Analysis of the indicator value(IV) and the total indicator value (TIV) of plant species in some natural sites of *Pinus brutia*.Ten forests in the Latakia region

Rahaf Nezha [*]
Dr. Osama Radwan [**]
Dr. Wael Ali [***]

(Received 17 / 7 / 2025. Accepted 24 / 11 /2025)

□ ABSTRACT □

This study was conducted in 2024 in three natural forest sites of Brutia pine (*Pinus brutia*) in the Latakia region, north of Latakia Governorate, Tamima Al-Baraka (J1), Al-Shamali mountain(J2) and Al-Qayra mountain (J3).

The aim of the study is to understand the dynamics of the natural communities of these sites, by using some biodiversity indicators [Indicator Value (IV) and Total Indicator Value (TIV)] to identify strong indicator species and statistically significant indicator species for each site.

Botanical surveys were achieved and plant species were recorded in all of sample plots of each site.. Relative abundance (RAij) and the relative frequency (RFij) of each species in each sample plot and at each site were determined, and then the IV and TIV values were calculated.

The highest (IV) values for *Cercis siliquastrum*, *Osyris alba* and *Lavandula stoechas* were 97.5, 100 and 100, while the highest (TIV) values for *Rubus collinus*, *Osyris alba* and *Cistus salvifolius* were 3256.69, 5300 and 3601.99 in Tamima Al Baraka, Al Shamali mountain and Al Qira mountain, respectively.

Keywords: biodiversity, *Pinus brutia*, Indicator value, Total indicator value.

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **(PhD) student, Faculty of Agricultural Engineering , Latakia University(formerly Tishreen) Lattakia , Syria. rahaf.nezha@lattakia.com.**
**** Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria. osamagr3@gmail.com**
***** Associate Professor, Faculty of Agricultural Engineering, latakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria .**

تحليل قيمة المؤشر(IV) وقيمة المؤشر الكلية(TIV) للأنواع النباتية في بعض المواقع الطبيعية لغابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia*.Ten في منطقة اللاذقية

رهف نزهه [*]
د. أسامة رضوان [**]
د. وائل علي [***]

(تاريخ الإيداع 17 / 7 / 2025. قبل للنشر في 24 / 11 / 2025)

□ ملخّص □

أجريت الدراسة عام 2024 في ثلاثة مواقع طبيعية لغابات لصنوبر البروتي في منطقة اللاذقية، شمال محافظة اللاذقية وهي تميمة البركة (J1)، الجبل الشمالي (J2) وجبل القيرة (J3) . تهدف الدراسة إلى فهم ديناميكية المجتمعات الطبيعية لهذه المواقع، من خلال استخدام بعض المؤشرات الدَّالة على التنوع الحيوي النباتي (قيمة المؤشر IV) بهدف تحديد الأنواع المؤشرة الدالة القوية، والأنواع المؤشرة المعنوية في كل موقع،(قيمة المؤشر الكلية TIV) لتصنيف المواقع ضمن غابات الصنوبر البروتي المدروسة.

تم إجراء الكشوف النباتية وسجلت الأنواع النباتية في عينات كل موقع، وتحديد الوفرة النسبية (RAij) والتكرار النسبي (RFij) لكل نوع في كل عينة وفي كل موقع، ومن ثم حساب قيمة المؤشر (IV)، وقيمة المؤشر الكلية (TIV).

بلغت أعلى قيمة لقيمة المؤشر(IV) للأنواع *Cercis siliquastrum* و *Osyris alba* و *Lavandula stoechas* بنسبة 97.5 و 100 و 100 ، بينما بلغت أعلى قيمة لقيمة المؤشر الكلية (TIV) للأنواع *Rubus collinus* و *Osyris alba* و *Cistus salvifolius* (3256.69 و 5300 و 3601.99) على التوالي في تميمة البركة والجبل الشمالي وجبل القيرة على التوالي.

الكلمات المفتاحية: التنوع الحيوي، الصنوبر البروتي، قيمة المؤشر، قيمة المؤشر الكلية.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

[*] **طالبة دكتوراه- كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا.**
[**] **استاذ – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا .**
[***] **استاذ مساعد- كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا .**

مقدمة:

تُظهر النظم البيئية في المناطق المتوسطية مثل سورية، تنوعًا نبتياً فريداً، لكنها تواجه تهديدات متزايدة بسبب الأنشطة البشرية والتغيرات المناخية، وتخضع سورية للمناخ المتوسطي بشكل عام، لكنها تضم تباينات كثيرة وكبيرة في تفصيلاتها المناخية على الرغم من صغر مساحتها، وقد قادت هذه التباينات المناخية وما يرافقها من تباينات بيئية إلى نشوء غطاء نباتي متنوع، صيغته العامة متوسطي، لكنه يملك تشكيلات وأنواع تميل إلى بيئات أخرى متباينة فيما بينها، كما أدى هذا التنوع الكبير في التشكيلات النبتية إلى تكوين فسيفساء في التنوع النباتي وما يتبعه من أنواع حية غير نباتية تأوي إليها. تشكل الحراج الطبيعية في سورية نحو 232840 هكتاراً، أي ما يعادل 1.25% من مساحة القطر، مع العلم أن جزءاً كبيراً من الحراج الطبيعية متدهور، تأتي محافظات اللاذقية وحماة وإدلب وطرطوس ومنطقة الغاب في الدرجة الاولى من حيث مساحة الحراج الطبيعية، كما تأتي حراج السنديانيات بأنواعها وحراج الصنوبر البروتي في الدرجة الأولى من حيث الأنواع الرئيسة المكونة للحراج في سورية [1].

تعد غابات الصنوبر البروتي .*Pinus brutia* Ten من النظم البيئية الأساسية في شرق المتوسط عامة، إذ ينتشر طبيعياً في اليونان وتركيا وسورية ولبنان وجزء من العراق، وتعد مثالاً للغابات متعددة الوظائف [2]. تعرضت غابات الصنوبر البروتي في سورية لمخاطر ومهددات عدة في مقدمتها الحرائق التي ازدادت بعد عام 2000 بالدرجة الأولى، بالإضافة إلى مهددات أخرى كالرعي والقطع الجائر للأشجار وتغيير استخدامات الأراضي [3]، بالرغم من تنفيذ برامج واسعة من التشجير وإعادة التحريج [4].

يُعد التنوع الحيوي (Biodiversity) عنصراً أساسياً لاستدامة النظم البيئية وثروة حقيقية للجنس البشري، حيث يوفر خدمات حيوية مثل تنظيم المناخ، وحماية التربة، وتأمين الموارد الغذائية والدوائية، ومصدر الطاقة والقوة والجمال والصحة والسلامة والقدرة على استمرار البشرية ومستقبلها [5]، وفي نفس السياق يُعد مؤشراً حيوياً لصحة النظم البيئية، حيث يعكس مدى قدرتها على مقاومة الاضطرابات الطبيعية والبشرية، خصوصاً في المناطق التي تتعرض لتغيرات مناخية مستمرة، بسبب الحرائق المتزايدة، وفي المناطق التي تتعرض لضغوط بشرية مكثفة، مثل المقامات الدينية والمزارات والمواقع السياحية، حيث يتأثر التنوع النباتي بشكل كبير بسبب تردد الحرائق في المناظر الطبيعية والأنشطة البشرية المباشرة، مثل الزحف العمراني، والرعي الجائر، وتدمير الموائل، والتلوث، والاستغلال المفرط للموارد النباتية [6]، كما يعد من اكثر المفاهيم البيئية التي خضعت للدراسة والتحليل خلال العقود الأخيرة لما يتمتع به من أهمية في كثير من المجالات التي تهم الانسان بشكل مباشر أو غير مباشر، ولما يتعرض له من ضغوط تؤدي الى تناقصه بسرعة مثيرة للقلق [7].

إزاء هذا الوضع برزت بشكل واضح أهمية تقييم وضع التنوع الحيوي النباتي في شرق المتوسط بهدف إدارته بطريقة توقف من تدهوره، وإعطائه الأهمية التي يستحقها [8]، واستخدمت دلائل التنوع الحيوي التقليدية مثل دلائل التشابه ودلائل الاختلاف ودلائل السيادة لدراسة وتحليل التنوع الحيوي كجسر بين التعقيد البيئي والبساطة التحليلية [10 , 9]، ومع تصاعد القلق العالمي بشأن فقدان التنوع الحيوي، هناك حاجة ملحة لاتخاذ تدابير دقيقة لتقييم حالة واتجاه التغيرات في التنوع الحيوي النباتي في النظم البيئية المختلفة والإبلاغ عنها، حيث تسمح التنبؤات الدقيقة للتنوع الحيوي المحلي ببناء خطط حفظ أكثر واقعية [11].

أصبح دور المؤشرات الدَّالة على التنوع ذا أهمية متزايدة في فهم التوزيع البيئي للأنواع وتحديد أولويات حفظ التنوع الحيوي [12 , 13] وإنَّ الأبحاث حول أنواع المؤشرات آخذة في الازدياد، تم تطوير منهجية المؤشرات الكمية لمعالجة قصور المؤشرات التقليدية [14].

