تقييم متكامل للحالة البيئية لبعض المواقع السياحية في غابات الصنوبر البروتي باستخدام حزمة من مؤشرات التنوع الحيوي التقليدية والحديثة

رهف نزهه*[1] وأسامة رضوان[1] ووائل علي[1]

1 كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية.

(*للمراسلة: م. رهف نزهة، البريد الإلكتروني: rahafnezha2019@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 20/ 12/ 2025 تاريخ القبول: 26/ 03/ 2026

الملخّص

أجريت الدراسة عام 2024 في ثلاثة مواقع سياحية لغابات لصنوبر البروتي في منطقة اللاذقية وهي الروضة (J1)، بللوران (J2) والنهر الأسود (J3). بهدف فهم ديناميكية مجتمعاتها النباتية وتقييم تأثير الضغوط البشرية عليها، من خلال استخدام حزمة من مؤشرات التنوع الحيوي التقليدية (الغنى النوعي، معامل شانون، معامل سيمبسون، معامل جاكرد) وبعض المؤشرات المطورة الدَّالة على التنوع الحيوي النباتي قيمة المؤشر (IV) بهدف تحديد الأنواع المؤشرة الدالة القوية، والأنواع المؤشرة المعنوية في كل موقع، وقيمة المؤشر الكلية (TIV) لتصنيف المواقع ضمن غابات الصنوبر البروتي المدروسة. أظهرت النتائج تبايناً واضحاً في الغنى النوعي والتنوع بين المواقع، فيما أظهرت نتائج قيمة المؤشر (IV)، تحديد مجموعة من الأنواع المؤشرة القوية والأنواع المؤشرة المعنوية، ومن أبرز هذه الأنواع، سجل النوع Calycotome villosa كؤشر معنوي في J1، والنوع Poterium spinosum كمؤشر قوي ومعنوي في J2 والنوع Arbutus andrachne كمؤشر قوي ومعنوي في J3. يظهر استخدام المؤشرات التقليدية والمؤشرات المطورة مفهوماً متكاملاً لتقييم المواقع السياحية تحت تأثير الضغوط البشرية، وتوفر اساساً علمياً لتوجيه جهود الحفاظ والإدارة المستدامة لهذه النظم البيئية الحساسة.

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

المقدمة:

تؤدي الغابات دوراً محورياً، لا غنة عنه في استدامة أنظمة دعم الحياة على سطح الأرض، إذ تحتضن الجزء الأكبر من التنوع الحيوي الأرضي للكوكب، وتدعم الوظائف البيئية الأساسية والخدمات المرتبطة بها، مثل تخزين الكربون، ودورة المغذيات، وتنظيم المياه (Mori *et al*., 2017; Dave *et al*., 2019; Ali, 2023).

تتميز الغابات الصنوبرية بأنواع النباتات التي تُشكّل الظلة، كما أنها غنية بشكل استثنائي بتنوع نباتات الطبقة السفلية، والتي تشكل غالبية التنوع الحيوي الكلي للغابة (Dagan and Izhaki, 2019). تلعب الغابة كأحد النظم البيئية دورًا حيويًا في الحفاظ على التنوع الحيوي ودورة الكربون والاستقرار البيئي داخل حوض البحر الأبيض المتوسط، لكن لاتزال غابات الصنوبر المختلطة في منطقة البحر المتوسط غير مفهومة بشكل كافٍ (Fajardo-Cantos *et al*., 2025).

شكل التدهور المتسارع للتنوع الحيوي جراء الأنشطة البشرية مصدر قلق متصاعد فب الأوساط العلمية خلال العقود الأخيرة (Díaz *et al*., 2019; Storch *et al*., 2021; Jaureguiberry *et al*., 2022)، وتتعدد أوجه هذه الأنشطة في الغابات، لتشمل السياحة، والرعي، والصيد، وقطع الأخشاب (Ez-Al Deen Sultan *et al*., 2025)، من الجدير بالذكر أن الغابات الطبيعية أو شبه الطبيعية لا تستبعد جميع الاستخدامات البشرية، لأن هذا النوع من التفاعل بين البشر والغابات يتوافق مع مبادئ الغابات عالية القيمة للحفظ، طالما جرى ضمن حدود لا تخل بالوظائف البيئية الأساسية (Wiersum, 1997; Sze *et al*., 2022)، لذلك في العقود الأخيرة، تم استخدام مؤشرات الأنواع النباتية بشكل متزايد لتتبع آثار الأنشطة على النظم البيئية، ولكي تكون قوية وذات صلة بالسياسات الحراجية وإدارة الموارد الطبيعية، ينبغي أن تكون هذه المبادرات ممثلة للمجتمع البيئي الأوسع نطاقاً، وقادرة على الاستجابة للتغيرات البيئية المتراكمة (Zettler *et al*., 2013; Stevenson *et al*., 2021) ويفضل أن تكون قابلة للمقارنة عبر المواقع الجغرافية المتباينة (McNellie *et al*., 2020)، وقد أنصب تطوير مؤشرات التنوع الحيوي في معظمه على تنوع الأنواع (Marques *et al*., 2017; Damiani *et al*., 2023)، وإن كان هذا التنوع لا ينفصل في حقيقته عن التنوع الجغرافي المتمثل في تباين الظروف الطبيعية، من تضاريس وخصائص تربة ومناخ محلي، وفي المناظر الطبيعية الحضرية تحديداً يضاف إلى ذلك تنوع أنماط استخدام الأراضي، وقد اقترح Jedicke (2001) تسمية هذه الأبعاد مجتمعة – التنوع الجغرافي والتنوع الحيوي وتنوع استخدام الأراضي بالتنوع البيئي للمناظر الطبيعية، حيث يمكن أن يكون تأثير استخدام الأراضي على أنماط توزيع الأنواع لا سيما في المناظر الطبيعية الحضرية، أكبر من تأثير معايير المناظر الطبيعية الأصلية والطبيعية.

بالنسبة للدراسات على المستوى الإقليمي (المحلي)، يمكن أن يكون استخدام الأراضي حاسما لتكوين الأنواع وغناها (Deutschewitz, 2001).

يُشكّل توافر الموارد الطبيعية من تضاريس متنوعة، ومناظر طبيعية خلابة، وأنواع نباتية وحيوانية فريدة، رافداً أساسياً لتنشيط السياحة البيئية، ويوفر تجارب ترفيهية رفيعة المستوى للزوار (Lee, 2013)، وقد شهدت صناعة السياحة العالمية في السنوات الأخيرة نموًا متسارعاً ولافتاً، تحركه موجة متصاعدة من الطلب على أنشطة الترفيه والاستجمام في الأوساط الطبيعية (Happ *et al*., 2023). ومع تزايد الأهمية الاقتصادية للسياحة البيئية، تتعرض الغابات الطبيعية لضغوط بشرية متزايدة، مما يهدد استدامة تنوعها الحيوي، ولتقييم دقيق للحالة البيئية لهذه المواقع الحساسة، تلعب مؤشرات التنوع الحيوي التقليدية كمؤشرات الغنى النوعي والاختلاف والتشابه والسيادة دوراً مهما في تقييم التنوع الحيوي في المناظر الطبيعية بأشكالها المختلفة (مناظر طبيعية خام، مناظر طبيعية دينية ومناظر طبيعية سياحية)، ويعد الاعتماد على المؤشرات التقليدية للتنوع الحيوي غير كافٍ، ولفهم أعمق أصبح دور المؤشرات الدَّالة على التنوع ذا أهمية متزايدة في فهم التوزيع البيئي للأنواع وتحديد أولويات حفظ التنوع الحيوي (Siddig *et al*., 2016; Lindenmayer *et al*., 2000)

وإنَّ الأبحاث حول أنواع المؤشرات آخذة في الازدياد من خلال تطوير منهجية المؤشرات الكمية لمعالجة قصور المؤشرات التقليدية (Borrett *et al*., 2014). تعتمد العديد من الدراسات البيئية على المؤشرات الكمية لتقييم حالة النظم البيئية (Magurran, 2004)، 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 (الدالة) التي تعكس ظروفاً بيئية محددة، مثل قيمة المؤشر Indicator Value (IV) 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 (Dufrêne and Legendre, 1997)، وبمرور الوقت وتطور العلوم البيئية، ازدادت الحاجة إلى مؤشرات قابلة للقياس وبسيطة ومجدية ماليا وموثوقة للتنوع الحيوي (Van Oudenhoven *et al*., 2012; Schall and Ammer, 2013).

أشار كل من Tichý و Chytrý (2006) بأنه في علم البيئة، هناك معيار كمي مهم لتحديد المجتمعات المختلفة وهو وجود ووفرة الأنواع، وعادة ما يتم الكشف عن الأنواع المؤشرة 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 أُقترح العديد من النُهج المختلفة لتحديد الأنواع المؤشرة، وترجع الطريقة الأكثر استخداما لتحليل أنواع المؤشرات إلى Dufrêneو Legendre (1997) اللذان قدما مؤشراً مركباً خاصاً بالأنواع يسمى قيمة المؤشر IndVal (IV) الذي اعتمد على بيانات الوفرة النسبية والتردد النسبي وطبقت في غابات بلجيكا، فيما اعتمد De Cáceres وآخرون (2010) على الوفرة النسبية والتردد التجميعي لقياس قيمة المؤشر في غابات اسبانيا، واعتمد Larrieu وآخرون (2019) على عدد الأفراد والانتشار الجغرافي للمواقع في غابات فرنسا والمقارنة عند $p<0.01$.

تستخدم قيمة المؤشر (IV) من أجل قياس ارتباطات المجتمعات النباتية مع مجموعات من المواقع، والتي تشير 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 (Nahal and Zahoueh, 2005)، وتُعد الأنواع ذات المؤشر العالي في مجموعة معينة من المواقع مقارنة بالمجموعات الأخرى مؤشرة لتلك المجموعة المحددة (Tichý and Chytrý, 2006; De Cáceres *et al*., 2010). ونظراً لسهولة حسابها ومعناها الحيوي الواضح، فقد اعتمدت قيمة المؤشر (IV) عادة لتحديد الأنواع المختلفة المؤشرة على طول التدرجات البيئية (الارتفاع، الرطوبة، الملوحة، ...) وتحديد الأنواع الحساسة للتغيرات البيئية الدقيقة (Chinea, 2002)، ودراسة استجابات المجتمعات النباتية للتغير المناخي (McCune and Grace, 2002)، والمقارنة بين المجتمعات (الموائل) المختلفة وتقييم درجة تجانس أو تباين المجتمعات النباتية، وكذلك الدراسات الزمنية والمكانية، حيث تتميز قيمة المؤشر (IV) برصد التغيرات في التركيبة النوعية عبر الزمن (Lehmkuhl *et al*., 2004)، ومقارنة الانماط التوزيعية بين مناطق جغرافية مختلفة (Mouillot *et al*., 2002)، كما تُستخدَم قيمة المؤشر (IV) في تقييم الاضطرابات البيئية الطبيعية (الحرائق

والفيضانات) وقياس تأثير الانشطة البشرية المختلفة (Blake, 2005)، وتطوير مؤشرات الرصد البيئي المبكر (Pöyry *et al*., 2005).

