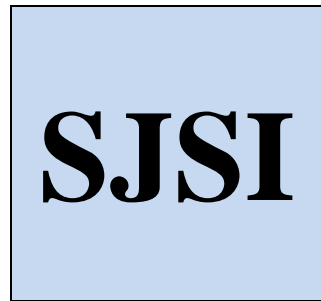


<b>مقال بحثي</b>
<b>دراسة فعالية استخدام مؤشر الحريق المركب في تقييم شدة حرائق تربة الغابات (في محافظة اللاذقية)</b>
<b>A Study of the Effectiveness of the Composite Burn Index (CBI) in Assessing the Severity of Forest Soil Fires in Latakia Governorate</b>



تاريخ التقديم: 3 أيار 2023 تاريخ القبول: 23 تموز 2023	<b>الجهات:</b> كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية <sup>1</sup> الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - دمشق- سورية <sup>2</sup> الهيئة العامة للاستشعار عن بعد- اللاذقية – سورية <sup>3</sup> كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية <sup>3</sup> التواصل: <a href="mailto:rubaessa99@gmail.com">rubaessa99@gmail.com</a>	<b>المؤلفون:</b> منى علي بركات <sup>1</sup> محمد منهل الزعبي <sup>2</sup> علا علي مرهج <sup>3</sup> ربا محمد عيسى <sup>4</sup>
--	---	--

### Abstract

The intensity of fires is a determining factor in assessing the condition of the region after the fire, as the fires that occurred on 10–9/10/2020 were extremely painful after they turned the green cover in our coastal mountains into ashes. The damage was not limited to forest wealth, as it was for agricultural soils, considering the soil is the basis for the return and renewal of forest wealth and the preservation of biodiversity as well as the sustainability of agricultural production. This research aimed to evaluate the impact of fire intensity on soil properties in a field manner using the Composite burn Index (CBI), where 30 sites exposed to fire were identified, distributed over the four regions of Latakia Governorate (Latakia region, Al–Qardaha region, Al–Haffa region, and Jableh region). CBI was applied two weeks after the outbreak of fires in a total of 250 plots (100 m diameter) depending on the substrate, where we evaluated the consumption of forest litter, ash color and coal depth as visual indicators in each plot. At the same time, 30 Soil samples from the studied sites were collected from a depth of (0–30 cm) to analyze their organic carbon content, in order to evaluate the effectiveness of using the composite indicator in determining this in a field manner, taking into account the collection of control samples from sites that were not exposed to fire. The results of the study showed that Latakia governorate witnessed fires that were distributed between very low (1–0.5), low (1–1.5), medium (2–1.5), high (2–2.4), and very high (2.4–2.7), where the highest value of the composite index was 2.7 in Beit Zantout, in the Qardaha region. On the other hand, the study showed a significant decrease in the organic carbon content of the soil in the burned sites compared to the unburned sites, as the highest percentage of decrease was (50.33%) immediately after two weeks of the outbreak of fires also in Beit Zantout in the Qardaha region. Hence, the composite indicator was able to give a correct initial assessment of the deterioration of the soil organic carbon content according to the intensity of the fire.

**Key words:** Composite Burn Index (CBI) – Forest Soils – Fire Intensity – Latakia Governorate.

### الملخص

تعد شدة الحرائق عاملاً محددًا في تقييم حالة المنطقة بعد الحريق، حيث أن الحرائق التي حصلت في 9-10/10/2020 كانت مؤلمة إلى درجة كبيرة بعد أن حولت الغطاء الأخضر في الجبال الساحلية إلى رماد. ولم تقتصر الأضرار على الثروة الحراجية، فقد كان للترب الزراعية النصيب الكبير، مع التأكيد على أن التربة هي أساس عودة الثروة الحراجية وتجدها والحفاظ على التنوع الحيوي وكذلك ديمومة الإنتاج الزراعي. هدف هذا البحث إلى تقييم أثر شدة الحرائق في خواص التربة بطريقة ميدانية (حقلية) باستخدام مؤشر الحريق المركب (CBI)، حيث تم تحديد 30 موقعاً تعرض للحريق موزعة على المناطق الأربع لمحافظة اللاذقية (منطقة اللاذقية، منطقة القرداحة، منطقة الحفة، منطقة جبلة). تم تطبيق مؤشر الحريق المركب (CBI) بعد أسبوعين من اندلاع الحرائق في إجمالي 250 قطعة (قطر 100 م) اعتماداً على الطبقة السفلية، حيث تم القيام بتقييم استهلاك الفرشة الغابية ولون الرماد وعمق الفحم كمؤشرات مرئية في كل قطعة. وفي ذات الوقت، تم جمع 30 عينة ترابية من المواقع المدروسة من عمق 0-30 سم لتحليل محتواها من الكربون العضوي، وذلك من أجل تقييم مدى فعالية استخدام المؤشر المركب في تحديد ذلك بطريقة ميدانية، مع الأخذ بعين الاعتبار جمع عينات شاهد من المواقع التي لم تتعرض للحريق. أظهرت نتائج الدراسة أن محافظة اللاذقية شهدت حرائق توزعت بين منخفضة جداً (0.5-1) ومنخفضة (1-1.5) ومتوسطة (1.5-2) إلى عالية (2-2.4) وعالية جداً (2.4-2.7)، حيث كانت أعلى قيمة للمؤشر المركب 2.7 في بيت زنتوت التابعة لمنطقة القرداحة. وبالمقابل، أظهرت الدراسة انخفاض محتوى التربة من الكربون العضوي وبشكل معنوي في المواقع المحروقة مقارنة بغير المحروقة، فقد بلغت أعلى نسبة انخفاض (50.33%) مباشرة بعد أسبوعين من اندلاع الحرائق أيضاً في بيت زنتوت التابعة لمنطقة القرداحة. وعليه، أعطى المؤشر المركب تقييماً أولياً صحيحاً لتدهور محتوى التربة من الكربون العضوي وفقاً لشدة الحريق.

**الكلمات المفتاحية:** مؤشر الحريق المركب (CBI) - ترب الغابات - شدة الحريق - محافظة اللاذقية.

### المقدمة:

وحيوانية، إضافة إلى كائنات حية دقيقة تعيش في التربة تقوم بتحليل هذه البقايا، ويختلف تأثير الحرائق في التربة من خفيف إلى قوي حسب شدة الحريق، إذ لا تحدث تغييرات كبيرة على بنية التربة وعلى كمية المواد العضوية أو المعدنية فيها عندما يكون الحريق خفيفاً، بينما عندما يمكن أن تسبب الحرائق القوية تغييرات كيميائية للتربة، وضرراً لهذه الكائنات الحية.

