جامعة المنصورة
كلية السياحة و الفنادق

الطائرات الهيدروجينية كوسيلة آمنة لتجربة السفر المُستدام: بالتركيز على نظرية الإدراك-التوقع

إعداد

تقوى محمد عيسوى
مدرس بالمعهد العالي للدراسات النوعية
الجيزة

تامر عبد الرازق يوسف صالح
مدرس بالمعهد العالي للدراسات النوعية
الجيزة

مجلة كلية السياحة والفنادق - جامعة المنصورة
عدد (١٥) - الجزء الثانى يونيو ٢٠٢٤

الملخص

تُعد الطائرات التي تعمل بالهيدروجين الأخضر أداة محورية قد تُستخدم علي نطاق واسع مستقبلاً من قبل صناعة النقل الجوي، لتقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استخدام الوقود الإحفوري التقليدي في صناعة الطيران. سيسهم ذلك في مواجهة والتقليل من حدة الأزمات التى قد تنتُج عن التغيرات المناخية؛ وكذلك الحد من مستويات التلوث الضوضائي الناتج عن عملية الإحتراق، في ضوء توفير تجارب سفر أكثر إستدامة لتحقيق رؤية مصر ٢٠٣٠م. في هذا السياق، تمت دراسة تقييمات تكنولوجيا الطائرات المعتمدة على الهيدروجين الأخضر–الوقود الحيوي المستدام– في الأدبيات السابقة؛ مع ذلك لم يتم استكشاف العلاقة بين درجة الرضاء تجاه تجارب السفر السابقة بهذه الطائرات والإدراك البيئي لكيفية تقليل هذه الطائرات للتلوث الجوي والضباب الدخاني. من خلال دراسة التأثيرات الحدودية لمواقف المسافرين تجاه السفر على متن هذه الطائرات وتجاربهم الفعلية بين مرحلتى الإدراك البيئي والرضاء المُحتمل نحو التجربة السابقة، يسعى هذا البحث إلى تقديم نظرة شاملة لنظرية الإدراك– التوقع من رؤية تسويقية، من خلال التعرف على مدى إدراك المسافرين لطبيعة الطائرات الهيدروجينية بيئيًا، وكذلك تحديد العلاقة بين الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات التي تعمل بالوقود الأخضر وموقف المسافرين تجاه تجربة السفر على متنها والتحقق من دور الإدراك البيئي لطبيعة هذه الطائرات في خلق تجربة سفر مُستدام، فضلاً عن تحديد الدور التسلسلي لموقف المسافرين تجاه تجربة الطائرات الهيدروجينية وتجربة السفر الفعلي في العلاقة بين الإدراك البيئي ورضاءهم عن التجربة السابقة. باستخدام استبيان إلكتروني "Google Form"، تم جمع

٤١٤ استجابة من المسافرين المصريين الذين سبق لهم السفر على متن الطائرات المُجهزة بالهيدروجين الأخضر التابعة لبعض شركات الطيران العالمية خلال شهري نوفمبر وديسمبر ٢٠٢٣. أظهرت نتائج WarpPLS أن المواقف الناشئة والتجارب الفعلية توسطت تسلسليًا الفجوة المُدركة بين مرحلتى الإدراك والرضاء المُحتمل.

الكلمات المفتاحية

الهيدروجين الأخضر؛ الرضاء عن تجربة السفر؛ السفر المُستدام؛ الوقود المُستدام.

Hydrogen airplanes as a safe means to experience sustainable travel: Focusing on perception-expectancy theory

Abstract

Green hydrogen-powered aircraft are a pivotal tool the tourism industry may employ to reduce carbon emissions generated from fuel used in tourist airplanes. This will lessen the occurrence of the climate change crisis in light of providing sustainable travel experiences towards achieving Egypt's Vision 2030. In this context, green hydrogen-based airplane technology assessments have been studied in the previous literature; however, the nexus between the degree of satisfaction with past travel experiences with these airplanes that employ green fuels and environmental perceptions of how these aircraft reduce air pollution has not been explored. By examining the boundary effects of travelers' attitudes toward traveling on these airplanes and their actual experiences between environmental perception and potential satisfaction towards

past experience stages, this paper seeks to provide a comprehensive overview of an expectancy-perception theory from marketing lens. Using an online questionnaire called "Google Form," 414 responses were gathered from Egyptian travelers who had previously flown on airplanes equipped with green hydrogen within global airlines. WarpPLS findings showed that emerging attitude and actual experience sequentially mediated the gap between perception and potential satisfaction stages. This paper provides valuable insights for practitioners and academics in airtravel companies.

Keywords
Satisfaction towards travel experience, sustainable travel, traveler attitude, travel industry, green hydrogen

المقدمة

تُمثل عملية تخفيض الانبعاثات الكربونية أحد أهم التحديات التي تواجه أغلب الحكومات في العصر الحديث، والتي تعاني منها غالبية القطاعات وخاصة صناعة السياحة والنقل الجوي (Yusaf et al., 2022). في هذا الصدد، لزم علي صناعة الطيران التحول سريعاً تجاه الإستعاضة عن الوقود الإحفوري بآخر أكثر استدامة، كهدف رئيسي لجهود الاستدامة، سعياً لتحسين جودة الهواء وليس فقط لمكافحة التغيرات المناخية. ولذلك ظهرت بعض المبادرات –علي رأسها مبادرة الصفقة الخضراء للمفوضية الأوروبية– التي تسعى إلى تحقيق الحياد الكربوني في هذه القطاعات بحلول عام ٢٠٥٠ (Eissele et al., 2023). علاوة على ذلك، أجبرت جائحة كوفيد–١٩ صناعة السياحة والسفر على الاعتماد على المساعدات

المالية الحكومية، التي كانت مشروطة بتحقيق أهداف الاستدامة البيئية (Škare et al., 2021). في سياق مُتصل، أقدمت معظم حكومات الدول علي إتخاذ بعض الإجراءات التي من شأنها تعزيز التحول التدريجي لإستخدام الوقود المستدام في صناعة النقل الجوي، منها مبادرة تطوير استخدام التموين المختلط للطائرات، وكذلك تقديم الدعم والحوافز الضريبية التشجيعية الخاصة بتطوير تكنولوجيا إستدامة وقود الطائرات، علي سبيل المثال وليس الحصر ما قامت به الحكومة الفرنسية من تقديم دعمًا ماليًا كبيرًا لصناعة الطيران الوطنية، يصل إلى ١.٥ مليار يورو بشرط تطوير طائرة ذات بصمة محايدة للانبعاثات الكربونية بحلول عام ٢٠٣٥ (Hoelzen et al., 2022).