تعتمد العديد من الدراسات البيئية على المؤشرات الكمية لتقييم حالة النظم البيئية [9]، وفي هذا السياق برز دور واستخدام مؤشرات بيئية دالة كدلائل أساسية بسبب قدرتها على تبسيط التعقيد البيئي عبر تحويل البيانات الكيفية إلى قياسات كمية، وتحديد الأنواع المؤشرة التي تعكس ظروفاً بيئية محددة، مثل قيمة المؤشر(قيمة النوع الدال) (IV) Indicator Value الذي يعكس القيمة التمثيلية لنوع أو ظاهرة معينة داخل الموقع المدروس، وقيمة المؤشر الكلية Total Indicator Value (TIV) الذي يُستخدم لقياس التكامل بين عدة عوامل بيئية، مما يوفر نظرة شاملة عن صحة النظام البيئي [15]، وبمرور الوقت وتطور العلوم البيئية، ازدادت الحاجة إلى مؤشرات قابلة للقياس وبسيطة ومجدية ماليا وموثوقة للتنوع الحيوي [16 , 17].

وقد أوضح [18] أنه من منظور التكلفة والعائد وكفاءة الوقت، ستكون المؤشرات التي يمكن اشتقاقها من مجموعات البيانات التي يتم جمعها كجزء من قوائم الجرد الوطنية للغابات، خيارا قابلا للتطبيق، حيث أنَّ قيم المؤشرات أداة شائعة جدا للتقييم المتكامل لظروف الموقع، وتقدير الظروف في الماضي، والتي لا تتوفر لها قياسات، ثم مقارنتها بالوضع الحالي داخل نفس النظام، لذلك فإنَّ أحد الخيارات هو تقييم التنوع الحيوي للغابات بصورة غير مباشرة عن طريق التحديد الكمي لبنية الموائل المرتبطة بتنوع كبير في الأنواع التي تثير القلق في مجال الحفظ، وتستخدم هذه المتغيرات البنيوية التي يسهل التعرف عليها أو أنواع المؤشرات أو الأنواع عادة كبدائل للتنوع الحيوي .[13 , 19 , 20]

وقد أشار كل من [21] بأنه في علم البيئة، هناك معيار كمي مهم في علم البيئة لتحديد المجتمعات المختلفة وهو وجود ووفرة الأنواع، وعادة ما يتم الكشف عن الأنواع المؤشرة(الدالة) عن طريق حساب وجود (توزع) الأنواع أو وفرتها في مجموعة متميزة من المواقع (قطع الأراضي، المسوحات، ووحدات أخذ العينات، وما إلى في ذلك) وتعد تلك الأنواع المؤشرة ذات الدقة العالية لمجموعة معينة من المواقع أداة مهمة لتوصيف التجمعات النباتية.

وقد أُقترحت العديد من النُهج المختلفة لتحديد الأنواع المؤشرة(الدالة)، وترجع الطريقة الأكثر استخداما لتحليل أنواع المؤشرات إلى [15] الذان قدما مؤشراً مركباً خاصاً بالأنواع يسمى قيمة المؤشر IndVal (IV) الذي يستخدم لتحديد الأنواع الدالة المميزة لمجموعة بيئية معينة، ويعتمد على بيانات الوفرة النسبية والتردد النسبي وطبقت في غابات بلجيكا، فيما اعتمد [22] على الوفرة النسبية والتردد التجميعي لقياس قيمة المؤشر في غابات اسبانيا، واعتمد [23] على عدد الأفراد والانتشار الجغرافي للمواقع في غابات فرنسا والمقارنة عند $p<0.01$.

ونظراً لسهولة حسابها ومعناها البيولوجي الواضح، فقد اعتمدت قيمة المؤشر (IV) عادة لتحديد الأنواع المختلفة المؤشرة على طول التدرجات البيئية (الارتفاع، الرطوبة، الملوحة، ...) وتحديد الأنواع الحساسة للتغيرات البيئية الدقيقة [24]، ودراسة استجابات المجتمعات النباتية للتغير المناخي [25]، والمقارنة بين المجتمعات (الموائل) المختلفة وتمييز الأنواع المؤشرة لكل نوع من الموائل (غابات رطبة ، غابات محمية ، غابات متدهورة) [26]، وتقييم درجة تجانس أو تباين المجتمعات النباتية، وكذلك الدراسات الزمنية والمكانية. حيث تتميز قيمة المؤشر(IV) برصد التغيرات في التركيبة النوعية عبر الزمن [27]، ومقارنة الانماط التوزيعية بين مناطق جغرافية مختلفة [28]، كما تُستخدَم قيمة المؤشر (IV) في تقييم الاضطرابات البيئية الطبيعية (الحرائق والفيضانات) وقياس تأثير الانشطة البشرية المختلفة [29]، وتطوير مؤشرات الرصد البيئي المبكر [30].

يُستخدم قيمة المؤشر (IV) من أجل قياس ارتباطات المجتمعات النباتية مع مجموعات من المواقع، والذي يشير إلى ما إذا كان هناك نوع نباتي موجود في نوع واحد أو عدة أنواع من الموائل، أما قيمة المؤشر الكلية (TIV) تُستَخدَم كطريقة كمية لتحسين تخصيص المواقع للمجموعات على أساس تردد وجود ووفرة الأنواع المختلفة (المؤشر) في مجموعات مختلفة، حيث تسمح هذه المؤشرات بفهم أنماط الغطاء النباتي بسهولة أكبر في المناطق التي لا يمكن الوصول إليها [3]. وتُعد الأنواع ذات المؤشر العالي في مجموعة معينة من المواقع مقارنة بالمجموعات الأخرى مؤشرة لتلك المجموعة المحددة [22 , 21].

أشارت دراسات [31] إلى أن قيمة المؤشر(IV) تُعد أداة فعالة في تقييم التنوع الحيوي، خاصة عند مقارنة مواقع متعددة داخل نفس المنظومة البيئية، كما أظهرت أبحاث [32] أن قيمة المؤشر الكلية (TIV) تعكس بدقة تأثير التغيرات المناخية على الموائل الطبيعية.

وقد وُجِدَ أن تطبيق هذه المؤشرات على مناظر طبيعية متباينة مثل (الغابات، الأراضي الرطبة، والمناطق الجبلية) يُظهر اختلافات كبيرة في القيم، مما يشير إلى أن الخصائص الجغرافية والمناخية تلعب دوراً حاسماً في تشكيل المؤشرات البيئية [33]. يتضح أن تحليل قيمة المؤشر(IV) وقيمة المؤشر الكلية (TIV) في مواقع مختلفة داخل المناظر الطبيعية يمكن أن يكشف عن أنماط بيئية مهمة، مما يدعم جهود المراقبة البيئية واتخاذ القرارات المستنيرة.

تعد المناظر الطبيعية أنظمة بيئية معقدة تتفاعل فيها العوامل الحيوية واللاحيوية بشكل ديناميكي، مما يجعلها موضوعًا مهمًا للدراسات البيئية، فيأتي استخدام المؤشرات البيئية، مثل (IV) و(TIV)، كأداة أساسية لتقييم الحالة البيئية ومقارنة المواقع المختلفة ضمن المنظومة الطبيعية نفسها أو بين منظومات متباينة.

و هناك دراسات كثيرة في منطقة المتوسط اعتمدت على هذين المؤشرين كأدوات لقياس خصائص مختلفة ضمن النظام البيئي المدروس، مثل دراسة [20] لتقييم فعالية خطط إدارة الغابات في أوروبا، من خلال إعداد مراجعة شاملة لملخصات الابحاث المنشورة في الفترة من1990–2020، لدراسة حالة الغابات و/أو المناظر الطبيعية؛ وتحديد أكثر المؤشرات العملية لمراقبة التنوع البيولوجي للغابات.

فيما أظهرت دراسة[4] أن غابات السنديان العادي في الطابق الحقيقي غرب سورية تحتوي على أنواع مؤشرة تعكس تدهورًا متباينًا بين المواقع، وتم حساب قيمة المؤشر(IV) لكل نوع، بناء على التغطية النسبية والكثافة النسبية، فيما بينت دراسة [12]أهمية التكرار المكاني في تحسين حساسية قيمة المؤشر(IV)، وطورت دراسة [22] حزمة indicspecies (حزمة الأنواع المؤشرة الدالة) في برنامج R الاحصائي، بهدف حساب (IV) بالاعتماد على الوفرة النسبية لكل نوع في كل موقع، إضافة إلى تردده عبر مجموعات مواقع متعددة، وذلك للكشف عن الأنواع المؤشرة(الدالة) للتدهور في غابات كاتالونيا في اسبانيا، فيما كشفت دراسة [23] تحديد 8 أنواع مؤشرة(دالة) للغابات القديمة بفرنسا، وكانت قيمة المؤشر (IV) الأكثر دقة في التنبؤ بجودة الموائل بمعنوية $P < 0.01$.