إن مؤشر الحريق المركب (CBI) (Composite Burn Index) الذي اقترحه Key و Benson [2] هو طريقة ميدانية لتقييم شدة الحرائق تم تطويره في إطار مشروع FIREMON المعني بجرد ومراقبة آثار الحرائق من قبل دائرة الغابات الأمريكية بمساهمة من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية. وقد تم تصميم هذا المؤشر لتحديد شدة الحريق من منظور بيئي، حيث يتم فحص ظروف الغطاء النباتي بصرياً من خلال مراقبين حراجيين لقطع الأراضي التي يبلغ قطرها 30 متر، إذ

حرائق الغابات هي عامل رئيسي لحدوث الاضطرابات في النظم البيئية في جميع أنحاء العالم، حيث تنعكس آثارها على التربة والغطاء النباتي تبعاً لتواترها، زمن الحريق وشدة الحريق، وكذلك على مرونة الغطاء النباتي ومدى مقاومته. حيث يمكن تحليل آثار الحرائق بشكل أفضل في سياق سلسلة اضطرابات حدوث الحرائق والتي تتناول ثلاث مراحل زمنية مختلفة: قبل الحريق، وأثناءه وبعده [1].

تسبب الحرائق سنوياً أضراراً كلية أو جزئية لمساحات شاسعة من الغابات والأراضي الزراعية المتاخمة لها، حيث تؤدي الحرائق إلى تدمير كلي أو جزئي للغطاء النباتي. ويختلف تأثير الحرائق في الأشجار بحسب نوعها، وحجمها، وسماكة لحاء الأشجار، ودرجة الاحتراق (شديدة أو خفيفة). كما تسبب الحرائق تضرر التربة، إذ تحتوي تربة الغابة مواداً متحللة من بقايا نباتية

سورية [8] وهي تنتمي إلى الغابات المتوسطة، في حين يتميز الغطاء النباتي المتوسطي بتنوعه والاختلاف الكبير في تكوينه النباتي، كما يبدي حساسية مفرطة تجاه الاضطرابات، وهذا التنوع والاختلاف يعود إلى عوامل عديدة [9].

وتؤثر الحرائق على كل شيء في البيئة بدءاً بالهواء وانتهاءً بنوعية المياه والتربة، حيث تدمر الحرائق خلال ساعات ما بنته الطبيعة خلال مئات السنين. تكمن أهمية بحثنا هذا من أنّ التربة هي أساس عودة الثروة الحراجية وتجدها والحفاظ على التنوع الحيوي وكذلك ديمومة الإنتاج الزراعي، وباعتبارها من أهم الموارد الطبيعية وكذلك هي مورد طبيعي محدود التجدد، بالإضافة إلى قلة الدراسات التي أجريت على الترب الغابية في منطقة الساحل السوري وخصوصاً بعد تعرضها للحرائق. فدراستنا هذه هي الطريقة الأولية لتقدير شدة الحرائق المتبعة عالمياً بطريقة ميدانية، إذ تعد شدة الحرائق عاملاً رئيسياً في تقييم حالة ما بعد الحريق والتي يتم تقديرها عادة من الملاحظات الميدانية، وتعتبر حاسمة في مرحلة التحقق من بيانات الاستشعار عن بعد عند تطبيق نماذج محاكاة تجمع بين بيانات الاستشعار عن بعد وقياسات أخذ العينات الميدانية لشدة الحريق، إذ توفر هذه النماذج تقديرات سهلة ودقيقة بشكل عام لشدة الحرائق.

## المواد والطرائق

### منطقة الدراسة

أجريت الدراسة في محافظة اللاذقية التي تقع في شمال غرب الجمهورية العربية السورية ضمن الأحداثيات الجغرافية (23' 31' 35" شمالاً و28' 47' 35" شرقاً)، وتبلغ مساحته (229690 هكتاراً)، يحدها من الشمال لواء اسكندرون المحتل، ومن الشرق محافظتي حماه وإدلب، ومن الجنوب محافظة طرطوس ومن الغرب البحر الأبيض المتوسط. تخضع المنطقة للمناخ المتوسطي الذي يتميز بصيف جاف، ويبلغ معدل الهطول السنوي 765 مم/سنة لكنه غير منتظم ويتركز في فصل الشتاء ويقبل في الخريف والربيع. تقسم

يعتبر الغطاء النباتي مكون من خمس طبقات منظمة في هيكل هرمي.

وفي هذا الإطار، يشير مصطلح شدة الحريق إلى التأثيرات المباشرة لعملية الاحتراق، حيث يتم تقدير شدة الحريق بشكل عام باستخدام البيانات الميدانية والحقلية بعد الحريق والتي تعتمد على عدة متغيرات: عمق الفحم، ودرجة استهلاك الفرشة الغابية، ودرجة استهلاك المظلة، وغيرها من المؤشرات التي تشمل كافة الطبقات.

توصلت عدة دراسات إلى أن حرائق الغابات تؤثر في كمية المادة العضوية وكيفية توزيعها ضمن طبقات التربة العليا وذلك حسب شدة ونوع الحريق. فكلما كان الحريق قوياً أدى ذلك إلى حرق المادة العضوية وحولها إلى رماد. كما قد تسبب الحرائق بتغيرات في خصائص المادة العضوية ذاتها وتكوينها مثل تغير كمية ونسبة الاحماض الفولفية والاحماض الهيومية [3].

وعلى الرغم من عدم تشابه سلوك جميع أنواع الترب بعد الحريق، إذ أنها لا تبدي جميعها نفس درجة الخطورة في التدهور الفيزيائي والكيميائي الحاصل، لكن الحقيقة أن آثار الحريق تتجلى واضحة في الخواص الفيزيائية والكيميائية، وكذلك في الخواص الحيوية وزيادة خطر انجراف التربة [4-6].

شهدت المناطق الشمالية الغربية من سورية في عام 2020 م موجات حرائق ضخمة قضت على مساحات شاسعة من أراضي الغابات. وأدت هذه الحرائق إلى تدمير نحو 26 ألف هكتاراً من أراضي الغابات والأراضي المجاورة لها في مناطق اللاذقية وحماه وطرطوس وحمص وإدلب [7]. وتعد غابات اللاذقية الأكثر تضرراً جراء هذه الحرائق نتيجة الظروف الجوية التي كانت سائدة من جفاف ورياح شرقية، وبذات الوقت طبيعة التضاريس في المنطقة التي تتميز بميول كبيرة ومختلفة بالإضافة إلى الغطاء النباتي السائد الذي يتمثل بالمخروطيات التي تضم الصنوبريات عالية الحساسية للحرائق، حيث تمثل الغابات الطبيعية في محافظة اللاذقية 28.93% من مساحة الغابات الطبيعية في

قبل الحريق. وبالتالي، يقيّم مؤشر الحريق المركب شدة الحرائق على اعتبار أنها حجم التغير البيئي، حيث يتم النظر في جميع الطبقات أو بعضها. وفي هذه الدراسة، تم الاعتماد على الطبقة السفلية في تقدير قيم CBI، (الشكل 2).

