

Studying the Impact of Forest Fires on Soil Degradation Using Geographic Information Systems and Remote Sensing in the Al-Bayer and Al-Basit Region

Dr. Muhammad Dakka*
Dr Younis Idris**
Firas Al-Ghammaz***

(Received 14 / 11 / 2023. Accepted 27 / 2 /2024)

□ ABSTRACT □

The forests of the Bayer and Al-Basit region in northwestern Syria are among the most important Syrian forest areas, but they have been subjected to many encroachments. These encroachments were represented by repeated fires and unjust cutting, and some areas were turned into agricultural lands, and some of them were lost forever. This had a negative impact on the properties of those soils that were subject to depletion, especially the fires that occurred in 2020, which turned the coastal mountains into ash. Based on uploading two composite Landsat8 satellite images after merging their ranges and modifying them to determine the location of the fire without fog or smoke, the first before the fire in July 2020 and the second after the fire in October 2020, fire severity maps were designed for the Al-Bayer and Al-Basit region to assess the areas that were affected by forest fires. A map of the fire severity index was produced and classified based on the classification of fire severity levels and consequently the burned areas that constituted a high level of danger amounted to 1499.72 hectares of the Al-Bayer and Al-Basit area, while the burned areas that constituted a moderate level of danger amounted to 10820.73 hectares. Three soil samples were taken from the burned forests in Zaghrin, Bellouran, and Ras Al-Basit and were compared with three soil samples from the same unburned sites. The soil of the sites was rich in organic matter before the fire, while it decreased by almost half after the fire. The pH values ranged from 7.3 to 7.9 in the burned sites, namely It is higher than in the unburned sites, whose values ranged from 6.1 to 7.8 due to the ash resulting from burning the vegetation on the forest floor. The percentage of N in the burned sites does not exceed 0.2 %, and the amount of P in the burned sites ranged in value from 4.418 to 5.43, which is higher than in the burned sites. Unburned, whose values ranged from 3.994 to 5.195, and the amount of (Cu, Zn, Fe, Mn, Ca, K) available increases after the fire, and despite all these increases in cations, fires may lead to their loss.

Keywords: forest fires - soil degradation - fire severity index - soil erosion - leaching of elements.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Professor - Faculty of Agricultural Engineering - Tishreen University - Lattakia - Syria.

**Director of Agricultural Research - Syria.

***Postgraduate (PhD) student - Faculty of Agricultural Engineering - Tishreen University - Lattakia – Syria.

دراسة تأثير حرائق الغابات على تدهور التربة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في منطقة البايير والبسيط

د. محمد دكة*

د. يونس ادريس**

فراس الغماز***

(تاريخ الإيداع 14 / 11 / 2023. قبل للنشر في 27 / 2 / 2024)

□ ملخص □

تُعدّ غابات منطقة البايير والبسيط في شمال غرب سورية من أهم المناطق الحراجية السورية، إلا أنها تعرضت إلى كثير من التغيرات. تمثلت هذه التغيرات بالحرائق المتكررة والقطع الجائر، فتحوّلت مساحات منها إلى أراضٍ زراعية، ومنها ما أُفقد إلى الأبد. انعكس ذلك بشكل سلبي على خواص تلك التربة التي تعرضت للاستنزاف وعلى الأخص الحرائق التي حدثت في العام 2020 التي حوّلت الجبال الساحلية إلى رماد.

اعتماداً على تحميل صورتين فضائيتين Landsat8 المركبتين بعد دمج نطاقاتهما وتعديلهما، الأولى قبل الحريق في شهر تموز عام 2020 والثانية بعد الحريق في شهر تشرين أول 2020، صُممت خرائط شدة الحرائق لمنطقة البايير والبسيط لتقييم المناطق التي تأثرت بسبب حرائق الغابات.

أُنْتُجَت خارطة مؤشر شدة الحريق وتصنيفها اعتماداً على تصنيف مستويات شدة الحريق وبالتالي المساحات المحترقة التي شكّلت مستوى خطورة عالية بلغت 1499.72 هكتار من منطقة البايير والبسيط في حين بلغت المساحات المحترقة التي شكّلت مستوى خطورة متوسطة 10820.73 هكتار.

أُخِذَت ثلاث عينات تربة من الغابات المحروقة في زغرين وبلوران ورأس البسيط وقُورنت مع ثلاث عينات تربة من نفس المواقع غير المحروقة، كانت تربة المواقع غنية بالمادة العضوية قبل الحريق بينما انخفضت تقريباً إلى النصف بعد الحريق، أما قيم الـ pH تراوحت بين 7.3 إلى 7.9 بالمواقع المحروقة وهي أعلى منها بالمواقع غير المحروقة التي تراوحت قيمها بين 6.1 إلى 7.8 بسبب الرماد الناتج عن حرق الغطاء النباتي فوق أرض الغابة، وإن نسبة N في المواقع المحروقة لا تتجاوز 0.2 %، كما أن كمية P بالمواقع المحروقة تراوحت قيمها بين 4.418 إلى 5.43 وهي أعلى منها بالمواقع غير المحروقة التي تراوحت قيمها بين 3.994 إلى 5.195، وتتزايد كمية (Cu, Zn, Fe, Mn, Ca, K) المتاحة بعد الحريق، وعلى الرغم من كل هذه الزيادات في الكاتيونات فإن الحرائق قد تؤدي لفقدانها.

الكلمات المفتاحية: حرائق الغابات - تدهور التربة - مؤشر شدة الحريق - انجراف التربة - انغسال العناصر

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

*أستاذ - كلية الهندسة الزراعية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**مدير بحوث زراعية - سورية.

***طالب دكتوراه - كلية الهندسة الزراعية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

مقدمة:

يشكل تدهور التربة Soil degradation تهديداً عالمياً كبيراً على الإنسان، من حيث تأثيره السلبي على إنتاجية الكتلة الحيوية وعلى البيئة (Dregne and Chou, 1994) و (Pimentel, 1995). ويعتمد معدل تدهور التربة على الأسباب المؤدية لحدوثه، حيث أن مقاومة الترب للتدهور تختلف باختلاف خصائصها الكامنة والمناخ المحيط، وتجدر الإشارة أن تدهور التربة لا يقتصر على المناطق الجافة، فقد وجد Bai وآخرون (2008) ارتباطاً ضعيفاً ($r=-0.12$) بين تدهور التربة ومؤشر الجفاف، وأن 78% من مساحة الأراضي المتدهورة عالمياً تقع في المناطق الرطبة. ويتجلى هذا التدهور بتدهور خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والخصوبية والحيوية ثم فقدان الطويل الأمد للغطاء النباتي ومن ثم انجراف وتعرية التربة، ويساعد الغطاء النباتي على خفض معدلات انجراف التربة بشكل كبير، ويتناسب ذلك طردياً مع كثافة هذا الغطاء. (Wischmeier (2013).

يعد الانجراف المائي أحد أكبر المشكلات التي تتعرض لها الأراضي على المنحدرات وبخاصة عند وجود حرائق في الغابات وزيادة الهطل السنوي، فلقد دلت بعض الدراسات أن كمية الترب المنجرفة بالمياه من الأراضي الجرداء قد تصل إلى أكثر من 200 طن /هـ سنوياً في المناطق الساحلية، وهذا يؤدي إلى الأهمية القصوى للمحافظة على الغطاء النباتي والغابوي في المنطقة الساحلية لتقليل خطورة هذا الانجراف (دكة، 2012).

فكان لا بد من إجراء دراسات معمقة عن منطقة البايير والبسيط المعرضة لمثل هذه العوامل، ومقارنة وضعها الحالي مع وضعها في الماضي لمعرفة التغيرات التي تعرض لها الغطاء النباتي الطبيعي بفعل الحرائق، وتحديد أماكن تدهور الأراضي الناتجة عن الحرائق.

وتجدر الإشارة إلى استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة حركة الكتلان الرملية وزحف الصحراء ورصد وتقييم التصحر وتدهور الأراضي وإعداد خرائطها بهدف تحديد أسبابها ومدى انتشارها وقياس شدتها وتسليط الضوء على المخاطر التي يمكن أن تنجم عن الإدارة غير الملائمة لموارد الأراضي بغية الوصول إلى أسس صحيحة لمقاومة التصحر وتدهور الأراضي. (بن محمود ولولو، 2010).

ومن جهة أخرى تُستخدم تقانات الاستشعار عن بعد في إعداد خرائط الغابات وتحديثها وتصنيف الغابات وتحديد الأنواع النباتية ومراقبة التغيرات التي تطرأ عليها وتقييم عمليات التلف والإصابة بالحشرات والتعرض للحرائق وتحديد الأضرار وخاصةً في المناطق الجبلية الوعرة صعبة الوصول (Senf et al., 2015).

تسبب حرائق الغابات ضرراً كبيراً في المناطق الجبلية والمنحدرة بشكل خاص، والتي تحفز انجراف التربة، مما يسبب فقدان كميات كبيرة من التربة والمياه، وفي المحصلة تؤدي إلى تدهور النظم البيئية في الغابة وإلى الجفاف والتصحر، وقد قُدرت الخسارة عن انجراف التربة في سورية بمبلغ 7.140.000 يورو وتلك الناتجة عن حرائق الغابات بمبلغ 2.550.000 يورو وذلك حسب إحصائيات العام 2003 (Nahal and Zahoueh 2005).

حيث أن شدة تأثير الحرائق ترتبط بعدة عوامل مثل نوع الحرائق، تكرارها، قوام الترب، نوع الغابة، عمرها، والتركيب النباتي فيها، (Yildiz, et al., 2010) فمن أهم تأثيرات الحرائق في البيئة هو ازدياد احتمال حدوث حرائق إضافية في السنوات اللاحقة، وازدياد الأنواع المحتملة للحرائق غياب الأنواع الحساسة، وقد تسود الحشرات والأمراض التي تخلق اضطراباً في التوازن البيئي (Nasi, et al., 2005).

وفي هذا السياق أشار كل من Afonso وآخرون (2009) و Yildiz وآخرون (2010) بأن الحرائق تؤثر في التربة، والماء، وفي التنوع الحيوي، وتسهم في زيادة غازات الدفيئة.

وكان فيما قال Christensen (1973) بأن الحرائق تؤثر بشكل كبير في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، فهي ترفع درجة حرارتها التي تعمل على تحويل الآزوت العضوي القابل للتحلل إلى أشكال معدنية غير متاحة لجذور النباتات، وبالتالي خسارته، حيث تحرق النار فرشاة الغابة المغطية لسطح التربة، وتسبب في المناطق الجافة الحارة الخسارة بالمادة العضوية في التربة، وخاصةً الآزوت (Ojima, et al., 1994) كما أن حرارة النار تقتل الكائنات الحية الموجودة في التربة كلياً أو جزئياً.