على الرغم من مسئولية صناعة الطيران عام ٢٠١٩ عن حوالي ٢% إلى ٣% من انبعاثات الكربون العالمية المتسببة في حدوث ظاهرة الإحتباس الحراري، ومن ثم تغير مناخ الكرة الأرضية(Huang et al., 2021)، فمن المرجح أن تتزايد الحاجة إلى تطوير المفاهيم الخاصة بإنتاج الوقود الحيوي المستدام من مصادر الطاقة المتجددة لإستخدامه في الطائرات الصديقة للبيئة(Gössling & Higham, 2021). وبصرف النظر عن الإنبعاثات الكربونية الملوثة لطبقات الغلاف الجوى، يُعزى تأثير السفر الجوي على المناخ السائد في المقاصد السياحية في الغالب إلى نواتج العوادم الثانوية للطائرات كأكاسيد النيتروجين وبخار الماء ومسارات التكثيف المتشكلة عن حركة الطيران الجوي(Luo et al., 2020). علاوة على ما قد تتسبب فيه هذه العوادم من زيادة إتساع ثقب الأوزون، ومن ثم الإضرار بالمناخ السائد في البيئات السياحية(Dorta Antequera et al.,2021). هذا ويُعد استخدام

الهيدروجين وسيلة بديلة وواعدة للحد من الانبعاثات الكربونية، وتقليص التأثيرات المناخية المحتملة لصناعة السفر، يشير Bakır (2022) إلى أهمية هذا الاتجاه، ولاسيما حين الاعتماد على توليد الهيدروجين كوقودٍ نظيفٍ للحفاظ على البيئة المحيطة خاصة عند استخدامة في صناعة الطيران، يمكن تحقيق ذلك من خلال طريقتين رئيسيتين: الأولى تتمثل في التحويل الحراري في محركات الاحتراق الداخلي؛ مما يساهم في تقليل الانبعاثات الضارة وتحسين كفاءة الطائرات، والثانية تتمثل فى التحويل الكهروكيميائي في محركات وخزانات الوقود، حيث يتم تحويل الهيدروجين إلى كهرباء لتشغيل محركات الطائرة أو تخزينها في خزانات الوقود(Sircar et al.,2022) .يتضح من السابق ضرورة إعادة النظر في تصميم هياكل الطائرات وأنظمة الدفع الخاصة بها لضمان تكاملها بشكل فعال مع استخدام الهيدروجين كوقود نظيف لتحقيق الإستدامة في صناعة السياحة والسفر بوجه عام وصناعة الطيران بشكل خاص.

هذا ويُعتبر قطاع النقل ثاني أكبر القطاعات إنتاجًا لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون؛ بما في ذلك قطاع النقل الجوى، الأمر الذي أدى للإهتمام بمصادر الطاقة المُتجددة الخالية من الكربون في ظل التغيرات المناخية الراهنة، والحاجة إلى تطبيق ممارسات الاقتصاد الدائري في تغيير وتيرة محركات الطائرات السياحية إلى خفض مستويات الانبعاثات الكرنوبية قدر الإمكان (Bakır, 2022)؛ لذا فقد ظهر الهيدروجين الأخضر كمنتجٍ نظيفٍ يمكن استخدامه كوقود بديل أكثر استدامة، فمن المتوقع أن يُساهم في الحد من الانبعاثات الكربونية بنسبة قد تصل في المتوسط إلى ٨٠% وفق تقديرات منظمة الأياتا (عبد الجليل، ٢٠٢٣). وعلى الرغم من الفوائد البيئية الواعدة

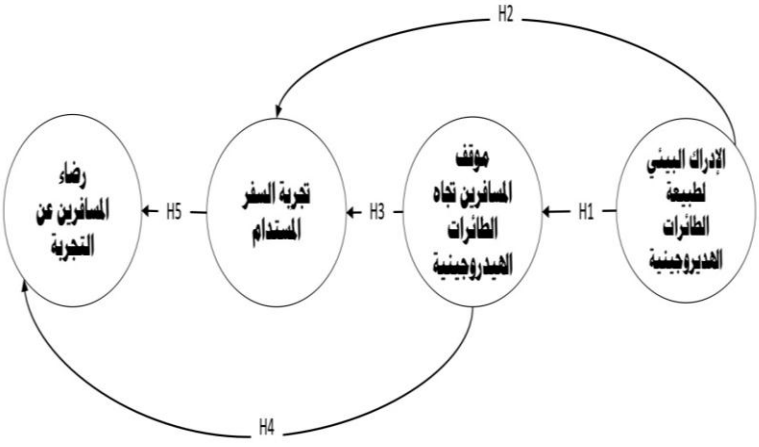
للطائرات التي ستعمل بالهيدروجين الأخضر، إلا أن هناك فجوة بين المأمول والإمكانات الفعلية لتحقيق تجربة سفر آمنة ومرضية للمسافرين باستخدام هذا النوع من الوقود. إذ تتبلور المشكلة الرئيسية في التفاوت بين إمكانات الطائرات الهيدروجينية كوسيلة سفر مستدامة والحواجز الإدراكية التي تمنع اعتمادها على نطاق واسع.

بالرغم من إسهام السفر الجوي القائم على تزويد الطائرات بالهيدروجين في الحد من التأثيرات البيئية، فضلاً عن تعزيز كفاءة استخدام الطاقة المُتجددة والتخفيف حدة التغيرات المناخية، يبدو أن هناك فجوة بارزة في فهم وقبول هذا النموذج في صناعة السفر والسياحة.

الإطار النظري وتطوير الفروض

النموذج البحثي

يعتمد هذا النموذج المفاهيمي (شكل ١) على التحقق من العلاقة الكامنة بين الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية ورضاء المسافرين المصريين عن التجربة، من خلال توظيف مواقفهم تجاه هذه الطائرات وتجربة السفر المُستدام كوسطاء مُحتملين لتبرير هذه العلاقة في سياق شركات الطيران العالمية من منظور الإدراك–التوقع، إذ يعتمد النموذج المُقترح على أربع مراحل مختلفة لسد الفجوة البحثية الناشئة: أ) مرحلة الإدراك الفعلي، ب) مرحلة الموقف الناشئ، ج) مرحلة التجربة الفعلية، وأخيراً د) مرحلة التوقع الناشئ.