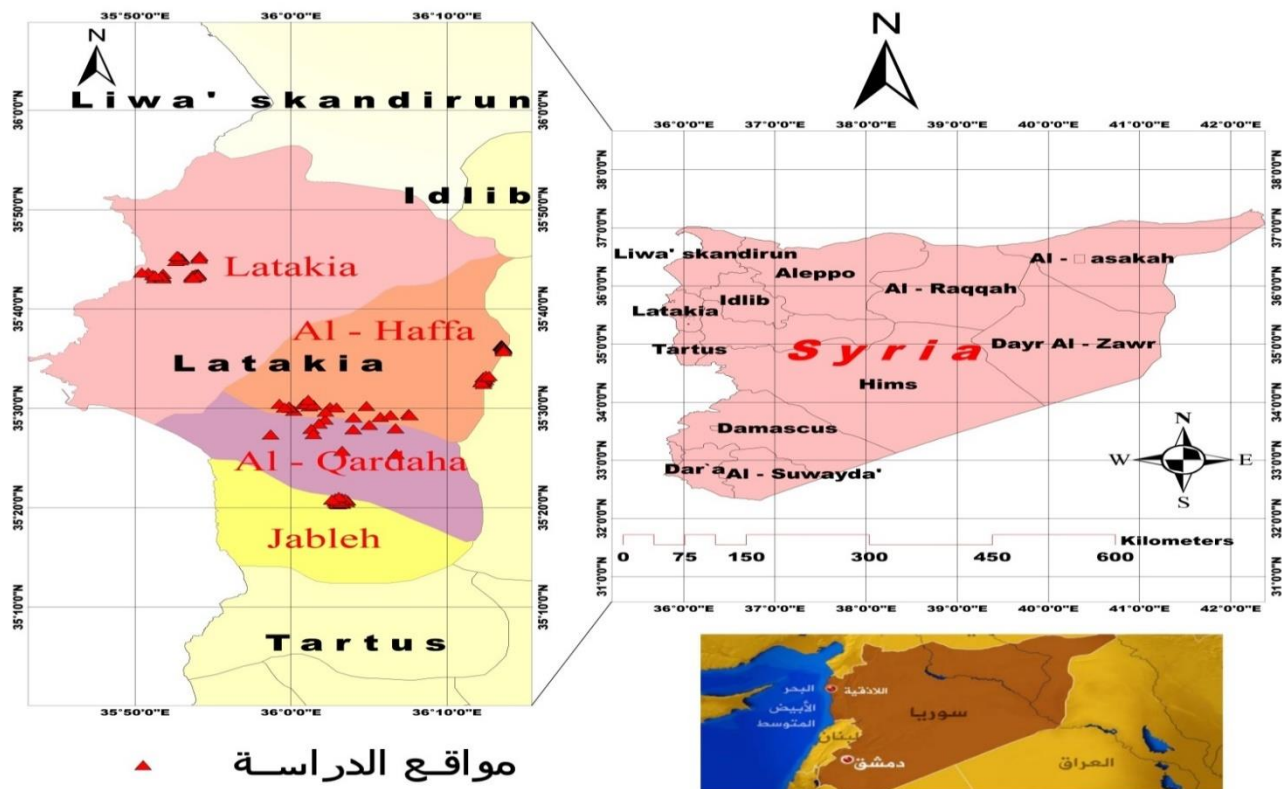
يتم تصنيف المتغيرات وفقاً لعينات محددة، تقع ضمن نطاق (من 0 إلى 3)، مما يعني التدرج من الظروف غير المحترقة إلى الظروف المحترقة للغاية. ويتم الحصول على التصنيف العددي المشتق لكل متغير من إجماع اثنين من المراقبين الميدانيين. ومن المتغيرات الرئيسية التي تم تقييمها: استهلاك الفرشة الغابية، والتغير في لون التربة، وتغير لون أوراق الأشجار، وكثافة الغطاء النباتي، وغيرها، بحيث تم تقدير متغيرات مختلفة في كل طبقة ومن ثم حساب المتوسط الحسابي لكل منها. هذا وقد تم استخدام المؤشرات التالية في هذه الدراسة: استهلاك الفرشة الغابية، ولون الرماد، وعمق الفحم كمؤشرات مرئية (الجدول 2). وتوزعت قيم المؤشر المركب (CBI) في صفوف تعبر عن شدة الحريق كالتالي؛ غير محترقة (0)، شدة منخفضة (0.5-1)، شدة متوسطة (1.5-2)، شدة عالية (2.5-3). وخلال نفس الفترة، جمعت عينات التربة من عمق (0-30) سم، وذلك من خمس نقاط موزعة بشكل جيد، بحيث تمثل كل موقع من المواقع المدروسة بشكل صحيح. شكلت منها عينة تربة مركبة، بحيث تم أخذ ثلاثة مكررات لكل عينة تربة مركبة في كل من الموقع المحروق والشاهد لإجراء مقارنة بينهما من خلال تحليل النتائج احصائياً وحساب أقل فرق معنوي. ومن ثم نقلت إلى المخبر، وأزيلت الجذور والمخلفات النباتية وجففت هوائياً، ثم نخلت بمنخل قطره 2 ملم للحصول على تربة ناعمة، واستخدمت في تحليل محتواها من الكربون العضوي. علماً أنه قد تمت عملية جمع عينات التربة بعد أسبوعين من اندلاع الحرائق في 9-10/10/2020 م وأعيدت عملية الجمع بعد مرور عام من نفس المواقع.

المحافظة إدارياً إلى أربع مناطق وهي (اللاذقية، القرداحة، الحفة، جبلة)، حيث توزعت مواقع الدراسة على المناطق الأربع كالتالي؛ منطقة اللاذقية (وادي قنديل، زغرين، الحراجية، بلوران، أم الطيور)؛ منطقة القرداحة (بيت زنتوت، شديتي، جبل العذرة، الميسة، ديروتان، خريبات القلعة، البطيني، بكراما، بحورايا، كلباخو، دبيقية، القرداحة، بحمررا، مرج معيربان، بسطيرون، بصراما، المعلقة، الفاخورة، الخشخاشة، نقورو، القلمون، بقلون، بيت سوهاين)؛ منطقة الحفة (محمية الشوح والأرز)؛ منطقة جبلة (كفردبيل)، (الشكل 1).

### العمل الحقل

بعد أسبوعين من اندلاع الحرائق، تم تحديد 30 موقعاً محروقا، مع أخذ إحدائيات كل موقع باستخدام جهاز نظام التموضع العالمي Global Position System (GPS). وبالاعتماد على مؤشر الحريق المركب (CBI) الذي اقترح سابقاً [2]، تم تقدير قيم CBI بعد أسبوعين من اندلاع الحرائق في 250 قطعة أرض (قطر كل منها 100 متر) موزعة على 30 موقعاً، بحيث تم توزيع القطع بشكل عشوائي في بقع متجانسة إلى حد ما. ويوضح الجدول (1) المواقع المحروقة وعدد القطع المأخوذة من كل موقع وكذلك عدد العينات المحروقة التي تم جمعها من القطع، مع استثناء عينات التربة الشاهد التي تم جمعها من المواقع غير المحروقة المتاخمة لكل موقع محروق.