أما في المناطق الرطبة وشديدة الرطوبة فإن الحريق يحفز الكائنات الحية الدقيقة للكائنات والنشاط بشكل كبير، وتعمل بعد الحريق مباشرة على تثبيت الآزوت لتعيده بأقل من سنة إلى ما كان عليه قبل الحريق، وتراكم الرماد على سطح التربة الذي يتفاعل مع مكونات التربة بعد هطول الأمطار لتتكون تربة جديدة ذات خصائص خصوبية جيدة، وهذه من بعض التأثيرات الإيجابية للحريق (Ojima, et al 1994).

أما فيزيائياً فتزداد صلابة التربة بعد الحريق وينقص معدل رشح الماء ضمنها، ويزداد معدل الجريان السطحي، وينخفض معدل التسرب، ويحدث انجراف التربة (Raison, 1980)

اشترك Tucker (1985) دليل الكتلة الحيوية النباتية NDVI من بيانات Global Area Coverage (GAC) لرسم خرائط أنواع النباتات الرئيسية والتغيرات الموسمية لقارة إفريقيا لفترة 19 شهر بين عامي 1982-1983. كما رُسمت الخرائط النباتية لأمريكا الشمالية بالاعتماد على بيانات دليل الكتلة الحيوية النباتية NDVI وبيانات Global Vegetation Index (GVI) خلال الفترة من نيسان حتى تشرين الثاني عام 1982. (Goward et al., 1985). وتم الاستفادة من بيانات NOAA واستخدام دليل الكتلة الحيوية النباتية NDVI لرصد التغيرات في الغطاء النباتي في شرق إفريقيا، حيث تمت مقارنة بيانات NDVI مع خارطة نطاقات النظم المطرية في منطقة الدراسة للفترة ذاتها، وأظهرت أوجه التشابه الملحوظ بين قيم NDVI وكميات الأمطار (Justice et al., 1986).

ومن جهةٍ أخرى تزيد الحرائق من التغيرات الحاصلة في محتوى التربة من العناصر الغذائية كذلك تؤثر على بناء التربة وعلى الخاصية الارتشاحية لها وعلى خصائص أخرى والتي تزيد من انجراف التربة (Pausas et al., 2008).

كما أن كمية المواد الدبالية في التربة تختلف تبعاً لنوع النبات السائد في الغابة (Coates et al., 1995) وتتفاوت كمية المادة العضوية بنقاوت الغطاء النباتي السائد في الغابة، وبذلك تكون المادة العضوية في ترب الغابات متساوية الأوراق أكبر من التربة التي تسود فيها نباتات دائمة الخضرة، وتكون كمية المادة العضوية في الترب التي تنمو بها أعشاب أكبر من المادة العضوية في الترب التي تنمو بها أشجار الغابات دائمة الخضرة (Stevenson, 1982). إن لكمية ونوعية المادة العضوية القابلة للاحتراق والفترة التي حدث فيها الحريق ودرجات الحرارة الناتجة عن الحريق، علاقة بتفسير التغيرات التي تطرأ على التربة بعد الحريق

(Debano et al., 1977). ويصعب تعميم خسارة التربة من المادة العضوية عند حدوث الحريق خلال مرة واحدة،

ما لم يتم التعرف على مدى كثافة النيران (Almendros et al., 1990).

وقد بيّن (Isbell, 1996) أن قوام ترب الغابات الجافة متباين بين الرملية والطينية، ولكن يسود الرمل، بينما قوام ترب الغابات الاستوائية المطيرة والغابات الرطبة يكون موحداً (Carson and Kirkby 1972) وإن نسبة الانجراف في ترب المنحدرات الرطبة أكبر من نسبة الانجراف في ترب المنحدرات الجافة، وتؤدي الحرائق المتكررة في الغابات الصنوبرية وخاصةً التي تتواجد منها على المنحدرات إلى تدهور التربة وانجرافها وبالتالي تعريضها وزوال الغابات وظهور الصخرة الأم في حالات الحرائق الشديدة والمتكررة (نحال وآخرون 1995)، وقد بيّن (Young 1989)

و (Buresh and Tian 1998) بأن للأشجار دوراً مهماً في تحسين خصائص التربة كما أن لقوام التربة دوراً كبيراً في استقرار وتحلل المادة العضوية في الطبقة العليا من التربة (Christensen,1987 ; Christensen and Sorensen,1985; Anderson *et al* 1981).

وقد جرى دراسة تأثير الحريق على الغابات في الأرجنتين وذلك للمقارنة بين مواقع محترقة ومواقع غير محترقة وُجد أن تأثير الحريق على حركة العناصر خاصة النتروجين المتاح والفسفور والكبريتات، وعودة العناصر للتربة من الأعشاب كانت أكبر من عودتها من الأشجار والشجيرات لأن عودة العناصر من مخلفات الأشجار والشجيرات تحتاج لفترة أطول للتحلل (Timo, et al 2007)، وتؤدي الحرائق الشديدة والمتكررة إلى حدوث انجراف التربة أما الحرائق منخفضة الشدة فإنها لا تسبب انجرافاً للتربة، لبقاء طبقة المخلفات النباتية التي تحمي التربة من الانجراف (Legleiter, *et al* 2002; Wondzell and King, 2003 ; Meyer, *et al* 2004 ; Soto, *et al* 1995).

وقد وجد كلٌّ من Marks و Bormann (1972) أن نباتات طبقة Understory تقلل من خسارة المواد المعدنية المتكونة في الرماد، والناجمة عن الحريق باستعمالها في نموها السريع. لقد بيّن Christensen (1987) بأنه قد تحدثت زيادة في كمية الفوسفور والنتروجين بعد الحريق، ولكن ذلك يتطلب زيادة في الأيونات الموجبة.

أما من حيث تأثير الحرائق على العناصر المعدنية فإن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى تطاير الكالسيوم والمغنزيوم في درجات حرارة أكبر من 1107 و أكبر من 1240 درجة مئوية على التوالي، وُحدت في الجزيئات الموجودة ضمن الدخان الناجم عن الحريق والرماد الناعم (Raison *et al.*, 1985).

كما تبين أن البوتاسيوم والفوسفور والكبريت يتطاير في درجات حرارة أكبر من 760 درجة مئوية وأكبر من 774 درجة مئوية وأكبر من 800 درجة مئوية على التوالي (Neary *et al.*, 1999).

ودلت الدراسات بأن للحرائق تأثير على دورة العناصر الغذائية، فتؤدي إلى موت الكائنات الدقيقة التي لها دور بالغ الأهمية في تحليل المواد العضوية (Apigian *et al.*, 2005). كما تؤثر الحرائق ذات الشدة المنخفضة على كمية العناصر الصغرى والكبرى في التربة، حتى عمق 10 سم، وذلك بسبب تراكم الرماد (Walter, 1981).

وجد كل من Iglesias و Gonzalez (1997) في دراستهما عن التغيرات في التربة تحت نوعين من الأشجار هما *Quercus pyrenaica* و *Juniperus oxycedrus* بعد الحريق من 2-8 أشهر، ارتفاعاً في قيمة التوصيل الكهربائي وزيادة في قيمة pH وجميع الأيونات القاعدية القابلة للتبادل وقيم عنصر الكالسيوم الكلي تحت كلا النوعين، أما تحت *Juniperus oxycedrus* فقد كانت كربونات الكالسيوم عالية، ولم تكن واضحة تحت *Quercus pyrenaica* وقد تشكلت كربونات الكالسيوم عند تعريض عينات من النبات والتربة في المعمل للنوع *Quercus pyrenaica* عند درجة حرارة 500 م°، أما في النوع *Juniperus oxycedrus* فقد تشكلت عند درجة 300 م° تحت النوع *Juniperus oxycedrus* وتؤدي حرائق طبقة Understory في الغابات الجافة إلى خسائر في النتروجين بمقدار 74-109 كغ/هكتار والبوتاسيوم 21-12 كغ/هكتار والكالسيوم 30-19 كغ/هكتار والمغنزيوم 10-5 كغ/هكتار.

يختلف تأثير الحرائق على عنصر الآزوت مقارنةً مع بقية العناصر فقد بيّنت الدراسات أن الآزوت يتطاير إلى الجو و يُنقل على شكل دقائق إلى طبقة الغلاف الجوي Atmosphere أثناء عملية الاحتراق وفقاً للباحثين (Raison *et al.*, 1985) و (Raison *et al.*, 1990) و (Binkley *et al.*, 1992).

كما بيّن Wiecko (1965) أن مستوى الآزوت في طبقة تربة الغابات الطبيعية من عمق 0-15 سم يبلغ (0.1-0.3) % وأن نسبة 0.2% من الآزوت الكلي تُعتبر كافية لنمو الأشجار. ويؤثر تراكم الرماد على سطح الغابة المحترقة بعد الغسيل بمياه الأمطار على كمية ونوعية الأيونات السائدة والتبادل الكاتيوني ونوع الكاتيونات المدمصة على معادن الطين، ودرجة pH وزيادة تركيز العناصر الغذائية في الطبقة السطحية من التربة وذلك حسب ما أكدّه (Marcos *et al.*, 1995 Samman *et al.*, 2000 Trabaud, 1994). وفي دراسة قام بها (Dyrness *et al.*, 1989) وجدوا بأن الزيادة عند قيمة pH تحدث في الحرائق الشديدة والمتتالية في التربة التي حُلّت بعد الحريق مباشرةً.

وفي دراسة أجراها كلاً من Marafa و Chau (1999) لمقارنة تأثير حرائق الغابات على خصائص التربة الكيميائية بين موقع محترق حديثاً تكررت به الحرائق ثلاث مرات وموقع احترق قديماً مرة واحدة وُجد أن الحرائق المنكرة رفعت قيمة pH بمقدار 0.27 وحدة وذلك في الطبقة من (0-5) سم و 0.33 وحدة بالطبقة من (5-210) سم، أما أيونات الهيدروجين و البوتاسيوم القابلة للتبادل فقد زادت بنسبة أعلى من 100%، أما الحموضة الكلية القابلة للتبادل فقد انخفضت بنسبة 85%، والمادة العضوية بنسبة 86%، و كمية الآزوت الكلي بمقدار 75% أما الأمونيوم فقد زادت بمقدار 44%، والنترات بمقدار 42%، و الفوسفور الكلي بمقدار 66%، وأيونات الصوديوم القابلة للتبادل 42% أما أيونات الكالسيوم بمقدار 83% وأيونات المغنيزيوم بمقدار 41%، أما عنصر المنغنيز 14%، والحديد 12%، والزنك 4% في المواقع الجديدة مقارنة بالمواقع القديمة، وخفضت الحرائق المتكررة قدرة تبادل الأيونات الموجبة بمقدار 85%، وقيمة نسبة التشبع بمقدار 90%، كما بيّنت الدراسة أنه في غياب الحرائق في المواقع المحترقة قديماً فإن المادة العضوية تتحول بسهولة إلى أمونيوم ونترات تحت الشروط البيئية المحسنة. ويكون رفع قيم pH ناتجاً عن انطلاق الأكاسيد وتكرين التربة (Viro, 1974) وخسارة الأحماض العضوية (Ulery *et al.*, 1993). وبما أن درجات الحرارة تتناقص مع العمق أثناء الحريق كما أشار (Humphreys and Craig 1981) فإن قيم pH تتناقص بزيادة العمق بعد حدوث الحريق إلى رشح ونفاذية العناصر في الرماد تحت تأثير المطر، وتمتلك التربة الغنية بمعادن الطين والمادة العضوية سعة تبادل أعلى من التربة الفقيرة.