أشارت دراسات Dai وآخرون (2006) إلى أن قيمة المؤشر (IV) تُعد أداة فعالة في تقييم التنوع الحيوي، خاصة عند مقارنة مواقع متعددة داخل نفس المنظومة البيئية، كما أظهرت أبحاث García وآخرون (2018) أن قيمة المؤشر الكلية (TIV) تعكس بدقة تأثير التغيرات المناخية في الموائل الطبيعية. 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.

وهناك دراسات كثيرة في منطقة المتوسط اعتمدت على هذين المؤشرين كأدوات لقياس خصائص مختلفة ضمن النظام البيئي المدروس، مثل دراسة Cosović وآخرون (2020) لتقييم فعالية خطط إدارة الغابات في أوروبا، فيما أظهرت دراسة (Ghazal 2008) 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 Siddig وآخرون (2016) أهمية التكرار المكاني في تحسين حساسية قيمة المؤشر (IV)، وطورت دراسة De Cáceres وآخرون (2010) حزمة indicspecies (حزمة الأنواع المؤشرة الدالة) في البرنامج الاحصائي R لحساب (IV) باستخدام الوفرة النسبية لكل نوع في كل موقع، التردد عبر مجموعات مواقع متعددة والكشف عن أنواع مؤشرة للتدهور في غابات كاتالونيا في اسبانيا، بينما قامت دراسة Larrieu وآخرون (2019) بتحديد 8 أنواع مؤشرة للغابات القديمة بفرنسا، وكانت قيمة المؤشر (IV) الأكثر دقة في التنبؤ بجودة الموائل بمعنوية $P<0.01$.

تتجلى أهمية البحث من ضرورة إرساء قاعدة بيانات مرجعية للتنوع الحيوي النباتي في بعض غابات الصنوبر البروتي في منطقة اللاذقية لفهم التباين البيئي للمناظر الطبيعية السياحية المختلفة، وتطوير منهجية تعتمد على المؤشرات الكمية لتجاوز قصور المؤشرات التقليدية مثل مؤشرات الاختلاف (غنى نوعي وشانون)، مؤشرات السيادة (سمبسون)، مؤشرات التشابه (جاكارد) بهدف تقليل كم وعدد القياسات الحراجية المطلوبة، كما يركز البحث على استخدام الأنواع الدَّالة كمؤشرات بيئية موثوقة واقتصادية لرصد التغيرات الديناميكية في الغطاء النباتي، وتقييم كفاءة الإدارة الحراجية، والاستدلال المبكر على التحولات البيئية الوشيكة، ، ويتمثل التحدي العلمي الأساسي الذي يعالجه هذا العمل في وضع معايير دقيقة لتحديد هذه المؤشرات وتطبيقاتها العملية في ثلاث مواقع سياحية متباينة لغابات الصنوبر البروتي، في منطقة اللاذقية، مما يساهم في تقديم رؤى علمية حول جودة هذه النظم البيئية ومدى تأثرها بالظروف البيئية المحلية، مما قد يكون مفيدًا في وضع خطط الحفظ والإدارة المستدامة.

ويهدف البحث إلى دراسة بعض مؤشرات التنوع الحيوي التقليدية (الغنى النوعي – شانون – سيمبسون – جاكارد) لتوصيف الحالة الراهنة للمواقع المدروسة. حساب بعض المؤشرات الدالة على التنوع الحيوي: قيمة المؤشر "قيمة النوع الدال (IV) وقيمة المؤشر الكلية "مجموع القيمة الدالة للموقع (TIV)، لقياس مدى تمايز وتنوع المجموعات الحرجية في بعض غابات الصنوبر البروتي السياحية 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.

مواد البحث وطرائقه:

1. موقع الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في منطقة اللاذقية، شمال محافظة اللاذقية – سورية، وهي ثلاث مواقع سياحية لمجتمعات (مناظر) غابات الصنوبر البروتي، والجدول (1) يوضح البيانات التوضيحية لموقع الدراسة.

الجدول (1): بيانات تخص كل موقع من المواقع السياحية الثلاثة

رمز الموقع	اسم الموقع	الناحية ـ القرية	الصخرة الام	الارتفاع عن سطح البحر م	المساحة هكتار
J1	الروضة	قسطل المعاف - قرية الروضة	مارن غضاري – غضار - حجر كلسي	330-180	11
J2	بللوران	قسطل المعاف - قرية بللوران	مارن غضاري – غضار - حجر كلسي	180	15
J3	النهر الأسود	عين البيضا - قرية مشقيتا	حجر رملي ناعم – رمل - حصى	256	7

2. طرائق البحث:

أ- 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 (20*5) م مساحة كل منها 100م^2، اعتماداً على المساحة وعلى الظروف التضاريسية والطبوغرافية في كل موقع، وهي ذات فعاليّة كبيرة للغابات المتوسطية، وعدد العينات حسب مساحة الموقع المدروس، الجدول (2).

ب- 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).

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

	اسم الموقع	عدد العينات	عدد الأنواع في الموقع	عدد الأنواع الكلي في المنظر الطبيعي
مواقع سياحية	**الروضة**	30	39	55
	بللوران	40	30	
	النهر الأسود	16	30	

ت- حساب مؤشرات التنوع الحيوي:

تمّ حساب التنوع في المجتمع النباتي في المواقع المدروسة، وقد استعملت دلائل التنوع التالية: الغنى النوعي، دليل شانون للتنوع، دليل سمبسون للتنوع، ومعامل جاكارد.

- **الغنى النوعي**

يُعد من أبسط معايير قياس التنوع الحيوي، وهو يُمثل العدد الكلي للأنواع الموجودة في مجتمع معين، أو في بيئة معينة.

- **دليل شانون (H´) Shannon-Wiener index**

يُعد دليل شانون – وينر (H´) من أهم دلائل التنوع استخداماً، لأنه يأخذ في الاعتبار الغنى النوعي والوفرة النسبية للأنواع في الوقت نفسه، ويُعطى بالمعادلة الآتية (Shannon and Weaner, 1949):

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \times \ln p_i$$

حيث: H` معامل شانون، S: العدد الكلي للأنواع، pi: الوفرة النسبيّة للأنواع (ni/N).

ni: عدد أفراد النوع النباتي في العينة، N: العدد الكلي لأفراد جميع الأنواع في العينة.

وتتراوح قيمة H´ بين 1.5 و3.5، ونادراً ما تتجاوز 4.5، ويزداد تنوع المجتمع مع زيادة قيمة هذا الدليل (Gaines *et al.*, 1999)، وتعني القيم المرتفعة لهذا الدليل أنّ السيادة غير مركزة في عدد قليل من الأنواع، وإنما تتوزع على العديد منها.

- **دليل سمبسون للسيادة (dominance) (D)= Simpson´s index of diversity**

يُعدّ من أكثر معاملات السيادة استخداماً، إذ تُستخدم هذه المعاملات لكي تؤخذ سيادة بعض الأنواع بعين الاعتبار. إذ تعطي هذه المعاملات أهميةً للأنواع الأكثر وفرةً أكثر مما تُعطي للغنى النوعي الكلي، ولذلك فإنها حساسة جداً للأنواع الأكثر سيادة، وأقل حساسية لعدد الأنواع (Magurran,1988)، ويُعطى بالمعادلة الآتية (Simpson, 1949):- D = 1 ΣPi^2

حيث: Pi الوفرة النسبية للأنواع، كلما ازدادت قيمة هذا المعامل باتجاه الواحد ازداد التنوع الحيوي النباتي.

- **دليل جاكارد للتشابه Jaccard index**

يُستخدم دليل جاكارد لمعرفة درجة التشابه أو التداخل بين الأنواع الموجودة في مجتمعين أو موقعين، ويحسب من المعادلة الآتية (Jaccard, 1908): CJ= j/(a+b-j) *100

حيث: Cj دليل جاكارد. j : عدد الأنواع المشتركة بين المجتمعين أو الموقعين

a: عدد أنواع المجتمع أو الموقع الأول. b: عدد أنواع المجتمع أو الموقع الثاني.

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

- **قيمة المؤشر (IV):**

هذا المؤشر طوره الباحثان Dufrêne وLegendre (1997)، 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 IV (النوع الدال) تم استخدام المعادلة التالية، حسب Dufrêne وLegendre (1997).

حيث: IVij= RAij× RFij× 100

IVij: قيمة المؤشر للنوع i في الموقع j.

RAij الوفرة النسبية: ويتم 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 بين IV 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).

وتُعدّ قيمة المؤشر IVمؤشر 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:[IVij] IVi = max قيمة مؤشر النوع i لتصنيف المواقع هي أكبر قيمة لـ IVij التي لوحظت على جميع المواقع j من هذا التصنيف.

وتُعدّ الأنواع التي تملك قيمة لهذا المؤشر أكبر أو تساوي 50 (IV ≥ 50) مؤشرة (دالة)، 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 (Dufrêne and Legendre, 1997)، 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 (Dufrêne and Legendre, 1997).

- **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 (Dufrêne and Legendre, 1997)، أي يستخدم لتصنيف المواقع المدروسة، وهو تطوير لمؤشر IV، حيث يتم وزن قيمة المؤشر للنوع بوفرة هذا النوع في كل موقع على حده (Dai *et al.*,2006).

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 iفي 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 الكلية 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 De Cáceres وآخرون (2010)، 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 حزمة النوع الدال على تطبيق العلاقات الخاصة بقيمة المؤشر IV وقيمة المؤشر الكلية TIV والحصول على النتائج بسهولة.

التحليل الاحصائي:

بعد حساب 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 لعرض توزع قيم (IV) للأنواع في كل موقع، باستخدام برنامج SPSS.
- 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 أو احصائية معينة، بمعنى أنه في حال اختلاف حجم العينة وعدد العينات في الموقع هل سيعطي نفس النتائج.