ونظراً لأن مؤشر الحريق المركب يركز على نسبة التغيير مقارنة بحالة ما قبل الحريق، فإن تقدير قيم CBI يعتمد على تقييم بعض المتغيرات الخاصة لكل طبقة من طبقات الغطاء النباتي والموزعة بشكل هرمي اعتماداً على حالة ما قبل الحريق، إذ يتم تفسير معظم المتغيرات بناء على الظروف التي كانت موجودة

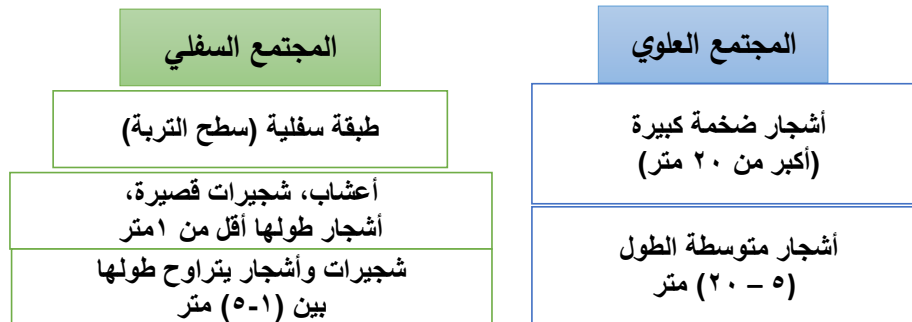


الشكل (1) مواقع الدراسة بالنسبة إلى سورية وإلى محافظة اللاذقية

الجدول 1: توزيع قطع ال (CBI) على المواقع المحروقة					
عدد العينات المركبة الموافقة	عدد القطع المأخوذة	الموقع	عدد العينات المركبة الموافقة	عدد القطع المأخوذة	الموقع
3	3	2/شديتي (سرو، زيتون، صنوبر)	5	5	1/بيت زنتوت (صنوبر بروتي)
3	3	4/الميسة (شجيرات حراجية، صنوبر بروتي)	5	5	3/جبل العذرة (صنوبر بروتي، سنديان)
3	3	6/خربيات القلعة (صنوبر، سنديان)	3	3	5/ديروتان (صنوبر بروتي)
3	3	8/بكراما (صنوبر، شجيرات حراجية، زيتون)	5	5	7/البطيني (صنوبر بروتي، ما كي سنديان)
5	5	10/كلماخو (صنوبر، سرو، زيتون)	3	3	9/بحورايا (شجيرات حراجية، صنوبر)
3	3	12/دبيقة (صنوبر، سرو، زيتون)	3	3	11/القرداحة (زيتون، سماق)
3	3	14/مرج معيربان (زيتون، شجيرات حراجية)	3	3	13/بحمرا (صنوبر، زيتون)
3	3	16/بصراما (صنوبر، زيتون)	5	5	15/بسطرون (شجيرات حراجية، صنوبر)
5	5	18/الفاخورة (صنوبر، زيتون، شجيرات حراجية)	3	3	17/المعلقة (صنوبر، زيتون)
3	3	20/نقورو (زيتون، شجيرات حراجية)	5	5	19/الخشخاشة (صنوبر بروتي)
3	3	22/بقيلون (شجيرات حراجية)	5	5	21/طريق القلمون (صنوبر، سرو)
10	50	24/محمية الشوح والأرز	3	3	23/بيت سوهين (صنوبر، زيتون، شجيرات حراجية)
5	5	26/الحراجية	10	20	25/وادي قنديل

		(زيتون، شجيرات حراجية)			(صنوبر، شجيرات حراجية)
10	20	28/بلوران (صنوبر، سرو، حمضيات)	10	20	27/زغرين (صنوبر بروتي)
10	30	30/كفردبيل (صنوبر بروتي)	10	20	29/بدابة طريق أم الطيور (صنوبر، شجيرات حراجية)

### المخطط الهرمي للمجتمع النباتي



الشكل (2) الطبقات التي يتم النظر فيها في حساب CBI [2]

يبين الشكل (3) أن منطقة القرداحة شهدت حرائق توزعت بين منخفضة جداً (0.5-1) ومنخفضة (1-1.5) ومتوسطة (1.5-2) إلى عالية (2-2.4) وعالية جداً (2.4-2.7)، حيث يظهر الشكل (3) أن الحرائق العالية جداً تركزت في القسم الشمالي والشمالي الشرقي من منطقة الدراسة بينما الحرائق المنخفضة جداً توزعت على كامل منطقة الدراسة.

كذلك الأمر بالنسبة لمنطقة اللاذقية، فقد شهدت حرائق توزعت بين منخفضة (0.5-1.5) ومتوسطة (1.5-2) إلى عالية (2-2.4) وصولاً إلى الحرائق العالية جداً (2.4-2.6)، وتركزت الحرائق العالية جداً في القسم الغربي والشمالي من منطقة الدراسة، (الشكل 4).

بينما لم تشهد محمية الشوح والأرز حرائق منخفضة فقد توزعت الحرائق فيها بدءاً من حرائق متوسطة (0.5-2) إلى حرائق عالية (2-2.5) إلى عالية جداً (2.5-2.67) وقد تركزت الحرائق العالية والعالية جداً في القسم الشرقي من المحمية، (الشكل 5).

#### العمل المكتبي

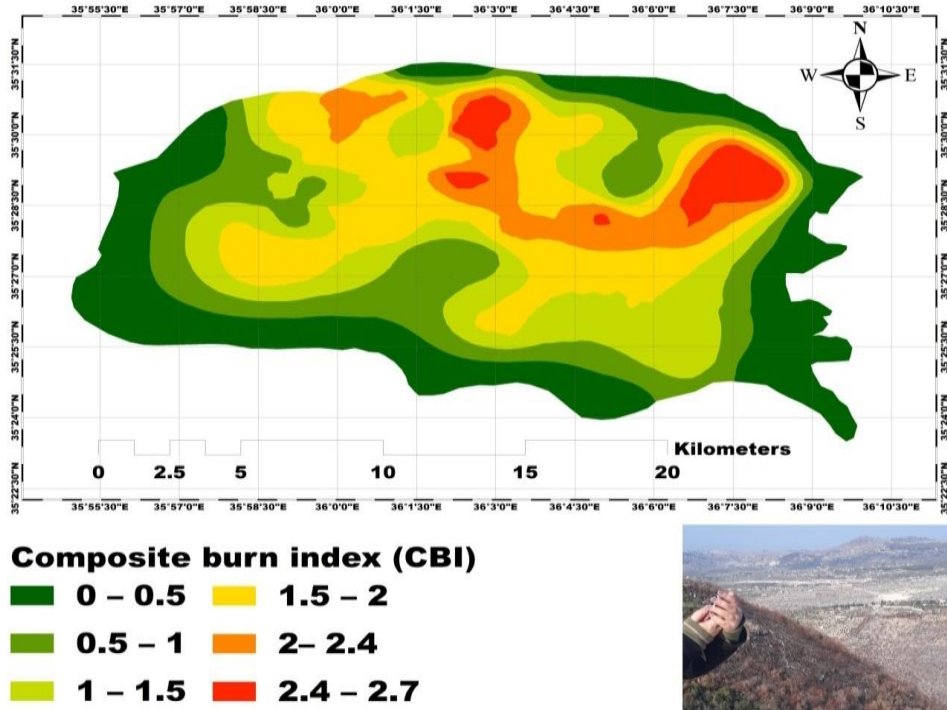
بعد حساب قيم مؤشر الحريق المركب حقلياً لكافة المتغيرات لجميع القطع وفق الجدول (1)، وباستخدام برنامج ArcGIS10.5 من خلال تطبيق خوارزمية Inverse Distance Weighting على شريحة العينات الممثلة لقيم (CBI) المحسوبة، تم إعداد خرائط تبين توزيع قيم الـ (CBI) على كامل منطقة الدراسة.