أُجريت دراسة للغطاء النباتي الطبيعي والاصطناعي في الساحل السوري، بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد، وهدفت الدراسة إلى تحديد مناقشة عامة حول الغطاء النباتي وتوزعه، وأثر المناخ، والارتفاع عن سطح البحر، وأنواع الأثرية، على الغطاء النباتي في تلك المنطقة. كما وُضعت خارطة الغطاء النباتي الطبيعي واستعمالات الأراضي للمنطقة الساحلية. (كيبو وجلول، 2002).

يشكل انجراف التربة في المناطق الجبلية والمنحدرة أهم النتائج السلبية لتدهور الغابات أو زوالها الجزئي أو الكلي مع العلم أن شدة الانجراف ترتبط بعوامل عديدة من أهمها نوع التربة والنبات وانحدار الأرض والهطولات المطرية (نحال، 2005).

هدفت دراسة العلي وآخرون (2014) إلى دراسة أثر الحريق على الانجراف المائي لأثرية الغابات المحروقة في غابة من الصنوبر البروتي في قرية عين الجوز، طرطوس سوريا بعد تعرضها لحريق عام 2009، وأظهرت نتائج الدراسة التأثير الكبير للحريق في زيادة معدلات الانجراف والجريان السطحي واختلاف نسب تراكيز الكاتيونات القاعدية بين المياه المتجمعة من المواقع المحروقة وغير المحروقة.

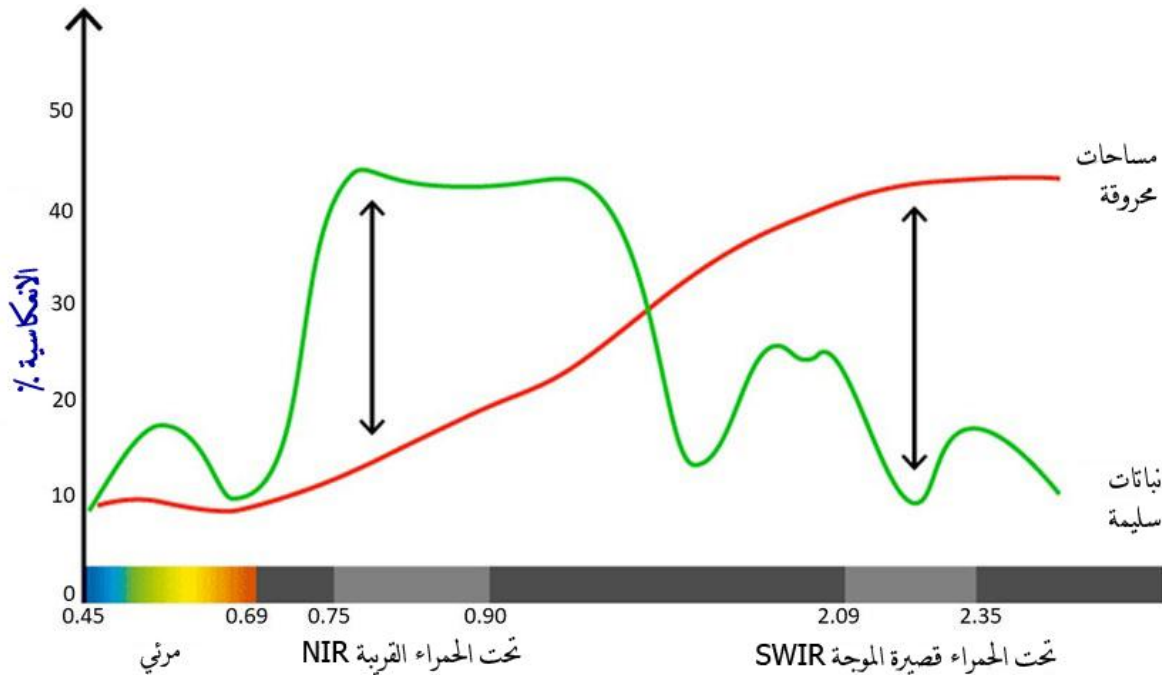
تسبب حريق عام 2009 في غابة للصنوبر البروتي في طرطوس، سورية في زوال جزء كبير من الغطاء النباتي للغابة، حيث قُدرت التغطية النباتية الكلية في الجزء المحروق بمتوسط قدره 3.7% مقابل 97% في الجزء غير المحروق. أدى الحريق كذلك إلى زيادة معدل انجراف التربة حيث وصل معدل انجراف التربة في الجزء المحروق إلى 7.22 طن/هكتار مقابل 0.1 طن/هكتار في الجزء غير المحروق (خضر، 2015).

حيث بلغ عدد الحرائق حسب مديرية الحراج عام 2011 أول أعوام الأزمة 351 حريقاً التهمت 3221 دونماً بينما في عام 2013 بلغت نحو 404 حرائق حراجية التهمت مساحة قدرت بـ 25586 دونماً وعام 2014 بلغت 393 حريقاً التهمت مساحة 19241 دونماً بينما العام 2015 قدرت مديرية الحراج في وزارة الزراعة عدد الحرائق بأكثر من 400 حريق التهمت حوالي 20 ألف دونم أكثرها في حماة (مصيف والغاب) وذلك بفعل الإرهاب والتحديات.

إن الأنواع الشجرية المتكيفة مع الظروف المناخية تحتاج لتوفر تربة ذات خصائص جيدة وملئمة، لذلك فإن أي خلل في خواص التربة يؤثر على نمو الأشجار، ويمكن أن يؤدي إلى موتها في المراحل الأولى من حياتها (نحال وآخرون، 1995).

قام معروف وآخرون (2018) بإعداد خارطة خطر حرائق حراج محافظة اللاذقية، وحُدد على هذه الخارطة 75% من مواقع الخطر الكامن، حيث تركّزت المناطق الأكثر خطورة في شمال غرب ووسط منطقة الدراسة، كما استُخدمت صور القمر الأوروبي Sentinel 2A لرسم خارطة حريق فرزلا في محافظة اللاذقية عام 2019 وتحديد شدة الحريق وذلك عبر حساب مؤشر الاختلاف في نسبة الحرق القياسي (Normalized Burn Ratio) NBR، إذ بلغت مساحة الحريق الإجمالية 871.27 هكتار منها 166.298 هكتار كانت شدة الحريق فيها مرتفعة. (مرهج وآخرون، 2020). يُستخدم مؤشر نسبة الحرق القياسي NBR لتحديد مساحة المناطق المحروقة وشدتها (Key and Benson, 2006). ويتفوق NBR على المؤشرات الأخرى في رسم خرائط المناطق المحروقة، كما يقدم طريقة مرنة وقوية وبسيطة في التحليل (Schepers *et al.*, 2014) يُستخدم لحساب مؤشر NBR كلاً من:

- القناة تحت الحمراء القريبة (Near Infrared) NIR عند الأطوال الموجية ($0.76-0.90 \mu\text{m}$) من الطيف الكهرومغناطيسي، التي هي حساسة بشكل خاص للتغيرات في محتوى الكلوروفيل للغطاء النباتي الحي.
- القناة تحت الحمراء قصيرة الموجة (Short Wave Infrared) (SWIR) عند الأطوال الموجية (2.08 – 2.35 μm) من الطيف الكهرومغناطيسي، والتي تكون حساسة لمحتوى الماء في كل من الغطاء النباتي والتربة، ولبعض ظروف التربة الشكل (1) (Miller and Thode, 2007).



الطيف الكهرومغناطيسي (طول الموجة)
الشكل (1) الاستجابة الطيفية عند النباتات

يُحسب اعتماداً على المعادلة التالية:

$$NBR = \frac{\rho NIR - \rho SWIR2}{\rho NIR + \rho SWIR2}$$

إن ρNIR و $\rho SWIR2$ هي قيم الانعكاس في القناتين تحت الحمراء القريبة وتحت الحمراء قصيرة الموجات على التوالي، وتتراوح قيمة المؤشر بين $1-$ و $1+$ حيث تشير القيم المرتفعة إلى غطاء نباتي محروق (Chompuchan and Lin, 2017).