بالنسبة لهذه الدراسة، تم تحليل ثلاثة مواقع طبيعية مختلفة لغابات الصنوبر البروتي، في منطقة اللاذقية، بهدف تحديد قيمة المؤشر(IV) وقيمة المؤشر الكلية(TIV) في كل موقع، ومن ثم مقارنتها بين المواقع الطبيعية المختلفة للمنظر الطبيعي لفهم التباين البيئي وتأثير العوامل المحيطة، وتقديم رؤى علمية حول جودة هذه النظم البيئية ومدى تأثرها بالظروف البيئية المحلية، مما قد يكون مفيدًا في وضع خطط الحفظ والإدارة المستدامة.

أهمية البحث وأهدافه:

1- أهمية البحث

تظهر أهمية البحث من ضرورة وجود قاعدة بيانات للتنوع الحيوي النباتي في بعض غابات الصنوبر البروتي في منطقة اللاذقية لفهم التباين البيئي للمناظر الطبيعية المختلفة، وتطوير منهجية المؤشرات الكمية لمعالجة قصور المؤشرات التقليدية مثل مؤشرات الاختلاف(شانون)، مؤشرات السيادة(سمبسون)، مؤشرات التشابه(جاكارد) بهدف تقليل كم وعدد القياسات الحراجية المطلوبة، وإن استخدام الأنواع الدَّالة كمؤشرات بيئية لرصد التغيرات البيئية موثوق به واقتصادي من حيث التكلفة، حيث تستخدم أنواع المؤشرات لرصد التغيرات البيئية، وتقييم فعالية الإدارة، مؤشر للتحولات البيئية الوشيكة، والاستدلال على التنوع النباتي الموجود في الموقع، ولكن الصعوبة والتحدي يكمن في تحديد هذه المؤشرات وتطبيقاتها.

2- أهداف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى:

- حساب بعض المؤشرات الدالة على التنوع الحيوي: قيمة المؤشر "قيمة النوع الدال"(IV) وقيمة المؤشر الكلية "مجموع القيمة الدالة للموقع"(TIV) لقياس تنوع المجموعات الحرجية في بعض غابات الصنوبر البروتي في محافظة اللاذقية.
- تحديد الأنواع المؤشرة المعنوية لكل موقع مدروس بناءً على قيمة المؤشر (IV)، وقيمة مساهمة النوع في القيمة الكلية للمؤشر (TIV) والتي تعكس مدى ارتباط نوع نباتي معين بمجموعة بيئية محددة أو الموقع.
- تصنيف المواقع المدروسة في بعض غابات الصنوبر البروتي بناءً على قيمة المؤشر الكلية(TIV).

طرائق البحث ومواده:

1- موقع الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في منطقة اللاذقية، شمال محافظة اللاذقية – سورية، إذ تم تمييز ثلاث مواقع طبيعية لمجتمعات غابات الصنوبر البروتي، والجدول(1) يوضح البيانات التوضيحية لموقع الدراسة.

جدول رقم (1): بيانات تخص كل موقع من المواقع الطبيعية الثلاثة.

المنظر لغابات الصنوبر البروتي	اسم الموقع	المنطقة	الصخرة الام	الارتفاع عن سطح البحر م	المساحة هكتار	احداثيات الموقع	
						N	E
مواقع طبيعية	تميمة البركة	قسطل معاف	صخور أو فيولوماتية خضراء	504	8.2	35° 49′ 56	35° 57′ 28
	الجبل الشمالي	مشقيتا وادي الرميم	مارن غضاري–غضار–حجر كلسي	202	2.4	35° 40′ 24	35° 55′ 13
	جبل القبرة	عين الزرقا	صخور أو فيولوماتية خضراء	186	5.6	35° 40′ 15	35° 55′ 50

2- طرائق البحث:

2-1- اقتطاع العينات وجمع البيانات:

تم الاعتماد على برنامج ARC GIS 9.3 لتحديد عينات تغطي كل موقع بشكلٍ كامل، تم اختيار العينات بطريقة عشوائية مستطيلة الشكل مساحة كل منها100 م^2(20*5)م، اعتماداً على المساحة وعلى الظروف التضاريسية والطبوغرافية في كل موقع، وهي ذات فعاليّة كبيرة للغابات المتوسطية، وعدد العينات حسب مساحة الموقع المدروس، الجدول(2).

2-2- إجراء الكشوفات النباتية:

تم إجراء الكشوفات النباتيّة في العينات المقتطعة وفق الطريقة العشوائية في شهر نيسان عام 2024 واستكملت الكشوفات في شهر تموز 2024، سُجِّلت أعداد الأنواع الموجودة في كل عينة ومن ثم في كل موقع، وفي كل عينة سُجِّلت أعداد جميع الأنواع النباتية التي يبلغ ارتفاعها أكثر 0.5 متر، بشكلها الحياتي الموجود (T شجرة – S شجيري– H عشبي معمر ومتخشب).

جدول رقم (2): عدد العينات، وعدد الأنواع في الموقع، والمنظر الواحد.

غابات الصنوبر البروتي	اسم الموقع	عدد العينات	عدد الأنواع في الموقع	عدد الأنواع الكلي في المنظر الطبيعي
مواقع طبيعية	تميمة البركة	40	41	59
	الجبل الشمالي	8	27	
	جبل القيرة	15	34	

2-2- حساب قيمة المؤشر Indicator Value(IV) وقيمة المؤشر الكلية Total Indicator Value (TIV):

2-2-1- قيمة المؤشر(IV):

هذا المؤشر طوره الباحثان [15]، يستخدم لتحديد الأنواع الدالة، والنوع الدال هو نوع نباتي (أو حيواني) يميز مجموعة بيئية معينة أو موئلاً محدداً، وتبين قيمة المؤشر (IV) أهمية النوع كمؤشر بيئي (نوع دال) لمجموعة معينة (موقع معين) من خلال دمج مقياسين: الوفرة النسبية (RAij) والتكرار النسبي (RFij).

لحساب قيمة المؤشر (النوع الدال) (IV) تم استخدام المعادلة التالية، حسب [15].

$IVij = RAij \times RFij \times 100$ حيث:

IVij: قيمة المؤشر للنوع i في الموقع j.

RAij الوفرة النسبية: وبتم حسابها وفق المعادلة التالية : $RAij = Aij / Ai$.

Aij متوسط الوفرة : عدد الأفراد للنوع i في الموقع j مقسوماً على عدد العينات في الموقع j .

.Ai المجموع الكلي للوفرة: مجموع متوسطات الوفرة للنوع i في جميع المواقع .

RFij التكرار النسبي: ويتم حسابه وفق المعادلة التالية : $RFij = Sij / S.j$

S.j: عدد العينات في الموقع j. Sij : عدد العينات في الموقع j ، التي يظهر بها النوع I.

تتراوح قيم هذا المؤشر بينIV من القيمة 0(لا تأثير، النوع عديم الأهمية في الموقع لعدم وجوده في هذا الموقع) إلى 100(مؤشر مثالي، النوع ذو أهمية كبيرة في الموقع، موجود في جميع عيناته وغير موجود في المواقع الأخرى).

وتعد قيمة المؤشر IV مؤشر مهم في التخصص البيئي للنوع i في الموقع j، حيث يمكن أن تكون قيمة المؤشر مرتفعة جداً برغم من وفرته المنخفضة، إلا أن وجوده في جميع عينات الموقع j وعدم وجوده في عينات المواقع الأخرى، يعطي دلالة على مؤشر بيئي لهذا النوع في الموقع j ، وبالتالي يقيس خصوصية النوع (Fidelity) النوع موجود حصراً في الموقع j. وتعد $IVi = \max [IVij]$: قيمة مؤشر النوع i لتصنيف المواقع هي أكبر قيمة لـ IVij التي لوحظت على جميع المواقع j من هذا التصنيف.

وتعد الأنواع التي تملك قيمة لهذا المؤشر أكبر أو يساوي 50 مؤشرة (دالة)($IV \geq 50$) ، وبالتالي فهو نوع مؤشر(دال) وهي تعكس ظروفًا بيئية فريدة لكل موقع، وتعد الأنواع غير مؤشرة (غير دالة)عند قيمة ($IV < 50$) وهي قد تكون منتشرة في عدة مواقع ، وتعد أكثر تكيفًا مع تنوع الظروف [15].

ووجود العديد من الأنواع لها قيم IV بين 20–50، يشير إلى تنوع بيئي أكبر، والموقع الذي يظهر بعض القيم القصوى(IV=100) قد يشير إلى وجود ظروف بيئية أكثر تحديداً، وكل موقع له مجموعة مميزة من الأنواع المؤشرة (أنواع عالية الـ IV) يمكن اعتبارها أنواعاً رئيسية لهذه النظم البيئية، لتي يمكن استخدامها للتعرف على الخصائص البيئية للموقع، والاختلاف في قيم (IV) للأنواع المشتركة بين المواقع يعكس الاختلاف في الظروف البيئية ودرجة ملاءمة كل موقع لهذه الأنواع [15].

2-2-2-قيمة المؤشر الكلية (TIV):

هو ليس مؤشر لنوع واحد، بل قيمة إجمالية، تُحسب لكل موقع على حده، بهدف تصنيف هذا الموقع وتحديد إلى أي مجموعة نباتية ينتمي، أي تحديد المجموعة النباتية التي ينتمي اليها موقع ما بسرعة بدون الحاجة لإعادة تحليل البيانات من البداية[15]، أي يستخدم لتصنيف المواقع المدروسة ، وهو تطوير لمؤشر IV ، حيث يتم وزن قيمة المؤشر للنوع بوفرة هذا النوع في كل موقع على حده [31].