#### العمل المخبري

تم تقدير الكربون العضوي بالطريقة الحجمية من خلال الأكسدة بثاني كرومات البوتاسيوم ثم المعايرة باستخدام سلفات الحديد. حُلَّت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج الحاسوب (Costat) وحساب اقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%.

#### النتائج

تصنيف شدة الحرائق في منطقة الدراسة تبعاً للمؤشر المركب:

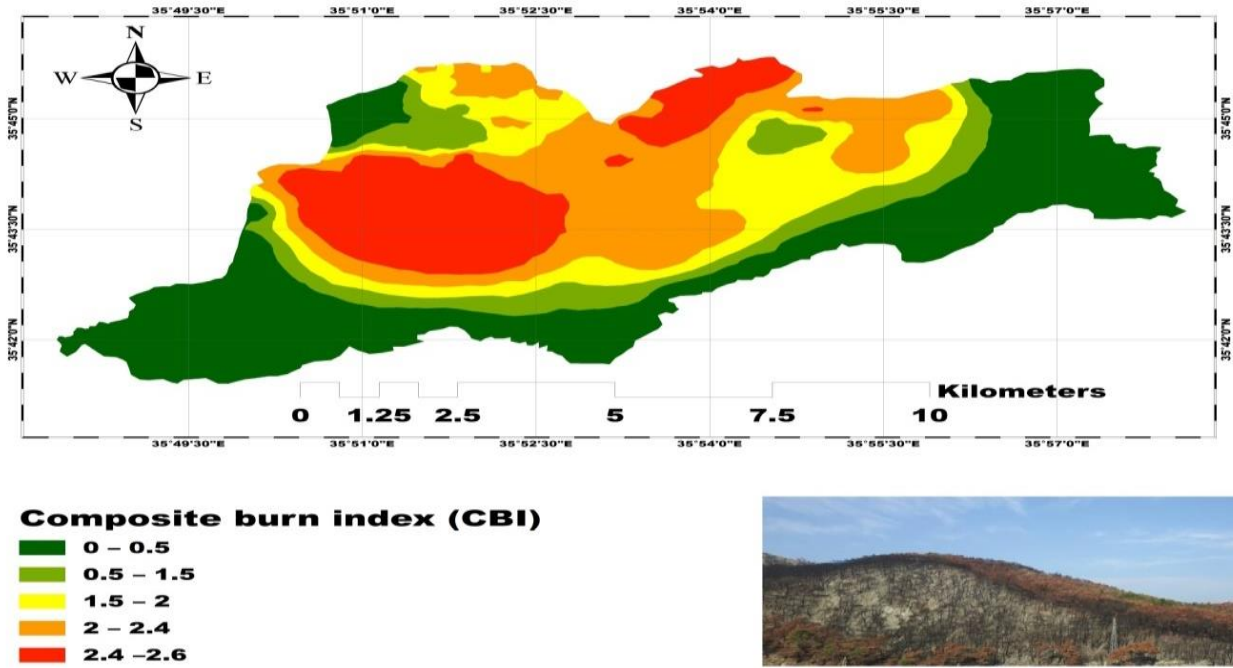


الشكل (3): توزيع قيم المؤشر المركب في منطقة القرداحة.

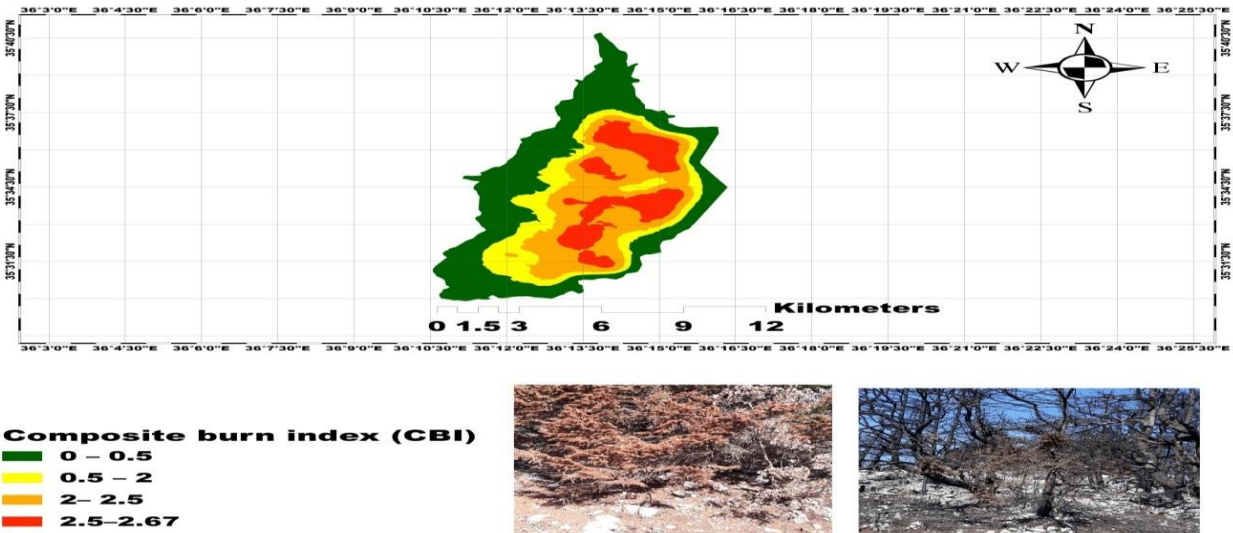
**الجدول (2): قيم مؤشر الحريق المركب المستخدم في هذه الدراسة للحصول على القيم الحقلية لشدة الحريق وفقاً لـ Key و Benson [2]**

مقياس شدة الحرائق

عالية		متوسطة		منخفضة		غير محروقة	تصنيف شدة الحرائق	
٣	٢,٥	٢	١,٥	١	٠,٥	٠	قيم المؤشر المركب	العوامل (المتغيرات)
أكبر من ٩٨%	٨٠-٩٨%	٨٠-٤٠%	٤٠-٢٠%	٢٠-١٠%	أقل من ١٠%	-		١- استهلاك الفرشة الغابية
أبيض	رمادي	يمكن تمييز البقايا المتفحمة		أسود، لاتغيير في التربة		-		٢- لون الرماد
أكبر من ٣ اسم		٣-١ اسم		أقل من ١ اسم		-		٣- عمق الفحم