نظراً لحساسية NBR للحالة الصحية للغطاء النباتي (Souza et al, 2005)، تم استخدام dNBR لاستخراج المناطق المحروقة وتقدير مستوى خطورة الحريق، ويُعبّر عنه بالعلاقة التالية:

$$dNBR = NBR_{Pre} - NBR_{Post}$$

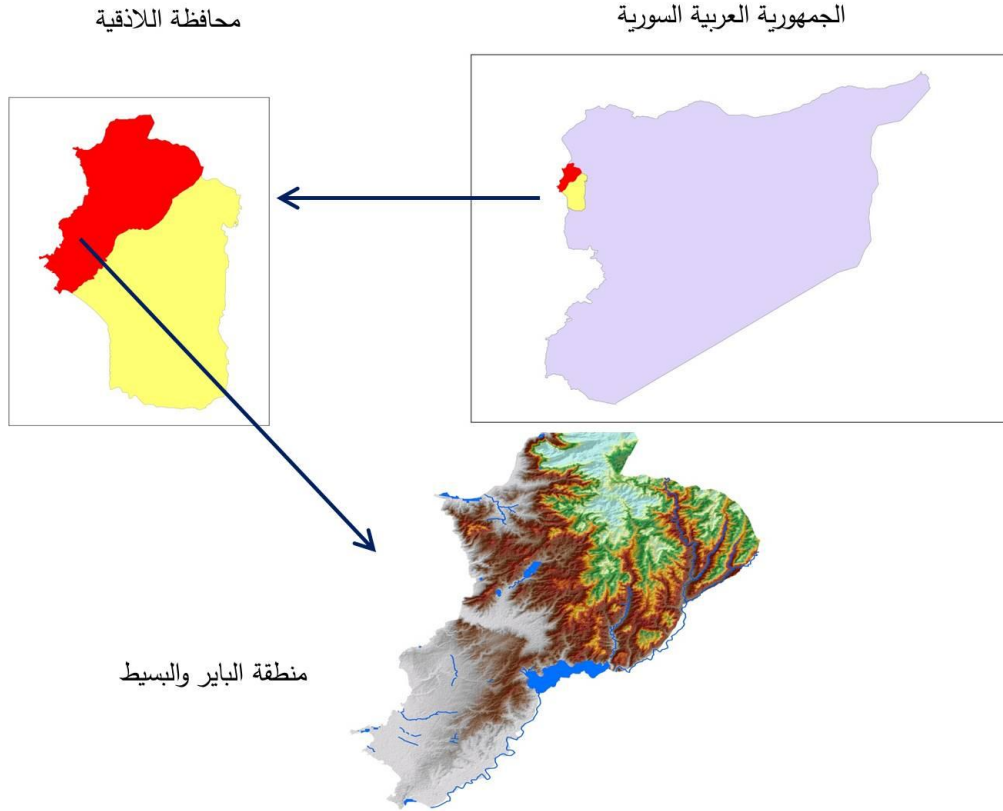
حيث NBR_{Pre} ، NBR_{Post} هي قيم المؤشر القياسي للمناطق المحروقة المحسوب من صور ملتقطة قبل وبعد الحريق على الترتيب، تتراوح قيم dNBR بين $2-$ و $2+$ ، ولكن اقترح Key و Benson عام 2006 أن مجال البيانات التجريبي كان بين $0.5-$ و 1.3 حيث أن قيم dNBR الأقل من $0.5-$ أو الأكبر من 1.3 قد تحدث أحياناً لكنها عادةً لا تعتبر مناطق محروقة بل تُعتبر قيماً شاذة بسبب الغيوم أو سوء التسجيل أو عوامل أخرى تتعلق بالاختلافات في التغطية الأرضية الحقيقية (Ireland and Petropoulos, 2015).

يهدف البحث إلى تحديد الأراضي المتدهورة الناتجة عن الحرائق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ودراسة بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة في بعض المواقع الحرجية المحترقة.

طرائق البحث ومواده:**مكان وزمان إجراء البحث:**

أُجريت الدراسة في منطقة البايير والبسيط خلال العام 2020-2021 وتمثل هذه المنطقة اتصالاً لكتلة جبال الساحل السوري الأساسية وتمتد حتى لواء اسكندرون وتسمى (جبال البايير والبسيط) وتعدُّ هذه السلسلة من أجمل المناطق الطبيعية في سوريا وأغناها وأشدها خضرة وأوفرها بالحياة البرية والغابات، تسمى الأجزاء الشرقية للسلسلة بالبايير والأجزاء الغربية بالبسيط وتضم هذه الجبال مناطق متعددة مشهورة بجمالها منها بحوث كسب وغابات الفرنلق ورأس البسيط وتشالما ومنطقة السمرا وربيعة، أعلى قمة في السلسلة جبل الأقرع المشهور وسبب تسميته خلو قمته من الأشجار ويبلغ ارتفاعه 1736 متر.

تتميز منطقة البايير والبسيط بغطائها النباتي الأصلي والمتطور الذي يتمثل بغابات حقيقية تتألف من صنوبر بروتيا *Pinus brutia* والسنديان شبه العذري *Quercus Pseudocerris* وأنواع ثانوية أخرى وتعد غابة الفرنلق من أكبر غابات هذه المنطقة وأكثرها اتساعاً، وهي من أجمل الغابات في سورية. ويبين الشكل (1) موقع الدراسة ضمن محافظة اللاذقية وعلى خارطة سورية.



الشكل (1) موقع الدراسة بالنسبة للجمهورية العربية السورية وبالنسبة لمحافظة اللاذقية

المواد والبرامج والأجهزة المستخدمة في البحث:

الخرائط الطبوغرافية:

الحصول على رقع الخرائط الطبوغرافية الأساس لمنطقة البايير والبسيط بمقياس 1:25000

الصور الفضائية:

- الحصول على أرشيف الصور الفضائية الخاص بالكتلة الحيوية النباتية NDVI.
- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model بدقة 30 م.
- صور فضائية لاندسات 8.
- برنامج ArcGIS 10.8.
- برنامج Earth Explorer من موقع <https://earthexplorer.usgs.gov>
- برنامج Google Earth Pro.

جهاز تحديد المواقع الشامل (GPS) Global Positioning System دقة (5 م) بهدف استخدامها في أعمال التدقيق والتوصيف الحقلية.

حساب نسبة مؤشر الحرق (Normalized Burned Ratio) NBR:

تعتبر العوامل المناخية وطبيعة النبت الحراجي من العوامل المشجعة على حدوث الحرائق في الغابات السورية باعتبار سورية تخضع للمناخ المتوسطي الذي يمتاز بفصل جاف طويل وحرار حيث يزيد متوسط درجات الحرارة في النهار عن 30 درجة مئوية خلال فصل الصيف مما يؤدي إلى انخفاض رطوبة البقايا العضوية إلى ما دون 5% ، وتلعب الرياح دوراً أساسياً في زيادة مساحة الحرائق وتجفيف الوقود (Velez , 1990).

إن مؤشر الحرق NBR مصمم لإبراز المناطق المحروقة في مناطق الحرائق الكبيرة، يجمع هذا المؤشر بين استخدام موجات الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) near infrared والأشعة تحت الحمراء الموجية القصيرة shortwave infrared (SWIR).

يمكن استخدام صور الأقمار الصناعية لتوسيع نطاق الرؤيا بما يتجاوز ما يمكن أن تراه عادة العين البشرية ما يسمى الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، الذي يشمل الطاقة الحمراء والزرقاء والخضراء، يمكن للأقمار الصناعية متعددة الأطياف مثل Landsat أن ترى أبعد من هذه الأطوال الموجية للطاقة، من الأشعة تحت الحمراء القريبة إلى الأشعة تحت الحمراء القصيرة وحتى الطاقة الحرارية thermal energy. هذه الأطوال الموجية مهمة لأن خصائص معينة في الغطاء النباتي تميل إلى أن تكون خضراء لأنها تعكس الطاقة الزرقاء والحمراء. ومع ذلك فإن الغطاء النباتي يعكس أيضاً إلى حد أكبر الطاقة من الأشعة تحت الحمراء القريبة التي تتلقاها.

عندما يمتلك النبات خلايا قوية وسليمة فإنه يمكن أن يعكس تقريبا كل طاقة الأشعة تحت الحمراء القريبة التي تأتي في طريقه. على الرغم من أن البشر لا يستطيعون رؤية الأشعة تحت الحمراء القريبة، إلا أنه ليس من الصعب على القمر الصناعي القيام بذلك.

يستخدم العلماء هذه الخاصية انعكاس الغطاء النباتي للأشعة تحت الحمراء القريبة بينما يمتص الطاقة الحمراء لتحديد الغطاء النباتي وتقييم مدى صحته.

وعند التحرك إلى أسفل الطيف الكهرومغناطيسي، فإن طاقة الموجات القصيرة shortwave energy هي النطاق التالي الذي يجمعه قمر لاندسات، بينما بنية الخلية في النبات تسمح لها بأن تعكس طاقة الأشعة تحت الحمراء القريبة near Infrared energy في هذا الجزء من الطيف، فإن كمية الرطوبة الموجودة في النبات تسمح للنبات بامتصاص طاقة الموجة القصيرة shortwave energy.

عندما يجف النبات، فإنه يصبح غير قادر على امتصاص تلك الطاقة. حيث يمكن الاستفادة من هذه الميزات والقدرات الطيفية لتحديد مدى المناطق المحروقة ثم مراقبة تجدد النباتات في السنوات التالية. إن النباتات السليمة تُظهر انعكاساً عالياً جداً في نطاق NIR وانعكاساً منخفضاً في نطاق SWIR من الطيف، عكس ما يُرى في المناطق التي دمرتها النيران. تُبين المناطق المحروقة حديثاً انعكاساً منخفضاً في NIR والانعكاس العالي في SWIR، أي أن الفوارق بين الاستجابات الطيفية للنباتات السليمة والمناطق المحروقة تصل إلى ذروتها في NIR ومناطق SWIR في الطيف.

بناءً على معادلة NBR (Normalized Burned Ratio) الخاصة بـ لاندسات 8 والتي تنص على:

$$NBR = \frac{Band\ 5 - Band\ 7}{Band\ 5 + Band\ 7}$$

Band 5: الباند 5 يمثل الأشعة تحت الحمراء القريبة

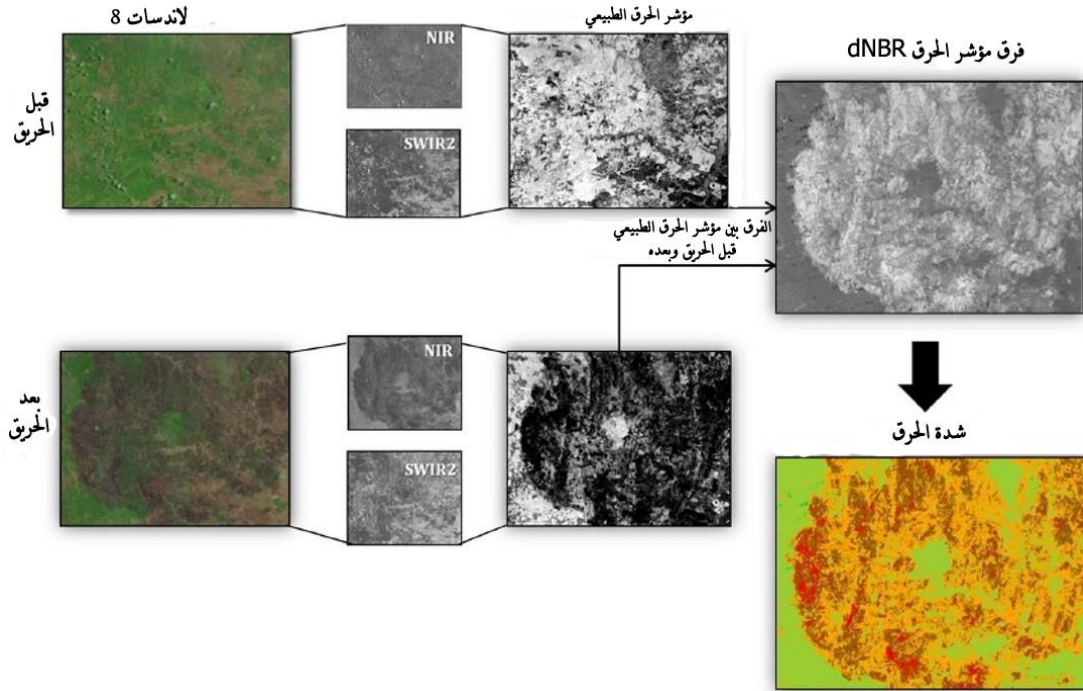
Band 7: الباند 7 يمثل الأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة

ومن خلال أداة Raster Calculator يمكن حساب الفرق بين صورتين فضائيتين واحدة في فترة الحريق والأخرى قبل الحريق وبالتالي تتضح الأماكن التي بها حريق والتغيرات التي حصلت. حيث يُعبّر dNBR عن الفرق بين نسبة مؤشر الحرق قبل الحريق وبعده لاستخراج المناطق المحروقة وتقدير مستوى خطورة الحريق، ويُعبّر عنه بالعلاقة التالية:

$$dNBR = NBR_{Pre} - NBR_{Post}$$

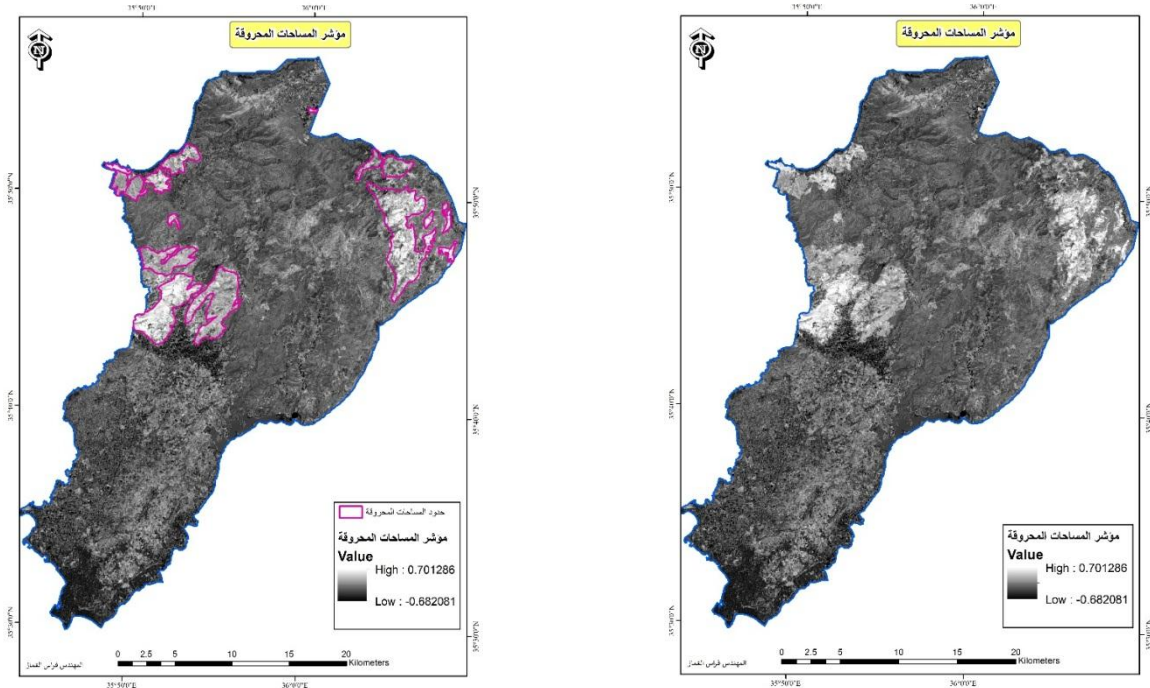
حيث NBR_{pre} ، NBR_{post} هي قيم المؤشر القياسي للمناطق المحروقة المحسوب من صور ملتقطة قبل وبعد الحريق على الترتيب

ويُظهر الشكل التالي توضيح خطوات تقييم شدة الحريق.



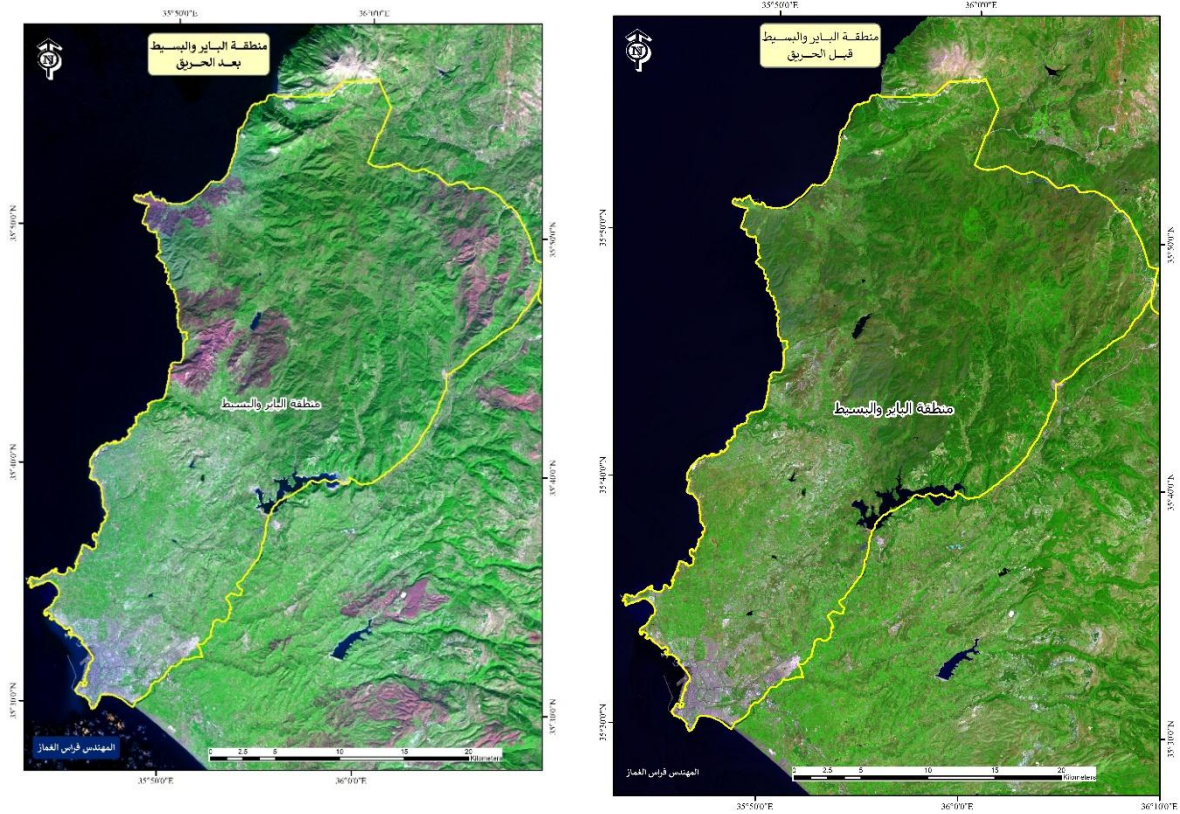
الشكل (2) خطوات تقييم شدة الحريق

حيث تدل المناطق البيضاء على المناطق التي أصابها الحريق. ولاستخراج المساحة لمنطقة الحريق تم إنشاء ملف رقمي جديد (shapefile) في برنامج ArcGIS8 والرسم بشكل تقريبي حول الأماكن البيضاء في كل مناطق الحريق حيث بلغت المساحة المحروقة والمرسومة باستخدام برنامج ArcGIS8 حوالي 8120 هكتار، ويبين الشكل (3) المساحات المحروقة الظاهرة بالمناطق البيضاء في منطقة البايير والبسيط التي حصلت في شهر تشرين أول عام 2020.



الشكل (3) المساحات المحروقة الظاهرة بالمناطق البيضاء في منطقة البايير والبسيط

تم إظهار الصورة الفضائية بعد دمج نطاقاتها Composite Bands بتعديل نطاق المرئية ليتضح مكان الحريق دون ضباب أو دخان فقمنا باختيار: النطاق الأحمر: نختار الباند رقم 7 وهو الموجة تحت الحمراء القصيرة Shortwave Infrared 2 والنطاق الأزرق: نختار الباند رقم 2 وهو الأشعة الزرقاء Blue. والنطاق الأزرق: نختار الباند رقم 2 وهو الأشعة الزرقاء Blue. ويبين الشكل (4) صورتين فضائيتين Landsat8 المركبتين بعد دمج نطاقاتهما وتعديلهما لتحديد مكان الحريق دون ضباب أو دخان الأولى قبل الحريق ملتقطة في شهر تموز عام 2020 والصورة الثانية بعد الحريق ملتقطة في شهر تشرين أول 2020.



الشكل (4) صورتين فضائيتين Landsat8 المركبتين بعد دمج نطاقاتهما قبل الحريق وبعده

بالنسبة لمنطقة معينة، يتم حساب NBR من صورة قبل الحريق ويتم حساب NBR الثاني للصورة مباشرة بعد الحريق. يتم الحكم على مدى خطورة وشدة الحريق من خلال أخذ الفرق بين هاتين الطبقتين (مؤشر dNBR)، ويمكن أن يختلف معنى قيم dNBR حسب المشهد، وينبغي أن يستند التفسير في حالات معينة إلى بعض التقييمات الميدانية. ومع ذلك فإن الجدول (7) المستخلص نتيجة دراسات من (Epting *et al*, 2005) و (Escuin *et al*, 2008) و (Cansler and McKenzie, 2012) يمكن أن يكون مفيداً لتصنيف مستوى خطورة الحريق، حيث نلاحظ أن القيمة الحدية للتفريق بين المناطق غير المحروقة والشدة المنخفضة هي 0.1، والتي هي قريبة إلى القيم المشتقة. وعادةً يتم إنشاء صور NBR و dNBR بعد فترة وجيزة من الحريق للحصول على تقييم أولي لشدة الحريق ودعم العمل الميداني.

