على أسلوب التحليل متعدد الطبقات المكونة من جملة من العوامل المؤثرة في تكرار حرائق الغابات، وكان من ضمنها وعلى رأسها عاملي المناخ والطوبوغرافيا، وتوصلت الدراسة إلى إنتاج خريطة تمثل مستويات المخاطر المتعلقة بحرائق الغابات في منطقة الدراسة، وهدف (Lai, et al. 2022) إلى بناء نموذج للتنبؤ بحرائق الغابات والسيطرة عليها اعتماداً على الحالة البيئية وفهارس الأرصاد الجوية والغطاء النباتي، وذلك في متنزه مونتيسينو الطبيعي في البرتغال، باستخدام شبكة عصبية عميقة قائمة على التشفير الذاتي وإجراء موازنة جديدة للبيانات، وأفضت الدراسة إلى دقة عالية في التنبؤ بحرائق الغابات حيث توافقت نتائج النموذج مع ظواهر الحرائق السابقة، وأدرك (Chen, et al. 2022) أهمية التنبؤ بحرائق الغابات في وسط وشمال الصين المتأثري عن تراجع الأمطار وتذبذبها سنوياً؛ لذلك اعتمد الباحثون في دراستهم على بناء نموذج هطول الأمطار المضمحل وقتياً ثم عمدوا إلى ربطه أخيراً بحرائق الغابات عبر نموذج الانحدار لفهم العلاقة بينهما؛ وبذلك توصلت الدراسة إلى تحديد المناطق المعرضة لخطر الحرائق كنتيجة نهائية، وقدم كل من (Kukuk & Kilimci, 2021) تحليلاً



شاملا للكشف عن حرائق الغابات في تركيا باستخدام خوارزميات التعلم الآلي التقليدية وتقنيات الكشف عن الظواهر والأهداف بالإضافة إلى نماذج التعلم العميق المختلطة، وأثبتت نتائج دراستهما أن الشبكات العصبية الانتلافية تتفوق على باقي النماذج في الكشف عن حرائق الغابات؛ حيث بلغت نتيجة فحص الدقة لها ما مقداره 99,32% على وجه التقريب، وصمم (Li, et al. 2021) ثلاثة أنواع من نماذج الشبكات القائمة على الذاكرة طويلة المدى LSTM للتنبؤ بمعدل انتشار الحرائق في غابات مقاطعة هيلونغجيانج شمالي شرق الصين، اعتمادا على دراسة العلاقة بين هذا الانتشار وبين سرعة الرياح، وجمع الباحثون البيانات الخاصة بانتشار حرائق الغابات اعتمادا على الأشعة تحت الحمراء والطائرات المسيرة، وكشفت الدراسة عن دقة النماذج اعتمادا على حريقين تاريخيين سابقين في براري منطقة الدراسة، واقترح (Naderpour, et al. 2021) مقياسا مكانيا للتنبؤ بخطر حرائق الغابات في شمال مدينة سيدني بأستراليا، وذلك عبر وضع 36 مؤشرا هاما رئيسا مؤثرا في ظاهرة البحث وإدخالها في نموذج الدراسة، ثم طورت مجموعة شبكات عصبية عميقة محسنة لتعظيم الإدراكية للنموذج متعدد الطبقات في التنبؤ بحرائق الغابات، وأظهرت النتائج دقة عالية للنموذج المطور على مقاييس فحص الدقة المختلفة، وحدد (Li, et al. 2020) العوامل الرئيسية المسؤولة عن تكرار حرائق الغابات في مقاطعة قوانغشي ذاتية الحكم في الصين، استنادا إلى بيانات النقاط الساخنة لرصد الأقمار الصناعية للفترة 2010-2018 بالإضافة إلى بيانات الرصد الجوي والتضاريس والغطاء النباتي، وكشفت الدراسة أن نموذج الشبكة العصبية مهم جدا وذو فاعلية كبيرة في التنبؤ بحرائق الغابات، وقام (Zhu, et al. 2019) بتقديم وصف وتحليل شامل لطرق التنبؤ بحرائق الغابات في الجمهورية الصينية بناءً على تقنيات التعلم الآلي الذي يعتمد على تقنية شبكات الاستشعار اللاسلكية وخوارزميات بيرسبترون، معتمدا في تنبؤه على بيانات الطقس المستمدة من محطات القياس الفضائية، وراجع (Alkhatib, 2014) التقنيات المستخدمة في مراقبة حرائق الغابات والتحقق من إمكانيتها؛ وذلك من خلال إجراء دراسات استقصائية شاملة لهذه التقنيات والأساليب المستخدمة في التطبيقات المختلفة، فضلا عن مناقشة أمثلة من التجارب البحثية فيها، معتمدا في بحثه على المسح المكتبي الوصفي، وتوصل في النهاية إلى إجراء مقارنة بين الأساليب المختلفة مؤكدا على وجود مزايا وعيوب لكل أسلوب.

إن أهم ما يميز الدراسة الحالية أنها الأولى من نوعها التي تأتي للتنبؤ بحرائق الغابات ودراستها في الأردن حيث لم تسبقها إلى ذلك دراسة قط، فضلا عن جوانب أخرى تمثل الفجوة العلمية التي تعالجها؛ حيث تتضمن الدراسة الحالية ربط المشكلة البحثية الحالية بالمتغيرات البحثية المعاصرة، واستخدمت هذه الدراسة أدوات بحثية متعددة تشتمل على نماذج برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

### التحليل والمناقشة

قام الباحث في هذه الدراسة بتحديد أبرز العوامل المؤثرة في حرائق الغابات في منطقة البحث، ثم استخدامها كمعايير للتنبؤ بها في نموذج التحليل الهرمي، لشهر أيار من سنة 2022 بالاعتماد على المرئية الفضائية Landsat 8، وذلك بعد مراجعة بيانات وزارة الدفاع المدني

لفترات تكرر حدوث حرائق الغابات في غابات منطقة الدراسة المختلفة خلال السنوات العشر الأخيرة (من 2012-2022)، حيث تبين أن شهر أيار هو أكثر شهور السنة من حيث تكرر حدوث حرائق الغابات، وقد حددت المعايير المختلفة بعد دراسة طبيعة منطقة البحث، وبالاعتماد على ما ورد في الأدبيات السابقة ذات الصلة بالموضوع (التنبؤ بحرائق الغابات)، وقد قسمت المعايير إلى قسمين هما: المعايير الطبيعية والمعايير البشرية.

### المعايير الطبيعية المؤثرة في حرائق الغابات

#### الغطاء النباتي

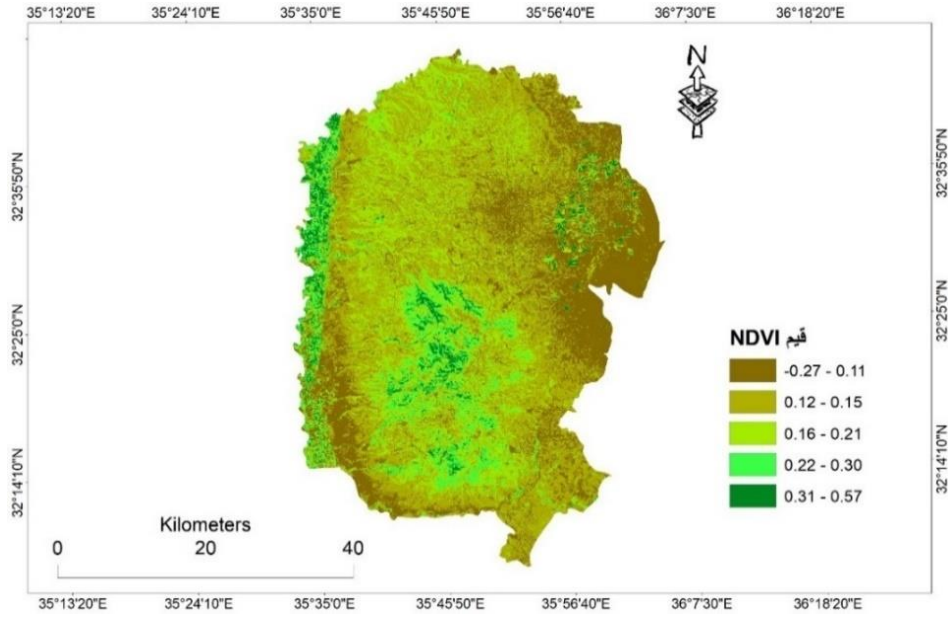
يؤثر الغطاء النباتي على البيئة المحلية تأثيراً كبيراً، وله دور كبير في الحماية والحد من المخاطر الطبيعية مثل الانهيارات الأرضية والانزلاقات الصخرية والفيضانات (Ghodieh, 2023). تؤثر طبيعة الغطاء النباتي كثيراً في حدوث حرائق الغابات وانتشارها الجغرافي؛ إذ يتحكم الغطاء النباتي بخطر الحريق واحتمالية انتشاره المكاني، من حيث كثافته ومحتواه من الرطوبة الذي يرتبط بمحتوى التربة من الرطوبة ارتباطاً وثيقاً (Bach, et al. 2016)، ويعد مؤشر الاختلاف في الغطاء النباتي NDVI دليلاً هاماً على فئات الكثافة النباتية، ويمثل ذلك من خلال النسبة في الفرق ما بين الانعكاسات الطيفية عند الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء، وعند الطول الموجي الأحمر على مجموعهما (شلال وآخرون، 2007). وتتراوح قيمة هذا المؤشر ما بين 1 إلى 1 صحيح، وكلما زادت القيمة وكانت أقرب إلى الواحد الصحيح دل ذلك على وجود تغطية وكثافة أكبر من الغطاء النباتي.

جدول (1): تصنيف كثافة الغطاء النباتي اعتماداً على قيم مؤشر NDVI.