شكل ١

التغيرات البيئية المؤثرة في صناعة السياحة

يتمتع الهيدروجين بالقدرة على أن يكون وقودًا أنظف وأكثر أمانًا، مما يساهم فى تحسين أداء السفر الجوي وخفض تكاليف التشغيل المباشرة، إذ يتماشى هذا التحول مع الجهود العالمية لمواجهة التغيرات المناخية، وتقليل الانبعاثات الكربونية وإنشاء قطاع طيران أكثر استدامة ومرونة(Gössling & Higham, 2021)، يتمثل التقدم البيئي الرئيسي في استخدام الهيدروجين الأخضر كوقود للطائرات، حيث يساعد على إنتاج بخار الماء كمنتج ثانوي، وبالتالي القضاء على انبعاثات الغازات الدفيئة أو تقليلها بشكلٍ ملحوظٍ، يتناقض هذا النهج مع استخدام وقود الطيران التقليدي، الذي يطلق ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى، مما يساهم في حدوث تغيرات مناخية

وتفاقم القضايا والمشاكل البيئية العالمية (Baroutaji et al., 2019). ومع تزايد المخاوف العالمية بشأن التغيرات المناخية، تقوم مختلف الهيئات التنظيمية بإدخال أعلى المعايير صرامة للحد من الانبعاثات في صناعة السياحة والسفر (Shang et al., 2023). مما جعل من الهيدروجين الأخضر خياراً مثالياً لشركات الطيران نحو الامتثال للوائح المستقبلية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة (Lu et al., 2021). لكن اعتماد الهيدروجين الأخضر كوقود نظيف للطائرات التابعة لخطوط الطيران يتطلب تطورات تكنولوجية في تصميم الطائرات، وأنظمة الوقود وكذلك البنية التحتية (Kumar et al., 2023).ومن المتوقع أن تعزز هذه الدوافع مستويات الابتكارات في صناعة النقل الجوي، وكذلك تطوير التقنيات الأكثر كفاءة تجاه استخدام الطاقة الصديقة للبيئة.(Yousaf et al., 2021)

يُستنتج مما سبق سبب تسارع الجهود العالمية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قبل مختلف الصناعات نظراً لتأثيراته السلبية الكبيرة علي إقتصادات الدول بأكملها، مما يتطلب تكاتف كافة الصناعات بدءًا من الطاقة والنقل بكافة انواعه وحتى الصناعات التصنيعية لوضع استراتيجيات مستدامة لحماية الكرة الأرضية. لذلك يتعين على الحكومات والشركات تبني التقنيات المستحدثة التي تعتمد على تكنولوجيا الطاقة النظيفة مع تشجيع الابتكار في مجالات البحث العلمي لوضع حلول فعّالة لحماية البيئة. علي أن تكون مختلف الجهود التي تقوم بها مختلف الصناعات ومن بينها صناعة السياحة والنقل الجوى ليست مجرد إلزاماً بيئياً، بل استثماراً في المستقبل المستدام ومقاومة التحديات المناخية المتزايدة(Adler & Martins, 2023).

يتسبب السفر الجوي في نحو ٥% من التغيرات المناخية المُحتملة، بالإضافة إلى انبعاثات الغازات الدفيئة التي تتراوح بين ٢.٥% إلى ٢.٧%، مما قد يؤدي إلي تفاقم ظاهرة الإحتباس الحراري علي مستوى العالم(Škare et al., 2021)، وفي هذا السياق، يرى كل من Gössling & Higham (2021) أنه لا تُعد انبعاثات السفر الجوي بالطائرات المزودة بالوقود التقليدي مساهمًا كبيرًا في إحداث التغيرات المناخية فحسب، ولكنها أيضًا من بين أصعب الانبعاثات الكربونية التي يصعب التخفيف من حدتها، نظرًا لمتطلبات الأداء العالي للسفر الجوي، عند مقارنتها بالسفر البري والبحري (Kumar et al., 2023)، لذلك هناك حاجة ماسة لتطوير طائرات جديدة ذات تأثير مناخي أقل بشكل كبير عن الطائرات الحالية (Lee et al., 2021). ولكن تكمن المشكلة الرئيسية في تكلفة تقليل إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من صناعة الطيران، والتى قد تصل إلى تكلفة مرتفعة جداً تصل إلى عشرات المليارات. هذا بالإضافة إلى التعقيد الكبير لعملية تحديث وتطوير الطائرات، والتي تتم عمومًا مرة كل ١٠ سنوات، مما يتسبب في بطء في تحول الطائرات لتكون أكثر صداقة للبيئة. هذا التحدى يفسر صعوبة وتكلفة التغيير في هذا القطاع. وحسب تقديرات منظمة الأياتا لعام ٢٠١٦، تم تسيير حوالي ٣٧٠ ألف رحلة جوية باستخدام الوقود المستدام الممزوج بالوقود التقليدي من إجمالي ٤ مليون رحلة سنويًا. ومع ذلك، أشارت المنظمة إلى صعوبة الإعتماد الكلي علي هذا النوع من الوقود في صناعة الطيران نظرًا للتحديات التي تواجه قدرات الإنتاج، لإرتفاع تكلفته بالمقارنة مع الوقود التقليدي، مما يتطلب تحسين تكنولوجيات التصنيع لجعله

أكثر جدوى اقتصادياً مع زيادة الإنتاج وبالتبعية تلبية احتياجات السوق من الطلب المتزايد عليه(Adler & Martins, 2023).

وبناءً على ذلك، يبرز تأثير السفر الجوي ومساهمته في التسبب في التقلبات المناخية، مما يعزز التفكير في الإهتمام باستخدام الطائرات الهيدروجينية. مما أدى إلى إزدياد وتيرة المشاريع لتصميم هذه الطائرات حيث كان أول مشروع يبحث في جدوى هذه الطائرات بدافع تقليل التأثير المناخي هو مشروع Cryoplane الذي مولته المفوضية الأوروبية عام ٢٠٠٠ بغية تقليل أو إزالة الانبعاثات الضارة (Adler & Martins, 2023). في سياق متصل، أعلنت الإمارات التحالف عن بدء إجراءات الحصول على التراخيص اللازمة لتصديق مسار جديد لإنتاج وقود الطيران المستدام من غاز الميثانول المستخرج من الهيدروجين الأخضر–احد انواع الوقود التركيبى–.

وعلي مستوي القارة الإفريقية، فقد أعلنت مصر تزامناً مع بدء إنتاجها للهيدروجين الأخضر إزعامها في إنتاج وقود مستدام لصناعة النقل الجوي مما يجعلها في مصاف الدول الإفريقية لإنشاء مراكز تصنيع وقود الطائرات المستدام في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. هذا وتهدف الحكومة اليابانية إلى استبدال ١٠٪ من وقود الطائرات المستخدم حاليًا بوقود مستدام بحلول عام ٢٠٣٠، فبدأت باتخاذ خطوات جادة لإنتاج وقود الطائرات منخفض الكربون من إعادة تدوير زيت الطهي المستعمل. وفي إطار جهود السعودية للمساهمة في تحقيق الاستدامة البيئية في صناعة الطيران، تم الإعلان عن إطلاق مشروعها "منارة الوقود الأخضر"، الذي يهدف إلى إنتاج وتطوير وقود الطيران الحيوي المستدام، يأتي هذا المشروع في إطار

جهود عالمية للحد من الانبعاثات الكربونية في قطاع النقل الجوي، تعاونت السعودية في هذا السياق مع صندوق التنمية الصناعي السعودي وصندوق البنية التحتية الوطنية للإشراف على بناء أكبر مصنع لإنتاج الهيدروجين الأخضر، ومن المقرر بدء تشغيله بحلول عام ٢٠٢٦ تماشيا مع الجهود العالمية المتزايدة للحد من الإنباعاتثات الكربونية من صناعة النقل الجوي علي الأخص.بما يحقق هدف منظمة الإيكاو لتقليل الإنبعاثات الكربونية في قطاع الطيران الدولي إلى صفر بحلول عام ٢٠٥٠.