النتائج:

1- نتائج الكشوفات النباتية:

عرضت نتائج الكشوفات النباتية في المواقع الثلاثة المدروسة في الجدول (3).

الجدول (3): الأنواع النباتية وعدد أفراد كل نوع وعدد العينات التي ظهر فيها النوع في موقع الروضة (J1)، موقع بللوران (J2)، وموقع النهر الأسود (J3).

النوع النباتي	عدد أفراد النوع في الموقع (J1)	عدد العينات التي ظهر بها النوع	عدد أفراد النوع في الموقع (J2)	عدد العينات التي ظهر بها النوع	عدد أفراد النوع في الموقع (J3)	عدد العينات التي ظهر بها النوع
Pinus brutia	502	30	500	40	508	16
Pistacia palaestina	334	25	201	30	203	12
Smilax aspera	304	21	869	25	246	11
Styrax officinalis	98	19	23	9	8	1
Crataegus monogyna	43	12	-	-	-	-
Cistus creticus	360	21	117	12	113	4
Echinops viscosus	303	11	95	5	80	2
Rhamnus punctata	115	14	212	31	102	6
Fontanesia phlilyreoides	183	24	212	26	-	-
Quercus calliprinos	871	26	2188	39	252	13
Asparagus acutifolius	342	14	906	28	169	6
Calycotome villosa	508	24	94	13	137	6
Cistus salvifolius	386	21	175	21	511	10
Phillyrea media	213	23	1277	39	1125	16
Rhamnus paliurus	72	14	89	16	-	-
Myrtus communis	227	20	777	37	1207	13
Eryngium creticum	337	12	150	9	-	-
Cercis siliquastrum	91	16	13	3	23	4
Acer syriacum	11	3	-	-	-	-
Ononis natrix	80	5	-	-	-	-
Biota orientalis	16	5	-	-	-	-
Vitex angus_castus	64	6	-	-	76	2
Phlomis purpurea	17	1	-	-	-	-
Heliotropium hirsutissimum	15	1	-	-	-	-
Platanus orientalis	14	2	-	-	-	-
Elaeagnus angustifolia	1	1	-	-	-	-
Vitis vulpina	11	3	-	-	-	-
Echinops ritro	23	4	-	-	-	-
Rhamnus alaternus	24	6	-	-	6	2
Laurus nobilis	82	8	-	-	18	3
Rubus collinus	190	7	-	-	-	-
Nerium oleander	21	5	-	-	-	-
Arbutus andrachne	21	5	16	3	641	15
Quercus infectoria	10	5	64	18	285	14
Phragmites communis	215	5	-	-	15	1
Alnus orientalis	21	3	-	-	-	-
Mentha longifolia	47	3	-	-	-	-
Spartium junceum	2	1	-	-	-	-
Hedera helix	1	1	32	13	47	6

Pistacia lentiscus	-	-	309	28	-	-
Galium mollugo	-	-	145	5	-	-
Salvia officinalis	-	-	300	11	147	6
Ruscus aculeatus	-	-	136	5	171	4
Acacia cyanophylla	-	-	159	18	-	-
Poterium spinosum	-	-	1759	32	-	-
Pyrus syriaca	-	-	11	7	-	-
Centaurium tenuiflorum	-	-	95	4	-	-
Helichrysum sanguineum	-	-	40	3	-	-
Lavandula angustifolia	-	-	41	4	15	1
Centaurea ptosimopappa	-	-	-	-	78	2
Daphne oleipholeia	-	-	-	-	2	1
Capparis spinosa	-	-	-	-	7	1
Rhus cotinus	-	-	-	-	186	10
Lavandula stoechas	-	-	-	-	61	2
Osyris alba	-	-	-	-	245	3

2- دلائل التنوع الحيوي:

- **دليل الغنى النوعي:**

بلغ عدد الأنواع في كامل المنظر الطبيعي في المواقع السياحية (الروضة، بللوران والنهر الأسود) 55 نوعاً ، تنتمي إلى 31 فصيلة، كانت الفصيلة Fabaceae في المرتبة الأولى والتي تمثلت بـ 7 أنواع نباتية، تلتها الفصيلة Lamiaceae بـ 6 أنواع، وفي المرتبة الثالثة كل من Asteraceae و Rosaceae بـ 4 أنواع نباتية لكل منها، في حين تمثلت الفصيلتين Anacardiaceae، وRhamnaceae بـ 3 أنواع لكل منهما، وتمثلت الفصائل Asparagaceae، Cistaceae و Oleaceaeبنوعين، في حين تمثلت 22 فصيلة بنوع واحد لكل منها ويُظهر الجدول (4) الغنى النوعي لكل موقع من مواقع الدراسة، ومنه لوحظ أنّ الغنى النوعي كان أكبر في كشوف الروضة بقيمة 39 نوع تنتمي إلى 27 فصيلة، إذ سادت الفصيلة Fabaceae التي تمثلت بـ 4 أنواع نباتية، تلاها الفصيلتين Lamiaceae وRhamnaceae والتي تمثلتا بـ 3 أنواع نباتية، وفي المرتبة الثالثة الفصائل Asteraceae، Cistaceae، Fagaceae، Oleaceae وRosaceaeحيث تمثلت كل منها بنوعين فقط، في حين تمثلت 19 فصيلة بنوع واحد فقط.

الجدول (4): توزع الأنواع حسب الفصيلة في المواقع السياحية.

الرقم	النوع النباتي	الفصيلة	الروضة	بللوران	النهر الأسود
1	*Pistacia lentiscus*	Anacardiaceae	0	1	0
2	*Pistacia palaestina*	Anacardiaceae	1	1	1
3	*Rhus cotinus*	Anacardiaceae	0	0	1
4	*Eryngium creticum*	Apiaceae	1	1	0
5	*Nerium oleander*	Apocynaceae	1	0	0
6	*Hedera helix*	Araliaceae	1	1	1
7	*Asparagus acutifolius*	Asparagaceae	1	1	1
8	*Ruscus aculeatus*	Asparagaceae	0	1	1
9	*Centaurea ptosimopappa*	Asteraceae	0	0	1

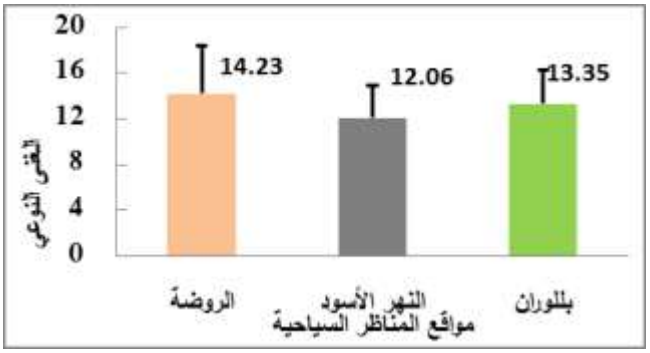
0	0	1	Asteraceae	*Echinops ritro*	10
1	1	1	Asteraceae	*Echinops viscosus*	11
0	1	0	Asteraceae	*Helichrysum sanguineum*	12
0	0	1	Betulaceae	*Alnus orientalis*	13
0	0	1	Boraginaceae	*Heliotropium hirsutissimum*	14
1	0	0	Capparaceae	*Capparis spinosa*	15
1	1	1	Cistaceae	*Cistus creticus*	16
1	1	1	Cistaceae	*Cistus salvifolius*	17
0	0	1	Cupressaceae	*Biota orientalis*	18
0	0	1	Elaeagnaceae	*Elaeagnus angustifolia*	19
1	1	1	Ericaceae	*Arbutus andrachne*	20
0	1	0	Fabaceae	*Acacia cyanophylla*	21
1	1	1	Fabaceae	*Calycotome villosa*	22
1	1	1	Fabaceae	*Cercis siliquastrum*	23
0	0	1	Fabaceae	*Ononis natrix*	24
0	0	1	Fabaceae	*Spartium junceum*	25
1	1	1	Fagaceae	*Quercus calliprinos*	26
1	1	1	Fagaceae	*Quercus infectoria*	27
0	1	0	Gentianaceae	*Centaurium tenuiflorum*	28
1	1	0	Lamiaceae	*Lavandula angustifolia*	29
1	0	0	Lamiaceae	*Lavandula stoechas*	30
0	0	1	Lamiaceae	*Mentha longifolia*	31
0	0	1	Lamiaceae	*Phlomis purpurea*	32
1	1	0	Lamiaceae	*Salvia officinalis*	33
1	0	1	Lamiaceae	*Vitex angus_castus*	34
1	0	1	Lauraceae	*Laurus nobilis*	35
1	1	1	Myrtaceae	*Myrtus communis*	36
0	1	1	Oleaceae	*Fontanesia phlilyreoides*	37
1	1	1	Oleaceae	*Phillyrea media*	38
1	1	1	Pinaceae	*Pinus brutia*	39
0	0	1	Platanaceae	*Platanus orientalis*	40
1	0	1	Poaceae	*Phragmites communis*	41
1	0	1	Rhamnaceae	*Rhamnus alaternus*	42
0	1	1	Rhamnaceae	*Rhamnus paliurus*	43
1	1	1	Rhamnaceae	*Rhamnus punctate*	44
0	0	1	Rosaceae	*Crataegus monogyna*	45
0	1	0	Rosaceae	*Poterium spinosum*	46
0	1	0	Rosaceae	*Pyrus syriaca*	47
0	0	1	Rosaceae	*Rubus collinus*	48

0	1	0	Rubiaceae	*Galium mollugo*	49
1	0	0	Santalaceae	*Osyris alba*	50
0	0	1	Sapindaceae	*Acer syriacum*	51
1	1	1	Smilacaceae	*Smilax aspera*	52
1	1	1	Styracaceae	*Styrax officinalis*	53
1	0	0	Thymelaeaceae	*Daphne oleipholeia*	54
0	0	1	Vitaceae	*Vitis vulpina*	55
30	30	39	55	عدد الأنواع	
20	19	27	31	عدد الفصائل	

بينما كانت أدنى قيمة له في كل من كشوف بللوران والنهر الاسود بـ 30 نوع نباتي لكل منهما، حيث بلغ عدد الأنواع في موقع بللوران 30 نوع تنتمي إلى 19 فصيلة، إذ سادت الفصيلة Fabaceae التي تمثلت بـ 3 أنواع نباتية، وفي المرتبة الثانية كانت الفصائل Anacardiaceae، Asparagaceae، Asteraceae، Cistaceae، Fagaceae، Lamiaceae، Oleaceae، Rhamnaceae و Rosaceae التي تمثلت بنوعين فقط، بينما تمثلت 9 فصائل بنوع واحد فقط، أما بالنسبة لموقع النهر الأسود فقد بلغ الغنى النوعي 30 نوعاً تنتمي إلى 20 فصيلة، كانت الفصيلة Lamiaceae في المرتبة الأولى حيث تمثلت بـ 4 أنواع نباتية، وفي المرتبة الثانية كانت الفصائل Anacardiaceae، Asparagaceae، Asteraceae، Cistaceae، Fabaceae، Fagaceae، وRhamnaceae التي تمثلت بنوعين، أما بقية الفصائل والتي بلغ عددها 12 فصيلة تمثلت بنوع واحد فقط لكل منها.