كثافة الغطاء النباتي	نسبة التغطية النباتية	قيم NDVI
قليلة جداً	21-0	قيم سالبة
قليلة	40-21	0.19-0
متوسطة	60-41	0.49-0.20
جيدة الكثافة	80-61	0.79-0.50
كثيفة جداً	100-81	1.0-0.80

المصدر: شلال وآخرون، 2007.

وتبين بعد تطبيق المعادلة الخاصة بمؤشر الاختلاف في الغطاء النباتي في منطقة الدراسة أن قيمه فيها تتراوح ما بين 0.27-0.57، أي أن كثافة الغطاء النباتي قليلة جداً في بعض المناطق بحيث تكون أدنى من 20%، وجيدة الكثافة في مناطق أخرى وهي المناطق المعرضة بشكل أكبر لانتشار الحرائق فيها، ويجدر التنويه إلى أنه ينبغي ألا تهمل المعطيات والمعايير الأخرى ودورها الكبير في التأثير في ظاهرة حرائق الغابات.



**شكل (2):** مؤشر NDVI في منطقة الدراسة.  
المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على المرئية الفضائية 8 Landsat.

**جدول (2):** مساحات فئات الغطاء النباتي في منطقة الدراسة ومعدلاتها المئوية.

المعدل المئوي (%)	مساحة الفئة (كم <sup>2</sup> )	فئات كثافة الغطاء النباتي
18	437	قليلة جدا
68	1636	قليلة
14	330	متوسطة
0.0012	3	جيدة الكثافة
0	0	كثيفة جدا

المصدر: إعداد الباحثين.

### درجة الحرارة السطحية

ترتبط حرائق الغابات في أي مكان في العالم بمجموعة من الأمور والمتغيرات الطبيعية والبشرية كما تقدم، وتختلف هذه الأمور وتتباين شدة تأثيرها من مكان إلى آخر تبعا لاختلاف البيئة الجغرافية لتلك الأماكن، ولكن درجة الحرارة السطحية تعد من أهم العوامل المسؤولة عن الحرائق في أي رقعة جغرافية مهما كانت طبيعة بيئتها، ولقد أصبح من الممكن استخراج درجة حرارة

السطح اعتمادا على بيانات الأقمار الصناعية (Lai, et al. 2022). وجرى استخلاص معامل درجة الحرارة السطحية (LST) Land Surface Temperature في أجزاء منطقة الدراسة المختلفة كمعيار رئيس يدخل في نموذج التحليل الهرمي للتنبؤ بقابلية الغابات لحدوث الحرائق، اعتمادا على المرئية الفضائية Landsat 8 واعتمادا على الملف التعريفي لبيانات المرئية والتي توفرها وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية، وذلك بتطبيق مجموعة من المعادلات الرياضية التسلسلية التي تبنى على بعضها البعض (Salih, et al. 2018) & (Sobrinho, et al. 2004) & (Tajudian, et al. 2021). وبعد بناء نموذج لهذه المعادلات داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وكانت أولها المعادلة الآتية والتي تمثل قيمة الإشعاع أعلى الغلاف الجوي:

$$L\lambda = ML * Qcal + AL-Oi$$

حيث إن:

$$L\lambda = \text{قيمة الإشعاع أعلى الغلاف الجوي}$$

$$ML = \text{قيمة عامل إعادة القياس المضاعف (وتساوي للبانء العاشر في لاندسات 8 ما مقداره 8)} \quad (3.34)$$

$$Qcal = \text{البانء العاشر للمرئية (القيم الحرارية للخلايا جميعها)}$$

$$Al = \text{قيمة عامل القياس الإضافي (وتساوي للبانء العاشر في لاندسات 8 ما مقداره 0.1)}$$

$$Oi = \text{قيمة ثابتة لمعامل تصحيح البانء العاشر لاندسات 8 وتساوي 0.29}$$

وتستخدم هذه المعادلة بغية تحويل البيانات الخام للبانء العاشر (Thermal Band) في المرئية الفضائية Landsat 8 إلى بيانات خاصة بقيمة الإشعاع أعلى الغلاف الجوي، وهذه البيانات تكون مكتسبة مباشرة من قبل الحساس الموجود في القمر الصناعي، وقد خضت لتأثيرات كثيرة في الغلاف الجوي فلا بد من معالجتها قبل التحليل، وتقوم المعادلة السابقة بعمل ذلك من خلال Metadata الموجود في الملف التعريفي لبيانات المرئية الفضائية Landsat 8. وجرى تطبيق المعادلة السابقة، وتراوحت قيمها في منطقة الدراسة بين 12.40-18.18.

ثم طبقت المعادلة الثانية، وهي التي تمثل درجة حرارة السطوح:

$$BT: (K2/ (\ln (K1/L) +1))-273.15$$

حيث إن:

$$BT = \text{درجة حرارة السطوح}$$

$$K2 = \text{قيمة ثابتة للتحويل الحراري (وتساوي للبانء العاشر في لاندسات 8 ما مقداره 1321.0789)}$$

$$Ln = \text{اللوغاريتم}$$

$K1 =$  قيمة ثابتة للتحويل الحراري (وتساوي للبياند العاشر قي لاندسات 8 ما مقداره 774.8853)  
 $L =$  ناتج قيمة الإشعاع أعلى الغلاف الجوي (المعادلة السابقة)  
 273.15: ثابت للحصول على الناتج بالدرجة المئوية بدل كلفن.

وتستخدم هذه المعادلة الأخيرة لتحويل قيم ناتج المعادلة الأولى إلى درجة حرارة السطوح، ثم جرى بعدها تطبيق معادلة مؤشر الاختلاف في الغطاء النباتي NDVI الواردة مسبقاً، ثم ألحقت في نفس النموذج بمعادلة حساب نسبة الغطاء النباتي، باعتبار أصغر القيم وأعلىها للمؤشر في منطقة الدراسة، وهذه المعادلة هي:

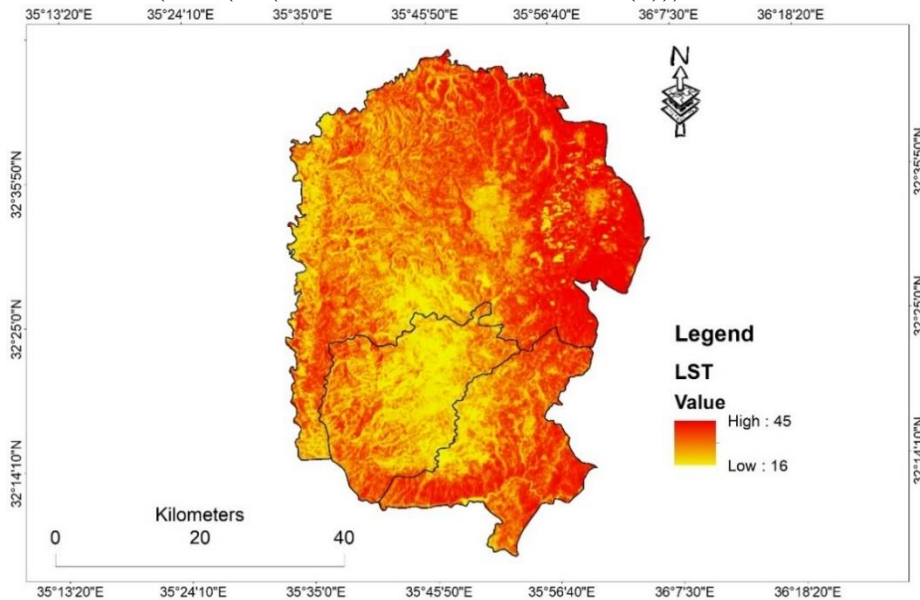
$$Pv = \text{square} ((NDVI - NDVImin) / (NDVImax - NDVImin))$$

ثم تلا ذلك معادلة حساب الانبعاث من سطح الأرض:

$$\text{£} = 0.004 * Pv + 0.986$$

وأخيراً طبقت المعادلة الأخيرة في النموذج التحليلي للحصول على درجة الحرارة السطحية في أجزاء منطقة الدراسة بالاعتماد على نواتج المعادلات السابقة، وصيغة المعادلة كانت كما يأتي:

$$LTS = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388 * \text{Ln} (\text{£}))))$$



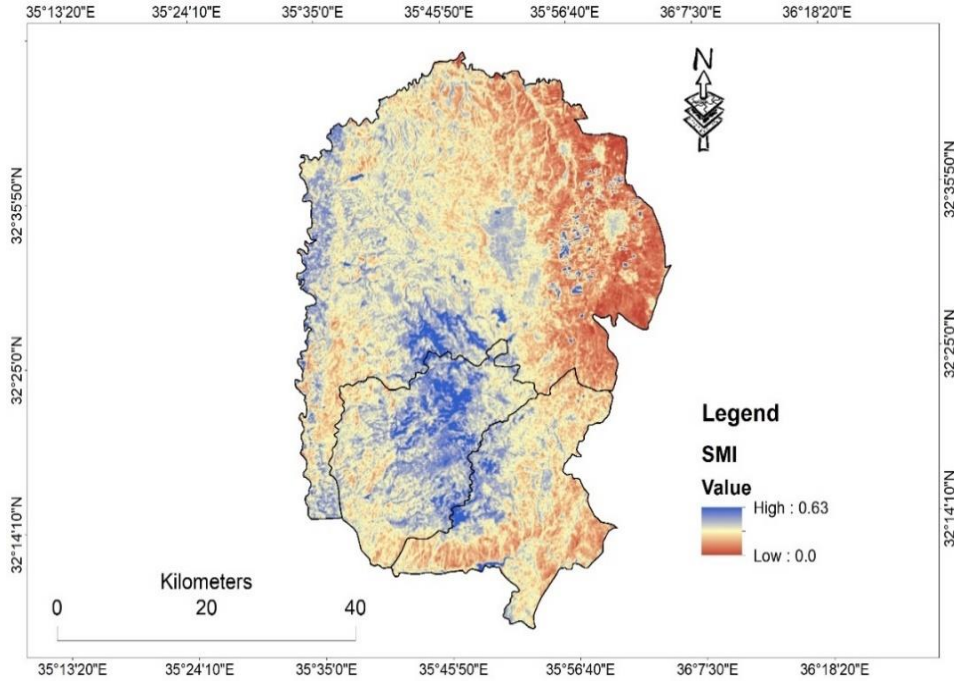
شكل (3): مؤشر LST في منطقة الدراسة.  
 المصدر: إعداد الباحثين.