الشكل (4) توزيع قيم المؤشر المركب في منطقة اللاذقية

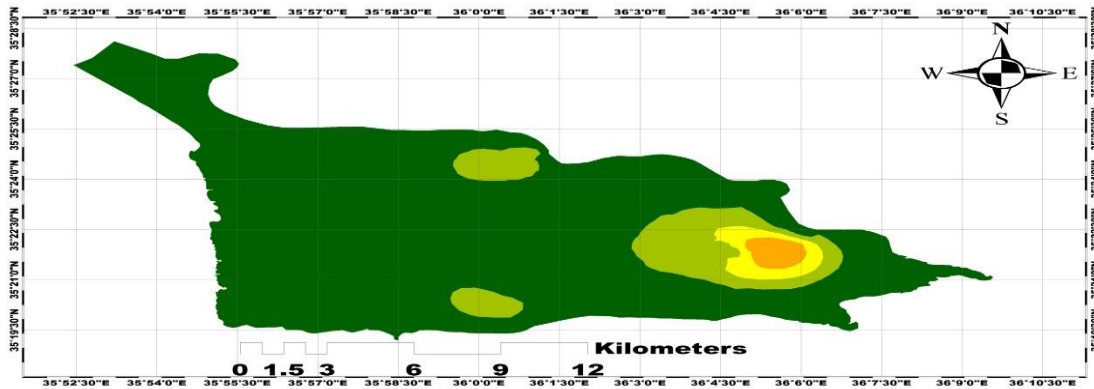


الشكل (5) توزيع قيم المؤشر المركب في محمية الشوح والأرز

(1.5-1) إلى متوسطة (2-1.5) وقد كانت على شكل بقع قليلة متفرقة، (الشكل 6).

وعلى العكس في منطقة كفرديبل التي لم تشهد أي حرائق عالية أو عالية جداً بل توزعت بين منخفضة جداً (1-0.5) ومنخفضة





### Composite burn index (CBI)



الشكل (6) توزيع قيم المؤشر المركب في منطقة كفربابل

دراسات سابقة [10، 11]. أما التباين في معدل الانخفاض في نسب الكربون فقد يعود إلى الاختلاف في شدة الحريق، وبالتالي الحرارة الناجمة عن الحريق بين موقع وآخر، وهو ما أكدته دراسات سابقة، إذ يتأثر مقدار تغير محتوى الكربون العضوي في التربة بسبب الحريق تبعاً لنوعه وشدته ومدته [12-14]. من جهة أخرى، يمكن تفسير الارتفاع الملحوظ في المواقع (7 و 19 و 30) نتيجة للمدخلات الخارجية من الأوراق الجافة والمواد النباتية المحروقة جزئياً في الحرائق التي وصلت إلى مظلات الأشجار والتي اندمجت في الطبقات السطحية للتربة، كما قد يعزى إلى أن الاحتراق الجزئي للبقايا العضوية نتيجة انخفاض درجات الحرارة في السننيمترات العلوية الأولى من التربة أثناء الحريق. وتتوافق هذه النتائج مع عدة دراسات سابقة [15، 16].

لوحظ استمرار الانخفاض في الكربون العضوي حتى العام التالي (الشكل 8) وذلك في جميع المواقع وبشكل معنوي باستثناء المواقع التالية (5 و 13 و 14 و 17 و 26)، حيث لم تكن الفروق معنوية. وعليه، يمكن القول أن هذه المواقع

وبين الجدول (3) قيم المؤشر المركب للمواقع المدروسة، علماً أن كل قيمة عددية لـ CBI المرفقة في الجدول التالي هي المتوسط الحسابي لجميع قيم الـ CBI المأخوذة في قطع الموقع.

### المناقشة

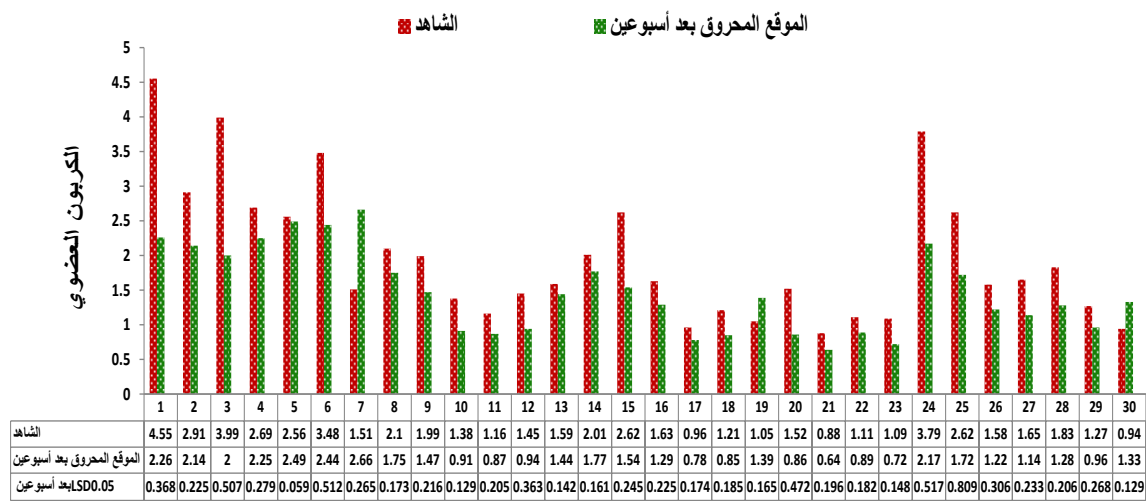
تشير البيانات الموجودة في الشكل (7) إلى أن حرق منظومة الغابة والنبات الطبيعي عمل على خفض محتوى التربة من الكربون العضوي في معظم المواقع وبشكل معنوي باستثناء المواقع (7 و 19 و 30) التي أظهرت منحى معاكساً، أي ارتفاعاً في نسبة الكربون العضوي وبشكل معنوي. وقد لوحظت هذه الفروق مباشرة بعد أسبوعين من الحريق حيث بلغت أعلى نسبة لانخفاض الكربون العضوي في الموقع الأول بمقدار (50.33%)، أما أدنى نسبة انخفاض فكانت في الموقع الخامس بمقدار (2.73%). قد يعود سبب الانخفاض في الكربون العضوي في المواقع المحروقة إلى احتراق المادة العضوية وسرعة تمعدنها بفعل الحرارة الناجمة عن الحريق، وهذا يتوافق مع عدة

الدراسة، مع تغير محتوى التربة من الكربون العضوي في المواقع المحروقة، لوحظ أن أعلى قيمة للمؤشر المركب كانت 2.7 في منطقة القرداحة، ووفقاً للجدول (3) كانت في بيت زنتوت وتم التمكن من ملاحظة ذلك من الشكل (3) حيث تركزت الحرائق العالية جداً في القسم الشمالي الشرقي من منطقة الدراسة. ولوحظ من الشكل (7) أن المنطقة ذاتها شهدت أعلى نسبة انخفاض في محتواها من الكربون العضوي بمقدار (50.33%)، بينما شهد الموقع الخامس أدنى نسبة انخفاض والتي كانت بمقدار (2.73). وبالعودة للجدول (3)، لوحظ أن هذا الموقع وهو ديروتان قد تم تصنيفه ضمن الحرائق المنخفضة بقيمة عددية للمؤشر المركب (1.5) ضمن الصف (1-1.5) منخفضة. وعلى الرغم من عدم الدقة التامة في جميع المواقع وخصوصاً المواقع التي تباينت بين حرائق منخفضة إلى متوسطة، إلا أن المؤشر المركب استطاع أن يعطي تقييم أولي صحيح لتدهور محتوى التربة من الكربون العضوي وفقاً لشدة الحريق بطريقة ميدانية.