وكانت أعلى نسبة تشابه بمعامل جاكارد 50%، بين بللوران (J2) والنهر الأسود (J3) إذ بلغت عدد الأنواع المشتركة بين الموقعين 20 نوع تنتمي إلى15 فصيلة، منها 5 فصائل Asparagaceae، Cistaceae، Fabaceae، Fagaceae وLamiaceae تمثلت كل منها بنوعين نباتيين، بينما وُجدت 10 أنواع موجودة في بللوران وغير موجودة في موقع النهر الأسود تنتمي إلى 9 فصائل، بينما تفرد النهر الأسود عن بللوران بـ 10 أنواع أيضاً تنتمي إلى 9 فصائل، بينما بلغت نسبة التشابه 43.75%، بين الروضة (J1)، والنهر الأسود (J3)، إذ بلغت عدد الأنواع المشتركة بين الموقعين 21 نوع تنتمي إلى 17 فصيلة، كانت الفصائل Cistaceae، Fagaceae، Fabaceae و Rhamnaceae أكثر الفصائل حضوراً في الموقعين إذ تمثلت كل منها بنوعين نباتيين، وتفرد الروضة بـ 18 نوع تنتمي إلى 15 فصيلة، بينما تفرد النهر الأسود عن الموقع الآخر بـ 9 أنواع تنتمي إلى 7 فصائل، وأدنى نسبة تشابه 40.82% بمعامل جاكارد، بين الروضة (J1)، وبللوران (J2)، إذ بلغت عدد الأنواع المشتركة بين الموقعين 20 نوع تنتمي إلى 15 فصيلة، كانت الفصائل Cistaceae، Fagaceae، Fabaceae، Oleaceae وRhamnaceae في المرتبة الأولى، حيث تمثلت بنوعين نباتيين لكل منها، وتفرد موقع الروضة بـ 19 نوع تنتمي إلى 15 فصيلة، بينما تفرد بللوران عن الروضة بـ 10 أنواع تنتمي إلى 8 فصائل.

ولمعرفة متوسط الغنى النوعي والانحراف المعياري والفروقات المعنوية لعدد الأنواع ضمن عينات كل موقع، وباعتبار أن عينات كل موقع هي مكررات تم استخدام اختبار التباين (One way Anova)، الشكل (1).

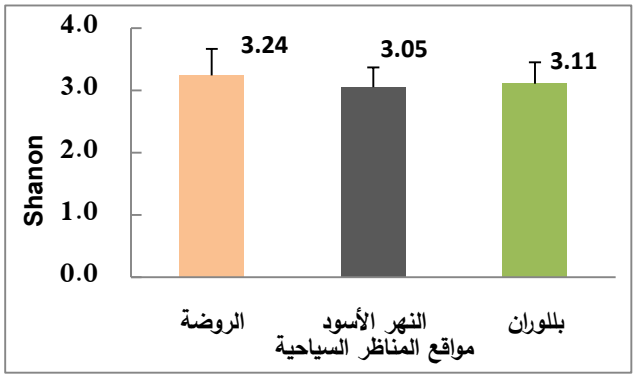


الشكل (1): متوسط الغنى النوعي في المواقع السياحية

لوحظ من الشكل (1)، إن قيم الغنى النوعي في عينات الموقع J1 (الروضة) تراوحت بين 6 و25 بمتوسط وقدره 14.23 وبانحراف معياري± 4.14 نوعاً في العينة الواحدة، في حين تراوحت بين 9 و20 نوعاً في عينات الموقع J2 (بللوران) بمتوسط قدره 13.35 ± 2.87 في العينة الواحدة، وكانت أقل القيم في الموقع J3 (النهر الأسود)، إذ تراوحت بين 7 و17 بمتوسط قدره 12.06± 2.91. أظهرت نتائج تحليل التباين ANOVA وجود فروقات بمتوسط الغنى النوعي بقيمة Sig= 0.041 عائدة لتفوق موقع الروضة على النهر الأسود، فيما كانت الفروق بين الروضة وبللوران، وبللوران والنهر الاسود غير معنوية، ويمكن تفسير هذا التباين بأن موقع النهر الأسود قد يكون تعرض لدرجة أعلى من التدهور البيئي أو فقدان الموائل نتيجة للأنشطة البشرية أو السياحية غير المنظمة، وهي مشكلة شائعة في المناطق الساحلية المتوسطية.

- **مؤشر (دليل) شانون:**

عرضت متوسطات قيم دليل شانون في المواقع السياحية المدروسة في الشكل (2).

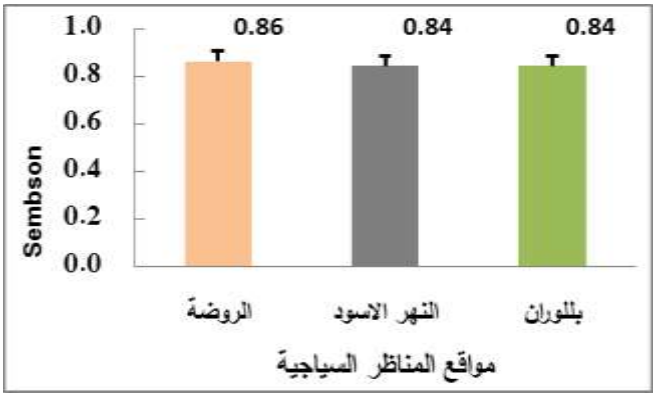


الشكل (2): متوسط قيم مؤشر شانون في المواقع السياحية

لوحظ من الشكل (2)، إن قيمة دليل شانون في عينات موقع الروضة تراوحت بين 2.25 و3.97 بايت بمتوسط قدره 3.24 ± 0.43 بايت، في العينة الواحدة، في حين تراوحت في عينات موقع بللوران بين 2.55 و3.76 بايت بمتوسط قدره 3.11 ± 0.35 بايت في العينة الواحدة، وكانت أدنى قيمة لدليل شانون في عينات موقع النهر الأسود، إذ تراوحت بين2.33 و3.41 بايت بمتوسط قدره 3.05 ± 0.32 بايت في العينة الواحدة. وتعكس هذه القيم تنوعاً مرتفعاً في المواقع الثلاثة، وكانت الفروقات بين المواقع الثلاثة غير معنوية، بقيمة Sig= 0.180.

- **مؤشر (دليل) سيمبسون:**

عرضت متوسطات قيم دليل سمبسون في المواقع السياحية المدروسة في الشكل (3).



الشكل (3): متوسط قيم مؤشر سمبسون في المواقع السياحية.

لوحظ من الشكل (3)، إن قيمة دليل سيمبسون في عينات موقع الروضة تراوحت بين0.744 و 0.922 بمتوسط قدره 0.863 ± 0.45، في العينة الواحدة، في حين تراوحت هذه القيم في عينات موقع النهر الاسود بين 0.757 و 0.898 بمتوسط قدره 0.845 ± 0.41 في العينة الواحدة، الشكل (3)، وكانت أدنى قيمة لدليل سيمبسون في عينات موقع بللوران، إذ تراوحت بين0.722 و 0.915 بمتوسط قدره 0.844 ± 0.45 بايت في العينة الواحدة وتعكس هذه القيم تنوعاً مرتفعاً في المواقع الثلاثة، وكانت الفروقات بين المواقع الثلاثة غير معنوية ، بقيمة Sig= 0.192 عند مستوى معنوية 0.05.

لوحظ إن متوسطات مؤشر شانون في المواقع الثلاثة بلغت بالمتوسط حوالي 3.1 بايت، وتعد متقاربة مقارنة ببعض الدراسات المحلية في اللاذقية (شاطر، 2016)، وبالرغم من وجود فروقات بين متوسطات قيم شانون وسمبسون في المواقع الثلاثة، إلا أنها لم تكن معنوية، مما يشير إلى توزيع متقارب احصائياً، وقد يعكس هذا التجانس تعرض المواقع الثلاثة لظروف مناخية وبيئية متشابهة، وأن الضغوط البيئية مثل السياحة أثرت عليها بشكل متساو، مما يحافظ على نمط توازن مماثل للأنواع، لكن التباين في الغنى النوعي يبرز الحاجة إلى حماية صارمة(Deutschewitz, 2001). إن التباين بين نتائج المؤشرين في المواقع الثلاثة يفسر الاختلاف في بنية المجتمع النباتي في كل موقع، ففي النهر الأسود لم يشر الانخفاض في قيمة دليل شانون، إلى مجرد نقص في عدد الأنواع، بل أكدته قيمة دليل سيمبسون والتي أشارت إلى هيمنة عدد قليل من الأنواع على وفرة المجتمع، مما قلل من التكافؤ بين الانواع وهو ما يبرز أهمية استخدام المؤشرات المطورة في التقييم البيئي نتيجة الضغوط المختلفة (Quezel *et al.*, 1999).

- **قيمة المؤشر IV:**

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 (6): قيمة المؤشر IV للأنواع النباتية في المواقع الثلاثة (الروضة J1، بللوران J2، النهر الأسود J3).