## رطوبة التربة

يجري قياس مؤشر رطوبة التربة (SMI) Soil Moisture Index للمرئية الفضائية Landsat 8 بالاعتماد على مؤشر درجة الحرارة السطحية (LST)، ويعبر هذا المؤشر عن محتوى التربة من الرطوبة، وتحسب قيمته بناءً على الفروق الحرارية بين قيم مؤشر الحرارة السطحية العليا والدنيا، وذلك من خلال تطبيق المعادلة الآتية: (Tajudian, et al. 2021).

$$SMI = (LST_{max} - LST) / (LST_{max} - LST_{min})$$

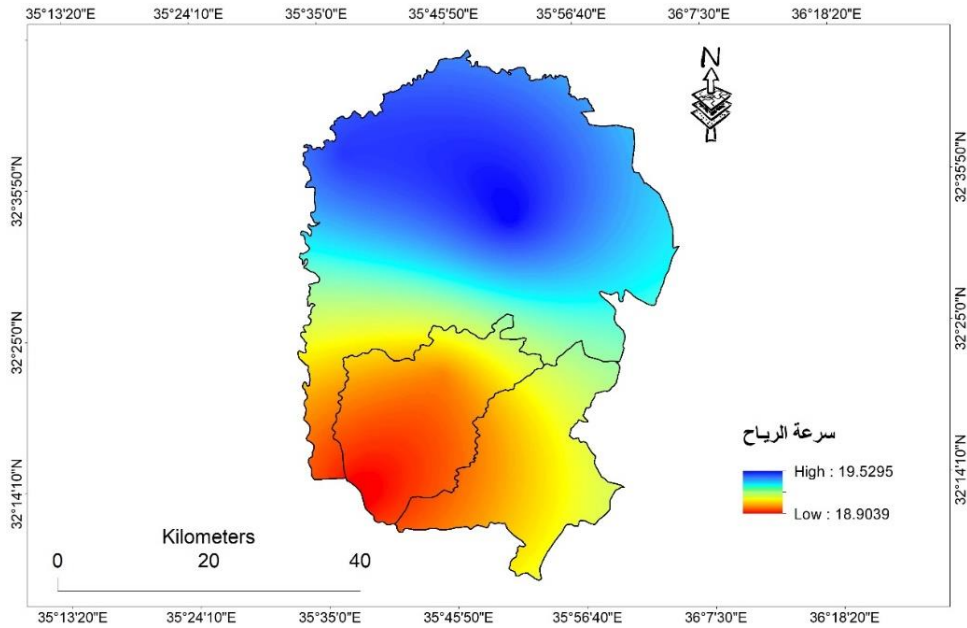
وتؤثر رطوبة التربة في حرائق الغابات من حيث زيادة محتوى النباتات منها الأمر الذي يعمل بدوره على التقليل من انتشار الحرائق فيها أو حتى من اندلاعها بالأساس، ويعمل أيضا على زيادة مقاومة النباتات للحرائق في حال اشتعالها مما يقلل أو يزيد من فرص انتشارها بحسب كمية الرطوبة (Bach, et al. 2016). وتتراوح قيمة مؤشر رطوبة التربة ما بين 0-1، وكلما زادت القيمة دل ذلك على زيادة محتوى التربة من الرطوبة ومن ثم تقل احتمالية حدوث وانتشار حرائق الغابات (Tajudian, et al. 2021).



شكل (4): مؤشر SMI في منطقة الدراسة.  
المصدر: إعداد الباحثين.

### سرعة الرياح

تلعب سرعة الرياح كعنصر من عناصر الطقس دورا كبيرا في حدوث حرائق الغابات؛ إذ تزود النار بأكسجين إضافي ما يتيح لها بأن تنتشر وتتوسع إلى نطاق أكبر قد يشتمل في بعض الحالات على عدة كيلومترات، فالعلاقة إذن طردية ما بين سرعة الرياح وانتشار النار، وقد تؤثر الرياح تأثيرات أخرى تتمثل بنقل الجمر إلى أماكن أخرى ما يولد حرائق إضافية غير الحريق الأساسي، ومن الممكن أيضا أن تولد حرائق تاجية وهي الحرائق التي تشتعل صعودا باتجاه أعالي الأشجار؛ حيث يمكن للرياح أن ترفع النار نحوها خصوصا إذا سادت لحظتها في المنطقة تيارات صاعدة. وتكون الظروف الجوية مؤثرة جدا في حدوث حرائق الغابات عندما تزيد سرعة الرياح عن 30 كلم/س، بشرط أن تتوافق هذه السرعة بدرجة حرارة تزيد عن 30 درجة مئوية، ورطوبة نسبية في الجو تقل عن 30% (Bach, et al. 2016).

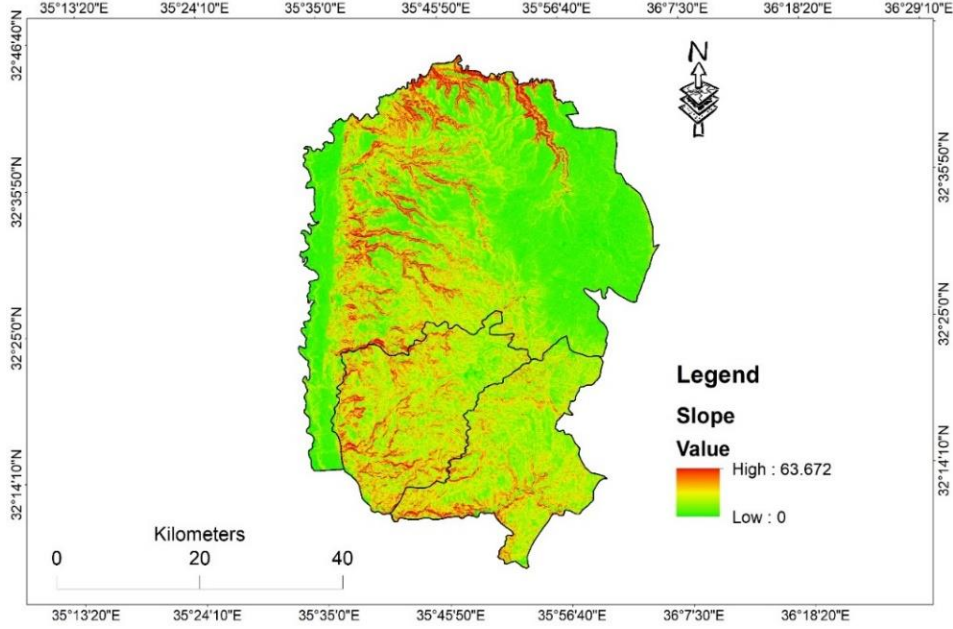


شكل (5): معدل سرعة الرياح في منطقة الدراسة.  
المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على بيانات موقع [meteoblue.com](http://meteoblue.com).

### الانحدار

يخضع انتشار الحرائق لعوامل عدة من ضمنها بطبيعة الحال تضاريس المنطقة التي تشتعل فيها، حيث يعمل الانحدار كلما كان شديدا على خلق تيارات رياح عكسية تزيد من سرعة اشتعال النار في الوديان، ويزيد الانحدار كذلك من شدة التيارات الهوائية الصاعدة نهارا والتيارات الهابطة ليلا

(Bach, et al. 2016). ويجري حساب ميل المنحدر بالدرجات (0-90) وقد جرى تصنيف منطقة الدراسة وفقا للمنحدرات وذلك بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM، حيث بلغت قيمة أقل انحدار 0 درجة وأعلى انحدار ما مقداره 64 درجة تقريبا.



شكل (6): فئات الانحدار في منطقة الدراسة.  
المصدر: إعداد الباحثين.

جدول (3): مساحات فئات الانحدار ومعدلاتها المئوية من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

الفئة	الدرجات	مساحة الفئة (كم <sup>2</sup> )	المعدل من إجمالي مساحة المنطقة (%)
مناطق مستوية	2-0	363	15
انحدار لطيف	20-2	1512	63
انحدار متوسط	30-20	292	12
انحدار شديد	45-30	174	7
حافات رأسية وجروف	>45	65	3

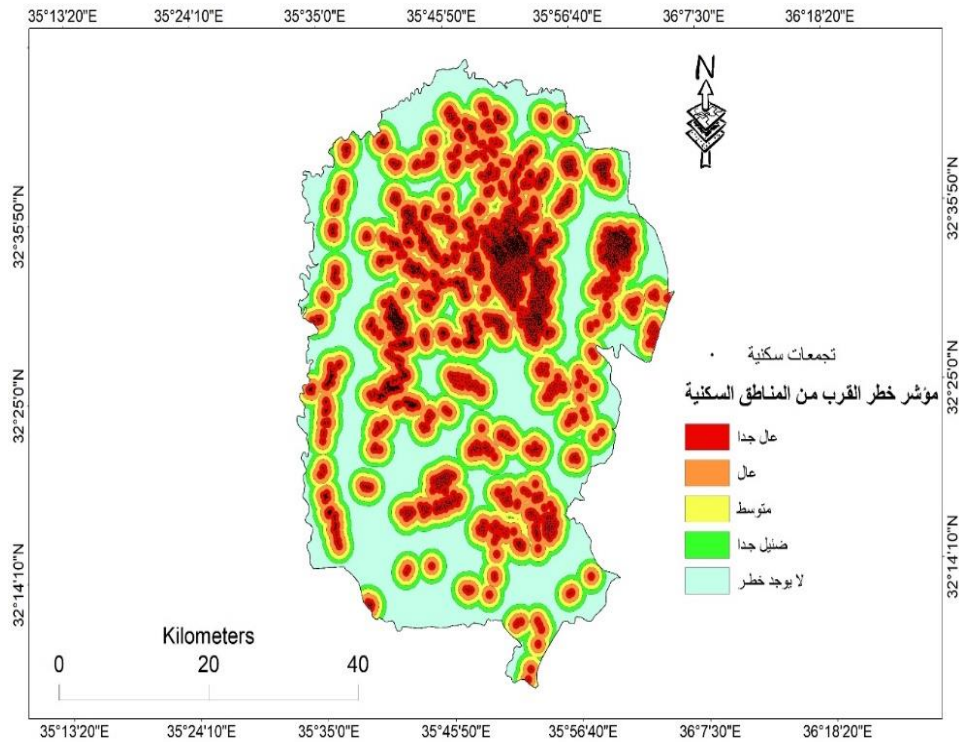
المصدر: إعداد الباحثين.