يتضح مما سبق، أن الدول التي سوف تبادر بالإستثمار في إنتاج وتطوير وقود الطيران المستدام سيكون لها السبق في تحقيق عوائد كبيرة من صناعة الطيران. ومع ذلك، يكمن التحدي الحقيقي في تجاوز الطلب للمعروض، مما يخلق فجوة بين العرض والطلب في المستقبل القريب والمتوسط. إلا أن الدول التي سوف تتخذ إجراءات فعّالة للتحول إلى الوقود المستدام ستتغلب على هذه المشكلة (Gössling & Higham, 2021)

موقف المسافرون تجاه الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية

قد أتاحت جائحة كوفيد-١٩ فرصة مواتية لقياس تأثير السفر الجوي على البيئة المحيطة، وقد أدى توقف حركة السفر العالمية إلى انخفاض ٨% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون منذ ٢٠١٩ (Rivarolo et al., 2020). على غرار هذا الانخفاض المؤقت، يُعتبر الهيدروجين الأخضر هو الهيدروجين الوحيد المحايد للكربون كوقود نظيف غير ملوث للهواء (Gössling & Higham, 2021)، ويُعد السبيل الأمثل لتقليل معدلات الانبعاث الكربونية وجعل السفر الجوي أكثر استدامة (Yusaf et al., 2022). وفقاً لما ذكره Kumar et al. (2023)فإن وعي المسافرين بالطاقة الهيدروجينية محدود

للغاية، وقد يرجع ذلك إلى أنها تقنية جديدة وناشئة، هذا بالإضافة إلي قلة عدد الدراسات الأكاديمية حول التصورات المحتملة لاستخدام الهيدروجين كوقود بديل في النقل الجوي (Panchenko et al., 2023; Posso et al., 2023). بشكل عام، هناك مستويات منخفضة من الوعي بالطاقة الهيدروجينية وأنظمة الطاقة المُتجددة، كما لا تحتل قضايا السلامة والمخاطر المتصورة من استخدام الوقود التقليدي حتي الآن أهمية كبيرة في أذهان المسافرين ومواقفهم على وجه التحديد ، حيث لا يهتم المسافرون بالحصول على مزيد من المعلومات حول أهمية توظيف تقنية الهيدروجين الأخضر في السفر الجوي.

قد تناول كل من Gössling & Higham(٢٠٢١) تحفيز تغيير السلوك المؤيد للبيئة في علم النفس البيئي لاسيما فيما يتعلق بالتأثيرات المناخية، نظرا لتزايد الإهتمام في الآونة الأخيرة باحتمالات التغيير السلوكي الإيجابي نحو السفر الجوي للجمهور المُحتمل، حيث وجدت الدراسات السابقة فجوات ملحوظة بين مرحلتي الوعي والموقف، وكذلك بين الموقف والسلوك الفعلي (Casado-Díaz et al., 2023; van Rensburg et al., 2023). على هذا النحو، أشار Rivarolo et al. (2021) إلى وجود تباين في عمليات صنع القرار لدى المسافرين، حيث لا يُترجم الوعي البيئي والمواقف المؤيدة للبيئة في الممارسة العملية إلى حدوث تغييرات سلوكية مستدامة لديهم، وقد أرجع ذلك إلى بناء تصورات غير واقعية في أذهان المسافرين حول تأثيرات السفر على البيئة أو عدم درايتهم بكافة البدائل المستدامة المتاحة لهم، وعلى الرغم من إظهار المسافرين وتبنيهم الإلتزام بالممارسات البيئية في حياتهم اليومية وداخل منازلهم، إلا أنهم كانوا غير راغبين في تقليل السفر الجوي

بوسائل النقل التي تعمل بالوقود التقليدي في أسفارهم. مما يشير إلى وجود عوائق أساسية أمام تغيير سلوك السفر الجوي بين المسافرين المؤيدين للبيئة وفقًا لنظرية الإدراك–التوقع (Kovač et al., 2021). يتضح من السابق ضرورة التركيز على تعزيز عمليات اتخاذ القرار المستنيرة والمستدامة بين المسافرين، من خلال توفير المعرفة والتوعية حول تأثيرات السفر علي البيئة، وتعزيز البدائل البيئية التي تخفف من حدة ضغط صناعة الطيران علي تفاقم التغيرات المناخية.

هذا ويؤكد Posso et al. (2023) أيضاً علي أن هناك صعوبة بالغة في إقناع المسافرين بتغيير سلوكهم، بغض النظر عن معتقداتهم بشأن القضايا المتعلقة بالتلوث البيئي والتغيرات المناخية. في هذا الصدد، وُجد أن ٧٠% من المسافرين يؤيدون فكرة أن للسفر الجوي تأثيراً سلبياً على تفاقم التغيرات المناخية، في حين أن ٦٣% منهم دعموا فكرة أن للمسافرين الحق فى السفر بالطائرات كما يشاؤون ورفضوا أى نوع من الإلتزامات التى يمكن ان تحد من حريتهم الشخصية في التنقل واعتبروا ان الممارسات البيئية تعد قيداً عليهم حتى لو ادي ذلك إلى المساهمة في الضغط علي الموارد البيئية (Loureiro et al., 2022). نتيجة لذلك، يجب على شركات النقل الجوي تعزيز المواقف الإيجابية لدى المسافرين ودعمهم في تغيير سلوكهم، لتحقيق السلوك المرغوب من خلال خلق اتجاهات إيجابية تجاه المبادرات الخضراء بين المسافرين(Van Rensburg et al., 2023). وفقًا لنظرية الإدراك–التوقع، يمكن تحقيق مثل هذا السلوك الإيجابي عندما يرى الأفراد أن الإيمان بسلوك معين يساهم بشكل إيجابي فى تعديل السلوك تدريجياً؛ شريطة توافر

بيئة ودعماً اجتماعياً مواتياً للمبادرات البيئية، (Casado-Díaz et al., 2023). على هذا النحو، يمكن افتراض أن:

H1: يؤثر الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية إيجابيًا في موقف المسافرين تجاه السفر.