النوع النباتي	IV(J1) الروضة	IV(J2) بللوران	IV(J3) النهر الأسود	النوع النباتي	IV(J1) الروضة	IV(J2) بللوران	IV(J3) النهر الأسود
Pinus brutia	27.439	20.497	52.063	*Rhamnus punctata*	11.535	26.486	15.415
Pistacia palaestina	32.163	13.065	32.988	*Fontanesia phlilyreoide*	42.807	30.219	0
Smilax aspera	15.018	28.747	22.379	*Quercus calliprinos*	25.293	53.609	12.863
Styrax officinalis	47.652	2.9799	0.719	*Asparagus acutifolius*	11.925	35.539	8.8785
Crataegus monogyna	40	0	0	*Calycotome villosa*	48.649	2.743	11.531
Cistus creticus+	38.203	3.991	8.0301	*Cistus salvifolius*	18.314	4.6704	40.56
Echinops viscosus	21.192	1.699	3.577	*Phillyrea media*	4.9785	28.469	64.308
Rhamnus paliurus	24.216	19.243	0	*Echinops ritro*	13.333	0	0
Myrtus communis	4.9248	17.542	59.839	*Rhamnus alaternus*	13.617	0	3.989
Eryngium creticum	29.989	5.6313	0	*Laurus nobilis*	18.891	0	5.4671
Cercis siliquastrum	33.733	0.5083	7.4935	*Rubus collinus*	23.333	0	0
Acer syriacum	10	0	0	*Nerium oleander*	16.667	0	0
Ononis natrix	16.667	0	0	*Arbutus andrachne*	0.2834	0.0729	91.245
Biota orientalis	16.667	0	0	*Quercus infectoria*	0.2814	3.6463	78.933
Vitex angus_castus	6.198	0	8.626	*Phragmites communis*	14.739	0	0.723
Phlomis purpurea	3.333	0	0	*Alnus orientalis*	10	0	0
Heliotropium hirsutissimum	3.333	0	0	*Mentha longifolia*	10	0	0
Platanus orientalis	6.666	0	0	*Spartium junceum*	3.333	0	0
Elaeagnus angustifolia	3.333	0	0	*Hedera helix*	0.0295	6.895	29.213
Vitis vulpina	10	0	0	*Acacia cyanophylla*	0	45	0
Pistacia lentiscus	0	70	0	*Poterium spinosum*	0	80	0
Pyrus syriaca	0	17.5	0	*Galium*	0	12.5	0

				mollugo			
Centaurium tenuiflorum	0	10	0	*Salvia officinalis*	0	12.359	20.646
Helichrysum sanguineum	0	7.5	0	*Ruscus aculeatus*	0	3.0169	18.966
Lavandula angustifolia	0	5.223	2.986	*Rhus cotinus*	0	0	62.5
Centaurea ptosimopappa	0	0	12.5	*Rhamnus punctata*	0	0	15.415
Daphne oleipholeia	0	0	6.25	*Lavandula stoechas*	0	0	12.5
Osyris alba	0	0	18.75	*Capparis spinosa*	0	0	6.25

بلغ عدد الأنواع 55 نوعاً نباتياً في كامل المنظر الطبيعي (مواقع غابات الصنوبر البروتي السياحية 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 17 نوعاً نباتياً، أنواع متواجدة في موقعين وبلغ عددها 10 أنواع نباتية، أنواع متواجدة في موقع واحد فقط (أنواع حصريّة تعكس ظروفًا بيئية فريدة مثل تربة أو مناخ خاص)، حيث بلغ عددها 28 نوعاً نباتياً، توزعت على الشكل التالي 15 نوعاً نباتياً في الموقع J1 (الروضة) و7 أنواع نباتية في الموقع J2(بللوران) و6 أنواع نباتية في الموقع J3 (النهر الأسود). وكانت أعلى القيم لقيمة المؤشر IV في موقع الروضة(J1) عند الأنواع *Calycotome villosa* (48.65)، *Styrax officinalis* (47.65)، *Fontanesia phlilyreoides* (42.81)، *Crataegus monogyna* (40)، أما أعلى القيم في موقع بللوران (J2) عند الأنواع *Poterium spinosum* (80)، *Pistacia lentiscus* (70)، *Quercus calliprinos* (53.61)، *Acacia cyanophylla* (45)، في حين سجلت أعلى القيم في موقع النهر الأسود(J3) عند النوع *Arbutus andrachne* (91.25)، *Quercus infectoria* (78.93)، *Phillyrea media* (64.31)، *Rhus cotinus* (62.5). إذ يتضح أن موقع النهر الأسود يمثل أكثر المواقع تخصصاً، حيث تتركز فيه 5 أنواع دالة قوية> 50%، وهو ما يشير إلى بيئة متجانسة وأقل اضطراباً وتناسب هذه الأنواع، في حين تميز موقع بللوران بوجود نوعين دالين قويين، مما قد يشير الى خصائص تربة أو وجود رعي نظراً لوجود قطعان بشكل مستمر بالقرب من السد واضطرابات بشرية، فيما لم يكن هناك أي نوع دال ذو قيمة مؤشر> 50% في موقع الروضة، مما قد يشير إلى أن التنوع النباتي أكبر وأن الأنواع مشتركة ومنتشرة فيه أكثر من تركيزها وتخصصها.

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

تم حساب المتوسط الحسابي والانجراف المعياري للمؤشر IV في المواقع الثلاث المدروسة كما هو مبين في الجدول (7):

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

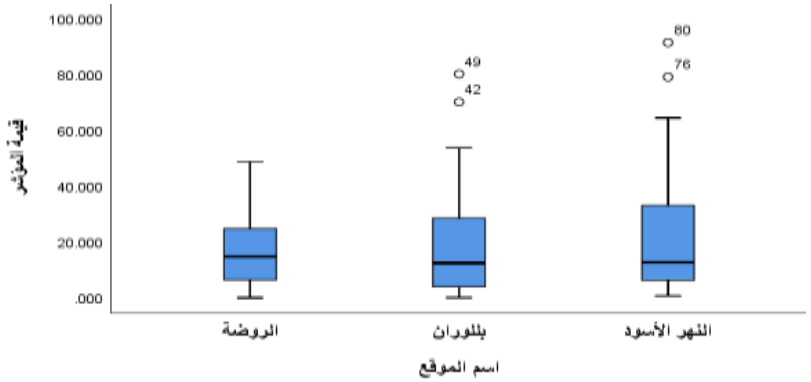
الموقع	(IV) mean	(IV) std. deviation
J1	17.40354	13.5186
J2	18.97844	20.4557
J3	24.00724	24.9794

بلغ أعلى متوسط لـ IV في J3، يليه J1 ثمJ2 ، التباين الأعلى في قيم IV في J3 بسبب وجود أنواع ذات قيم IV عالية جداً، النوع *Arbutus andrachne*، والنوع Quercus *infectoria*، وكانت الفروقات بين متوسطات قيم IV في المواقع الثلاثة منخفضة غير معنوية وبالتالي توزيع قيم المؤشر في المواقع الثلاثة غير معنوي، التباين داخل كل موقع أكبر بكثير من التباين بين المواقع من حيث قيمة IV، الجدول (8).

الجدول (8): تحليل التباين ANOVA لقيم (IV) في المواقع الثلاثة

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	774.587	2	387.293	1.000	.372
Within Groups	37174.426	96	387.234		
Total	37949.013	98			

ويوضح الشكل (4) التوزيع الاحصائي لقيم قيمة المؤشر IV في المواقع المدروسة



الشكل (4): التوزيع الاحصائي لقيم قيمة المؤشر IV في المواقع المدروسة

لوحظ من الشكل رقم (4) أن الوسيط Q2 والذي بلغت قيمته حوالي (14.74، 12.43، 12.68) في المواقع الثلاثة على التوالي، وزع الأنواع إلى قسمين 50% من الأنواع تقع قيمة للمؤشر (IV) لها في تحت قيمة Q2 و50% فوق قيمة Q2، وكان التوزيع الأعلى للأنواع في Q1 في موقعي بللوران والنهر الأسود، فيما كان التوزيع شبه متساوي للقيم بين Q1 و Q3 في موقع الروضة. إن قيمة المؤشر IV للأنواع داخل الصندوق بين Q1 و Q3 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 وتعد 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 إلى أنواع مؤشرة أو دالة على الموقع وذات حساسية عالية للتغيرات البيئية مما يتطلب حمايتها.

في موقع الروضة، أعلى عدد في الربيع الأول (21) نوع، يشير إلى تنوع بيئي جيد مع هيمنة أنواع متوسطة الأهمية، قيم Q1منخفضة (0.29) تدل على وجود العديد من الأنواع ذات التغطية المنخفضة، وتنوع معتدل يظهر توزيعاً متوازناً بين الفئات المختلفة، في حين في موقع بللوران أعلى عدد في تحت الربيع الأول (10) أنواع ، يشير إلى اضطراب بيئي أو ضغوط بيئية، قيم Q3 مرتفعة (80) تدل على وجود أنواع مهيمنة بقوة، ونظام بيئي أقل استقراراً :مع وجود أنواع قليلة مهيمنة وأنواع كثيرة نادرة، أما في موقع النهر الأسود أعلى عدد في فوق Q3 (4) أنواع يدل على هيمنة أنواع قليلة، أعلى

قيم Q3 (91.53) تشير إلى هيمنة واضحة لأنواع معينة نظام بيئي أكثر نضجاً مع هيمنة أنواع متخصصة وقليلة التنوع. والتفسير البيئي، يعد موقع الروضة، نظام بيئي متنوع ومستقر مع توزيع متوازن للأنواع بينما موقع بللوران فهو نظام بيئي مضطرب أو تحت ضغط بيئي مع توزيع غير متوازن، ولكن موقع النهر الأسود يعد نظام بيئي ناضج متخصص مع هيمنة أنواع قليلة هذا التوزيع يعكس الاختلاف في الظروف البيئية والضغوط البيولوجية بين المواقع الثلاثة.