## المعايير البشرية المؤثرة في حرائق الغابات

### القرب من المناطق السكنية

كلما كانت المناطق الحرجية والغابية أقرب للمناطق السكنية زادت احتمالية نشوب الحرائق فيها؛ وذلك بسبب النشاطات البشرية المختلفة؛ فبعض السكان يعتمدون في حياتهم على التحطيب وقطع الأشجار ما يسبب جفاف الجزء المقطوع وقابليته من ثم للاشتعال، فضلا عن التنزه وما يصاحبه من سلوكيات سيئة مثل رمي أعقاب السجائر وإشعال النيران في المنطقة لغايات مختلفة (معروف، 2018). بالإضافة إلى خطر التمديدات الكهربائية وتيارات الضغط العالي (حجلة، 2021). ويكون خطر احتراق الغابات كبيرا جدا وأعلى ما يمكن عندما تكون المناطق الحرجية على مقربة 500 متر فأقل للتجمعات السكنية، ويكون الخطر متوسطا إذا كانت المسافة بينهما أكثر من 500 متر إلى 1500 متر، وبعد ذلك يقل الخطر كلما زادت المسافة من تلك التجمعات (معروف، 2018).

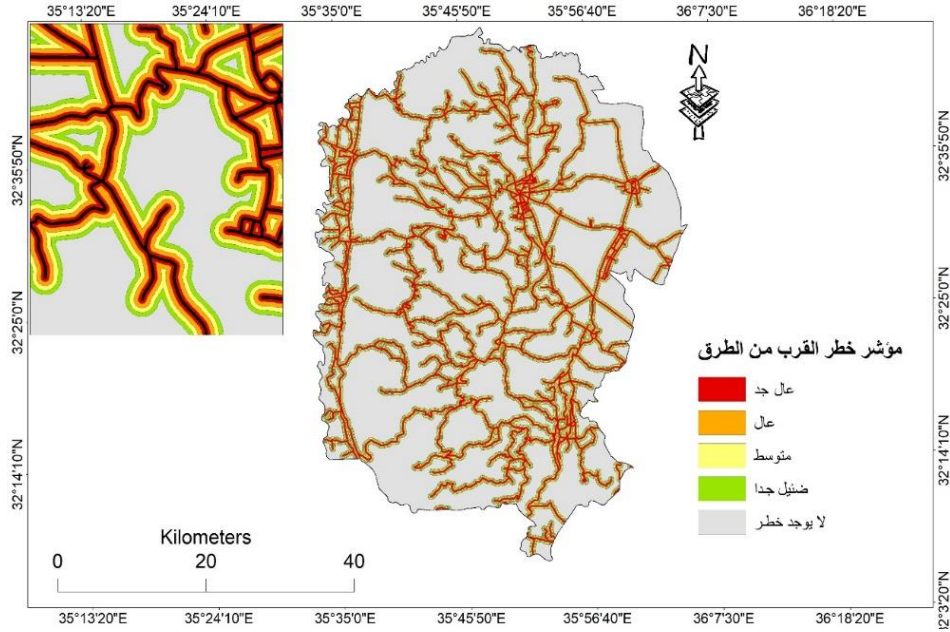


شكل (7): معيار خطر القرب من المناطق السكنية.

المصدر: إعداد الباحثين.

### القرب من الطرق

تؤثر الطرق بشكل ملحوظ على حدوث حرائق الغابات؛ حيث يقصد الناس المناطق القريبة منها للتنزه، ويقصدونها أيضا للاستراحات في حالات سفرهم، كما يفضلون في رحلاتهم البقاء قريبين من مركباتهم، لذلك يزداد الضغط على تلك المناطق وتشهد كثيرا من الممارسات السلبية خصوصا إشعال النيران، ويكون خطر الحريق عاليا جدا إذا ما كانت المنطقة قريبة من الطرق بأقل من 100 متر، ويكون متوسطا إذا كانت المسافة بينهما من 100-200 متر، ويقل الخطر بتأثير هذا المؤشر كلما زادت المسافة بعد ذلك (معروف، 2018).



شكل (8): معيار خطر القرب من الطرق.

المصدر: إعداد الباحثين.

### تطبيق أسلوب التحليل التحليل الهرمي للتنبؤ بخطر حرائق الغابات

يمكن القول بأن أسلوب التحليل الهرمي يعد طريقة رياضية لاتخاذ قرار محدد أو للوصول إلى هدف ما بناءً على مجموعة من العوامل التي تؤثر فيه؛ إذ يقوم العمل به أساسا في بادئ الأمر على تحديد هذه العوامل ثم إعطاء أوزان دقيقة لها، ثم تجري بعد ذلك عملية ضرب رياضية لتلك الأوزان تقضي إلى تحديد نقاط متسلسلة بناءً على نواتج الضرب للأوزان لفئات العوامل المختلفة (Vargas, 1990). وقد تم اعتماد منهج AHP بادئ الأمر من خلال بناء مصفوفة المقارنة الزوجية لتحديد الأهمية النسبية (الوزن) لكل معيار من معايير الدراسة بناءً على مقياس تسجيل

التفضيل الذي يتراوح من (1 إلى 9) والذي يبين حجم وطبيعة العلاقة بين كل معيار وآخر ومقدار تأثير كل معيار على الظاهرة المدروسة بالنسبة إلى باقي المعايير (Shadeed, 2019). وجرى في هذه الدراسة اتباع هذا الأسلوب لتقييم حساسية الغابات لحدوث الحرائق في منطقة الدراسة، وبتطبيق أدوات إعادة التصنيف Reclassify وأداة Raster Calculator التي تستخدم لتطبيق المعادلات الحسابية والمنطقية، وذلك في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (برمجية ArcMap) 10.8 وبعد تحديد المعايير المؤثرة في ظاهرة البحث؛ للوقوف على سيناريوهات حرائق الغابات في منطقة الدراسة، وقد قام الباحث بتحديد أوزان فئات المعايير التي تدخل في التنبؤ بحرائق الغابات بدءاً بتحديد الأوزان المعيارية للمقارنة الثنائية الأولية اعتماداً على استبانة موزعة على عدة متخصصين في المجالات ذات العلاقة بظاهرة البحث وطرائق التحليل، وهم:

– الرائد هاني محمد المواصلة، مساعد مدير إدارة الكوارث في المديرية العامة للدفاع المدني الأردني.

– م. قمر الميمي، محللة نظم معلومات جغرافية في الجمعية الملكية لحماية البيئة.

– م. هاني حسين النعيمي، مدير سابق لمركز الأبحاث الزراعية.

– م. حسين مصطفى شامان، مدير دائرة الزراعة لفرع إربد سابقاً.

ثم تمت الاستعانة بالجدول الآتي في سبيل تحديد قوة التأثير في العلاقات بين معايير اتخاذ القرار المتعددة بعد تحديد أوزان المقارنة الثنائية:

**جدول (4): قوة التأثير في العلاقات بين المعايير بناءً على الأوزان الأولية.**

Significance Level	Definition
1	Equally Importance
3	Moderate Importance
5	Strong Importance
7	Very Strong Importance
9	Extreme Importance
2,4,6,8	Moderate Importance

المصدر: Alsamaray, 2007.

ثم جرى التحقق من دقة المقارنة الثنائية بين أوزان المعايير اعتماداً على شدة التأثير بينها، وقابلية هذه الأوزان للاستخدام والتطبيق من خلال استخراج مؤشر الثبات Consistency Index (CI) (Alsamaray, 2007):

$$CI = (L \max - n) / (n-1)$$

حيث إن:

$L \max =$  متوسط أوزان المعايير

$N =$  عدد المعايير في الدراسة

ثم استخراج ثابت مؤشر التناسق العشوائي The Random Consistency Index (RCI)، والذي يحدّد تبعاً لعدد معايير الدراسة، كما هو موضح في الجدول الآتي:

**جدول (5):** علاقة ثابت مؤشر التناسق العشوائي بعدد المعايير.

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RCI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

المصدر: Alsamaray, 2007.

وبلغ ثابت المؤشر في هذه الدراسة ما مقداره 1.32 لأن عدد المعايير يبلغ 7 معايير، حيث تم استثناء معيار الرطوبة النسبية من التحليل؛ وذلك لأنه تبين أنها تؤثر في حرائق الغابات عندما تقل عن 25%، فيما نقل الاحتمالية عن 3% في حال زادت عن 41% (Weir, 2007)، وتبلغ أقل قيمة لها في منطقة الدراسة ما مقداره 55% تقريباً ما يعني عدم تأثيرها في ظاهرة البحث أبداً.