لحساب قيمة المؤشر الكلية (Total IV) لكل موقع باستخدام المعادلة التالية:

$$TIV_{h.j} = \sum_{k \in j(h)} (IV_i \times A_i)$$

حيث: $TIV_{h.j}$: قيمة المؤشر الكلية في الموقع j الذي ينتمي إلى مجموعة مواقع h .

IV_i : قيمة المؤشر للنوع i في الموقع j . A_i: مجموع متوسطات وفرة النوع i في الموقع j .

$IV_i \times A_i$: مساهمة النوع i في قيمة المؤشر الكلية في الموقع j .

$i \in j(h)$: تعني أن النوع i هو نوع مؤشر(دال) للموقع j في المجموعة h .

أولاً: حساب $IV_i \times A_i$: مساهمة النوع i في قيمة المؤشر الكلية في الموقع j ، ثم جمع جميع المساهمات للأنواع لقيمة المؤشر الكلية في كل موقع على حده، للحصول على TIV في كل موقع.

ثانياً: مقارنة قيمة المؤشر الاجمالية TIV لكل موقع J ينتمي إلى h(مجموعة مواقع) مع قيمة TIV في بقية المواقع المدروسة.

اختلاف مساهمة النوع i في قيمة المؤشر الكلية(TIV) بين المواقع يعكس تباين دوره البيئي وأهميته النسبية في كل نظام بيئي، إذ أن هذه المساهمة تجمع بين التأثير البيئي IV والتأثير الكمي للنوع i في الموقع j(الوفرة) وفق الآتي:

IV عالي + وفرة منخفضة ← تخصص بيئي قوي.

IV متوسط + وفرة عالية ← تأثير كمي كبير.

ولسهولة حساب قيمة المؤشر IV والقيمة الكلية للمؤشر TIV تم استخدام حزمة indicspecies(حزمة النوع الدال) في البرنامج R الاحصائي التي طورت في دراسة [22] ، والتي تعتمد على إدخال البيانات الاساسية لكل موقع المتمثلة بعدد أفراد النوع i في كل عينة وتقوم الحزمة بحساب عدد أفراد النوع i في كامل الموقع وعدد العينات التي ظهر بها ، ومن معرفة العدد الكلي لعدد العينات في الموقع، إذ تعمل الحزمة indicspecies على تطبيق العلاقات الخاصة بقيمة المؤشر IV وقيمة المؤشر الكلية TIV والحصول على النتائج بسهولة .

2-2-3- التحليل الاحصائي:

بعد حساب قيمة المؤشر قيمة المؤشر IV والقيمة الكلية للمؤشر TIV ، تم إجراء التحليلات الآتية:

- إجراء تحليل وصفي (متوسطات، انحراف معياري) واختبار معنوية الفروق في توزيع قيم (قيمة المؤشر IV والقيمة الكلية للمؤشر TIV) بين المواقع الثلاثة عند مستوى معنوية 5% باستخدام برنامج SPSS.

- إجراء تحليل Boxplot لتوزع قيم (IV) للأنواع، وقيم مساهمات الأنواع في قيمة المؤشر الكلية(TIV) لكل موقع باستخدام برنامج SPSS ، Boxplot : طريقة لوصف أو لتلخيص توزيع احصائي معين، بعرض قيمة الوسيط (0.50) Q(50% من المجتمع أقل أو يساوي هذه القيمة) والربيع الأول (0.25) Q (25% من المجتمع أقل أو يساوي هذه القيمة) والربيع الثالث Q(0.75) (75% من المجتمع أقل أو يساوي هذه القيمة) ، ويدعى المدى بين الربيع الأول والثالث بالمسافة بين الربيعية حيث توجد فيها 50% من المعطيات.
- كما تم استخدام اختبار مونت كارلو(Monte Carlo Permutation Test) في برنامج R الاحصائي، القائم على المحاكاة الحاسوبية لتحديد هل الأنواع ذات قيمة المؤشر IV العالية التي حصلنا عليها حسابياً للنوع i في الموقع j ذات دلالة احصائية أم حدثت بمحض الصدفة، إذ يستخدم التشكيلات العشوائية للقيم بعدد مرات عديدة جدا ومن ثم مقارنتها مع القيم الفعلية وتحديد القيم ذات الدلالة الإحصائية عند($\alpha = 0.05$) للتحقق من دقتها، الذي يعتمد على تجارب حاسوبية تتضمن توليد بيانات بواسطة التعيين العشوائي من مجتمع معروف المعالم وتستخدم في دراسة الاساليب الاحصائية المختلفة لكي تعطي نتائج دقيقة ومقارنة طرق احصائية متنافسة ، أو معرفة التوزيع الذي تتبعه قيمة او احصائية معينة، بمعنى أنه في حال اختلاف حجم العينة وعدد العينات في الموقع هل سيعطي نفس النتائج .

النتائج والمناقشة:

1- نتائج الكشوفات النباتية:

عرضت نتائج الكشوفات النباتية في المواقع الثلاثة المدروسة في الجداول (3 . 4، 5).

الجدول رقم (3): الأنواع النباتية وعدد أفراد كل نوع وعدد العينات التي ظهر فيها النوع في موقع تميمة البركة(J1).

النوع النباتي	عدد أفراد النوع في الموقع (J1)	عدد العينات التي ظهر بها النوع	النوع النباتي	عدد أفراد النوع في الموقع(J1)	عدد العينات التي ظهر بها النوع
Pinus brutia	936	40	*Cercis siliquastrum*	1005	39
Crataegus monogyna	42	11	*Echinops viscosus*	1037	24
Lavandula angustifolia	1274	22	*Prunus mahaleb*	11	2
Calycotome villosa	586	28	*Arbutus andrachne*	116	10
Pistacia palaestina	451	38	*Micromeria myrtifolia*	255	12
Rubus collinus	1579	33	*Myrtus communis*	345	25
Phillyrea media	244	38	*Verbascum sinuatum*	10	1
Morus nigra	3	1	*Quercus cerris.subsp.pseudocerris*	234	29
Fontanesia phlilyreoides	100	16	*Hedera helix*	19	8
Acacia cyanophylla	33	4	*Poterium spinosum*	221	14
Echinops ritro	914	25	*Platanus orientalis*	31	6
Cupressus sempervirens var.horizontalis	1	1	*Alnus orientalis*	178	5
Asparagus acutifolius	1644	38	*Laurus nobilis*	60	10
Styrax officinalis	365	35	*Clematis vitalba*	77	3
Quercus calliprinos	569	39	*Vitis vulpina*	15	1
Smilax aspera	480	35	*Spartium junceum*	240	10
Cistus salvifolius	386	28	*Carum carvi*	310	8
Cistus creticus	192	15	*Eryngium creticum*	405	9

Quercus infectoria	55	10	*Salvia officinalis*	212	8
Rhamnus punctata	149	16	*Prunus ursina*	13	4
Euphorbia rigida	611	18			

الجدول رقم (4): الأنواع النباتية وعدد أفراد كل نوع وعدد العينات التي ظهر فيها النوع في موقع الجبل الشمالي(J2).

النوع النباتي	عدد أفراد النوع في الموقع (J2)	عدد العينات التي ظهر بها النوع	النوع النباتي	عدد أفراد النوع في الموقع(J2)	عدد العينات التي ظهر بها النوع
Pinus brutia	160	8	*Hedera helix*	11	2
Pistacia palaestina	66	8	*Calycotome villosa*	71	5
Quercus calliprinos	84	8	*Myrtus communis*	12	3
Osyris alba	424	8	*Echinops ritro*	25	2
Rhus cotinus	9	2	*Fontanesia phlilyreoides*	57	3
Asparagus acutifolius	64	4	*Echinops viscosus*	180	1
Ruscus aculeatus	75	3	*Poterium spinosum*	130	2
Cistus salvifolius	34	6	*Fumana thymifolia*	2	1
Quercus infectoria	4	1	*Eryngium creticum*	30	1
Rhamnus paliurus	14	3	*Spartium junceum*	4	1
Smilax aspera	153	8	*Rhamnus punctata*	6	2
Pistacia lentiscus	62	7	*Styrax officinalis*	10	1
Phillyrea media	42	8	*Genista acanthoclada*	23	2
Rhamnus alaternus	50	8			

الجدول رقم (5): الأنواع النباتية وعدد أفراد كل نوع وعدد العينات التي ظهر فيها النوع في موقع جبل القيرة(J3).