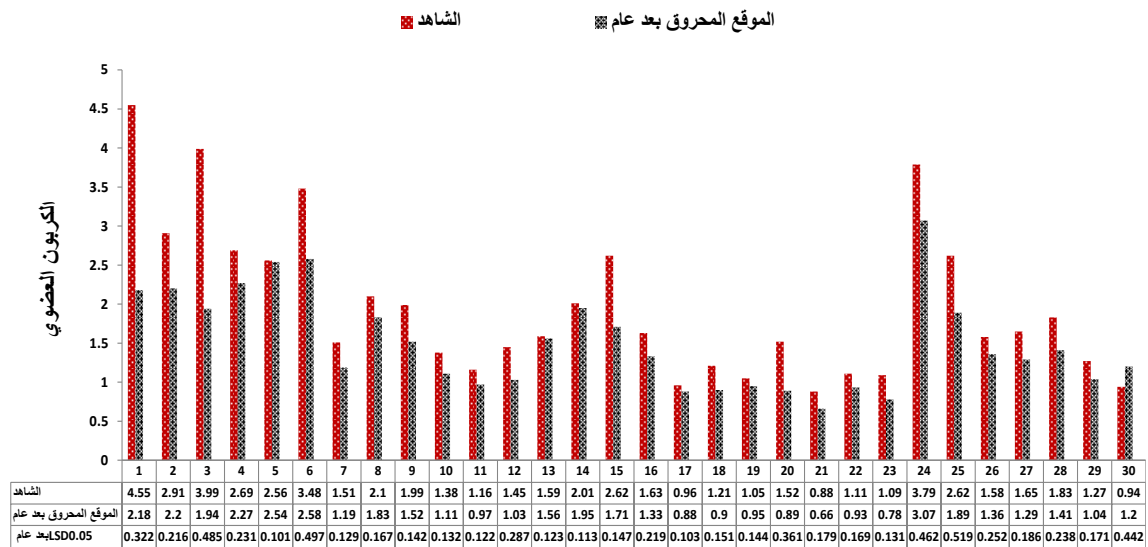
شهدت حرائق منخفضة الشدة مقارنة بالمواقع الأخرى، حيث استطاع الغطاء النباتي ترميم واستعادة نفسه على عكس باقي المواقع التي أظهرت أثراً طويلاً بحدوثها لحرائق يمكن تصنيفها بأنها عالية الشدة وبالتحديد الموقعين (1 و 3) اللذان أظهرتا انخفاضاً أكبر مقارنة مع الشاهد. وقد يعزى السبب في ذلك إلى تكرار اندلاع الحرائق في ذات المواقع في العام التالي. في حين أن المواقع التي شهدت ارتفاعاً في الكربون العضوي (7 و 19 و 30) بعد أسبوعين من الحرائق، فقد لوحظ بعد عام استمرار هذا الارتفاع في الموقع (30) ولكن بشكل غير معنوي، بينما أخذ منحى معاكساً، إذ انخفضت نسبة الكربون العضوي مقارنة بالشاهد بالنسبة للموقعين (7 و 19). قد تعزى النتيجة السابقة لهطول الأمطار الغزيرة بين شهر تشرين الثاني سنة 2020 م وشهر كانون الثاني من سنة 2021 م التي أعقبت نشوب الحريق، مما قد يشكل عاملاً رئيسياً يساهم في انخفاض محتوى التربة من الكربون العضوي كما أشير إليه سابقاً [17]. وبمقارنة توزيع قيم المؤشر المركب وصفوف شدة الحريق على كامل منطقة

الجدول 3: قيم المؤشر المركب للمواقع المدروسة			
رقم الموقع	اسم الموقع والغطاء النباتي	القيمة العددية للمؤشر المركب	تصنيف شدة الحريق
1	بيت زنتوت (صنوبر بروتي)	2.7	عالية جداً (2.7-2.4)
2	شديتي (سرو، زيتون صنوبر)	2.2	عالية (2.4-2)
3	جيل العذرة (صنوبر بروتي، سنديان)	2.5	عالية جداً (2.7-2.4)
4	الميسة (صنوبر بروتي)	1	منخفضة جداً (1-0.5)
5	ديروتان (صنوبر بروتي)	1.5	منخفضة (1.5-1)
6	خريبات القلعة (صنوبر، سنديان)	1.7	متوسطة (2-1.5)
7	البطيني (صنوبر بروتي، مكي سنديان)	2.5	عالية جداً (2.7-2.4)
8	بكراما (صنوبر، شجيرات حراجية، زيتون)	1.75	متوسطة (2-1.5)
9	بحورايا (صنوبر بروتي)	1.6	متوسطة (2-1.5)
10	كلماخو (صنوبر، سرو)	2	متوسطة (2-1.5)
11	القرداحة (زيتون سماق)	0.5	منخفضة جداً (1-0.5)
12	دبيقة (صنوبر، سرو، زيتون)	2	متوسطة (2-1.5)
13	بحمرا (صنوبر، زيتون)	1.2	منخفضة (1.5-1)
14	مرج معبريان (زيتون، شجيرات حراجية)	1.1	منخفضة (1.5-1)
15	بسطيرون (صنوبر بروتي)	2.35	عالية (2.4-2)
16	بصراما (صنوبر، زيتون)	1.8	متوسطة (2-1.5)

منخفضة (1.5-1)	1.3	المعلقة (صنوبر، زيتون)	17
عالية (2.4-2)	2.15	الفاخورة (زيتون، شجيرات حراجية)	18
عالية (2.4-2)	2.3	الخشخاشة (صنوبر بروتي)	19
متوسطة (2-1.5)	2	نقورو (زيتون-شجيرات حراجية)	20
عالية (2.4-2)	2.4	القلمون (صنوبر، سرو)	21
متوسطة (2-1.5)	1.7	بقيلون (صنوبر، شجيرات حراجية)	22
متوسطة (2-1.5)	1.9	بيت سوهين (صنوبر، زيتون، شجيرات حراجية)	23
عالية (2.4-2)	2.3	محمية الشوح والأرز	24
عالية جداً (2.7-2.4)	2.5	وادي قنديل (صنوبر، شجيرات حراجية)	25
منخفضة (1.5-1)	1.4	الحراجية (زيتون، شجيرات حراجية)	26
عالية (2.4-2)	2.1	زغرين (صنوبر بروتي)	27
عالية جداً (2.7-2.4)	2.45	بلوران (صنوبر، سرو حمضيات)	28
متوسطة (2-1.5)	2	بداية طريق أم الطيور (صنوبر شجيرات حراجية)	29
منخفضة جداً (1-0.5)	1	كفربيل (صنوبر بروتي)	30