وأخيراً جرى قسمة ناتج مؤشر الثبات CI على قيمة ثابت مؤشر التناسق العشوائي RCI من أجل استخراج قيمة نسبة الثبات CR (Consistency Ratio) للتحقق من صحة المقارنة الثنائية بين المعايير ومن دقتها، وقد بلغت الدقة ما مقداره 0.066 ما يعني صحة استخراج الأوزان المعيارية وصلاحيتها للاستخدام تبعاً للمقارنة الثنائية الأولية، إذ يجب أن تكون قيمة CR أقل من 0.1 (Alsamaray, 2007).

**جدول (6):** المقارنة الثنائية الأولية لأوزان المعايير التحليلية.

المعايير	كثافة الغطاء النباتي	درجة الحرارة السطحية	سرعة الرياح	المسافة من المناطق العمرانية	رطوبة التربة	الانحدار	المسافة من الطرق
كثافة الغطاء النباتي	1	2	2	3	4	5	6
درجة الحرارة السطحية	0.5	1	1	2	3	4	5
سرعة الرياح	0.5	0.5	1	2	3	4	5
القرب من المناطق العمرانية	0.33	0.5	0.5	1	2	4	2
رطوبة التربة	0.25	0.33	0.33	0.5	1	2	3
الانحدار	0.2	0.25	0.25	0.25	0.5	1	2
المسافة من الطرق	0.16	0.2	0.2	0.5	0.33	0.5	1
المجموع	2.94	4.78	5.28	9.25	13.83	20.5	24

المصدر: إعداد الباحثين.

## جدول (7): الأوزان النسبية للمعايير التحليلية.

المعايير	كثافة الغطاء النباتي	درجة الحرارة السطحية	سرعة الرياح	المسافة من المناطق العمرانية	رطوبة التربة	الانحدار	المسافة من الطرق	الوزن
كثافة الغطاء النباتي	0.340136054	0.418410042	0.3787879	0.324324324	0.289226	0.244	0.25	2.244787058
درجة الحرارة السطحية	0.170068027	0.209205021	0.1893939	0.216216216	0.21692	0.195	0.208333333	1.405258228
سرعة الرياح	0.170068027	0.10460251	0.1893939	0.216216216	0.21692	0.195	0.208333333	1.300655718
القرب من المناطق العمرانية	0.112244898	0.10460251	0.094697	0.108108108	0.144613	0.195	0.083333333	0.842720931
رطوبة التربة	0.085034014	0.069037657	0.0625	0.054054054	0.072307	0.098	0.125	0.56549328
الانحدار	0.068027211	0.052301255	0.0473485	0.027027027	0.036153	0.049	0.083333333	0.362971089
المسافة من الطرق	0.054421769	0.041841004	0.0378788	0.054054054	0.023861	0.024	0.041666667	0.278113697

المصدر: إعداد الباحثين.

## جدول (8): مؤشر ونسبة الثبات لأوزان معايير الدراسة.

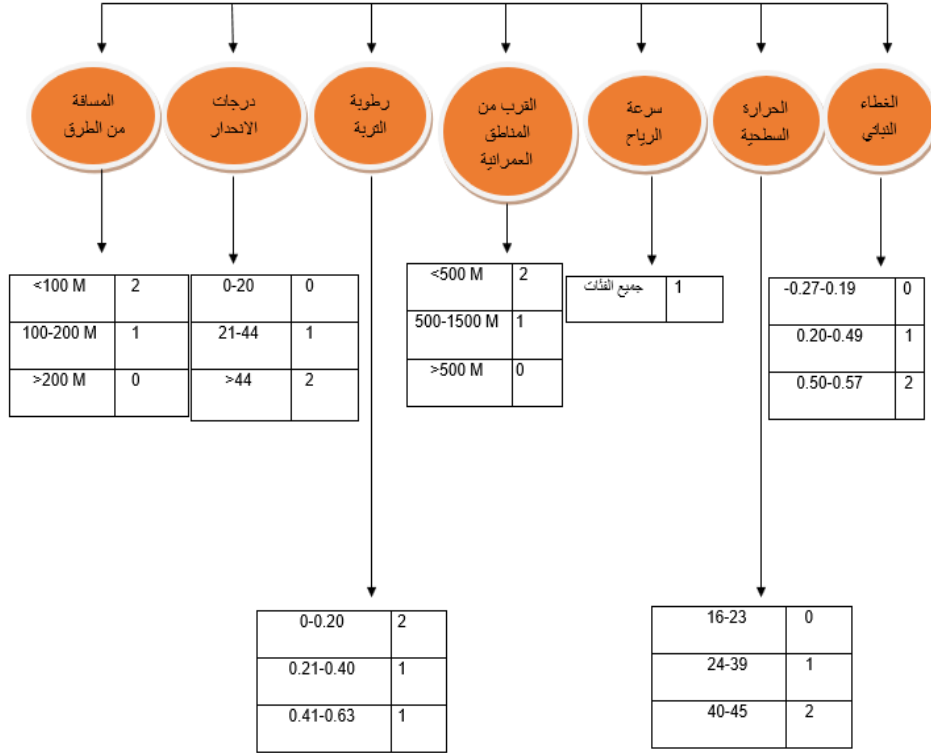
	2.244	1.405	1.3	0.842	0.565	0.362	0.278	المجموع	الوزن النسبي	المجموع / الوزن
كثافة الغطاء النباتي	2.244	2.81	2.6	2.526	2.26	1.81	1.668	15.918	2.205	7.2190476
درجة الحرارة السطحية	1.122	1.405	1.3	1.684	1.695	1.448	1.39	10.044	1.336	7.5179641
سرعة الرياح	1.122	0.7025	1.3	1.684	1.695	1.448	1.325	9.2765	1.155	8.0316017
القرب من المناطق العمرانية	0.74052	0.7025	0.65	0.842	1.13	1.448	0.53	6.04302	0.785	7.6981146
رطوبة التربة	0.561	0.46365	0.429	0.421	0.565	0.724	0.795	3.95865	0.526	7.5259506
الانحدار	0.4488	0.35125	0.325	0.2105	0.2825	0.362	0.53	2.51005	0.344	7.296657
المسافة من الطرق	0.35904	0.281	0.26	0.421	0.18645	0.181	0.265	1.95349	0.265	7.3716604
									L MAX	7.5229994
									CI	0.0871666
									RCI	1.41
									CR	0.0618203

المصدر: إعداد الباحثين.

وأخيرا لتحديد الفئات النهائية للمعايير وأوزانها (من 3 درجات وهي 0،1،2) بحسب شدة التأثير لكل فئة في نموذج التحليل الهرمي، لجأ الباحث إلى الدراسات السابقة ذات الصلة بالموضوع فضلا عن الاستعانة بثلاثة من الخبراء المختصين في مجالات الدراسة عبر توزيع استبانة لهم، وهم:

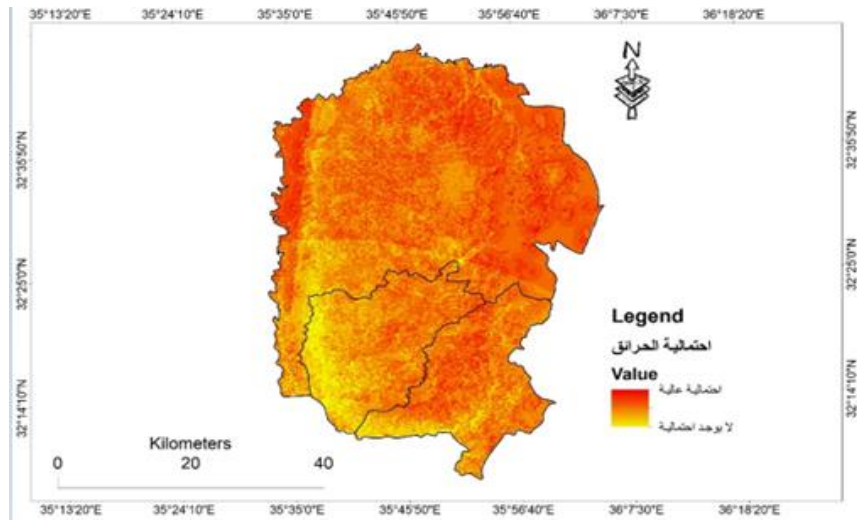
- الرائد هاني محمد المواصلة، مساعد مدير إدارة الكوارث في المديرية العامة للدفاع المدني الأردني.
- م. حسين مصطفى شامان، مدير دائرة الزراعة لفرع إربد سابقا.
- م. هاني حسين النعيمي، مدير سابق لمركز الأبحاث الزراعية.

بعد ذلك جرى إعادة تصنيف فئات المعايير المختلفة جميعها إلى قيم رقمية من ثلاث فئات تبعاً لأوزانها النسبية، ثم ضرب أوزان الفئات الرقمية لكل معيار بالأوزان النسبية له، وأخيراً جمع الناتج بنتائج ضرب المعيار الذي يليه - من حيث أهمية التأثير - بوزنه النسبي، وهكذا مع كل المعايير في معادلة واحدة؛ للوصول إلى الخريطة النهائية.



شكل (9): الأوزان النهائية لفئات المعايير في نموذج التحليل الهرمي. المصدر: إعداد الباحثين.

وقد تبين بعد تطبيق نموذج التحليل الهرمي أن أراضي غير قليلة من منطقة الدراسة معرضة لخطر حرائق الغابات، وتبلغ مساحة هذه الأراضي ما مقداره 821 كم<sup>2</sup> وهي بذلك تشكل 34% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، أما بقية أجزاء المنطقة فقد انتظمتها فئتان، الأولى فئة الاحتمالية المتوسطة لحدوث الحرائق وتغطي مساحة تقدر بـ 1093 كم<sup>2</sup> وتشكل من إجمالي مساحة المنطقة 45% على وجه التقريب، في حين تتبع باقي أراضي منطقة الدراسة (ومساحتها 490 كم<sup>2</sup> وتشكل 21% من إجمالي مساحة المنطقة) إلى فئة عدم وجود احتمالية لحدوث الحرائق.