النوع النباتي	عدد أفراد النوع في الموقع (J3)	عدد العينات التي ظهر بها النوع	النوع النباتي	عدد أفراد النوع في الموقع(J3)	عدد العينات التي ظهر بها النوع
Pinus brutia	506	15	*Arbutus andrachne*	46	8
Reseda luteola	60	6	*Calycotome villosa*	137	15
Quercus infectoria	45	4	*Eryngium creticum*	94	5
Cistus salvifolius	701	15	*Pistacia lentiscus*	28	5
Pistacia palaestina	92	13	*Fumana thymifolia*	106	11
Micromeria myrtifolia	72	5	*Salvia officinalis*	62	2
Myrtus communis	256	14	*Echinops ritro*	7	1
Helichrysum sanguineum	15	2	*Fontanesia phlilyreoides*	17	4
Lavandula stoechas	519	15	*Asparagus acutifolius*	33	2
Phillyrea media	109	15	*Gonocytisus pterocladus*	46	7
Rhamnus punctata	54	11	*Genista acanthoclada*	11	2
Teucrium criticum	339	12	*Erica verticillata*	576	11
Carum carvi	290	8	*Rhamnus paliurus*	4	1
Quercus calliprinos	13	7	*Rhus cotinus*	14	4
Centaurium tenuiflorum	94	4	*Daphne oleipholeia*	7	2
Ononis natrix	64	6	*Smilax aspera*	7	1
Echinops viscosus	13	1	*Juniperus oxycedrus*	3	1

2- قيمة المؤشر IV :

2-1- حساب قيمة المؤشر للأنواع في المواقع الثلاثة.

بتطبيق العلاقات المذكورة في مواد وطرق البحث لحساب قيمة المؤشر IV وبالاعتماد على حزمة indicspecies في برنامج R الاحصائي ، عرضت النتائج في الجدول (6).

الجدول رقم (6): قيمة المؤشر IV للأنواع النباتية في المواقع الثلاثة (تميمة البركة J1، جبل الشمالي J2، جبل القيرة J3).

النوع النباتي	IV(J1)	IV(J2)	IV(J3)	النوع النباتي	IV(J1)	IV(J2)	IV(J3)
Acacia cyanophylla	10	0	0	*Morus nigra*	2.5	0	0
Alnus orientalis	12.5	0	0	*Myrtus communis*	19.82	2.07	58.58
Arbutus andrachne	12.15	0	27.41	*Ononis natrix*	0	0	40
Asparagus acutifolius	76.11	7.8	0.57	*Osyris alba*	0	100	0
Calycotome villosa	31.4	16.98	27.97	*Phillyrea media*	31.13	28.2	39.03
Carum carvi	5.72	0	38.07	*Pinus brutia*	30.34	25.93	43.73
Centaurium tenuiflorum	0	0	26.67	*Pistacia lentiscus*	0	70.52	6.47
Cercis siliquastrum	97.5	0	0	*Pistacia palaestina*	41.75	32.15	20.72
Cistus creticus	37.5	0	0	*Platanus orientalis*	15	0	0
Cistus salvifolius	11.14	5.26	77.08	*Poterium spinosum*	8.88	18.66	0
Clematis vitalba	7.5	0	0	*Prunus mahaleb*	5	0	0
Crataegus monogyna	27.5	0	0	*Prunus ursina*	10	0	0
Cupressus sempervirens	2.5	0	0	*Quercus calliprinos*	54.19	41.03	1.58
Daphne oleipholeia	0	0	13.33	*Quercus cerris*	72.5	0	0
Echinops ritro	54.01	2.95	0.12	*Quercus infectoria*	7.05	1.28	16.41
Echinops viscosus	31.56	5.71	0.12	*Reseda luteola*	0	0	40
Erica verticillata	0	0	73.33	*Rhamnus alaternus*	0	100	0
Eryngium creticum	11.31	2.33	10.37	*Rhamnus paliurus*	0	32.54	0.88
Euphorbia rigida	45	0	0	*Rhamnus punctata*	18.45	2.32	32.69
Fontanesia phillyreoides	9.3	24.84	2.81	*Rhus cotinus*	0	13.66	12.09
Fumana thymifolia	0	0.43	70.83	*Rubus collinus*	82.5	0	0
Genista acanthoclada	0	19.92	2.71	*Ruscus aculeatus*	0	37.5	0
Gonocytisus pterocladus	0	0	46.67	*Salvia officinalis*	11.24	0	5.84
Hedera helix	5.14	18.58	0	*Smilax aspera*	33.24	60.54	0.1
Helichrysum sanguineum	0	0	13.33	*Spartium junceum*	23.08	0.96	0
Juniperus oxycedrus	0	0	6.67	*Styrax officinalis*	86.32	0.17	0
Laurus nobilis	25	0	0	*Teucrium criticum*	0	0	86.67
Lavandula angustifolia	55	0	0	*Verbascum sinuatum*	2.5	0	0
Lavandula stoechas	0	0	100	*Vitis vulpina*	2.5	0	0
Micromeria myrtifolia	17.11	0	14.32				

بلغ عدد الأنواع 59 نوعاً نباتياً في كامل المنظر الطبيعي(مواقع غابات الصنوبر البروتي المدروسة)، ويوضح الجدول(6) تصنيفاً للأنواع النباتية حسب تواجدها وقيمة المؤشر IV لكل نوع في كامل المنظر الطبيعي، إلى ثلاثة مجموعات، أنواع متواجدة في ثلاثة مواقع وبلغ عددها 15 نوعاً نباتياً، أنواع متواجدة في موقعين وبلغ عددها 13 نوعاً نباتياً، أنواع متواجدة في موقع واحد فقط (أنواع حصريّة تعكس ظروفًا بيئية فريدة مثل تربة أو مناخ خاص)، حيث بلغ

عددها 32 نوعاً نباتياً، توزعت على الشكل التالي 18 نوعاً نباتياً في الموقع J1(تميمة البركة) و 3 أنواع نباتية في الموقع J2(جبل الشمالي) و 10 أنواع نباتية في الموقعJ3(جبل القيرة).

وكانت أعلى القيم لقيمة المؤشر IV في موقع تميمة البركة(J1) عند الأنواع *Cercis siliquastrum* (97.5)، *Styrax officinalis*(86.32) ، *Rubus collinus* (75)،أما أعلى القيم في موقع جبل الشمالي(J2) عند النوعين *Osyris alba* و *Rhamnus* alaternus بلغت قيمتها الحد الأقصى لقيمة المؤشر (100) وهذا يعني أن هذان النوعان تواجدا بوفرة جيدة وفي كافة عينات الموقع ولم يتواجدا في بقية المواقع. فيما كانت أقرب قيمة لهما عند النوع *Pistacia lentiscus* وبلغت (70.52)، في حين سجلت أعلى القيم لقيمة المؤشر IV في موقع جبل القيرة(J3) عند النوع *Lavandula stoechas* والتي بلغت (100) والذي يدل على تواجد صخور رسوبية (كلس، زايولايت، صوان) والنوع *Teucrium criticum*(86.67) وهذا النوع متواجد بوفرة وفي معظم عينات الموقع J3(نبات عطري)، والنوع *Fumana thymifolia*(70.83) والنوع *Myrtus communis*(58.58)، مما قد يدل على ظروف مناخية معتدلة وتربة صخرية كلسية جيدة الصرف[34].

2-2- التحليل الوصفي لقيمة المؤشر للأنواع في المواقع الثلاثة.

جدول رقم (7): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم (IV) في المواقع الثلاثة.

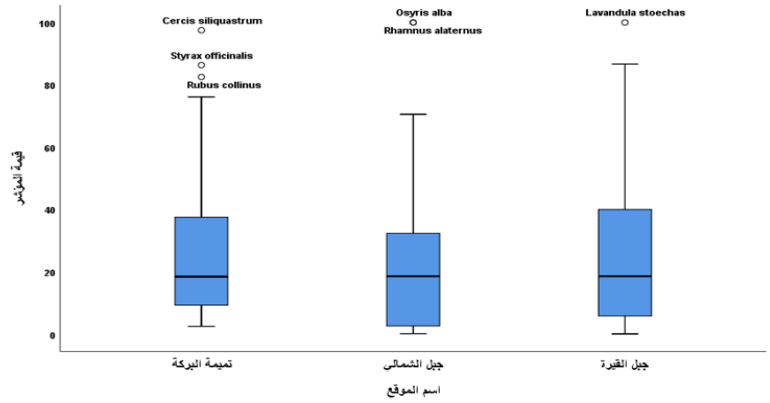
الموقع	(IV)
J1	27.87±25.69
J2	24.9±28.35
J3	28.15±27.83

بلغ أعلى متوسط لـ IV في J3 ، يليه J1 ثمJ2 ، التباين الأعلى في قيم IV في J2 بسبب وجود أنواع ذات قيمIV عالية جداً، النوع *Osyris alba Rhamnus alaternus*.

جدول رقم (8): تحليل التباين ANOVA لقيم (IV) في المواقع الثلاثة.

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	192.265	2	96.132	.131	.878
Within Groups	72844.711	99	735.805		
Total	73036.976	101			

وكانت الفروقات غير معنوية بين متوسطات قيم IV وبالتالي توزيع قيم المؤشر في المواقع الثلاثة غير معنوي.