الجدول (1) تصنيف مستويات شدة الحريق حسب قيم dNBR (Key and Benson, 2006)

مجال dNBR	مستوى خطورة الحريق
-0.5 to -0.251	تجدد النمو، عالي
-0.250 to -0.101	تجدد النمو، منخفض
-0.100 to 0.099	غير محروق
0.100 to 0.269	شدة حريق منخفضة
0.270 to 0.439	شدة حريق متوسطة إلى منخفضة
0.440 to 0.659	شدة حريق متوسطة الخطورة
0.660 to 1.3	شدة حريق شديدة الخطورة

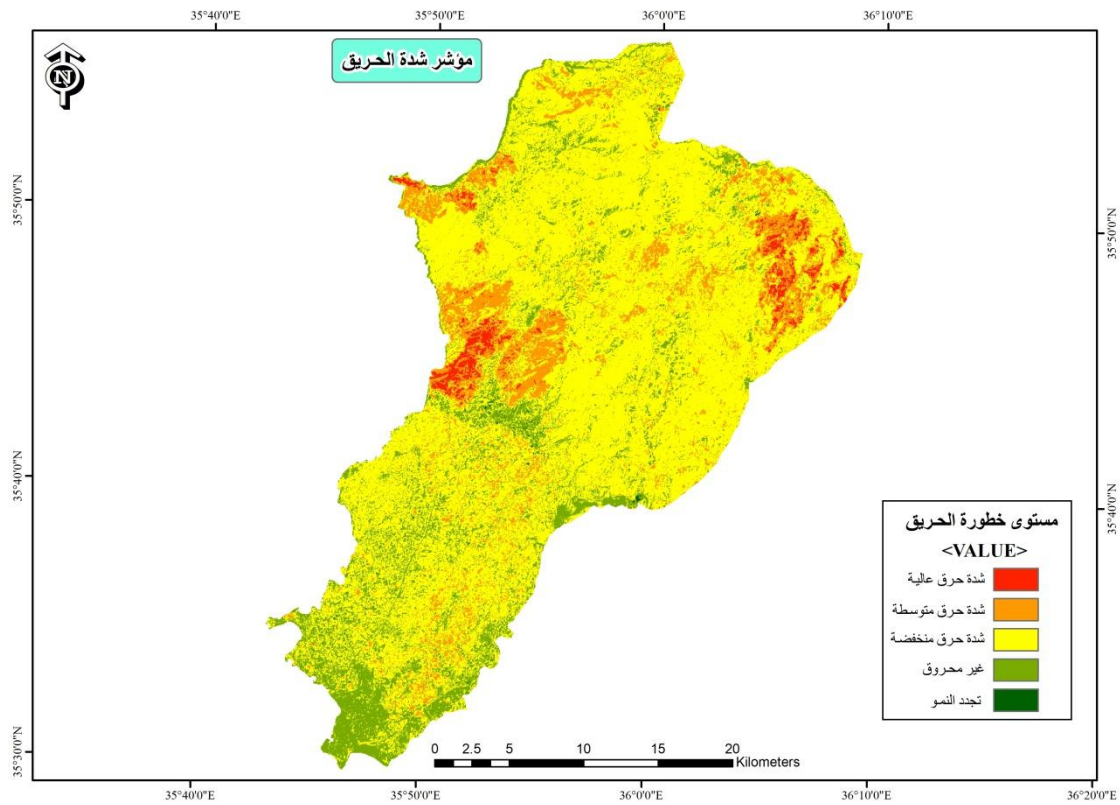
تم أخذ عينة تربة من كل موقع من الغابات المحترقة في زغرين وبللوران ورأس البسيط ومقارنتها مع عينات تربة من نفس المواقع غير محترقة. ويبين الشكل (5) مواقع الغابات المحترقة



الشكل (5) الغابات المحترقة في زغرين وبللوران ورأس البسيط

النتائج والمناقشة:

تم تصميم وإنشاء خرائط شدة الحرائق Burn Severity Mapping لمنطقة البايير والبسيط لتقييم المناطق التي تأثرت بسبب حرائق الغابات. وأمكن استخدام شدة الحرائق لتقدير شدة حرائق التربة واحتمالية حدوث تأثيرات مستقبلية على المصب بسبب الفيضانات والانهيارات الأرضية وانجراف التربة. تم إنتاج خارطة مؤشر شدة الحريق وتصنيفها اعتماداً على الجدول (1) لتصنيف مستويات شدة الحريق حسب قيم dNBR، ويوضح الشكل (6) خارطة مؤشر شدة الحريق لمنطقة البايير والبسيط لعام 2020.



الشكل (6) خارطة مؤشر شدة الحريق لمنطقة البايير والبسيط لعام 2020

حيث صُنِّفت الخارطة حسب الجدول (2) كما يلي:

الجدول (2) تصنيف مؤشر شدة الحريق

رقم الصف	dNBR	المساحة التي يشغلها (هكتار)	النسبة المئوية	مستوى خطورة الحريق
1	-0.767 - -0.101	78.15	0.09	تجدد النمو
2	-0.101 - 0.099	13635.07	15.76	غير محروق
3	0.099 - 0.269	60474.28	69.91	شدة حرق منخفضة
4	0.269 - 0.439	10820.73	12.51	شدة حرق متوسطة
5	0.44 - 1.3	1499.72	1.73	شدة حرق عالية
	المجموع	86513.07	100	

حسب الجدول السابق فإن المساحات المحترقة التي شكَّلت مستوى خطورة عالية بلغت 1499.72 هكتار من منطقة البايير والبسيط بما يعادل 1.73% من مساحة المنطقة المدروسة، في حين بلغت المساحات المحترقة التي شكَّلت مستوى خطورة متوسطة 10820.73 هكتار من منطقة البايير والبسيط بما يعادل 12.51% من مساحة المنطقة المدروسة.

تشكل حرائق الغابات الخطر الأكبر على الغابات في سوريا ومع ذلك يوجد قصور في الدراسات التي تعالج التغيير الحاصل مع الزمن في المساحات المحروقة وأعداد الحرائق كي يتم على أساسها تعديل خطط الوقاية ومكافحة الحرائق،

لذلك فقد تم إجراء دراسة تحليلية لحرائق الغابات في منطقة البائر والبسيط كونها تتمتع بغابات طبيعية وخاصة الصنوبريات.

كانت نتائج تحليل عينات التربة في مواقع الغابات المحترقة وغير المحترقة في المواقع المدروسة كما يلي:

الموقع الأول: زغرين

الجدول (3) التحاليل الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في زغرين

العينة	عمق التربة	المادة العضوية %	كربونات الكالسيوم	Ec	PH	التحليل الميكانيكي %		
						رمل	سلت	طين
محروق	20-0	4.844	19.57	0.572	7.911	49.5	26	24.5
غير محروق	20-0	5.807	20.083	0.577	6.1 35	41	28.5	30.5

الجدول (4) التحاليل العناصر المعدنية الكبرى والصغرى لعينات التربة في زغرين

العينة	عمق التربة	N %	P ppm	K ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
محروق	20-0	0.158	5.43	130.6	1.828	1.67	1.643	1.038
غير محروق	20-0	0.294	3.994	105.054	2.456	1.4 03	1.600	1.010

الموقع الثاني: بللوران

الجدول (5) التحاليل الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في بللوران

العينة	عمق التربة	المادة العضوية %	كربونات الكالسيوم	Ec	PH	التحليل الميكانيكي %		
						رمل	سلت	طين
محروق	20-0	3.7 72	3.463	0.597	7.941	49.5	21	29.5
غير محروق	20-0	6.561	4.797	0.602	7.868	45.5	28	26.5

الجدول (6) التحاليل العناصر المعدنية الكبرى والصغرى لعينات التربة في بللوران

العينة	عمق التربة	N %	P ppm	K ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
محروق	20-0	0.108	5.195	533.9	3.03	1.64	2.647	0.636
غير محروق	20-0	0.292	4.418	330.414	2.922	1.60	2.497	0.5 33

الموقع الثالث: رأس البسيط

الجدول (7) التحاليل الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في رأس البسيط

العينة	عمق التربة	المادة العضوية %	كربونات الكالسيوم	Ec	PH	التحليل الميكانيكي %		
						رمل	سنت	طين
محروق	20-0	3.542	18.53	0.675	7.352	45.3	25	29.7
غير محروق	20-0	6.117	22.083	0.707	7.151	40.8	33	26.2

الجدول (8) التحاليل العناصر المعدنية الكبرى والصغرى لعينات التربة في رأس البسيط

العينة	عمق التربة	N %	P ppm	K ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
محروق	20-0	0.142	5.012	499.9	3.334	2.111	1.939	0.544
غير محروق	20-0	0.376	4.993	301.8	2.055	2.010	1.655	411.0

الاستنتاجات والتوصيات:

إن تصنيف مؤشر الحريق طريقة دقيقة في تحديد المساحات المحترقة لأنها طريقة آلية تعطي المساحة لكل لون مصنف، في حين أن رسم المناطق المحترقة على الصورة الفضائية التي ظهرت باللون الأبيض في الشكل (3) والتي تعتمد على التفسير البصري لمواقع الحريق ممكن أن يحدث فيها بعض الأخطاء عند رسم المضلعات على المناطق المحترقة.

المادة العضوية: تتخفص كمية المادة العضوية من التربة حيث تزيل حرائق الغابات المادة العضوية من أرضية الغابة جزئياً أو كلياً وذلك وفقاً لما ذكره (Diaz *et al.*, 2002)

والحرائق لها تأثير على دورة العناصر الغذائية فتؤدي الى موت الكائنات الدقيقة التي لها دور بالغ الأهمية في تحلل المواد العضوية (Apigian *et al.*, 2005).

ونلاحظ في المواقع المدروسة أن تربة الموقع غنية بالمادة العضوية قبل الحريق حيث أنها أكثر من 5% بالطبقة من 0-20 سم بينما انخفضت تقريباً الى النصف بعد الحريق وبالتالي هذا يتوافق مع نتائج دراسات سابقة أكدت على انخفاض نسبة المادة العضوية بعد الحريق (Garcia-Marco & Gonzalez-Prieto 2008).

pH: أكد (Ershad *et al.*, 2013) في دراسته لتأثير الحرائق على الغابات أن قيمة الـ pH تزداد في المواقع المحروقة مقارنة بالمواقع غير المحروقة وذلك عندما درس تأثير هذه الحرائق على غابة من نوع *Pinus taeda* بسبب الرماد الغني بالكاتيونات القاعدية الناتجة عن الاحتراق والعائدة الى أرض الغابة.

من خلال ملاحظة قيمة الـ pH نجد أنها بالمواقع المحروقة كانت أعلى من المواقع غير المحروقة بسبب الرماد الناتج عن حرق الغطاء النباتي فوق أرض الغابة حيث أن قسم من الرماد الناتج عن الحرق يعود الى أرض الغابة ويرفع من قيمة الـ pH لأنه غني بالكاتيونات القاعدية الذوابة التي تتسرب مع مياه الارتشاح ضمن التربة بعد هطول الأمطار

وتعتمد كمية الرماد على كثافة الغطاء النباتي وتنوع هذا الغطاء الموجود قبل الحريق وشدة الحريق الحاصل وبشكل عام فإن العائد إلى أرض الغابة المحروقة من الرماد يكون (2-9) % من الأخشاب و(13-20) % من الأعشاب (Arianoutsou, 2006).