تجربة السفر المُستدام

يُشير السفر المستدام إلى السفر الذي يستهدف التنقل ضمن آليات ذات تأثير منخفض على البيئة المحيطة، تعمل على تحسين القدرة التنافسية (Gössling & Higham, 2021)، وتحقيق معايير العدالة والمساواة في تحمل النفقات من قبل مستخدمي وسائل النقل المختلفة بحيث تلبي احتياجات الحاضر دون المساس باحتياجات الأجيال القادمة (عبد الجليل، ٢٠٢٣). كما يُمثل السفر المستدام تحولًا أساسيًا في صناعة السياحة نحو ممارسات مسؤولة بيئيًا لتقليل الآثار السلبية على الكرة الأرضية. يشمل هذا المفهوم نهجا شموليا، مع الأخذ في الاعتبار الأبعاد الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية للسفر الجوي (Bosone & Nocca, 2022). كما يسعى السفر المستدام إلى تحقيق التوازن بين احتياجات الأجيال الحالية والمستقبلية من خلال تعزيز وسائل النقل الصديقة للبيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية (Abdillah et al., 2022). يشجع هذا النهج المسافرين على اتخاذ خيارات مستنيرة تساهم في الحفاظ على التنوع البيولوجي وتحقيق الرفاهية للمقاصد السياحية(ElMoslem Badr, 2022) .

في مجال السفر المستدام، يتم التركيز على اعتماد تقنيات وممارسات صديقة للبيئة في قطاع السفر الجوي، من ضمنها تطوير مصادر الوقود البديلة، تحسين كفاءة الطاقة المتجددة والحد من انبعاثات الغازات الدفيئة

(Orikpete et al., 2023). هذا وتمثل الطائرات الهيدروجينة في سياق السفر المستدام فرصة محتملة لتحقيق تقدماً ملحوظاً في استدامة السفر الجوي، إذ تُقدم وعدًا بتخفيض الانبعاثات الكربونية مقارنة بالطائرات التقليدية التي تعمل بالوقود الأحفوري، مما يسهم في تحقيق تجربة سفر أكثر صداقة للبيئة (Guilbert & Vitale, 2021). ، يري (Manca et al.,2020) أنه كثيرًا ما تُستخدم الحملات التسويقية المقنعة لتعزيز السلوك المؤيد للبيئة والتأثير على مواقف المسافرين وسلوكياتهم إذ يكون من الصعب إقناع المسافرين بإتخاذ إجراءات مستدامة وتغيير سلوكهم لصالح المجتمع ككل وليس لصالح الصناعة فقط (Kumar et al., 2023). ولكى يتم تعديل وتغيير مواقف المسافرين وضمان تأمين خفض الانبعاثات على مستوى القطاع، فمن الضروري معالجة الفجوة الحالية بين معرفة المسافرين فيما يتعلق بالصلة بين السفر الجوي والتغير المناخي. لتحقيق هذه الغاية، سيكون استخدام الرسائل المقنعة مناسبًا بغية مناشدة قيم المسافرين وتزويدهم بالمعارف والمعلومات الخاصة حول التأثير البيئي للسفر الجوي (Cocolas et al.,2020). على هذا النحو، يمكن افتراض أن:

H2: يؤثر الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية إيجابيًا في تجربة السفر المستدام.

وفيما يتعلق بالمبادرات الخضراء تجاه السفر الجوي، فإن مواقف وسلوكيات المسافرين تعتبر أمراً بالغ الأهمية. لذا يجب علي صناع القرار وواضعي السياسات السياحية إتخاذ الخطوات اللازمة لتقليل تأثير السفر الجوي على البيئة. مع ذلك، فإن جزءًا مهمًا من تحقيق تجربة سفر مستدامة خالية من

الكربون يعتمد علي التركيز علي مواقف المسافرين وسلوكياتهم. فبالإستناد على النظريات النفسية، يتضح أنه إذا كانت مواقف المسافرين مواتية، فمن المرجح أن يتم قبول جميع التغييرات الضرورية التي تنتظر صناعة الطيران سعياً لتحقيق إستدامتها في السنوات المقبلة (Korba et al., 2023). وقد أشار Guilbert & Vitale (2021) إلى الإختلاف فى مواقف المسافرين تجاه القضايا البيئية بشكل ملحوظٍ بناءً على سماتهم الشخصية، قدراتهم المعرفية وأساليب تعلمهم. بشكل عام، فإن المبادرات الخضراء تصبح أكثر قبولًا للأشخاص الذين يشعرون بمشاعر ومواقف إيجابية تجاه البيئة المحيطة. لذا من الأهمية بمكان إدراك الفروق الفردية بين المسافرين مع اخذها بعين الإعتبار لشركات السفر الجوي، لاتخاذ التدابير المناسبة وإنشاء حملات التسويق المصممة خصيصاً لهذا الغرض(Doell et al., 2021). هذا ويمكن تشكيل وصياغة مواقف المسافرين بشكل إيجابي من خلال ملاحظة سلوك المسافرين الآخرين، وكذلك من خلال التأكيد على المواقف الإيجابية لجميع الأطراف ذوي أصحاب المصلحة مع صناعة الطيران، حيث يُعتقد أن المسافرين يكونون أكثر عرضة لتبني سلوكيات صديقة للبيئة إذا كانوا يشعرون بأن الآخرين من حولهم يتبنون ذات النوع من السلوك (Shackleton et al., 2019).على هذا النحو، يمكن افتراض أن:

H3: يؤثر موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية إيجابيًا في تجربة السفر المستدام.

رضاء المسافرين عن التجربة السابقة

تُعد تصورات المسافرين للمسؤولية الاجتماعية بشقها البيئي لشركات النقل الجوي مؤثراً كبيراً علي تحسين الصورة الذهنية لشركات الطيران، حيث تلعب هذه التصورات دورًا حاسمًا في تفعيل شعور المسافرين بإلتزامتهم الأخلاقية ونيتهم النهائية لإتخاذ قرار الشراء الفعلي للسفر عبر شركة طيران بعينها. ومع ذلك قد يعاني بعض المسافرين من وجود تصورات ذهنية مشوهة إلى حد ما وغير واضحة حول التأثير البيئي للسفر الجوي (Kovač et al., 2021)، حيث قد يبالغون في بعض الأحيان في تقدير مدى مساهمة السفر الجوي في الانبعاثات الكربونية العالمية، تزامناً مع تقليل الجهود المبذولة من قبل صناعة الطيران لتقليل بصمتها البيئية (Garrow et al., 2021). بناءً على ما سبق، يُعد تحقيق رضا المسافرين من خلال ممارسات الطيران المستدام جزءًا لا يتجزأ من صناعة الطيران في العهد الحالي والمستقبلى. وفي هذا الصدد، يجب على شركات الطيران أن تدرك بشكل متزايد مدى أهمية وجدوى دمج المبادرات المستدامة في كافة عملياتها لتلبية الطلب المتزايد على تجارب السفر البيئية. كما إن أحد العناصر الرئيسية التي تساهم في تحقيق رضاء المسافرين هو تقليل البصمة البيئية لصناعة الطيران (Panchenko et al., 2023)، مما يُعزز ثقة المسافرين وتصورهم الإيجابي تجاه التزام شركة الطيران بالممارسات المستدامة (Hwang & Lyu, 2020). على هذا النحو، يمكن افتراض أن:

H4: يؤثر موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية إيجابيًا في رضاء المسافرين عن التجربة.