الشكل رقم (1): التوزيع الاحصائي لقيم قيمة المؤشر IV في المواقع المدروسة

من الشكل رقم(1): يلاحظ أن الوسيط Q2 والذي بلغت قيمته حوالي(19.82، 18.72 ، 20.72) في المواقع الثلاثة على التوالي، وزع الأنواع إلى قسمين 50% من الأنواع تقع قيمة للمؤشر (IV) لها في تحت قيمةQ2 و50% فوق قيمة

Q2، وكان التوزيع الأعلى للأنواع فيQ1 في موقعي تميمة البركة وجبل القيرة، فيما كان التوزيع الأعلى للقيم في Q3 في موقع جبل الشمالي.

وتراوحت القيم بينQ1 وQ3 (9.30 – 45.00) بمدى ربيعي IQR(35.70) في موقع تميمة البركة، مما يعكس توزيع متوازن نسبيا مما يشير إلى تنوع حيوي عالٍ مع هيمنة بعض الأنواع المؤثرة، إذ بلغ عدد الأنواع التي تحوي قيم مؤشر IV فوقQ3 أكبر من(45)، 10 أنواع منها 3 أنواع أكبر من 75، أما في موقع جبل الشمالي فتراوحت القيم بينQ1 وQ3 (2.95 – 32.15) بمدى ربيعي IQR(29.2)، مما يعكس توزيع غير متوازن ونظاماً بيئياً متبايناً، إذ بلغ عدد الأنواع التي تحوي قيم مؤشر IV فوقQ3 أكبر من(32.15)، 6 أنواع منها نوعين فوق 75، وتراوحت القيم في موقع جبل القيرة بينQ1 وQ3 (2.81– 40.92) بمدى ربيعي IQR(43.73) مما يعكس توزيع متوازن يدل على تنوع حيوي جيد مع استقرار نسبي إذ بلغ عدد الأنواع التي تحوي قيم مؤشر IV فوقQ3 أكبر من(32.15) 9 أنواع منها نوع واحد أكبر من 75.

التفسير البيئي: إن قيمة المؤشر IV للأنواع داخل الصندوق بينQ1 وQ3 تشير إلى أنواع متجانسة بيئياً، تتكيف مع الظروف السائدة وتمثل الاساس المجتمعي للنظام البيئي ، أما قيمة المؤشر IV للأنواع فوق Q3 تشير إلى أنواع ذات خصوصية بيئية عالية وتعتبر مؤشرات قوية على صحة النظام البيئي، أما قيمة المؤشر IV للأنواع المنخفضة تحت Q1 فهي تدل على أنواع قليلة التواجد والأهمية البيئية، فيما تشير الأنواع ذات قيمة المؤشر IV المتطرفة أكبر من 75 أنواع مؤشرة أو دالة على الموقع وذات حساسية عالية للتغيرات البيئية مما يتطلب حمايتها.

هذا التحليل الإحصائي يظهر الاختلافات في البنية البيئية بين المواقع الثلاثة من خلال توزيع قيم المؤشرIV يساعد في فهم البنية البيئية لكل موقع واتخاذ قرارات إدارة صحيحة.

2-3- الأنواع ذات قيم IV المعنوية في المواقع الثلاثة:

باستخدام اختبار مونت كارلو ضمن برنامج R الاحصائي تم تحديد الأنواع ذات قيمة المؤشر IV المعنوية في كل موقع، كما هو موضح في الجدول (9).

إن تحديد الأنواع المؤشرة المعنوية للظروف البيئية الخاصة بكل موقع، وتقييم درجة تشابه المواقع البيئية، يساعد في تخطيط جهود صون الأنواع بناءً على الأنواع المميزة لكل موقع، وهذا التحليل يوفر أساساً كمياً لفهم التوزيع البيئي للأنواع النباتية وعلاقتها بالمواقع المختلفة في المنظر الطبيعي المدروس.

جدول رقم (9): الأنواع المؤشرة المعنوية ($p < 0.05$) عبر المواقع الثلاثة مع قيم المؤشر (IV) وقيم (*p*-value) .

الترتيب	النوع النباتي	الموقع	قيمة المؤشر (IV)	*p*−value
1	*Osyris alba*	J2	100.0	0.0001
2	*Rhamnus alaternus*	J2	100	0.0001
3	*Lavandula stoechas*	J3	100	0.0001
4	*Cercis siliquastrum*	J1	97.5	0.001
5	*Teucrium criticum*	J3	86.97	< 0.0001
6	*Styrax officinalis*	J1	86.32	0.005
7	*Rubus collinus*	J1	82.5	0.001
8	*Cistus salvifolius*	J3	77.8	0.016
9	*Asparagus acutifolius*	J1	76.11	0.004
10	*Quercus cerris*	J1	72.5	0.008
11	*Fumana thymifolia*	J3	70.83	0.001
12	*Pistacia lentiscus*	J2	70.52	0.012

13	*Smilax aspera*	J2	60.54	0.002
14	*Myrtus communis*	J3	58.58	0.006
15	*Quercus calliprinos*	J1	54.8	0.010
16	*Reseda luteola*	J3	40.0	0.004

لوحظ من الجدول رقم (9) أنه تم تحديد 5 أنواع مؤشرة قوية (IV≥75) ذات دلالة إحصائية عالية، منها ثلاثة أنواع في الموقع J1، ونوع واحد لكل من الموقعين J2 وJ3 ، وتم تحديد 6 أنواع مؤشرة قوية (50≤IV<75) ذات دلالة إحصائية عالية، منها ثلاثة أنواع في الموقع J1 و نوع واحد في الموقع J2 ونوعان في الموقع J3، وتم تحديد نوعان ذات قيمة مؤشر(IV≤50) ذات دلالة إحصائية عالية منها نوع واحد في كل من الموقعين J1 و J2، وأن أعلى تنوع للأنواع المؤشرة المعنوية(6 أنواع) في الموقع J1 ، مقارنة بـ (4 أنواع) في الموقع J1 و(3 أنواع) في الموقع J2.

وكانت أعلى قيمة للمؤشر IV (100) في الموقع J3 عند النوع *Teucrium criticum*، وفي الموقع J2 عند النوع *Osyris alba*، والذين يظهران تخصصاً بيئياً فريداً، أما في الموقع J1 كانت أعلى قيمة للمؤشر IV (82.5)عند النوع *Cercis siliquastrum*.

التفسير البيئي: يحتوي الموقع J1 على أنواع مؤشرة معنوية مثل *Cercis siliquastrum* والنوع *Rubus collinus* مما يشير إلى مواقع جافة أو معتدلة غنية بالشجيرات والأشجار المتوسطية المتطلبة للضوء، ونظام بيئي متوازن يوفر لهذه الانواع الاحتياجات الضرورية من الماء والغذاء والاضاءة [34, 35]، ويحتوي الموقع J2 على أنواع مؤشرة معنوية دالة مثل *Osyris alba* و *Rhus cotinus* ، مما قد يشير إلى نظام بيئي فريد لأنواع يكثر تواجدها في المعارض الأكثر رطوبة والأقل حرارة أو تربة رطبة مع وجود تربة جيدة الصرف [35]، فيما يحتوي الموقع J3 على أنواع مؤشرة معنوية ذات مؤشر قوي للبيئات الجافة والصخرية مثل *Teucrium criticum*، وترب مضطربة مثل *Reseda luteola* ومناطق صخرية جافة مثل *Arbutus andrachne* [34]. هذه الأنواع تشكل نظام إنذار مبكر للتغيرات البيئية في كل موقع.

بناءً على تحليل مونت كارلو، تم تحديد الأنواع النباتية ذات الدلالة الإحصائية في كل موقع عند مستوى دلالة 0.05. تظهر هذه الأنواع توزيعاً غير عشوائي وتقدم مساهمة معنوية في قيمة المؤشر الإجمالي (IV) في كل موقع.

الأنواع الأكثر مساهمة في القيمة الإجمالية للمؤشر تختلف بين المواقع، مما يعكس الاختلاف في التركيبة النباتية والأهمية النسبية لكل نوع في النظام البيئي لكل موقع.

3- قيمة المؤشر الكلية TIV:

3-1- حساب قيمة المؤشر الكلية للأنواع في المواقع الثلاثة.

بتطبيق العلاقات المذكورة في مواد وطرق البحث لحساب قيمة المؤشر TIV وبالاعتماد على حزمة indicspecies في برنامج R الاحصائي، عرضت نتائج مساهمات كل نوع i في الموقع j في قيمة المؤشر الكلية TIV في الجدول(10).

الجدول رقم (10): مساهمة الأنواع النباتية في قيمة المؤشر الكلية TIV في المواقع الثلاثة المدروسة (تميمة البركة1J، جبل الشمالي J2، جبل القيرة J3).