الشكل (7) أثر الحريق في محتوى التربة من الكربون العضوي بعد مرور أسبوعين



الشكل (8) أثر الحريق في محتوى التربة من الكربون العضوي بعد مرور عام

## الاستنتاجات

أظهرت نتائج الدراسة أن محافظة اللاذقية شهدت في عام 2020 م حرائق توزعت بين منخفضة جداً (1-0.5) ومنخفضة (1-1.5) ومتوسطة (2-1.5) إلى عالية (2-2.4) وعالية جداً (2.4-2.7)، وأن شدة الحريق المصنفة تبعاً للمؤشر المركب كان لها تأثير في مقدار الانخفاض الحاصل في محتوى التربة من الكربون العضوي إثر الحريق. فقد انخفض محتوى التربة من الكربون العضوي بعد أسبوعين من اندلاع الحرائق وبشكل كبير وملحوظ في المواقع التي تعرضت لحرائق صنفت بأنها عالية جداً إلى عالية، واستمر هذا الأثر بعد عام في المواقع التي تعرضت لحرائق خصوصاً تلك التي صنفت على أنها شهدت حرائق بين المتوسطة إلى العالية والعالية جداً. وبالتالي، فالمؤشر المركب قادر أن يعطي تقييماً أولياً صحيحاً لتدهور محتوى التربة من الكربون العضوي وفقاً لشدة الحريق بطريقة ميدانية، خصوصاً في المواقع التي تصنف على أنها شهدت حرائق عالية إلى عالية جداً، على الرغم من عدم الدقة الإجمالية خصوصاً في المواقع التي تتباين فيها شدة الحرائق من منخفضة جداً ومنخفضة إلى متوسطة.

## التوصيات

تعد شدة الحريق عاملاً رئيسياً في تقييم حالة ما بعد الحريق، ويمكن تقديرها مباشرة باستخدام المؤشر المركب الذي يعتمد على شقين؛ الأول الذي تم استخدامه في الدراسة الحالية وهو الملاحظات الميدانية، والشق الثاني التحليل

الطيفي باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد. فعلى الرغم من أن الملاحظات الميدانية هي طريقة سريعة بعض الشيء إلا أنها مكلفة من حيث الوقت والموارد البشرية والاقتصادية، والتغطية المكانية المحدودة، وإن كانت هامة من أجل التحقق من بيانات الاستشعار عن بعد. وبالتالي، نوصي باستكمال الدراسة من خلال الشق الثاني من المؤشر المركب وهو التحليل الطيفي باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، إذ توفر بيانات الاستشعار عن بعد مع الملاحظات الميدانية تقديرات دقيقة بشكل عام لشدة الحريق. فالتمثيل المكاني الضعيف المرتبط بالأساليب الميدانية وتكلفة هذه الأساليب تجعل من المستحسن استخدام طرق بديلة. لذلك فإن استخدام الاستشعار عن بعد يعد خياراً سليماً لرسم خرائط تبين شدة الحرائق الحاصلة، حيث أن إزالة الغطاء النباتي وما ينجم عنه من انخفاض الكلوروفيل ورطوبة الغطاء النباتي، وكذلك حريق التربة والتغيرات الناجمة عن ذلك كتغير محتوى التربة من الرطوبة، كل ذلك يؤدي إلى انخفاض في انعكاس الأشعة تحت الحمراء المرئية والقريبة (NIR) وزيادة في انعكاس الأشعة تحت الحمراء المتوسطة (SWIR). وبالتالي، نوصي أيضاً باستخدام نسخ معدلة من مؤشر الحريق المركب (CBI) والتي يتم إدخال متغيرات إضافية فيها، حيث تعمل هذه المتغيرات الجديدة على تحسين تفسير صور الأقمار الصناعية بعد الحريق، إذ أن هذه العوامل يمكن أن تعادل بشكل كبير الانعكاس الذي يكتشفه المستشعر.

## المراجع

1. Jain, TB, Graham RT. Is forest structure related to fire severity? Yes, no, and maybe: methods and insights in quantifying the answer. USDA

- western Iran. *Folia Forestalia Polonica*, series A, Vol. 54(4) 2012, 241–250.
15. Johnson DW, and Curtis PS. Effects of forest management on soil C and N storage: meta-analysis. *For Ecol Manage.* (140) 2001:227–238.
  16. Scharenbroch BC, Nix B, Jacobs KA, and Bowles ML. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in a Midwestern, USA oak (*Quercus*) forest. *Geoderma.* 2012:183–184, 80–91.
  17. Granged AJP, Jordan A, Zavala LM, et al. Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). *Geoderma.* 2011:167–168, 125–134.

**Fund:** No funding is allocated for this work.

**Author contributions:** The author has contributed all elements of the paper.

**Competing interests:** The Authors declare that they have no competing interests.

**Data and materials availability:** All data are available in the main text and the supplementary materials

2. Key CH, Benson NC. Landscape assessment: Ground measure of severity, the composite burn index; and remote sensing of severity, the normalized burn ratio. In *General Technical Report RMRS-GTR-164-CD, Proceedings of the FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System.* USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO, USA, 2006:1–51.
3. Vergnoux A, Dirocco R, Domeizel M, et al. Effects of fire on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soil: UV-vis and fluorescence spectroscopy approaches. *Geoderma.* (160) 2011: 434-443.
4. Moody JA, Shakesby RA, Robichaud PR, et al. Current research issues related to postwildfire runoff and erosion processes. *Earth-Science Reviews* (122) 2013:10-37.
5. Xue L, Li O, and Chen H. Effects of a Wildfire on Selected Physical, Chemical and Biochemical Soil Properties in a *Pinus massoniana* Forest in South China. *Forests* (5) 2014:2947-2966.
6. Mataix-Solera J, Cerda A, Arcenegui V, et al. Fire effects on soil aggregation: a review. *Earth-Science Reviews.* (109) 2011:44-60.
7. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. مراقبة حالة الغطاء النباتي في المواقع التي تعرضت للحرائق صيف 2020 محافظات حماه وحمص واللاذقية وطرطوس، دمشق، سورية، 2020.
8. علي، محمود (2000). دراسة تحليلية لحرائق الغابات في اللاذقية (سورية). مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، 22 (1).
9. نحال، ابراهيم (2002). علم البيئة الحراجية. مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب، سورية. 576 صفحة.
10. Knicker H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry* (85) 2007: 91–118.
11. Mill Aj, and Fey MV. Frequent fires intensify soil crusting: physicochemical feedback in the pedoderm of long-term burn experiments in South Africa. *Geoderma* (121) 2004:45–64
12. Shakesby RA. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions. *Earth Sci. Rev.* (105) 2011: 71-10
13. Hatten J, Zabowski D, Scherer G, and Dolan E. A comparison of soil properties after contemporary wildfire and fire suppression. *Forest Ecology and Management.* (220) 2005:227-241.
14. Mehdi H, Ali S, Ali M, and Mostafa A. Effects of different fire severity levels on soil chemical and physical properties in Zagros forests of