الآزوت: يتطاير الأزوت عند درجة الحرارة 200 درجة مئوية وهي درجة من السهل الوصول إليها في الحرائق عندما تزيد كمية الوقود الناعم عن 3370 كغ/هكتار (Stinson and Wright, 1998)، كما بيّن الباحثان (Sharrow and Wright, 1995) أن أكثر من 90% من الأزوت يتطاير من الوقود الناعم، في حين لاحظ الباحث (Knight, 2001) أن (25-64) % من الأزوت يتطاير من الوقود الخشن عندما تتراوح درجة الحرارة (300-700) درجة مئوية. بيّن (Binkley *et al.*, 1992) أن الأزوت يتطاير إلى الجو وينتقل على شكل دقائق إلى طبقة الغلاف الجوي أثناء عملية الاحتراق.

نلاحظ من خلال الجداول أن نسبة الأزوت في المواقع المحروقة لا تتجاوز 0.2 % وهذا يتوافق مع ما بيّنه Wiecko (1965) أن مستوى الأزوت في طبقة التربة من 0-15 سم تتراوح بين (0.1-0.3) %.

الفوسفور: يتحرر الفوسفور نتيجةً للاحتراق، وتختلف الكمية المتاحة بعد الحريق من موقع لآخر ولقد وجد (Raison, 1990) أن تيسر الفوسفور يزداد دوماً بعد الحريق، في حين وجد (White *et al.*, 1996) أن الزيادة في الفوسفور المتاح تكون فقط إذا لم تتجاوز الحرارة 200 درجة مئوية.

نلاحظ من الجداول أن كمية الفوسفور بالمواقع المحروقة كانت أكبر منها بالمواقع غير المحروقة

العناصر الأخرى (بوتاسيوم، حديد، منغنيز، زنك، نحاس):

يتحول البوتاسيوم إلى الشكل الغازي عند الحرارة 710 درجة مئوية (Alban, 2000).

تتزايد كمية البوتاسيوم والكالسيوم والمنغنيز والحديد والزنك والنحاس المتاحة بعد الحريق، وعلى الرغم من كل هذه الزيادات في الكاتيونات فإن الحرائق قد تؤدي لفقدانها أيضاً وذلك عن طريق انجراف التربة والسيلان السطحي وانغسال العناصر أو عن طريق تطاير الرماد (Debyle, 1999).

التوصيات:

توصي الدراسة إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحديد المساحات المحترقة بسهولة كما أنها توفر الوقت والجهد والمال، واعتماد مؤشر نسبة الحرق القياسي NBR في حساب مساحات الحرائق، وتوصي الدراسة إلى إيجاد آليات وطرائق للتخفيف من انجراف التربة المائي على المنحدرات الغابية المحترقة.

References:

1. العلي، يوسف؛ الشاطر، زهير؛ خضر، رشا. (2014). تأثير الحرائق على انجراف التربة وفقدان بعض العناصر المعدنية منها في غابة عين الجوز- طرطوس. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية- سلسلة العلوم البيولوجية. المجلد (36)، العدد 2: ص 277-290.

1. Al-Ali, Youssef; Al-Shater, Zuhair; Khader, Rasha. (2014). The effect of fires on soil erosion and the loss of some mineral elements in the Ain al-Joz forest - Tartous. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series. Volume (36), Issue 2: pp. 277-290.

2. بن محمود، خالد رمضان وعبد الرحيم لولو. 2010. قضايا التصحر وتدهور الأراضي في المنطقة العربية. برنامج مراقبة التصحر ومكافحته. إدارة الأراضي واستعمالات المياه. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، دمشق - سورية.
2. Bin Mahmoud, Khaled Ramadan, and Abdel Rahim Loulou. 2010. Issues of desertification and land degradation in the Arab region. Desertification monitoring and control programme. Land management and water use. Arab Center for Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD), Damascus - Syria.
3. خضر، رشا. 2015. دراسة تأثير الحرائق على تدهور الغطاء الحراجي وانجراف الترب وبعض العناصر الغذائية. رسالة ماجستير مقدمة في كلية الزراعة، جامعة تشرين، سوريا.
3. Khadr, Rasha. 2015. Study of the impact of fires on the deterioration of forest cover, soil erosion, and some nutrients. Master's thesis presented at the Faculty of Agriculture, Tishreen University, Syria.
4. دكة، محمد. 2012. آلية الانجراف المائي وتقدير التربة المفقودة بالمياه. مجلة بحوث جامعة حلب، سورية.
4. Dekka, Muhammad. 2012. Water erosion mechanism and estimation of soil loss by water. Aleppo University Research Journal, Syria.
5. كبيبو، عيسى، وأحمد جلول. 2002. الحصول على معلومات كافية للخروج بأطلس لمكونات الغطاء النباتي، ودراسة توزع هذا الغطاء وفقاً لعوامل المناخ والتربة وتقديم المقترحات اللازمة لتحسينه كماً ونوعاً في الساحل السوري. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سورية.
5. Kabibo, Issa, and Ahmed Jaloul. 2002. Obtaining sufficient information to produce an atlas of the components of vegetation cover, study the distribution of this cover according to climate and soil factors, and present the necessary proposals to improve it quantitatively and qualitatively on the Syrian coast. General Authority for Remote Sensing, Damascus, Syria.
6. مرهج، علا؛ علي، محمود؛ ثابت، علي؛ ادريس، يونس؛ عيسى، لما. (2020). إنتاج خارطة خطورة الحريق ومساحته باستخدام صور القمر الصناعي Sentinel 2A (حالة الدراسة: حريق فرزلا 2019). *المجلة السورية للبحوث السورية*. المجلد 8 (3).
6. Merhej, Ola; Ali Mahmoud; Thabet, Ali; Idris, Younis; Jesus, why? (2020). Producing a map of fire severity and area using Sentinel 2A satellite images (case study: Ferzla fire 2019). *Syrian Journal for Syrian Research*. Volume 8(3).
7. معروف، يقظان. (2018). إعداد خارطة خطر حرائق لحراج محافظة اللاذقية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير مقدمة في كلية الزراعة، جامعة تشرين، سورية.
7. Marouf, Yaqzan. (2018). Preparing a fire risk map for the forests of Latakia Governorate using remote sensing and geographic information systems. Master's thesis presented at the Faculty of Agriculture, Tishreen University, Syria.
8. نحال، إبراهيم. (1995). الحراج والمشاتل الحراجية، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب، كلية الزراعة، الجمهورية العربية السورية.
8. Nahal, Ibrahim. (1995). Forestry and forest nurseries, Directorate of University Books and Publications, University of Aleppo, Faculty of Agriculture, Syrian Arab Republic.

9. نحال، إبراهيم. 2005. استراتيجية الإدارة المتكاملة لحرائق الحراج بالنهج التشاركي في سورية، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، منظمة الأغذية والزراعة مشروع الإدارة المتكاملة لحرائق الغابات بالنهج التشاركي GCP/SYP/010/ITA ، ص 83.

9. Nahal, Ibrahim. 2005. Strategy for Integrated Forest Fire Management with a Participatory Approach in Syria, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Food and Agriculture Organization Integrated Forest Fire Management with a Participatory Approach Project, GCP/SYP/010/ITA, p. 83.

10. Afonso, Do Ó, Bugalho, M. Silva, L. 2009. Forest Fires and Climate Change. WWF Mediterranean Program. Lisbon.

11. Alban, P.H. (2000). Influence on soil properties of prescribed burning under mature red pine. USDA For. Serv. Res. Paper NC – 139. North Cent. For. Exp. Stn., St. Paul, Minn.

12. Almendros, G., Gonzalez-Vila, F. J. and Martin, F. (1990). Fire-induced transformation of soil organic matter from an Oak Forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances. Soil Sci. 149, pp. 158–168.

13. Anderson, D. W., Sagers. Bettany. T. R. and Stewart, J. W. B. (1981). Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter. I. The nature and distribution of forms of Carbon . nitrogen and sulfur . soil. Sci . Am.J. 45,767-772.

14. Arianoutsou, M. Wildland Fires Impacts: a State of the Art; final version. Eurofirelab: Euro-Mediterranean Wildland Fire Laboratory, a “wall-less” Laboratory for Wildland Fire Sciences and Technologies in the Euro-Mediterranean Region, December 2006. 64.

15. Apigian, O. K., Dahlsten, L. D., Stephens, L. S. (2005). Fire and fire surrogate treatment effects on leaf litter arthropods in western. Forest Ecology and Management. Sierra Nevada mixed-conifer forest In Press.

16. Bai, Z. G.; D. L., Dent; L., Olsson; M. E., Schaepman. 2008. Proxy global assessment of land degradation. Soil Use and Management 24 (3): 223-234.

17. Binkley, D., Christensen, N. L. (1992). The effects of canopy fire on nutrient cycles and plant productivity. In: Laven, R., Omi, P. (Eds.), Pattern and Process in Crown Fire Ecosystems. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.

18. Buresh, R. J. and G. Tian .(1998) . Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. Agrofor. Syst. 38 (1998), pp. 51–76.

19. Cansler, C.A., Mckenzie, D., (2012). How robust are burn severity indices when applied in a new region? Evaluation of alternate field-based and remote-sensing methods. Remote Sens. 4, 456–483.

20. Carson, M. A. and M. J. Kirkby. (1972). Hillslope Form and Process, Cambridge University Press, Cambridge, UK (1972) 475 pp.

21. Christensen, N.L., 1973. Fire and the nitrogen cycle in Adenostoma Chaparral. Science 181:66-86.

22. Chompuchan, C. and Lin, Chao-Yuan. (2017). Assessment of forest recovery at Wu-Ling fire scars in Taiwan using multitemporal Landsat imagery. Ecological Indicators. 79, 196- 206.