النوع النباتي	IV. Aij(J3)	IV. Aij(J2)	IV. Aij(J1)	النوع النباتي	IV. Aij(J3)	IV. Aij(J2)	IV. Aij(J1)
Acacia cyanophylla	8.25	0	0	*Morus nigra*	0.19	0	0
Alnus orientalis	55.63	0	0	*Myrtus communis*	170.99	3.1	999.77
Arbutus andrachne	35.24	0	84.06	*Ononis natrix*	0	0	170.67
Asparagus acutifolius	3128.17	62.38	1.26	*Osyris alba*	0	5300	0

Calycotome villosa	460.02	150.74	255.43	*Phillyrea media*	189.88	148.05	283.64
Carum carvi	44.35	0	736.05	*Pinus brutia*	709.89	518.58	1475.29
Centaurium tenuiflorum	0	0	167.11	*Pistacia lentiscus*	0	546.5	12.08
Cercis siliquastrum	2449.69	0	0	*Pistacia palaestina*	470.68	265.26	127.06
Cistus creticus	180	0	0	*Platanus orientalis*	11.63	0	0
Cistus salvifolius	107.51	22.34	3601.99	*Poterium spinosum*	49.07	303.17	0
Clematis vitalba	14.44	0	0	*Prunus mahaleb*	1.38	0	0
Crataegus monogyna	28.88	0	0	*Prunus ursina*	3.25	0	0
Cupressus sempervirens	0.06	0	0	*Quercus calliprinos*	770.92	430.8	1.37
Daphne oleipholeia	0	0	6.22	*Quercus cerris*	424.13	0	0
Echinops ritro	1234.14	9.23	0.05	*Quercus infectoria*	9.7	0.64	49.23
Echinops viscosus	818.12	128.38	0.1	*Reseda luteola*	0	0	160
Erica verticillata	0	0	2816	*Rhamnus alaternus*	0	625	0
Eryngium creticum	114.52	8.73	64.99	*Rhamnus paliurus*	0	56.95	0.24
Euphorbia rigida	687.38	0	0	*Rhamnus punctata*	68.73	1.74	117.7
Fontanesia phillyreoides	23.24	176.95	3.18	*Rhus cotinus*	0	15.37	11.29
Fumana thymifolia	0	0.11	500.52	*Rubus collinus*	3256.69	0	0
Genista acanthoclada	0	57.27	1.99	*Ruscus aculeatus*	0	351.56	0
Gonocytisus pterocladus	0	0	143.11	*Salvia officinalis*	59.55	0	24.15
Hedera helix	2.44	25.55	0	*Smilax aspera*	398.84	1157.79	0.05
Helichrysum sanguineum	0	0	13.33	*Spartium junceum*	138.46	0.48	0
Juniperus oxycedrus	0	0	1.33	*Styrax officinalis*	787.65	0.02	0
Laurus nobilis	37.5	0	0	*Teucrium criticum*	0	0	1958.67
Lavandula angustifolia	1751.75	0	0	*Verbascum sinuatum*	0.63	0	0
Lavandula stoechas	0	0	3460	*Vitis vulpina*	0.94	0	0
Micromeria myrtifolia	109.1	0	68.72	*Morus nigra*			

حيث كانت أكبر مساهمة للأنواع في قيمة المؤشر الكلية TIV لموقع تميمة البركةJ1 عند الأنواع *Rubus collinus*(3256.69) و*Asparagus acutifolius*(3128.17)و *Lavandula angustifolia* (1751.75) و *Cercis siliquastrum*(1234.14) وهناك 7 أنواع مساهمتها أكبر من (500).

في حين كانت أكبر مساهمة للأنواع في قيمة المؤشر الكلية TIV لموقع جبل الشماليJ2 عند الأنواع *Osyris alba*(5300) و *Smilax aspera*(1175) و *Pistacia lentiscus*(546.5).

أما في موقع جبل القيرة J3، فكانت أكبر مساهمة للأنواع في قيمة المؤشر الكلية TIV عند الأنواع *Cistus salvifolius* (3601.99) و *Lavandula stoechas*(3460) و*Erica verticillata*(2815) و *Teucrium criticum*(1958.67) و *Myrtus communis*(999.77) و *Carum carvi*(736.05) و *Rhamnus alaternus* (625) و *Fumana thymifolia* (500.52). وتم جمع جميع مساهمات الأنواع في كل موقع، وعرضت نتائج قيمة المؤشر الكلية TIV لكل موقع في الجدول (11).

الجدول رقم(11) قيمة المؤشر الكلية TIV في المواقع الثلاثة المدروسة (تميمة البركةJ1، جبل الشمالي J2، جبل القيرة J3).

TIV(J1)	TIV(J2)	TIV(J3)
∑IV. Aij(J1)	∑IV. Aij(J2)	∑IV. Aij(J3)
18813.63	10366.69	17316.65

من الجدول رقم (11) نلاحظ أن قيمة المؤشر الكلية في موقع تميمة البركة هي الأعلى بنسبة 42.5% من مساهمات الانواع في مجمل مجموع المواقع، فيما مثلت قيمة المؤشر الكلية في موقع جبل القيرة بنسبة 39.1% وكانت أقل نسبة تمثيل لمساهمات الأنواع في موقع جبل الشمالي بنسبة 18.4%.

التفسير البيئي: سبب القيمة العالية لقيمة المؤشر الاجمالي TIV في موقعي تميمة البركة وجبل القيرة، تنوع حيوي عالي ووجود عدد أنواع أكثر لديها قيمة مؤشر IV عالي ووفرة نباتية عالية مما يدل على نظام بيئي متخصص، أما سبب القيمة المنخفضة لقيمة المؤشر الاجمالي TIV لموقع جبل الشمالي قد بفسر إلى تنوع حيوي أقل ووجود عدد أنواع أقل لديها قيمة مؤشر IV عالية ولكن بوفرة منخفضة، مما يدل على نظام بيئي غير متوازن، وهو يحتاج لتدخل لحماية الانواع الاكثر حساسية للاضطرابات البيئية.

3-2- التحليل الوصفي لقيمة المؤشر الإجمالي TIV للأنواع في المواقع الثلاثة.

جدول رقم (12): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم (TIV) في المواقع الثلاثة.

الموقع	(TIV)
J1	458.87±808.66
J2	383.952±1018.75
J3	509.31±987.17

بلغ أعلى متوسط لـ TIV في J3 ، يليه J1، وهو بعكس المتوسط في قيمة IV ، نظراً لوجود أنواع لها وفرة عالية في الموقع J3 وانواع أخرى ذات وفرة قليلة ولكن لها قيمة IV عالية مثل *Lavandula stoechas* و *Teucrium criticum*، وكان أقل متوسط لقيمة المؤشر الاجمالية في الموقع J2، مع أكبر قيمة للتباين لوجود نوعين لهما قيمة مؤشر مطلقة(100) النوع *Osyris alba* و *Rhamnus alaternus*

جدول رقم (13): تحليل التباين ANOVA لقيم مساهمة الأنواع في قيمة المؤشر الإجمالي (TIV) في المواقع الثلاثة.

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	237125.673	2	118562.837	.138	.872
Within Groups	85300939.249	99	861625.649		
Total	85538064.923	101			

وكانت الفروقات غير معنوية بين توزيع قيم المؤشر في المواقع الثلاثة.

3-2- الأنواع ذات قيم TIV المعنوية في المواقع الثلاثة:

يبين الجدول رقم (14) الأنواع المؤشرة المعنوية في المواقع J1,J2,J3 تبعاً لقيمة المؤشر الكلية (TIV).

جدول رقم (14): الأنواع المؤشرة المعنوية

($p < 0.05$) في المواقع الثلاثة تبعاً لقيمة (TIV).

الموقع	النوع النباتي	IV	Aij	TIV	*p*-value
J1	*Cercis siliquastrum*	97.5	25.13	2449.69	< 0.001
J1	*Rubus collinus*	82.5	39.48	3256.63	< 0.001
J1	*Asparagus acutifolius*	76.11	41.10	3128.13	< 0.001
J1	*Lavandula angustifolia*	55.00	31.85	1751.75	0.003
J1	*Echinops ritro*	54.01	22.85	1234.14	0.004
J2	*Osyris alba*	100.00	53.000	5300.00	<0.001
J2	*Smilax aspera*	60.54	19.13	1157.79	0.001
J2	*Rhamnus alaternus*	100	6.25	625	00.1
J3	*Teucrium criticum*	86.66	22.60	1958	<0.001
J3	*Carum carvi*	38.07	19.33	763.05	0.002
J3	*Erica verticillata*	73.33	38.4	2815	0.022
J3	*Lavandula stoechas*	100	34.6	3460	0001

من الجدول رقم (12) نلاحظ أن أعداد الأنواع المؤشرة المعنوية تبعاً لقيمة (TIV)، بلغت في الموقع J1 (5 أنواع) وفي الموقع J2 (3 أنواع) وفي الموقع J3 (4 أنواع) .

كما أن هناك 5 أنواع ذات معنوية عالية $p<0.001$ ، تشير الى مؤشر قوي للبيئات الجافة مثل *Cercis siliquastrum* و *Rubus collinus* في الموقع J1، ومنها يشير الى المؤشر الأقوى للبيئات الرطبة مثل *Osyris alba* في الموقع J2، ويعد النوع *Teucrium criticum* في الموقع J3 المؤشر الأقوى للبيئات الصخرية، وان ارتفاع قيمة (TIV) في بعض الأنواع يعود إلى قيمة مؤشر مرتفعة ووفرة عالية. وحسب [15] إن TIV > 500 في الغابات المتوسطية تعتبر مؤثرة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- كل موقع يمتلك أنواعاً مؤشرة (دالة) مختلفة تعكس ظروفاً بيئية فريدة (تربة، مناخ).