H5: تؤثر تجربة السفر المستدام إيجابيًا في رضاء المسافرين عن التجربة السابقة.

H6: تتوسط مواقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية وتجربة السفر بهذه الطائرات تسلسليًا للفجوة المتوقعة بين مرحلة الإدراك والرضاء المتوقع من التجربة.

الدراسة الميدانية

منهج البحث

تهدف الدراسة الميدانية إلى استكشاف العلاقة الكامنة بين إدراك طبيعة الطائرات الهيدورجينية بيئيًا ومستوى الرضاء المُحتمل من التجربة السابقة للسفر على متن هذه الطائرات، لذلك تم توظيف المنهج الاستنباطي القائم على وصف الظاهرة وتفسيرها مخرجاتها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة.تم استخدام GoogleForm لتصميم استبيان إلكتروني بغية جمع البيانات من المسافرين الذين سبق لهم تجربة السفر على متن الطائرات الهيدروجينية مع توظيف مقياس ليكرت سباعي خيارات الاستجابة، حيث تضمنت الاستبانة المُصممة أربعة محاور رئيسية: المحور الأول (الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية)، والتي تم قياسها باستخدام ثلاث عبارات تم تطويرها بالإستعانة بالمرجع التالي (Zeng et al. (2020، المحور الثاني (موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية)، والذي تم قياسه بثلاث عبارات تم الحصول عليها من Luo and Lam (2020)، المحور الثالث (تجربة السفر المُستدام)، حيث تم اعتماد بثلاث عبارات تم تكيفها من Oliveira et al. (2020) والمحور الرابع (رضاء

المسافرين عن التجربة)، والذي تم اقتباس عباراته الخمس من مقياس Lu et al. (2023).

مجتمع وعينة البحث

نظرًا لصعوبة الحصول على الحصر الشامل لمجتمع الدراسة الفعلي، فقد تم توظيف نهج العينات القصدية للحصول على استجابات المسافرين المصريين الذين سبق لهم تجربة السفر الفعلي على متن الطائرات الهيدروجينية في دول أخرى. تم الوصول إلى العينة المستهدفة من خلال تقديم استبيان تجريبي مُجهز على Google Form للتحقق من مدى فهم وسهولة العبارات علي مجموعة من المسافرين علي بعض مواقع التواصل الإجتماعى –الفيس بوك، توتير وتليجرام– ذات الصلة بالسفر المُستدام القائم على تكنولوجيا الهيدروجين الأخضر. بعد أسبوع من ارسال الرابط "نوفمبر ٢٠٢٣"، تم جمع ٤٨ استجابة مُكتملة على الإيميل المُخصص لتلقي ردود المستجيبين على الاستبيان التجريبي. باستخدام مُعامل ألفا كرونباخ، تبين أن جميع العبارات تخطت الحدود المسموح بها، بما يؤكد بساطة وسلاسة الفهم للعبارات الواردة بالاستبيان المقصود للعينة التجريبية.

تأسيسًا على ذلك، تم إعداد الاستبيان النهائي باستخدام نفس الأداة المستخدمة في الاختبار التجريبي، بعد إجراء ترجمة عبارات الاستبانة لتناسب جميع المشاركين المُحتملين، ومن ثم تمت ترجمة الاستبانة من النص الأصلي "العربية" إلى اللغة الإنجليزية بواسطة متخصصين لغويين بمركز اللغات والترجمة كلية الآداب الكائن بجامعة القاهرة. على هذا النحو، تم ارسال الاستبيان الأصلي والنسخ المُترجمة إلى أساتذة مُتفرغين في إدارة الأعمال السياحية لإبداء أرائهم حول مناسبة وانتماء العبارات لمحاور الاستبانة،

ولعينة وموضوع البحث والتحقق من سلامة ووضوح الصياغة اللغوية للعبارات، وأن الاستبانة صالحة لقياس ما صممت من أجله، ولقد أبدى السادة المحكمون مجموعة من الملاحظات حول عبارات الاستبانة، وذلك بعد ان تم التأكد من مدى مطابقة النصوص المترجمة مع المحتوى الأصلي. ومن هنا يمكن القول أنه قد تمت الاستفادة من التحكيم في الاطمئنان إلى صدق الاستبانة، أي أن العبارات كل منها تقيس الغرض الذي وضعت من أجله. ، مع ضرورة إجراء تصحيحات طفيفة قاموا بإضافتها أثناء عملية الفحص. على هذا النحو، تم اتباع جميع الملاحظات البناءة لتعزيز جودة الإستبيان.

بين ١٦ نوفمبر و١٩ ديسمبر ٢٠٢٣، تم تلقى ٤٢٧ استجابة مُكتملة إلكترونيًا عبر الإيميل المُخصص لجمع البيانات. بعد إجراء عملية الفحص المُتعمق لمجموعة البيانات، تبين أن هناك ١٣ استجابة غير صالحة كونها تتضمن قيم مُتطرفة تفوق الحدود المُقترحة التي لا يجوز تخطيها تمامًا. على هذا النحوــ تم استبعاد هذه الاستجابات من مجموعة البيانات، ومن ثم بقيت ٤١٤ استجابة صالحة باعتبارهم العينة النهائية المُخصصة لعملية التحليل الإحصائي.بناءً على ذلك، تتمحور المشكلة البحثية في الإجابة عن التساؤل الرئيسى الآتي:

"إلى أي مدى يؤثر الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية في تحقيق رضاء المسافرين تجاه التجربة؟"، على أن يتجذر من هذا التساؤل مجموعة من التساؤلات البحثية الآتية:

• ما تأثير الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدورجينية في موقف المسافرين تجاه تجربة السفر على متن هذه الطائرات؟

• ما تأثير الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدورجينية في تجربة السفر الفعلي على متن هذه الطائرات؟

• ما تأثير موقف المسافرين تجاه تجربة السفر بالطائرات الهيدورجينية في تجربة السفر الفعلي؟

• ما تأثير موقف المسافرين تجاه تجربة السفر بالطائرات الهيدورجينية في مستوى رضاءهم عن التجربة السابقة؟

• ما تأثير تجربة السفر الفعلي على متن الطائرات الهيدورجينية في مستوى رضاء المسافرين عن التجربة السابقة؟

• ما تأثير موقف المسافرين تجاه تجربة السفر بالطائرات الهيدورجينية وتجربة السفر الفعلي في العلاقة بين الإدراك البيئي لطبيعة هذه الطائرات ومستوى الرضاء عن التجربة السابقة؟، إذ يُعد الإجابة على هذه التساؤلات ومعالجتها أمرًا بالغًا الأهمية لتعزيز أجندة الطيران المستدام والانتقال نحو مستقبل أكثر صداقة للبيئة في مجال السفر الجوي.