شكل (10): قابلية غابات منطقة الدراسة لحدوث الحرائق.  
المصدر: إعداد الباحثين.

جدول (9): مساحات فئات احتمالية الحرائق في منطقة الدراسة ونسبها المئوية.

النسبة المئوية	المساحة (كم <sup>2</sup> )	الاحتمالية
21	490	لا يوجد
45	1093	متوسطة
34	821	عالية

المصدر: إعداد الباحثين.

#### التحقق من دقة النتائج.

#### التوقيع الجغرافي لعينات حرائق الغابات السابقة في منطقة الدراسة.

جرى أخذ مجموعة من النقاط الممثلة لمواقع حرائق سابقة في منطقة الدراسة تحمل كل نقطة منها قيم المعايير المدروسة للتنبؤ بالظاهرة، وأظهر توقيعها الجغرافي على الخريطة السابقة توافقا مع نتائج التحليل، حيث لم تقع أي عينة مطلقا في نطاق المناطق غير المعرضة لخطر الحرائق وإنما توزعت في الفئتين الثانية والثالثة.

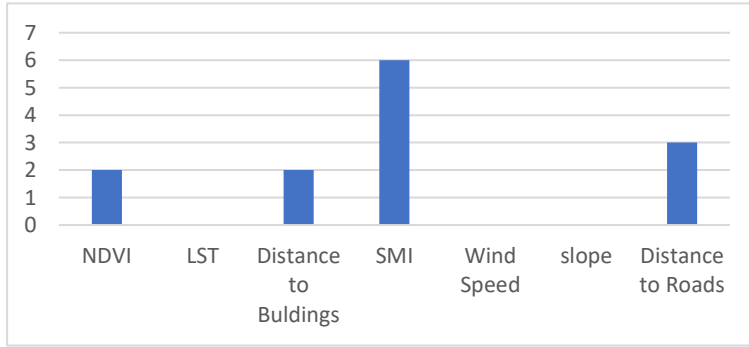
وبخصوص قيم المعايير التي تحملها عينات الدراسة؛ فقد أظهر توقيعها على خرائط معايير الدراسة أن سرعة الرياح كانت مؤثرة في حرائق الغابات بشكل واضح؛ حيث كانت جميع المواقع السابقة خلال نفس الشهر (وعددتها ثمانية) تقع ضمن نطاق التأثير المتوسط لسرعة الرياح في ظاهرة البحث (الفئة 1)، ثم يلي ذلك الغطاء النباتي ودرجة الحرارة السطحية، حيث لم تحظ الفئة

الأقل تأثيراً إلا بنطاق موقع واحد من المواقع في حين حظيت الفئة متوسطة التأثير بنطاقات خمسة مواقع لمؤشر الغطاء النباتي، وأربعة مواقع لمؤشر درجة الحرارة السطحية للفئتين الأولى والفئة الصفرية (معدومة التأثير)، أما رطوبة التربة فكانت المؤثر الأول في حرائق الغابات حيث كانت نطاقات المواقع المتضمنة للفئة الأعلى تأثيراً فيها (الفئة 2) الأكثر لأي معيار من باقي المعايير بواقع 6 مواقع، وموقعين للفئة المتوسطة، ولا موقع أبداً للفئة المعدومة، أما القرب من المظاهر البشرية (القرب من العمران والقرب من الطرق) فقد كانا متقاربين تقريبا حيث حظي المعياران بثلاث مواقع للفئة المعدومة، وحظي معيار القرب من العمران بثلاث مواقع أيضاً للفئة المتوسطة وموقعين للفئة الأعلى تأثيراً (الفئة 2)، في حين حظي معيار القرب من الطرق بثلاث مواقع للفئة الأعلى تأثيراً وموقعين للفئة المتوسطة التأثير، هذا وقد كان معيار الانحدار هو الأعلى نصيباً من حيث عدد العينات في الفئة المعدومة التأثير بواقع 6 عينات، وبعينتين للفئة المتوسطة التأثير (الفئة 1).

جدول (10): توزيع عينات الدراسة على قيم فئات معايير الدراسة.

المعيار	لا تأثير	تأثير متوسط	تأثير عال
كثافة الغطاء النباتي	1	5	2
درجة الحرارة السطحية	4	4	0
سرعة الرياح	لا يوجد فئة	8	لا يوجد فئة
القرب من العمران	3	3	2
رطوبة التربة	لا يوجد فئة	2	6
الانحدار	6	2	0
القرب من الطرق	3	2	3

إعداد الباحثين.



شكل (11): تكرار العينات للقيم الأعلى للمعايير. (إعداد الباحثين).



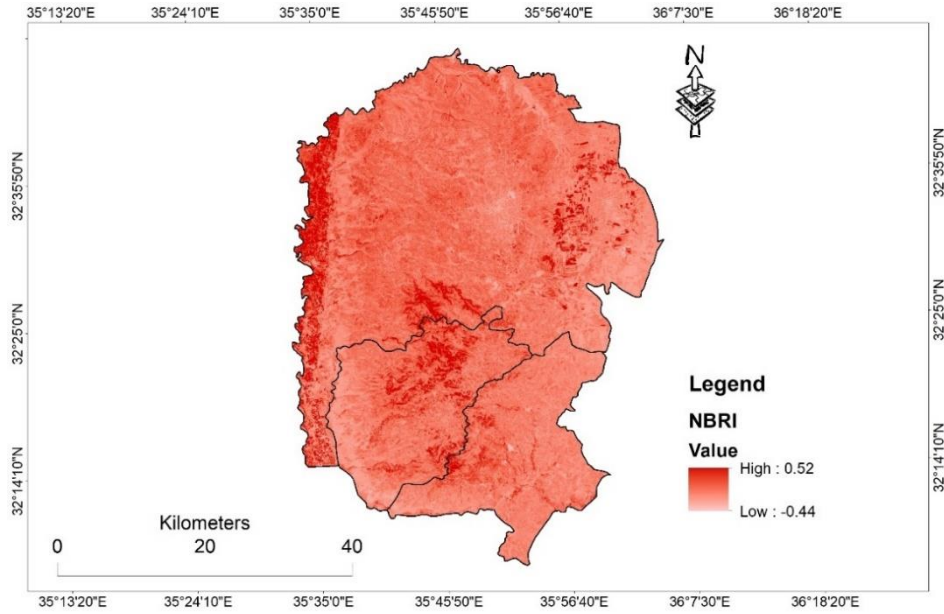
### مؤشر الحرائق القياسي (NBRI) Normalized Burn Ratio Index

يعدُّ مؤشر الحرائق القياسي من أكثر المؤشرات فعالية في تحديد نسبة المناطق المحترقة باستخدام صور الأقمار الصناعية، ويجري استخلاصه بناءً على معادلة تتضمن القناة تحت الحمراء القريبة (NIR) والانعكاس الطيفي للأشعة تحت الحمراء (SWIR) وهاتان القناتان هما الباند الخامس والباند السابع في المرئية الفضائية Landsat 8، حيث تعد القناة تحت الحمراء القريبة حساسة للتغيرات في محتوى النبات من الكلوروفيل، في حين يساعد الانعكاس الطيفي للأشعة تحت الحمراء على تقدير محتوى التربة والنباتات من الرطوبة، وتتراوح قيمة الناتج للمؤشر ما بين 1- إلى 1 صحيح، حيث تعد النسبة للمناطق المحترقة من 0.2 إلى 0.38 نسبة قليلة، ومنها إلى نحو 0.55 نسبة متوسطة، أما ما فوق ذلك فيدل على أنّ نسبة الاحتراق عالية (Khoirunisa, 2020). وأظهر تطبيق المؤشر أن نسبة المناطق المحترقة في منطقة الدراسة تتراوح بين 0.52 – -0.44، أي أنها تنطوي على مناطق غير محترقة إلى مناطق محترقة بدرجة متوسطة قريبة من العالية، وبلغ مجموع مساحات المناطق غير المحترقة نحو 2209 كم<sup>2</sup>، ما يشكل من مساحة المنطقة نسبة عالية تقدر بنحو 92%، أما المناطق المحترقة بدرجة قليلة فقد بلغت مساحاتها 185 كم<sup>2</sup> أي نحو 7.6% من مساحة المنطقة، وأخيراً شكلت المناطق من الفئة المتوسطة نحو 0.4% من مساحة المنطقة حيث كان مجموع مساحاتها ما مقداره 12 كم<sup>2</sup> تقريباً.

**جدول (11):** فئات مؤشر الحرائق القياسي NBRI في منطقة الدراسة.

الفئة	المساحة (كم <sup>2</sup> )	المعدل من مساحة المنطقة
-0.44-0.2	2209	92
0.2-0.38	185	7.6
0.38-0.52	12	0.4

إعداد الباحثين.