- **الأنواع ذات قيم IV المعنوية في المواقع الثلاثة:**

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

الجدول (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	*Calycotome villosa*	الروضة	48.70	< 0. 01
2	*Styrax officinalis*	الروضة	47	< 0. 01
3	*Cistus creticus*	الروضة	38.20	< 0.01
4	*Poterium spinosum*	بللوران	80	< 0.001
5	*Pistacia lentiscus*	بللوران	70	< 0.001
6	*Quercus calliprinos*	بللوران	53.63	< 0.001
7	*Acacia cyanophylla*	بللوران	45	< 0.01
8	*Arbutus andrachne*	النهر الأسود	91.25	< 0.001
9	*Quercus infectoria*	النهر الأسود	78.93	< 0.001
10	*Rhus cotinus*	النهر الأسود	62.5	< 0.001
11	*Myrtus communis*	النهر الأسود	59.85	< 0.001
12	*Phillyrea media*	النهر الأسود	64.3	< 0.001

لوحظ من الجدول (9) أنه تم تحديد 3 أنواع مؤشرة قوية (IV≥75) ذات دلالة إحصائية عالية، منها نوع واحد في الموقع 2J، ونوعان في الموقع J3، وتم تحديد 5 أنواع مؤشرة قوية (75>IV≥50) ذات دلالة إحصائية عالية، منها نوعان في الموقع 2J وثلاثة أنواع في الموقع J3، وتم تحديد نوعان ذات قيمة مؤشر(IV≤50) ذات دلالة إحصائية عالية في الموقع J1، وأن أعلى تنوع للأنواع المؤشرة المعنوية (5 أنواع) في الموقع J3، مقارنة بـ (4 أنواع) في الموقع J2 و(3 أنواع) في الموقع J1، وهذا يفسر سبب انخفاض قيمة شانون في موقع النهر الأسود، بانخفاض الأنواع الحساسة ذات قيم IV المنخفضة، بينما ازدهرت الأنواع المقاومة (الانواع المؤشرة القوية) الدالة على ظروف بيئية قاسية (مقاومة الحرائق، جفاف، ضغط بشري).

اظهر موقعا بللوران والنهر الأسود أنواعاً ذات قيم معنوية عالية جداً، يحتمل أن هذه الانواع مرتبطة بخصائص بيئية معينة بعد اضطراب كالحريق أو التغير في الغطاء النباتي نتيجة الضغوط البشرية مثل الأنواع الشوكية أو المتخشبة والتي لا تفضلها الحيوانات للرعي (Quezel *et al*., 1999)، أما موقع الروضة المعنوية كانت منخفضة، مما يعني أن الحريق أو النشاط البشري المتكرر يزيل الأنواع الحساسة ويزيد التجانس مما يؤدي إلى انخفاض في الأنواع الدالة، مثل الأنواع المتكيفة مع هذه الظروف ومع التربة الفيرة والجافة (Archaux *et al*., 2006)، ويمثل موقع الروضة مجتمعاً مكوناً من شجيرات وأشجار متوسطة الارتفاع المتطلبة للضوء، والدلالة البيئية بأن هذه الأنواع تفضل المنحدرات الجافة والتربة

الفقيرة، وتشير إلى ظروف مناخية جافة ومشمسة، ووجودها يدل على نظام بيئي متوسطي شبه حرجي مقاوم للجفاف (شاطر، 2016)، وتشير قيم IV المنخفضة في هذا الموقع، 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 السياحية المختلفة في المنظر الطبيعي المدروس (Siddig *et al*., 2016).

- **قيمة المؤشر الكلية TIV:**

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 (10): مساهمة الأنواع النباتية في قيمة المؤشر الكلية TIV في المواقع الثلاثة المدروسة (الروضة J1، بللوران J2، النهر الأسود J3).

النوع النباتي	IV. Aij(J1)	IV. Aij(J2)	IV. Aij(J3)	النوع النباتي	IV. Aij(J1)	IV. Aij(J2)	IV. Aij(J3)
Pinus brutia	459.14	256.22	1653.0	*Rhamnus punctata*	44.217	140.37	98.271
Pistacia palaestina	358.08	65.652	418.53	*Fontanesia phlilyreoides*	261.12	160.16	0
Smilax aspera	152.17	624.56	344.07	*Quercus calliprinos*	734.33	2932.4	202.59
Styrax officinalis	155.66	1.7134	0.3598	*Asparagus acutifolius*	135.94	804.96	93.779
Crataegus monogyna	57.333	0	0	*Calycotome villosa*	823.78	6.4455	98.735
Cistus creticus	458.44	11.674	56.712	*Cistus salvifolius*	235.64	20.433	1296.2
Echinops viscosus	214.04	4.0348	17.882	*Phillyrea media*	35.347	908.86	4521.6
Rhamnus paliurus	58.118	42.816	0	*Echinops ritro*	10.222	0	0
Myrtus communis	37.264	340.75	4514.1	*Rhamnus alaternus*	10.893	0	1.4960
Eryngium creticum	336.87	21.1172	0	*Laurus nobilis*	51.636	0	6.1504
Cercis siliquastrum	102.32	0.1652	10.772	*Rubus collinus*	147.77	0	0
Acer syriacum	3.6666	0	0	*Nerium oleander*	11.666	0	0
Ononis natrix	44.444	0	0	*Arbutus andrachne*	0.1984	0.0291	3655.4
Biota orientalis	8.8888	0	0	*Quercus*	0.0937	5.8341	1405.9

				infectoria			
Vitex angus_castus	13.223	0	40.973	*Phragmites communis*	105.62	0	0.6778
Phlomis purpurea	1.8888	0	0	*Alnus orientalis*	7	0	0
Heliotropium hirsutissimum	1.6666	0	0	*Mentha longifolia*	15.666	0	0
Platanus orientalis	3.11111	0	0	*Spartium junceum*	0.2222	0	0
Elaeagnus angustifolia	0.11111	0	0	*Hedera helix*	0.0009	5.5160	85.812
Vitis vulpina	3.6666	0	0	*Acacia cyanophylla*	0	178.87	0
Pistacia lentiscus	0	540.75	0	*Poterium spinosum*	0	3518	0
Pyrus syriaca	0	4.8125	0	*Galium mollugo*	0	45.312	0
Centaurium tenuiflorum	0	23.75	0	*Salvia officinalis*	0	92.696	189.68
Helichrysum sanguineum	0	7.5	0	*Ruscus aculeatus*	0	10.257	202.70
Lavandula angustifolia	0	5.3535	2.7990	*Rhus cotinus*	0	0	726.56
Centaurea ptosimopappa	0	0	60.937	*Daphne oleipholeia*	0	0	0.7812
Lavandula stoechas	0	0	47.656	*Osyris alba*	0	0	287.10
Capparis spinosa	0	0	2.7343				

تختلف الأنواع الأكثر مساهمة في القيمة الكلية للمؤشر بين المواقع، مما يعكس الاختلاف في التركيبة النباتية والأهمية النسبية لكل نوع في النظام البيئي لكل موقع، حيث كانت أكبر مساهمة للأنواع في قيمة المؤشر الكلية TIV لموقع الروضة J1 عند الأنواع *Calycotome villosa* (823.79) و *Quercus calliprinos* (734.3)، في حين كانت أكبر مساهمة للأنواع في قيمة المؤشر الكلية TIV لموقع بللوران J2 عند الأنواع *Poterium spinosum* (3518) و *Quercus calliprinos* (2932.44) و *Phillyrea media* (908.86) وهناك 4 أنواع مساهمتها أكبر من (500)، أما في موقع النهر الأسود J3، فكانت أكبر مساهمة للأنواع في TIV عند الأنواع *Myrtus communis* (4514.13) و *Phillyrea media* (4521.64) و *Arbutus andrachne* (3655.49) وهناك 4 أنواع مساهمتها أكبر من (500)، وتم جمع جميع مساهمات الأنواع في كل موقع، وعرضت نتائج قيمة المؤشر الكلية TIV لكل موقع في الجدول (11).

الجدول (11): قيمة المؤشر الكلية TIV في المواقع الثلاثة المدروسة (الروضة J1، بللوران J2، النهر الأسود J3).

TIV(J1)	TIV(J2)	TIV(J3)
∑IV. Aij(J1)	∑IV. Aij(J2)	∑IV. Aij(J3)
5101.543	10781.038	20044.350

لوحظ من الجدول (11) أن قيمة المؤشر الكلية في موقع النهر الأسود هي الأعلى بنسبة 55.79% من مساهمات الانواع في مجمل مجموع المواقع، فيما مثلت قيمة المؤشر الكلية في موقع بللوران بنسبة 30.01% وكانت أقل نسبة تمثيل لمساهمات الأنواع في موقع الروضة بنسبة 14.20%. إن ارتفاع في TIV في موقع النهر الأسود، لا يعني بالضرورة أعلى تنوع بالمعنى التقليدي (غنى نوعي)، بل يشير إلى أن هذا الموقع يمتلك المجتمع الأكثر تميزاً وتخصصاً بين المواقع الثلاثة، وأن سبب القيمة العالية لقيمة المؤشر الكلية TIV في موقعي النهر الأسود وبللوران، وجود عدد أنواع أكثر لديها قيمة مؤشر IV عالي ووفرة نباتية عالية مما يدل على نظام بيئي متخصص، أما سبب القيمة المنخفضة لقيمة المؤشر الكلية TIV لموقع الروضة قد يفسر إلى تنوع حيوي عالي ووجود عدد أنواع أقل لديها قيمة مؤشر IV عالية ولكن بوفرة منخفضة، مما يدل على نظام بيئي متجانس مع البيئة المحلية.

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

تم حساب المتوسط الحسابي والانجراف المعياري لقيم المؤشر TIV في المواقع الثلاث المدروسة كما هو مبين في الجدول (12):

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

الموقع	(TIV) mean	(TIV) std. deviation
J1	**130.80880**	**199.2772**
J2	**359.36794**	**820.7528**
J3	**668.14499**	**1289.898**

بلغ أعلى متوسط لـ TIV في J3، يليه J2، ثم في J1 وهو بنفس مسار المتوسط في قيمة IV، نظراً لوجود أنواع لها وفرة عالية في الموقع J3 وأنواع أخرى ذات وفرة قليلة ولكن لها قيمة IV عالية مثل *Myrtus communis* و *Phillyrea media* و*andrachne* Arbutus مع أكبر قيمة للتباين، وكان أقل متوسط لقيمة المؤشر الاجمالية في الموقع J1. وكانت الفروقات بين توزيع قيم المؤشر الكلية TIV معنوية في المواقع الثلاثة الجدول (13)، أي أن كل موقع يمتلك تركيبة نباتية مميزة، من حيث الأنواع التي تظهر تخصصاً بيئياً وارتباطاً واضحاً بظروفه.

الجدول (13): تحليل التباين ANOVA لقيم مساهمة الأنواع في قيمة المؤشر الكلية (TIV) في المواقع الثلاثة.

ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	**4896396.065**	**2**	**2448198.033**	**3.392**	**.038**
Within Groups	**69295611.493**	**96**	**721829.286**		
Total	**74192007.558**	**98**			

- **الأنواع ذات قيم TIV المعنوية في المواقع الثلاثة:**

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

الجدول (14): الأنواع المؤشرة المعنوية ($p < 0.05$) في المواقع الثلاثة تبعاً لقيمة (TIV).

p-value	TIV	Aij	IV	النوع النباتي	الموقع
< 0.001	824.03	16.93333	48.64881	*Calycotome villosa*	الروضة
0.001	155.66	3.2666	47.65195	*Styrax officinalis*	الروضة

0.005	147.78	6.3333	23.3333	*Rubus collinus*	الروضة
0.001	57.33	1.4333	40	*Crataegus monogyna*	الروضة
0.044	44.44	2.66666	16.6666	*Ononis natrix*	الروضة
< 0.001	3518.00	43.975	80	*Poterium spinosum*	بللوران
< 0.001	540.75	7.725	70	*Pistacia lentiscus*	بللوران
< 0.001	805.43	22.65	38.07789	*Asparagus acutifolius*	بللوران
0.002	165.41	3.975	45	*Acacia cyanophylla*	بللوران
< 0.001	*3655.48*	40.0625	90.36654	*Arbutus andrachne*	النهر الأسود
< 0.001	*1405.16*	17.8125	78.93279	*Quercus infectoria*	النهر الأسود
< 0.001	*655.26*	11.625	62.5	*Rhus cotinus*	النهر الأسود
0.011	*326.67*	15.3125	18.75	*Osyris alba*	النهر الأسود
0.034	*69.33*	4.875	12.5	*Centaurea ptosimopappa*	النهر الأسود
0.035	*54.22*	3.8125	12.5	*Lavandula stoechas*	النهر الأسود

الأنواع غير المعنوية ($p > 0.05$): الأنواع لا ترتبط بالموقع بشكل فريد أو مميز إحصائياً، وجودها في الموقع يمكن تفسيره بالصدفة أو بكونها أنواعاً واسعة الانتشار (Generalist) تتواجد في جميع المواقع، بينما الأنواع المعنوية $p<0.05$: الأنواع التي لها أهمية في تمييز الموقع، أي له مساهمة معنوية في تمييز الموقع عن موقع أخر، وهو يتوافق مع ما ذكره Brooks وآخرون (2006) عن أهمية استخدام الأدوات الإحصائية المناسبة في مجال الادارة البيئية والمحافظة على التنوع الحيوي النباتي وبالتالي تحديد أولويات الحماية والحفظ للمواقع التي تتعرض للضغوط.

لوحظ من الجدول (14) أن أعداد الأنواع المؤشرة المعنوية تبعاً لقيمة (TIV)، بلغت في الموقع J1 (4 أنواع) وفي الموقع J2 (4 أنواع) وفي الموقع J3 (6 أنواع)، كما أن هناك أنواع ذات معنوية عالية $p<0.001$ ، تشير الى مؤشر قوي للبيئات الجافة ويتحكم بالإضاءة في الطبقة الشجيرية مثل *Calycotome villosa* (سيطرة لهيكل الغابة الرئيسي) في الموقع J1، ومنها يشير إلى نظام بيئي متدهور مثل *Poterium spinosum* في الموقع J2، ويعد النوع *Arbutus andrachne* محدداً للخصائص الهيكلية للطبقة الشجيرية والنوع *Myrtus communis* منظم للرطوبة في الطبقة السفلية في الموقع J3 المؤشر الأقوى للبيئات الصخرية (نحال، 2002)، وإن ارتفاع قيمة (TIV) في بعض الأنواع يعود إلى قيمة مؤشر مرتفعة ووفرة عالية. وحسبDufrêne and Legendre (1997) إن قيمة TIV > 500 في الغابات المتوسطية تعد مؤثرة.

من نتائج المؤشرات التقليدية (الغنى النوعي، شانون وسيمبسون) رتبت المواقع J1> J2>J3، وأن J1 هو الموقع الأكثر تنوعاً والافضل توزيعا وتجانساً، ويمكن أن يعزى ذلك إلى انخفاض الضغوط البشرية مقارنة بالموقعين بللوران والنهر الأسود، اللذين يتعرضان لأنشطة سياحية أكثر كثافة، وهو ما يتوافق مع ما ذكره Quezel وآخرون (1999) عن تأثير الرعي والضغوط البشرية على كمية التنوع الحيوي النباتي في غابات البحر الابيض المتوسط.

فيما أشارت نتائج المؤشرات المطورة (IV وTIV) أن ترتيب المواقع: J3>J2>J1، وأن J3 هو الموقع تخصصاً في الأنواع المؤشرة والأكثر مساهمة في تصنيف المواقع، مما يشير إلى فهم أعمق، إذ أنها لم تقيم كمية التنوع، بل جودة

التنوع والتخصص البيئي للأنواع المتبقية في ظل الظروف البيئية والضغوط السياحية والبشرية، أي أن المؤشرات التقليدية أظهرت وجود مشكلة تدهور، إذ أظهر مؤشر الغنى النوعي انخفاض في متوسط عدد الأنواع في المواقع الثلاثة مقارنة بمواقع مناظر طبيعية لغابات الصنوبر البروتي في الساحل السوري، وانخفاض قيم شانون بسبب فقدان الأنواع الحساسة، فيما أظهرت نتائج مؤشر سمبسون سيادة لمجموعة قليلة من الأنواع بسبب وفرتها وقدرتها على مقاومة الضغوط، الغنى النوعي في المواقع الثلاثة.

أما المؤشرات المطورة أو الحديثة (قيمة المؤشر وقيمة المؤشر الكلية) فسرت المشكلة وحددت الأنواع المسؤولة عن الحالة البيئية الحالية لهذه المواقع وصنفت المواقع بناءً على القيمة التمثلية لتخصصها البيئي، وهذا التباين المرتفع في قيمة المؤشر وقيمة المؤشر الكلية بين المواقع، يبرر الحاجة إلى إدارة متباينة ، وأن تركز الجهود الادارة في موقع النهر الأسود على فهم العوامل التي أدت إلى هذا التخصص، سواء كانت عوامل طبيعية، أو عوامل تتعلق بالضغوط البشرية يجب تحفيفها، وهو ما يتوافق مع الدور المنهجي لهذه المؤشرات المطورة التي أضار اليها (Dufrêne and Legendre, 1997).

وتظهر نتائج الدراسة تبايناً في التقييم البيئي للمواقع الثلاثة تبعاً للمؤشرات التقليدية والمؤشرات المطورة، وهو ما يتوافق مع ما ذكرته دراسات بيئية مماثلة (Dai, *et al*. 2006; Morris, *et a*l. 2014)، بأن الارتباط الضعيف او الغائب بين المجموعتين من المؤشرات يؤكد على الطبيعة التكاملية لهما.

الاستنتاجات:

1. أظهر موقع الروضة أعلى متوسط للغنى النوعي، لكنه سجل أقل القيم لقيمة المؤشر الكلية TIV مما يدل على أن أنواعه واسعة الانتشار وغير متخصصة بيئياً.
2. سجل موقع النهر الاسود أقل متوسط للغنى النوعي وأعلى القيم لقيمة المؤشر الكلية TIV مما يدل على احتوائه على عدد كبير من الانواع المتخصصة والحساسة للاضطرابات.
3. عدم وجود فروق معنوية في مؤشري شانون وسمبسون بين المواقع الثلاثة، مما يشير إلى تجانساً عاماً في مستويات التنوع التقليدي (الكمي).
4. كل موقع يمتلك أنواعاً مؤشرة (دالة) ذات قيم IV مختلفة تعكس ظروفاً بيئية فريدة (تربة، مناخ، ضغوط بشرية).
5. أظهر المؤشر IV وجود أنواع مؤشرة قوية في كل موقع، مما يعكس خصوصية بيئية واضحة.
6. أكبر عدد للأنواع ذات قيم المؤشر العالية وأعلى عدد في قيم المساهمة في قيمة المؤشر الكلية في موقعي النهر الأسود ثم بللوران، مما يشير إلى أنظمة بيئية تعاني اعلى درجات التدهور.
7. التنوع الكمي مرتفع نوعاً ما في المواقع الثلاثة، لكن التخصص البيئي هو العامل الأكثر تمييزاً بينها.
8. المؤشرات المطورة IV وTIV هي الاكثر فعالية في تقييم المواقع السياحية، لأنها تكشف خصوصية الأنواع والتدهور البيئي.

التوصيات:

1. تعزيز الحماية في موقع النهر الاسود نظراً لارتفاع تدهوره البيئي واحتوائه على نسبة كبيرة من الانواع المتخصصة والحساسة للاضطرابات.
2. حتمية التكامل في دراسة مؤشرات التقليدية والمؤشرات المطورة لمعرفة كمية التنوع والأنواع الدالة على المواقع التي تبرز مدى تحمل هذه المواقع للضغوط البيئية والبشرية.
3. تعميم هذه المنهجية باستخدام قيمة المؤشر وقيمة المؤشر الاجمالية لتشمل مناظر طبيعية مختلفة ذات استخدامات أخرى ومواقع تعرضت لاضطرابات بسبب الحرائق والاحتطاب والرعي.
4. دمج هذه المؤشرات مع مؤشرات أخرى حديثة في مجال التنوع الحيوي وإجراء دراسات معمقة للحالة التركيبية للنبت في مواقع غابوية متعددة.
5. إجراء دراسات تكميلية تتناول دراسة العوامل المناخية والأرضية للمواقع المدروسة عند استخدام هذه المؤشرات.
6. حماية الأنواع المؤشرة في كل موقع لأنها تدل على أهمية بيئية فريدة، وتنظيم الأنشطة السياحية للتقليل من الضغوطات البشرية، وتطوير برامج توعية للزوار حول أهمية الغابات المتوسطية السياحية، ودور الأنواع المتخصصة في حفظ التوازن البيئي.
7. 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.

الشكر:

أتوجه بجزيل الشكر للدكتور أمين صالح لمساهمته في إجراء التحليل الإحصائي والذي كان له دور أساسي في الوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة.

المراجع:

شاطر، زهير. (2016). دراسة التنوع الحيوي النباتي في غابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في الساحل السوري. المجلة العربية للبيئات الجافة 9 (1-2).

نحال، إبراهيم. (2002). علم البيئة الحراجية، منشورات جامعة حلب كلية الزراعة، 576 ص.

Ali, A. (2023). Linking forest ecosystem processes, functions and services under integrative social–ecological research agenda: current knowledge and perspectives. Sci. Total Environ. 892: 164768.

Archaux, F., F. Gosselin, L. Berges, and R. Chevalier, (2006). Effects of sampling time, quadrat richness and observer on exhaustiveness of plant censuses. Journal of Vegetation Science. 17: 299-306.