المُعالجة الإحصائية

تم توظيف نمذجة المعادلات الهيكلية القائمة على المربعات الجزئية الصغرى للتحقق من صلاحية الفروض المقترحة وتقييم جودة النموذج الهيكلي في هذا البحث (Guenther et al., 2023)؛ باستخدام أحدث برامج تحليل هذه النمذجة "WarpPLS 8". تم استخدام هذه النمذجة خصيصًا لأسباب عديدة (Kock, 2023). أولًا، تُركز هذه النمذجة على تحليل النماذج المُعقدة التي تتضمن العديد من المسارات الإحصائية (Hair et al., 2020). ثانيًا، تقوم هذه النمذجة بتحليل البيانات الموزعة بشكلٍ غير طبيعي دون النظر إلى أحجام العينات سواء كانت تتخطى حاجز ٧٥ كحد أدنى أو

لا تزيد عن ٨٠٠٠ كحد أقصى (Selem et al., 2023). ثالثًا، تتحقق هذه النمذجة من العلاقات الاستكشافية غير المُثبتة إحصائيًا أو نظريًا في دراسات أخرى (Evermann & Rönkkö, 2023). رابعًا، تُركز هذه النمذجة على تحليل المتغيرات الوسيطة سواء جزئيًا أو تسلسيًا، الأمر الذي يصعب على النمذجة البنائية القائمة على التباين المُشترك (Becker et al., 2023).

النتائج والمناقشة

البيانات الديموغرافية للمستجيبين

يوضح جدول ١ توصيف متغيرات عينة الدراسة – الخصائص الديموغرافية للمستجيبين– من حيث عدد التكرارات والنسب المئوية ذات الصلة باستخدام برنامج SPSS 28.

جدول ١. الخصائص الديموغـرافية للمشاركين (N = 414)

متغيرات عينة الدراسة	الفئة	النسبة	التكرارات	الخصائص	الفئة	النسبة	التكرارات
النوع الاجتماعي	ذكر	42.5	176	الفئة العمرية	25–18	32.9	136
	أنثى	57.5	238		35–26	33.3	138
عدد مرات السفر الجوي سنويًا	أقل من 5	22	91		أكبر من 35	33.8	140
	10–5	61.4	254	معدل الإنفاق السنوي (الدولار)	أقل من 7000	35	145
	أكثر من	16.6	69		10000–7000	50.7	210

		10				أكبر من 10000	14.3	59

بينت نتائج جدول ١ أن معظم المشاركين كانوا من الإناث (٥٧.٥%)، بينما شكلت فئة الذكور (٤٢.٥%). كما كانت غالبية المستجيبين (٦١.٤%) من مُترددي السفر الجوي ما بين ٥–١٠ مرات سنويًا على متن شركات الطيران العالمية. كما أظهرت النتائج أن الفئة العمرية للمستجيبين تباينت على النحو التالي: ٣٢.٩% منهم لديهم ١٨–٢١ عامًا، ٣٣.٣% منهم لديهم ٢٦–٢٥ عامًا و٣٣.٨% منهم لديهم أكثر من ٣٥ عام. أخيرًا، كانت أغلبية المستجيبين (٥٠.٧%) لديهم معدلات إنفاق متوسطة سنويًا، أي ما بين ٧٠٠٠–١٠٠٠٠ دولار أمريكي.

صدق الاتساق الداخلي

تم فحص الاستجابات المُجمعة (n = 414) باستخدام مُعامل ارتباط بيرسون (جدول ٢) لفحص مدى ارتباط كل عبارة بالمتغير المنتمية إليه.

جدول ٢. مُعاملات الارتباط بين العبارات ودرجاتها الكلية

المتغـــيرات	العبارات									
الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية	1	.٧٢٢**	2	.٧١٩**	3	.٧٧٩**				
موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية	1	.٧٦١**	2	.٧٤٤**	3	.٧٧٧**				
تجربة السفر المُستدام	1	.٧٢٠**	2	.٨٠٦**	3	.٨١١**				
رضاء المسافرين عن	1	.٨١٥**	2	.٨٢٢**	3	.٧٩٩**	4	.٧٩٥**		

التجربة	5	.٨٣٤**						

أكدت نتائج جدول ٢ أن جميع العبارات الواردة ارتبطت معنويًا عند درجة 0.01 بالدرجة الكلية للمتغيرات، حيث تخطت الحد المسموح به (0.50)، بما يؤكد الصدق البنائي المقبول للاستبانة.

تقييم نموذج القياس

تم الاعتماد قيم تشبع العبارات، الموثوقية المركبة ومتوسط التباين المُستخرج للتحقق من مدى صدق النموذج تقاربيًا (Hair et al., 2020). أولًا، تُشير العبارات التي تتجاوز قيمة 0.708 على التشبع المقبول للعبارات على درجاتها الكلية "المتغير التابع له" (Becker et al., 2023). ثانيًا، يتم الاستدلال على القيم التي تتخطى 0.70، بأن المتغير يتمتع بموثوقية مُركبة عالية. ثالثًا، تُبين القيم التي تتجاوز ٥٠% بأن متوسطات المتغيرات تتباين بشكلٍ ملحوظٍ عن بقية المتغيرات الأخرى (Guenther et al.,2023).

جدول 3. نتائج نموذج القياس

الصدق التقاربي					
المتغيرات	كود العبارة	العبارات	تشبُع العبارات	الموثوقية المركبة	متوسط التباين المُستخرج
الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية	إدراك1	إن السفر بالطائرات الهيدروجينية يتوافق مع قيمي البيئية.	.833	.863	.677
	إدراك2	سأختار رحلة الطيران التي تعمل بالهيدروجين الأخضر لتقليل بصمتي الكربونية.	.826		
	إدراك3	أفضل السفر بالطائرات الهيدروجينية لتحقيق الاستدامة البيئية.	.809		

تجربة السفر المُستدام	تجربة1	قدمت الطائرات الهيدروجينية خدمة ضيافة أفضل بالنسبة لي.	.831	.864	.679
	تجربة2	تدابير السلامة والمعلومات المقدمة على متن الطائرات الهيدروجينية كانت مُطمئنة.	.811		
	تجربة3	كانت تجربة الطائرات الهيدروجينية رائعة بالنسبة لي.	.830		
رضاء المسافرين عن التجربة	رضاء1	أنا راض عن تجربتي على متن الطائرة التي تعمل بالهيدروجين الأخضر.	.821	.915	.684
	رضاء2	كان مستوى الضوضاء على متن الطائرة التي تعمل بالهيدروجين الأخضر مقبولاً.	.828		
	رضاء3	لقد حققت جميع الخدمات والمرافق المتاحة على متن الطائرات الهيدروجينية توقعاتي الحالية.	.838		
	رضاء4	كانت تجربتي على متن الطائرات الهيدروجينية أفضل من تجربتي على متن الطائرات التقليدية.	.832		
	رضاء5	أوصي الآخرين بالسفر على متن الطائرات الهيدروجينية.	.816		
موقف المسافرين تجاه السفر	موقف1	يُعتبر السفر على متن الطائرات الهيدروجينية أمرًا جذابًا.	.833	.861	.674
	موقف2	لدى قلق بسيط بشأن سلامة السفر بالطائرات التي تعمل بالهيدروجين الأخضر. (معكوسة)	.827		