2- أكبر عدد للأنواع ذات قيم المؤشر العالية وأعلى عدد في قيم المساهمة في قيمة المؤشر الاجمالي في موقعي تميمة البركة وجبل الشمالي، مما يشير الى أنظمة بيئية أكثر توازناً.

3- على الرغم من وجودين أنواع مؤشرة مطلقة في موقع جبل الشمالي، إلا أنه سجل أقل متوسط لمساهمات الأنواع في قيمة المؤشر الكلية مما يؤشر إلى نظام بيئي متدهور.

4- تم تحديد 16 نوعًا تبعاً لقيمة المؤشر IV و12 نوعاً تبعاً لقيمة المؤشر الاجمالية ذات دلالة معنوية ($p < 0.05$) عبر المواقع الثلاثة.

5- قيمة المؤشر الكلية (TIV) تكمل قيمة المؤشر (IV) بتقديم البعد الكمي للأنواع المؤشرة، وتحديد أولويات للإدارة العملية للأنواع المؤشرة المعنوية في المواقع المدروسة.

التوصيات:

1- تعميم هذه المنهجية باستخدام قيمة المؤشر وقيمة المؤشر الاجمالية لتشمل مناظر طبيعية مختلفة سياحية ودينية ومواقع تعرضت لاضطرابات بسبب الحرائق والاحتطاب والرعي.

2- دمج هذه المؤشرات مع مؤشرات أخرى حديثة في مجال التنوع الحيوي واجراء دراسات معمقة للحالة التركيبية للنبت في مواقع غابوية متعددة.

3- إجراء دراسات تكميلية تتناول دراسة العوامل المناخية والارضية للمواقع المدروسة عند استخدام هذه المؤشرات.

4- حماية الأنواع المؤشرة في كل موقع لأنها تدل على أهمية بيئية فريدة.

5- تكرار الدراسة في فترات زمنية محددة لمعرفة التغيرات في التنوع النباتي ومدى قدرة الأنواع ذات قيم المؤشر العالية على مقاومة الضغوط المستمرة مثل تغير المناخ أو حدوث اضطرابات في النظام البيئي للموقع

References:

[1] I. Nahal, Encyclopedia of Forestry in Syria (Past-Present-Future). Rome: Food and Agriculture Organization (FAO), , (in Arabic), (2012).

[2] K. P. Panetsos, Genetics and breeding in the group halepensis, in Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne, Paris: CIHEAM, pp. 81-88. (1985).

[3] I. Nahal and S. Zahoueh, Valuing Mediterranean Forests: Towards Total Economic Value, in Valuing Mediterranean Forests, *Wallingford*, UK: CAB *International Publishing*, pp. 177-194 , (2005).
[4] A. Ghazal, *Landscape ecological phytosociological and geobotanical study of Eu-Mediterranean in west of Syria, Ph.D. dissertation*, University of Hohenheim, Germany, 2008.
[5] D. Simon, Importance of Biodiversity in National Parks. New York, USA: *Park Sciences*-Special Issues, (2006).
[6] R. F. Noss, Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach, *Conservation Biology*, vol. 4, no. 4, pp. 355-364, (1990).
[7] Z. Al-Shatter, B. Al-Saleh Al-Abd, Study of Some Biodiversity Indicators in Selected Forest Sites in Qastal Maaf (Lattakia Gove) and Al-Qadmus (Tartous Gove) During 2009-2022. *Syrian Journal of Agricultural Research*, (in Arabic), vol. 23, no. 1603, pp. 1-10,4, (2023).
[8] P. Quezel, F. Medail, R. Loisel, and M. Barbero, Biodiversity and conservation of forest species in the Mediterranean basin, *Unasylva*, vol. 50, no. 197, pp. 21-28, (1999).
[9] A. E. Magurran, Measuring Biological Diversity. Oxford: *Blackwell Publishing*, (2004).
[10] J. Burger, Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research, *Environmental Bioindicators*, vol. 1, pp. 22-39, (2006).
[11] R. G. Mateo, A. Gastón, M. J. Aroca-Fernández, O. Broennimann, A. Guisan, S. Saura, and J. I. García-Viñas, Hierarchical species distribution models in support of vegetation conservation at the landscape scale, *Journal of Vegetation Science*, vol. 30, pp. 386-396, (2019).
[12] A. A. H. Siddig, A. M. Ellison, A. Ochs, C. Villar-Leeman, and M. K. Lau, How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators, *Ecological Indicators*, vol. 60, pp. 223-230, (2016).
[13] D. B. Lindenmayer, C. R. Margules, and D. B. Botkin, Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management, *Conservation Biology*, vol. 14, pp. 941-950, (2000).
[14] S. R. Borrett, J. Moody, and A. Edelmann, The rise of Network Ecology: maps of the topic diversity and scientific collaboration, *Ecological Modelling*, vol. 293, pp. 111-127, (2014).
[15] M. Dufrêne and P. Legendre, "Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach," Ecological Monographs, vol. 67, pp. 345-366, (1997).
[16] A. P. E. Van Oudenhoven, K. Petz, R. Alkemade, L. Hein, and R. S. de Groot, Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services, Ecological Indicators, vol. 21, pp. 110-122, (2012).
[17] P. Schall and C. Ammer, How to quantify forest management intensity in Central European forests, *European Journal of Forest Research*, vol. 132, pp. 379-396, (2013).
[18] G. Chirici, National forest inventory contributions to forest biodiversity monitoring. *For. Sci.* (2012).
[19] D. B. Lindenmayer and G. E. Likens, The science and application of ecological monitoring, *Biological Conservation*, vol. 143, pp. 1317-1328, (2010).
[20] M. Cosović, M. N. Bugalho, D. Thom, and J. G. Borges, Stand structural characteristics are the most practical biodiversity indicators for forest management planning in Europe, *Forests*, vol. 11, p. 343, (2020).
[21] L. Tichý and M. Chytrý, Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size, *Journal of Vegetation Science*, vol. 17, pp. 809-818, (2006).
[22] M. De Cáceres, P. Legendre, and M. Moretti, "Improving indicator species analysis by combining groups of sites," Oikos, vol. 119, pp. 1674-1684, (2010).
[23] L. Larrieu, F. Gosselin, F. Archaux, R. Chevalier, G. Corriol, E. Dauffy-Richard, M. Deconchat, M. Gosselin, S. Ladet, J.-M. Savoie, L. Tillon, and C. Bouget, Assessing the

potential of routine stand variables from multi-taxon data as habitat surrogates in European temperate forests, *Ecological Indicators*, vol. 104, pp. 116-126, (2019).
[24] J. D. Chinea, Tropical forest succession on abandoned farms in the Humacao Municipality of eastern Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 167, 195–207.(2002).
[25] B. McCune and J. B. Grace, Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach, Oregon, USA: *MjM Software Design*, (2002).
[26] R. Ejrnæs, H. H. Bruun, E. Aude, and E. Buchwald, Developing a classifier for the Habitats Directive grassland types in Denmark using species lists for prediction, *Applied Vegetation Science*, vol. 7, pp. 71-80, (2004).
[27] J. F. Lehmkuhl, L. E. Gould, E. Cázares, and D. R. Hosford, Truffle abundance and mycophagy by northern flying squirrels in eastern Washington forests, *Forest Ecology and Management*, vol. 200, pp. 49-65, (2004).
[28] D. Mouillot, J.-M. Culioli, and T. D. Chi, Indicator species analysis as a test of non-random distribution of species in the context of marine protected areas, *Environmental Conservation*, vol. 29, pp. 385-390, (2002).
[29] J. G. Blake, Effects of prescribed burning on distribution and abundance of birds in a closed-canopy oak-dominated forest, Missouri, USA. *Biological Conservation* 121, 519–531.(2005).
[30] J. Pöyry, S. Lindgren, J. Salminen, and M. Kuussaari, "Responses of butterfly and moth species to restored cattle grazing in semi-natural grasslands," Biological Conservation, vol. 122, pp. 465-478, (2005).
[31] A. Dai, B. Page, and K. J. Duffy, Indicator value analysis as a group prediction technique in community classification, *South African Journal of Botany*, vol. 72, pp. 589-596, (2006).
[32] F. C. García, E. Bestion, R. Warfield, and G. Yvon-Durocher, Changes in temperature alter the relationship between biodiversity and ecosystem functioning, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, pp. 10989-10994, 2018.
[33] J. Blanco, R. Seppelt, and L. García-Barrios,. How ecological research on human-dominated landscapes advances applied conservation. Ecological Applications, 31 (7). 2021.
[34] Z. Shater, Studying the Plant Species Diversity of the Pinus brutia Ten. Forests in the Coastal Region of Syria. The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands The Arab Journal for Arid Environments 9 (1-2), , (in Arabic),2015.
[35] W. Rajab, The effect of the afforestation and climate changes on plant biodiversity in the burned regions (Al Kabeer and Al Meedan) in Lattakia's forests. Doctoral dissertation in Ecology and Plant taxonomy, Faculty of Science, Tishreen University, (in Arabic), 141 pp, 2014.