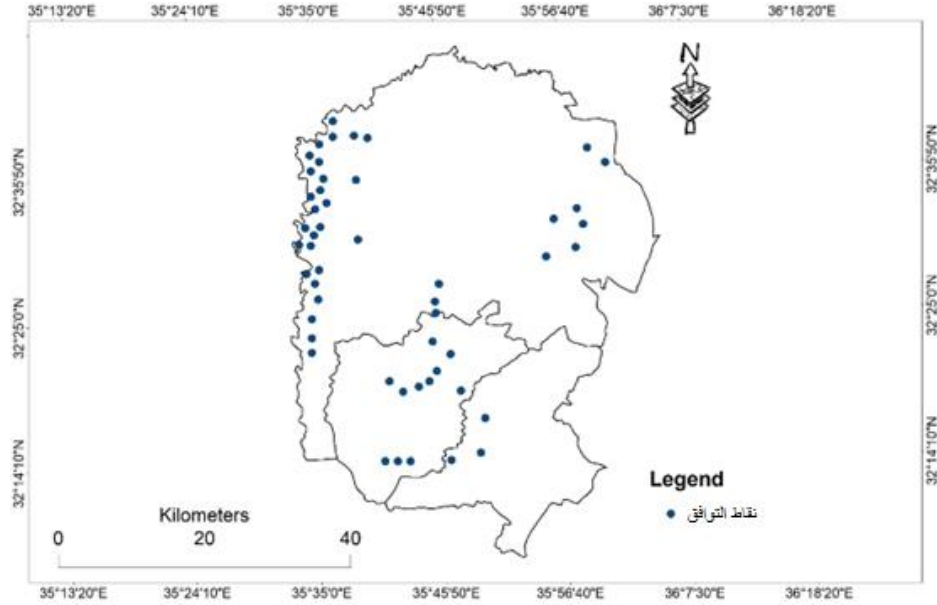


شكل (12): مؤشر الحرائق القياسي NBR.

المصدر: إعداد الباحثين.

ثم أعيد تصنيف فئات الخريطة السابقة إلى فئات محددة ثم استخلص منها جدول بيانات وصفية عبر أداة Zonal Geometry في نظم المعلومات الجغرافية؛ وذلك حتى يتسنى مطابقة نتائجها مع نتائج خريطة احتمالية الحرائق المستخلصة مسبقاً، وقد أظهرت المقارنة بين مؤشر الحرائق القياسي وخريطة احتمالية الحرائق، وجود توافق في احتمالية الحرائق مع نسبة المناطق المحترقة في المؤشر والتي تمثل إلى حد ما الفئة المقابلة لها؛ حيث أن نسبة المناطق المحترقة بدرجة متوسطة إلى عالية على طول الشريط الغوري غربي منطقة الدراسة تبيّن من خلال التحليل في النموذج الهرمي أنها معرضة لاحتمالية الحرائق بدرجة عالية وهذه المنطقة هي المنطقة الواقعة فلكياً بين  $35^{\circ}36'55''$  E -  $32^{\circ}40'36''$  N وحتى  $35^{\circ}34'4''$  E -  $32^{\circ}21'9''$  N، وكان الحال مشابهاً كذلك عند أقصى شرق محافظة إربد، في حين اشتركت -وبشكل ملحوظ- الفئة متوسطة الاحتمالية مع الفئة المتوسطة من حيث نسبة الاحتراق بحسب نتائج المؤشر في جملة من المواقع، والفئة عديمة الاحتمالية مع الفئة قليلة النسبة والمناطق التي تعد أقل منها درجة بكثير بشكل واضح أيضاً في مجموعة من المواقع وبشكل خاص وملحوظ في المنطقة الممتدة من جنوب غرب محافظة إربد وعلى طول الشريط الحدودي الغربي لمحافظة عجلون، وهذه المنطقة هي المنطقة الواقعة فلكياً ما بين  $35^{\circ}37'1''$  E -  $32^{\circ}24'50''$  N وحتى  $35^{\circ}38'58''$  E -  $32^{\circ}12'42''$  N. ورغم ذلك فقد حظيت نسبة من المواقع في عموم منطقة الدراسة باحتمالية عالية للحرائق في نموذج

التحليل الهرمي ولكنّ نتائج مؤشر الحرائق القياسي بيّن أنّها تتبع فئة المواقع ذات النسبة المحترقة بدرجة قليلة، وجدير بالذكر أنّ هذا المؤشر يستخدم أساساً لتحديد نسبة المناطق المحترقة وتوفير مقياس لشدة الحرائق لها (وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية، 2020) ويعتمد على القناتين الممثلةين للتغيرات في محتوى النبات من الكلوروفيل ومحتوى التربة والنباتات من الرطوبة وهما NIR, SWIR في المرئية الفضائية Landsat 8 كما تقدم، على خلاف نتائج التحليل في نموذج التحليل الهرمي والذي تضمن جملة من المعايير المؤثرة في حدوث الحرائق ما يعطي نسبة أدق للنتائج؛ خصوصاً لتوافقها مع عينات الدراسة والتي تمثل مواقع حرائق سابقة في أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة.



شكل (13): نقاط التوافق بين AHP و NBRI للفئتين الأعلى. المصدر: إعداد الباحثين.

### النتائج

توصلت الدراسة إلى جملة من النتائج، وكان أبرزها:

- استخلاص أبرز المعايير التي تدخل في تقدير قابلية الغابات وحساسيتها لحدوث الحرائق في منطقة الدراسة، وتحديد فئاتها ومساحتها ومعدلاتها المئوية من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

- التحديد العلمي لأوزان فئات المعايير التي تدخل في تقدير قابلية الغابات وحساسيتها لحدوث الحرائق في منطقة الدراسة.
- تطبيق أسلوب التحليل الهرمي للتنبؤ باحتمالية حدوث الحرائق في غابات منطقة الدراسة وإنتاج خريطة تمثل مستويات قابليتها لذلك حيث أن أجزاء غير قليلة من منطقة الدراسة معرضة لخطر حرائق الغابات، وتبلغ مساحة هذه الأراضي ما مقداره 821 كم<sup>2</sup> وهي بذلك تشكل 34% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، أما بقية أجزاء المنطقة فقد انتظمتها فئتان، الأولى فئة الاحتمالية المتوسطة لحدوث الحرائق وتغطي 1093 كم<sup>2</sup> وتشكل من إجمالي مساحة المنطقة 45% على وجه التقريب، في حين تتبع باقي أراضي منطقة الدراسة - ومساحتها 490 كم<sup>2</sup> وتشكل 21% من إجمالي مساحة المنطقة- إلى فئة عدم وجود احتمالية لحدوث الحرائق.
- تطبيق مؤشر الحرائق القياسي NBRI للتأكد من دقة النتائج، وليكون رديفاً لنموذج التحليل الهرمي AHP.

#### التوصيات

- توصي الدراسة في ضوء النتائج التي توصلت إليها بما يأتي:
- استخدام المسوحات الميدانية المدعومة بنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لدراسة أكثر تعمقاً للأسباب الطبيعية والبشرية التي تدخل في تقدير قابلية الغابات لحدوث الحرائق.
- التوسع في الدراسات الجغرافية المختلفة باستخدام التقنيات الحديثة والنماذج العالمية كونها أنجع خيار للخروج بنتائج دقيقة.
- تصميم نظام للمراقبة والإنذار المبكر في حال حدوث حرائق حرجية، يقوم على الربط بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتكنولوجيا المعلومات (IT) وبتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- الامتناع عن حرق الأعشاب الجافة، وتوفير أماكن خاصة للتنزه والتخييم تبعد عن الغابات والأشجار الحرجية مسافة كافية.

#### المصادر والمراجع العربية

- أبو سمور، حسن. (1999). تراجع مساحة الغابات وكثافتها في حوض وادي جرش في الفترة 1960-1999، مؤتمراً للبحوث والدراسات، 14(8). 95-113.
- الجمعية الملكية لحماية البيئة. (2022). بيانات عن مواقع حرائق غابوية سابقة.
- حجلة، مريم. (2021). حرائق الغابات بين تأثير العوامل المناخية وتداعيات الجريمة البيئية، مجلة سوسولوجيون، 2(2). 59-77.

- الحراشنة، كفاح. (2021). مؤشرات الاستشعار عن بعد لمراقبة اضطراب الغابات في شمال الأردن. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة اليرموك، الأردن.
- الزريقات، دلال. والحسيان، يسرى. والزمات، خالد. (2014). تغير الغطاء الغابي في حوض وادي كفرنجة – الأردن للفترة 1978-2010 باستخدام تقنية الاستشعار عن نظم المعلومات الجغرافية، مؤتمّر للبحوث والدراسات. 29(3). 125-162.
- الشريقات، هاشم. (2023). تقييم حساسية خطر حدوث حرائق الغابات في شمال غرب الأردن. أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- شلال، جاسم. والحسن، عباس. وجاسم، عبد الكريم. (2007). استخدام دليل الاختلافات الخضرية الطبيعي (NDVI) في تحديد وتقييم حالة التدهور للغطاء النباتي في منطقة جبل سنجار / محافظة نينوى، المجلة العراقية لعلوم الأرض، 7(7). 1-14.
- الشهري، علي. (2010). حرائق الغابات الأسباب وطرق المواجهة. (ط1) الرياض: جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.
- غضية، أحمد. (2023). التحليل القياسي لمؤشر الفروق الطبيعية للغطاء النباتي في الضفة الغربية، فلسطين، باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد للأقمار الصناعية في فترات مختلفة. مجلة جامعة النجاح للأبحاث – ب (العلوم الإنسانية)، 37(10)، 1950-1921 .  
<https://doi.org/10.35552/0247.37.10.2089>
- غرايبة، خليف. (2012). الدور التنموي لمحمية غابات عجلون في المملكة الأردنية الهاشمية، مجلة المخطط والتنمية. 17(25). 112-134.
- قرين، أسماء. (2015). الوقاية من الأخطار الطبيعية في المجال الحضري بين القوانين والتطبيق "حالة الفيضانات لمدينة المسيلة". رسالة ماجستير غير منشورة، معهد تسيير التقنيات الحضرية، قسم الهندسة المدنية، الجزائر.
- المديرية العامة للدفاع المدني، قسم إدارة الكوارث. (2022). بيانات عن حرائق الغابات في منطقة الدراسة.
- مرهج، علا. (2020). تقييم تغيرات استعمال الأراضي وخطورة الحرائق على غابات البايير والبسيط (محافظة اللاذقية) خلال الفترة 1977-2017 باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سوريا.
- معروف، يقظان. (2018). إعداد خريطة خطر حرائق لحراج محافظة اللاذقية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سوريا.