Blake, J. G. (2005). Effects of prescribed burning on distribution and abundance of birds in a closed-canopy oak-dominated forest, Missouri, USA. Biological Conservation 121: 519–531.

Borrett, S. R., Moody, J., and Edelmann, A (2014). The rise of Network Ecology: maps of the topic diversity and scientific collaboration, Ecological Modelling. 293: 111-127.

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., … and Rodrigues, A. S. L. (2006). Global biodiversity conservation priorities. Science, 313(5783), 58–61.

Chinea, J. D (2002). Tropical forest succession on abandoned farms in the Humacao Municipality of eastern Puerto Rico. Forest Ecology and Management 167, 195–207.

Cosović, M., Bugalho, M. N., Thom, D., and Borges, J. G (2020). Stand structural characteristics are the most practical biodiversity indicators for forest management planning in Europe, Forests, vol. 11, p. 343.

Dagan, U., Izhaki, I. (2019). Understory vegetation in planted pine forests governs bird community composition and diversity in the eastern Mediterranean region. For. Ecosyst. 6, 29.

Dai, A., Page, B., Duffy, K. J (2006). Indicator value analysis as a group prediction technique in community classification, South African Journal of Botany, vol. 72, pp. 589-596.

Damiani, M., Sinkko, T., Caldeira, C., Tosches, D., Robuchon, M., Sala, S. (2023). Critical review of methods and models for biodiversity impact assessment and their applicability in the LCA context. Environ. Impact Assess. Rev. 101, 107134. https://

Dave, R., Saint-Laurent, C., Murray, L., Antunes Daldegan, G., Brouwer, R., de Mattos Scaramuzza, C.A., García Contreras, G. (2019). Second Bonn challenge progress report.

De Cáceres, M., Legendre, P., and Moretti, M. (2010). "Improving indicator species analysis by combining groups of sites," Oikos, vol. 119, pp. 1674-1684.

Deutschewitz, K. (2001). Landschaftsstruktur und Verbreitungsmuster invasiver Pflanzengruppen, Diploma thesis, Universität Potsdam, Potsdam.

Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E.S., Ngo, H.T., Gu`eze, M., Agrad, J., Zayas, C.N. (2019). IPBES: Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.

Dufrêne, M. and Legendre, P. (1997). "Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach," Ecological Monographs, vol. 67, pp. 345-366.

EzAl Deen Sultan, Y., Pillai, K. R. A., Sharma, A., Gautam, S. (2025). Comprehensive assessment of fire risk in Latakia forests: Integrating indices for vegetation, topography, weather and human activities. Journal Pre-proof.

Fajardo-Cantos, A., Moya, D., Lucas-Borja, M.E., Pe˜na-Molina, E., Gonz´alez-Romero, J., De las Heras, J.A. (2025). Effects of seasonal prescribed burns on understory vegetation in a Mediterranean mixed pine forest. Forest Ecology and Management. 595. 123001

Gaines W.L., Lehmkuhl J.F. and Harrod R.J. (1999). Monitoring Biodiversity: Quantification and Interpretation. USDA Forest Service-General Technical Report PNW 378-402.

García, F. C., Bestion, E., Warfield, R., and Yvon-Durocher, G (2018). Changes in temperature alter the relationship between biodiversity and ecosystem functioning, Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 115, pp. 10989-10994.

Ghazal, A (2008). Landscape ecological phytosociological and geobotanical study of Eu-Mediterranean in west of Syria, Ph.D. dissertation, University of Hohenheim, Germany.

Happ, E., Schnitzer, M., & Scholl-Grissemann, U. (2023). Ski touring on groomed slopes — Exploring an alpine winter sports trend and potential tourism product. Tourism Management Perspectives, 48, Article 101155.

Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. VOL. 44, 223-270.

Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, E.D., Coscieme, L., Golden, S.A., and Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. Sci. Adv. 8 (45), 1–11.

Jedicke, E. (2001). "Biodiversit¨at, Geodiversit¨at, ¨Okodiversit¨at: Kriterien zur Analyse der Landschaftsstruktur- ein konzeptioneller Diskussionsbeitrag", Naturschutz und Landschaftsplanung, 33(2/3): 59–68. (Cited on page 6.)

Larrieu, L., Gosselin, F., Archaux, F., Chevalier, R., Corriol, G., Dauffy-Richard, E., Deconchat, M., Gosselin, M., Ladet, S., Savoie, J.-M., Tillon, L., and Bouget, C. (2019). 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.

Lee, T.H. (2013). Influence analysis of community resident support for sustainable tourism development, Tour. Manage 34. 37–46, doi: 10.1016/j.tourman.2012.03.007.

Lehmkuhl, J. F., Gould, L. E., Cázares, E., and Hosford, D. R (2004). Truffle abundance and mycophagy by northern flying squirrels in eastern Washington forests, Forest Ecology and Management, vol. 200, pp. 49-65.

Lindenmayer, D. B., Margules, C. R., and Botkin, D. B (2000). Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management, Conservation Biology, vol. 14, pp. 941-950.

Magurran A. E. (1988). Ecological Diversity and its measurements. Croom Helm, London, 179 p.

Magurran, A. E (2004)., Measuring Biological Diversity. Oxford: Blackwell Publishing.

Marques, A., Verones, F., Kok, M.T.J., Huijbregts, M.A.J., Pereira, H.M. (2017). How to quantify biodiversity footprints of consumption? A review of multi-regional input–output analysis and life cycle assessment. Curr. Opin. Environ. Sustain. 29, 75–81.

McCune, B. and Grace, J. B (2002). Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach, Oregon, USA: MjM Software Design.

McNellie, M.J., Oliver, I., Dorrough, J., Ferrier, S., Newell, G., Gibbons, P. (2020). Reference state and benchmark concepts for better biodiversity conservation in contemporary ecosystems. Glob. Chang. Biol. 26, 6702–6714.

Mori, A.S., Lertzman, K.P., Gustafsson, L. (2017). Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems: a research agenda for applied forest ecology. J. Appl. Ecol. 54, 12–27.

Morris, E. K., Buscot, F., Fischer, C. Meiners, M. Obermaier, E. W€aschke. N. (2014). Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. Ecology and Evolution published by John Wiley & Sons Ltd.

Mouillot, D., Culioli, J.-M., and Chi, T. D (2002). 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.

Nahal, I. and Zahoueh, S (2005). Valuing Mediterranean Forests: Towards Total Economic Value, in Valuing Mediterranean Forests, Wallingford, UK: CAB International Publishing, pp.177-194.

Pöyry, J., Lindgren, S., Salminen, J., and Kuussaari, M (2005). "Responses of butterfly and moth species to restored cattle grazing in semi-natural grasslands," Biological Conservation, vol. 122, pp. 465-478.

Quezel, P., Medail, F., Loisel, R., and Barbero, M (1999). Biodiversity and conservation of forest species in the Mediterranean basin, Unasylva, vol. 50, no. 197, pp. 21-28.

Schall, P. and Ammer, C (2013). How to quantify forest management intensity in Central European forests, European Journal of Forest Research, vol. 132, pp. 379-396.

Shannon, C. E and wiener, W. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana, University of Illinois Press, 177.

Siddig, A. A. H., Ellison, A. M., Ochs, A., Villar-Leeman, C., Lau, M. K (2016). 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.

Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. Nature, 163- 688.

Stevenson, S.L., Watermeyer, K., Caggiano, G., Fulton, E.A., Ferrier, S., Nicholson, E. (2021). Matching biodiversity indicators to policy needs. Conserv. Biol. 35 (2), 522–532.

Storch, D., ˇSímov´a, I., Smy˘cka, J., Bohdalkov´a, E., Toszogyova, A., Okie, G.J. (2021). Biodiversity dynamics in the Anthropocene: how human activities change equilibria of species richness. Ecography e05778.

Sze, J.S., Childs, D.Z., Carrasco, L.R., Edwards, D.P. (2022). Indigenous lands in protected areas have high forest integrity across the tropics. Curr. Biol. 32, 4949–4956.e3.

Tichý, L. and Chytrý, M. (2006). Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size, Journal of Vegetation Science, vol. 17, pp. 809-818.

Van Oudenhoven, A. P. E., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., de Groot, R. S. (2012). Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services, Ecological Indicators, vol. 21, pp. 110-122.

Wiersum, K.F. (1997). Indigenous exploitation and management of tropical forest resources: an evolutionary continuum in forest-people interactions. Agr. Ecosyst. Environ. 63, 1–16

Zettler, M.L., Proffitt, C.E., Darr, A., Degraer, S., Devriese, L., Greathead, C., Kotta, J., Magni, P., Martin, G., Reiss, H., Speybroeck, J., Tagliapietra, D., Van Hoey, G., Ysebaert, T. (2013). On the myths of indicator species: issues and further consideration in the use of static concepts for ecological applications. PLoS One 8, e78219.

A comprehensive assessment of the environmental status of some tourist sites in *Pinus brutia*.Ten forests using a set of traditional and modern biodiversity indicators

Rahaf Nezha*[1] , Osama Radwan[1] and Wael Ali[1]

[1] Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agricultural Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Rahaf Nezha, Email: rahafnezha2019@gmail.com)

Received:10 /12 / 2025 **Accepted:** 26/03 / 2026

Abstract

The study was conducted in 2024 at three tourist sites of Brutia pine (Pinus brutia) forests in the Latakia region: Al-Rawda (J1), Ballouran (J2), and Al-Nahr Al-Aswad (J3). The aim was to understand the dynamics of their plant communities and evaluate the impact of human pressures on them, through the use of a set of traditional biodiversity indicators (species richness, Shannon index, Simpson index, Jaccard index) and some developed indicators reflecting plant biodiversity (Indicator Value (IV)) in order to identify strongly indicative species, significantly indicative species at each site, and the Total Indicator Value (TIV) to classify the sites within the Brutia pine forests. The results showed a clear variation in species richness and diversity between sites. The results of the indicator value (IV) showed a set of species that are strong and significant indicators. Among the most notable of these species, Calycotome villosa was recorded as a significant indicator in J1, Poterium spinosum as a strong and significant indicator in J2, and Arbutus andrachne as a strong and significant indicator in J3. The use of traditional indicators and developed indicators demonstrates an integrated concept for evaluating tourist sites under the impact of human stress, providing a scientific basis for guiding conservation efforts and the sustainable management of these sensitive ecosystems.

Keywords: biodiversity, Pinus brutia, Indicator value, Total indicator value, tourist sites.