23. Christensen, B. T. and Sorensen, L. H. (1985). The distribution of native and labeled carbon between soil particle size fractions isolated from long –term incubation experiments . Journal of soil science .36, P:219-229

24. - Christensen, B. T.(1987) . The use of particle size fractions in soil organic matter studies. In *Soil Organic Matter and Soil Productivity* (J. Cooley. Ed) (Intecol Symposium Ekenas, Flen . Sweden, Jun 4-6- 1987). Intecol Bulletin.
25. Coates, J. D. Kimberly, A. C. Chakraborty, R. Susan, M. Connor, O. and Daily, G. C. (1995). Restoring value to the Worlds degraded lands *Science* 269:350-354.
26. DeByle, N. V. (1999). Soil fertility as affected. *J. for.* 59: 438 – 442.
27. Debano, L. F., Dunn, P. H, and Conrad, C. E. (1977). Fires effect on physical and chemical properties on chaparral soils. *Pocceedings of International Symposium of the Environmental Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystem* S. U. S. Dep. Agric. Forest. Serv. General Technical Report Wo- 3:65- 74.
28. Diaz, H. F., M. Grosjean and L. Graumlich. (2003). Climate variability and change in high elevation regions: past, present and future, *Climatic Change* 59 (2003) (1–2), pp. 1–4
29. Dregne, H.E., and N.T., Chou. 1994. Global desertification dimensions and coasts. In: *Degradation and Restoration of Arid Lands*, Technical University, Texas. <http://www.ciesin.org/docs/002-186/002-186.html>.
30. Dyrness, C. T., Van Cleve, K. and Levison, J. D.(1989). The effect of wildfire on soil chemistry in four forest types in interior Alaska. *Can. J. For. Res.* 19, pp. 1389 –1396.
31. Epting, J., Verbyla, D., Sorbel, B., 2005. Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. *Remote Sens. Environ.* 96, 328–339.
32. Ershad, M.; Hemmati, V.; Hashemi, S. A; Foroozan, A. H.(2013). The Effects of Forest Fires on the Chemical Properties of Soils in Northern Iran: A Case Study on Pinus Taeda Stands. *Journal's URL: http://www.beppls.com. Vol 2, 51-54.*
33. Escuin, S., Navarro, R., Fernandez, P., 2008. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *Int. J. Remote Sens.* 29, 1053–1073.
34. Garcia-Marco, S.; Gonzalez-Prieto, S.Short- And Medium-(2008). Term Effects of Fire And Fire-Fighting Chemicals On Soil Micronutrient Availability. *The Science of Total Environment* 407, 297-303.
35. Goward, S. N.; C. J., Tucker; and D. G., Dye. 1985. North America vegetation patterns observed with the NOAA advanced very high resolution radiometer. *Vegetation* 64: 3-14
36. Humphreys, F. R., Craig, F. G.(1981). Effects of fire and soil chemical, structural and hydrological properties. pp. 177–200. In: Gill, A.M., Groves, R.H., Noble, I.R. (Eds.), *Fire and the Australian Biota*. Aust. Acad. Sci., Canberra.
37. Iglesias and Gonzalez. (1997). Mineralogical and chemical modifications in soils affected by a forest fire in the Mediterranean area ,*Vol.204: 89-96.*
38. Ireland, G., Petropoulos, G.P., 2015. Exploring the relationships between post-fire vegetation regeneration dynamics, topography and burn severity: a case study from the Montane Cordillera Ecozones of Western Canada. *Appl. Geogr.* 56, 232 – 248.
39. Isbell, R. F. (1996) *The Australian Soil Classification*, CSIRO, Collingwood, Vic. (1996). 143 pp
40. Justice, C. O.; B. N., Holben; and M. D., Gwynine. 1986. Monitoring East African vegetation using AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 7(11): 1453-1474.
41. Key, H. and Benson, C. (2006). Landscape assessment (LA):sampling and analysis methods. In: Lutes, D.C.; Keane, R.E.; Caratti, J.F.; Key, C.H.; Benson, N.C.; Sutherland,

- S.; Gangi, L.G.(Eds.). Fire Effects Monitoring and Inventory System. (General Technical Report MRS-GTR-164-CD). USA: Rocky Mountains Research Station, USDA Forest Service.
42. Knight, H. (2001). Loss of nitrogen from the forest floor by burning. *For. Chrom.* 24: 149 – 152.
43. Legleiter, C. J., R. L. Lawrence, M. A. Fonstad, W. A. Marcus and R. Lindenmayer, D. B. and J. F. Franklin. (2002). *Conserving Forest Biodiversity: A Comprehensive Multiscaled Approach*, Island Press, Washington, DC (2002).
44. Marafa, M. L., and K. Chau. (1999). Effect of hill fire on upland soil in Hong Kong. *Forest Ecology and Management*. Vol 120: pp 97-104.
45. Marcos, E. Alonso, P. Tarrega, R. and Calabuig, L. E. (1995). Temporary changes the edaphic characteristics during the fire year of post fire regeneration in Two Oak Groves. *Univ. de Len, Ajour. Arid Soil Research and Rehabltnation*, V, PP.289-297.
46. Marks, P. L., and F. H. Bormann. (1972). Revegetation following forest cutting: mechanisms for return to steady sate nutrient cycling. *Science*, 176: 914 - 915.
47. Meyer, V. F, E. F. Redente, K. A. Barbarick, R. B. Brobst, M. W. Paschke and A. L. Miller. (2004). Plant and soil responses to biosolids application following forest fire, *Journal of Environmental Quality* 33 (2004), pp. 873–881
48. Miller, D. and Thode, E. (2007). Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing Environment*. 109, 66- 80.
49. Nahal I., and S. Zahoueh, 2005. Valuing Mediterranean Forests, Towards Total Economic Value, (12-Syria), eds. M. Merlo and L. Croitoru, CABI Publisher, 406p.
50. Nasi, R., Dennis, R., Meijaard, E., Applegate, G., Moore, P. 2005. Forest fire, from The Understory. (Reprinted from: *Forest fire and biological diversity*. *Unasyuva* 209, Vol. 53- 2002/2.). genegerue@ruralize.com.
51. Neary, D. G., C. C. Kiopatek ., L , F. DeBano ., P , F . Ffolliot., (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis, *For. Eco Manage* .122: 51-71,
52. Ojima, D.S., Schimet, D.S., Patron, W.J., and Owsnsby, C.E., (1994). Long- and Short-term effects of fire on nitrogen cycling in tall grass prairie. *Biogeochemistry* 24: 67-84.
53. Pausas, J.G.; Llovet, J.; Rodrigo, A.; Vallejo, R .(2008). Are Wildfires A Disaster In The Mediterranean Basin? – A Review. *Int. J. wildland Fire*, 21.
54. Pimentel, D.; Crist; L., Shpritz; L., Fitton; R., Saffouri; and R., Blair. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion. *Science* 267(5201): 1117-1123.
55. Raison, R.J. (1990). Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformation: A review. *Plant and soil* 51: 73- 108.
56. Raison, R. J., Khanna, P. K., Woods, P. V. (1985). Transfer of elements to the atmosphere during low-intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests. *Can. J. For. Res.* 15, 657–664.
57. Raison, R.J., (1980). A review of the role of fire in nutrient cycling in Australian native forests, and of methodology for studying the fire-nutrient interaction. *Aust. J. Ecol.* 5, 15-21.
58. Samman, Gh. Zahoueh, S. and Sankary, M. N. (2000). Effect of fire on soil chemical and physical properties and vegetation characteristics in the mountain forests of the Syrian Coast. Thesis M. Sc. Degree in Agriculture. Dep. For. and Eco. Fac. Agri. Univ. Aleppo, p. 163.
59. Schepers, L.; Haest, B.; Veraverbeke, S.; Spanhove, T.; VandenBorre, J.; Goossens, R.(2014). Burned area detection and burn severity assessment of a heathland fire in Belgium using airborne imaging spectroscopy (APEX). *Remote Sensing*, 6, 1803- 1826.

60. Senf, C.; Dirk, P.; Wulder, M. A.; Hostert, B. (2015). Characterizing spectral-temporal patterns of defoliator and bark beetle disturbances using Landsat time series. *Remote Sensing Environment*. 170, 166- 177.
61. Stevenson, F. J. (1982). Humus chemistry. Wiley, New York. 2nd. Edition. Dep. Soil. Fac. Agric. Univ
62. Sharrow, S.H., and Wright, H. A. (1995). Effects of fire, Ash, And litter on soil nitrate, temperature, and moisture and tobosa grass production in the Rolling Plains. *J. Range Manage.* 30: 266 – 270.
63. Soto, B., R. Basanta., R. Perez and F. Diaz-Fierros. (1995). An experimental study of the influence of traditional slash-and-burn practices on soil erosion, *Catena* 24 (1995), pp. 13–23.
64. Souza, C.M., Roberts, D.A., Cochrane, M.A., 2005. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fi res. *Remote Sens. Environ.* 98, 329– 343.
65. Stinson, K.J. and Wright, H. A. (1998). Temperatures of head-fires in the southern mixed prairie of Texas. *J. Range Manage.* 22: 169 – 174
66. Timo, V. H., Roy, G. and Mike, J. (2007). Wildland fire management. Handbook for Traniners. Ministry for foreign affairs of Finland. pp, 284
67. Trabaud, L. (1994). The effect of fire on nutrient losses and cycling in Querous coccifera garrigue (South France). *Oecologia*, 99:379-386
68. Ulery, A. L., Graham, R. C. and Amrhein, C. (1993). Wood-ash composition and soil pH following intense burning. *Soil Sci.* 156 5, pp. 358–364.
69. Tucker, C. J.; R. G., Townshend; and T. E., GOFF. 1985. African land-cover classification using satellite data: *Science* 227(4685): 369-375.
70. Velez, R. (1990). Mediterranean forest fires: a regional perspective. *Unasylya* Vol. 41 (3): 3-9.
71. Viro, P. J. (1974). Effects of Forest Fire on Soil. In: Kozlowski, T. T., Ahlgren, C.E. (Eds.), *Fire and Ecosystem*. Academic Press, New York, pp. 7–45.
72. Walter, A. (1981). Impact of Prescribed Fire on understory and forest floor Nutrients U.S. Dep. Agri. For. Serv-Research. Note Carolina SE-363. ol.213 (1-3) :328-337.
73. White, E. M., Thompson, W.W., and Cartner, F. R. (1996). Heat effects on nutrient release from soils under ponderosa pine. *J. Range Manage.* 26: 22 – 24.
74. Wiecko, E. (1965). Bialowieza forest in the period 1795-1918. *Folia vraagstuk. Ned. Bosb Tifdchr.* 34: 175-184
75. Wischmeier, W.H; D.D.Smith. Predicting Rainfall Erosion Losses - "A Guide to Conservation Planning", 2013. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No 537, 1013.
76. Wondzell, S. M. and J. G. King. (2003). Postfire erosional processes in the Pacific northwest and Rocky Mountain regions, *Forest Ecology and Management* 178 (2003), pp. 75–87
77. Yildiz, O., Esen, D., Sarginci, M., Toprak, B., 2010. Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia*, Ten) Ecosystems. *Journal of Environmental Biology.* 31, 11-13.
78. Young, A. (1989). *Agroforestry for Soil Conservation*. CAB International, ICRAF, Oxon, UK, 276 pp.