- موقع <https://www.meteoblue.com>، (2022)، المعدلات الشهرية لسرعة الرياح.
- المومني، جعفر. وأبو سمور، حسن. (2022). تحليل الغطاء النباتي في محافظة عجلون / الأردن: دراسة في جغرافيا النبات، مجلة جامعة النجاح للأبحاث - العلوم الإنسانية، 36(2). 279-310.
- المومني، محمد. (2001). استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية في دراسة ظاهرة الزحف السكاني على الغابات: تطبيق على مناطق عجلون، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة آل البيت، الأردن.
- وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية. (2020). تقرير منشور عن مؤشر الحرائق القياسي NBRI على الموقع: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-burn-ratio>
- وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية. (2022). مرئيات فضائية.

### References (Arabic & English)

- Ababsa, Myriam (2013). *Atlas of Jordan: History, Territories and Society*. New edition [online]. Beyrouth: Presses de l'Ifpo, Available on the internet: <http://books.openedition.org/ifpo/4560>. ISBN: 9782351594384. DOI: [doi.org/10.4000/books.ifpo.4560](https://doi.org/10.4000/books.ifpo.4560)
- Abu Sammour, Hassan (1999). Declining Forest Area and Density in the Wadi Jerash Basin in the Period 1960-1999. *Mu'tah for Research and Studies*, Article 14(8): 95-113.
- Al-Harabsheh, Kifah (2021). *Remote Sensing Indices for Monitoring Forest Distribution in Northern Jordan*, unpublished master's thesis. Yarmouk University, Jordan.
- Alkhatib, A. (2014). A review on Forest Fire Detection Techniques. *International Journal of Distributed Senser Network*, 10(3): 1-12.
- AL-Momani, J. & Abu Sammour, H. (2022). Analysis of Vegetation Cover in Ajloun Governorate / Jordan: A Study in Plant Geography. *An-Najah University Journal for Research - Human Sciences*, 36(2): 279-310. <https://doi.org/10.35552/0247-036-002-002>

- Al-Momani, M (2001). *Using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques to Study the Phenomenon of Population Encroachment on Forests: An Application to Ajloun Regions*. Unpublished master's Thesis, Al al-Bayt University, Jordan.
- Alsamaray, Hussain. (2007). AHP as Multi-criteria Decision-Making Technique, Empirical Study in Cooperative Learning at Gulf University. *European Scientific Journal*, 13(13): 272-289.
- Alshraifat, Hashem. (2023). *Forest Fire Hazard Sensitivity Assessment in Northwest Jordan*. unpublished PhD thesis, The University of Jordan, Amman, Jordan.
- Al-Shehri, Ali. (2010). *Forest Fires: Causes and Confrontation Methods* (1 edition), Riyadh: Naif Arab University for Security Sciences.
- Bach, E. Bernet, M. & Davos, M. (2016). *FOREST FIRES GUIDELINE FOR COMMUNICATORS AND JOURNALISTS*. eFIRECOM Project. CTFC Editions. 32pp, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24621.18408>.
- Bot, K. & Borjes, J. (2022). A Systematic Review of Applications of Machine Learning Techniques for Wildfire Management Decision Support. *Inventions*. 7(15): 1-30.
- Chaudhary, M. & Piracha, A. (2021). Natural Disasters—Origins, Impacts. Management, *Encyclopedia*, 1, 1101–1131.
- Chen, J. Wang, X. Yu, U. Yuan, X. Quan, X. & Huang, H. (2022). Improved Prediction of Forest Fire Risk in Central and Northern China by a Time-Decaying Precipitation Model. *Forests*. 13(3): 480-500.
- Gao, C. Lin, H. & Hu, H. (2023). Forest-Fire-Risk Prediction Based on Random Forest and Backpropagation Neural Network of Heihe Area in Heilongjiang Province. *China*, i, 14(170): 1-17.
- Gao, K. Feng, Z. & Wang, SH. (2022). Using Multilayer Perceptron to Predict Forest Fires in Jiangxi Province, Southeast China, *Discrete Dynamics in Nature and Society*. (02): 1-12.

- Gharaibeh, Khalif. (2012). The developmental role of the Ajloun Forest Reserve in the Hashemite Kingdom of Jordan, *Plan and Development Journal*. 25(17): 112-134.
- Ghodieh, A. (2023). Analysis of Normalized Difference Vegetation Index change of the West Bank, Palestine, Using Multitemporal Satellite Remote Sensing Data. *An-Najah University Journal for Research - B (Humanities)*, 37(10), 1921–1950. <https://doi.org/10.35552/0247.37.10.2089>.
- Hajlah, Maryam (2021). Forest Fires between the Impact of Climate Factors and the Repercussions of Environmental Crime, *Sociologists Magazine*, 2(2): 59-77.
- Keshavarzi, A. Sarmadian, F. & Ahmadi, A. (2011). Spatially-based model of land suitability analysis using Block Kriging, *Australian Journal of Crop Science*. 5(12): 1533-1541.
- Khoirunisa, Risty. (2020). BURNED REGION ANALYSIS USING NORMALIZED BURN RATIO INDEX (NBRI) IN 2019 FOREST FIRES IN INDONESIA CASE STUDY: PINGGIR-MANDAU DISTRICT, BENGKALIS, RIAU, INDONESIA, *Geographica: Science and Education Journal GSEJ*. 2(1): 19.
- Kukuk, S. Kilimic, Z. (2021). Comprehensive Analysis of Forest Fire Detection using Deep Learning Models and Conventional Machine Learning Algorithms, *IJCESEN*. 7(2): 84-94.
- Kumar, S. & Kumar, SH. (2020), Forest Fires: Causes and Impact on Environment. *JUST AGRICULTURE*. 1(2): 53-55.
- Lai, C. Zeng, S. Guo, W. Liu, X. Li, Y. & Liao, B. (2022). Forest Fire Prediction with Imbalanced Data Using a Deep Neural Network Method, *Forests*. 13(7): 1129.
- Li, X. Gao, H. Zhang, M. Gao, Z. Liu, G. Sun, S. Hu, T. & Sun, L. (2021). Prediction of Forest Fire Spread Rate Using UAV Images and an LSTM Model Considering the Interaction between Fire and Wind, *remote sensing*. 13(21): 4325.



- Li, Y. Feng, Z. Chen, SH. Zhao, Z. & Wang, F. (2020). Application of the Artificial Neural Network and Support Vector Machines in Forest Fire Prediction in the Guangxi Autonomous Region, China. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, v2020: 1-14.
- Marouf, Yakzan. (2018). *Preparing a fire hazard map for the forests of Lattakia Governorate using remote sensing and geographic information systems*. An unpublished master's thesis, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Syria.
- Merhej, Ola. (2020). Evaluation of Land Use Changes and the Danger of Fires on Al-Bayer and Al-Baseet Forests (Lattakia Governorate) during the period 1977-2017 using remote sensing techniques and geographic information systems. Unpublished PhD thesis, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Syria.
- Naderpour, M. Rizeei, H. & Ramezani, F. (2021). Forest Fire Risk Prediction: A Spatial Deep Neural Network-Based Framework. *Remote Sensing*, 13(13): 2513.
- Qurain, Asmaa. (2015). *Prevention of Natural Hazards in the Urban Sphere between Laws and Application, "The Flood Case of the City of M'sila"*. Unpublished master's thesis, Institute of Management of Urban Technologies, Department of Civil Engineering, Algeria.
- Rosec-Diaz, J. Santin, C. Martinez-Vilalta, J. & Doerr, S. (2022). A global synthesis of fire effects on ecosystem services of forests and woodlands, *Front Ecol Environ*, 20(3): 170–178.
- Salih, M. Jasim, O. & Abdalkadhum, A. (2018). Land Surface Temperature from LANDSAT-8 Thermal Infrared Sensor Data and Validation with Infrared Thermometer Camera. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.20): 608-612.
- Shadeed, S. (2019). GIS-based Flood Hazard Mapping in the West Bank, Palestine. *An-Najah University Journal for Research - A (Natural Sciences)*, 33(1), 1–22.  
<https://doi.org/10.35552/anu.jr.a.33.1.1612>

- Shalal, J. Hassan, A. & Jasim, A (2007). Using the Natural Vegetative Variation Index (NDVI) in Determining and Evaluating the State of Deterioration of Vegetation Cover in Mount Sinjar / Nineveh Governorate. *Iraqi Journal of Earth Sciences*, 7(7): 1-14.
- Sobrino, J. Jimenez-Munoz, J. & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5, *Remote Sensing of Environment*, 34(4107): 434-404.
- Tajudin, N. Yaacob, N. Ali, M. & Adnan, N. (2021). Soil moisture index estimation from Landsat 8 images for prediction and monitoring landslide occurrences in Ulu Kelang, Selangor, Malaysia. *International Journal of Electric and Computer Engineering (IJECE)*, 11(3): 2101-2108.
- Vargas, Luis. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1): 2-8.
- Weir, John. (2007). *Using Relative Humidity to Predict Spotfire Probability on Prescribed Burns*, In: Sosebee, Ronald E.; Wester, David B.; Britton, Carlton M.; McArthur, E. Durant; Kitchen, Stanley G., comps. Proceedings: Shrubland dynamics -- fire and water; 2004 August 10-12; Lubbock, TX. Proceedings RMRS-P-47. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 69-72.
- Zhu, H. Gao, D. & Zhang, SH. (2019). A Perceptron Algorithm for Forest Fire Prediction Based on Wireless Sensor Networks. *JIoT*, 1(1): 25-31.
- Zureikat, Dalal. Alhusban, Yusra. & Al-Zamat, Khaled (2014). Forest cover change in the Kafranja Valley basin - Jordan for the period 1978-2010 using geographic information systems and sensing technology, *Mutah Research and Studies*. 29(3): 125-162.