	موقف3	لدى استعداد تام لدفع المزيد من الأموال مقابل السفر مرة أخرى على متن الطائرات الهيدروجينية.	.803		
الصدق التمييزي					
المتغيرات		1. الإدراك البيئي	2. تجربة السفر	3. رضاء المسافرين	4. موقف المسافرين
1. الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية					
2. تجربة السفر المُستدام		.464			
3. رضاء المسافرين عن التجربة السابقة		.411	.396		
4. موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية		.505	.321	.409	

كشفت نتائج جدول ٣ أن جميع قيم تشبع العبارات، الموثوقية المركبة ومتوسطات التباين المستخرجة تجاوزت الحدود المسموح بها، بما يُشير إلى نموذج القياس يُلبي جميع المتطلبات المقبولة لتحقيق الصدق التقاربي والاتساق الداخلي لبنيات المتغيرات. من ناحية أخرى، تم توظيف نهج جديد لتقدير الصدق التمييزي لنموذج القياس باستخدام نسبة الارتباطات HTMT (شكل ٣). أكدت النتائج الواردة بأن جميع نسب الارتباطات بين المتغيرات لم تتجاوز قيمة 0.85، مما يؤكد الصدق التمييزي القوي لنموذج القياس (Hair et al., 2020).

تقييم النموذج الهيكلي

تم استخدام مُعامل التحديد (R^2) لتبرير تأثيرات المتغيرات المتنبئة في المتغيرات التابعة، وكذلك تم توظيف قيمة الصلاحية التنبؤية (Q^2)، إلى جانب استخدام حجم التأثير (f^2) للتحقق من جودة ملائمة النموذج (Hair et al.,

2020). تؤكد قيم R^2 التي تتجاوز ٢٧% بأن تفسير التباين يكون قريبًا من الدرجة المتوسطة لتأثير متغير ما في متغير آخر (Becker et al., 2023). كما تُبين قيم Q^2 التي تتخطى حاجز الصفر، وتقترب من الواحد الصحيح بأن النموذج الهيكلي يتمتع بصلاحية تنبؤية كافية (Hair et al., 2020). علاوة على ذلك، تُبرر قيم f^2 التي تتخطى ٠.١٧، بأن حجم التأثير الوارد لمتغير ما في متغير آخر يُعتبر قويًا (Khalilzadeh & Tasci, 2017).

جدول 4. تقييم جودة النموذج

المؤشر	R^2	Q^2
تجربة السفر المُستدام	.426	.355
رضاء المسافرين عن التجربة السابقة	.399	.312
موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية	.435	.367

أكدت نتائج جدول ٤ أن قيم R^2 فسرت ٤٢.٦% من التباين في تجربة السفر المُستدام، ٣٩.٩% من التباين في رضاء المسافرين عن التجربة السابقة و٤٣.٥% من التباين في موقف المسافرين تجاه السفر على متن الطائرات الهيدروجينية، بما يُبرهن القدرة التفسيرية المقبولة للنموذج. علاوة على ذلك، تجاوزت جميع قيم Q^2 الصفر، بما يُشير إلى تحقيق النموذج الهيكلي صدقًا تنبويًا كافيًا.

جدول 5. نتائج اختبار النموذج الهيكلي

	المسارات	قيمة بيتا B	قيمة ت T-value	المعنوية P-value	حجم التأثير f^2	النتيجة Result
H1	الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية ← موقف المسافرين تجاه	.322***	10.206	.000	.287	قبول الفرض

	السفر					
H2	الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية ← تجربة السفر المستدام	.315***	9.321	.000	.261	قبول الفرض
H3	موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية ← تجربة السفر المستدام	.422***	13.502	.000	.355	قبول الفرض
H4	موقف المسافرين تجاه السفر بالطائرات الهيدروجينية ← رضاء المسافرين عن التجربة	.391***	12.211	.000	.288	قبول الفرض
H5	تجربة السفر المستدام بالطائرات الهيدروجينية ← رضاء المسافرين عن التجربة	.352***	11.778	.000	.216	قبول الفرض
H6	الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية ← موقف المسافرين تجاه السفر الفعلي ← تجربة السفر المُستدام ← رضاء المسافرين عن التجربة السابقة	.194**	6.398	.007	-	قبول الفرض

للإجابة على التساؤلات البحثية، تم فحص الفروض المقترحة باستخدام PLSbootstrapping approach من خلال التحقق من وجود دلالة إحصائية للمسارات المقترحة ($p < 0.005$) وقيمة t-statistics (t-value ≥ 1.96). على هذا النحو، كشفت نتائج جدول ٥ أن الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية من منظور المسافرين أثراً إيجابيًا ومعنويًا

في مواقفهم تجاه السفر على متن هذه الطائرات ($\beta = 0.322$; $t = 10.206$; $p < 0.001$, $f^2 = 0.287$) بحجم تأثير قوي، بما يُدعم صحة الفرض H1.

كما أكدت النتائج على وجود أثر إيجابي ومعنوي للإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية من منظور المسافرين في التجربة الفعلية للسفر على متن هذه الطائرات ($\beta = 0.315$; $t = 9.321$; $p < 0.001$, $f^2 = 0.261$) بحجم تأثير قوي، بما يُدعم صحة الفرض H2. بالمثل، أسفرت النتائج عن وجود أثر إيجابي ومعنوي لموقف المسافرين تجاه السفر على متن الطائرات الهيدروجينية في التجربة الفعلية للسفر على متن هذه الطائرات ($\beta = 0.422$; $t = 13.502$; $p < 0.001$, $f^2 = 0.355$) بحجم تأثير قوي، بما يُدعم صحة الفرض H3.

علاوة على ذلك، بينت النتائج أن مواقف المسافرين تجاه السفر على متن الطائرات الهيدروجينية أثرت إيجابيًا ومعنويًا في رضاءهم عن تجاربهم السابقة تجاه السفر على متن هذه الطائرات ($\beta = 0.391$; $t = 12.211$; $p < 0.001$, $f^2 = 0.288$) بحجم تأثير قوي، بما يُدعم صحة الفرض H4. كما أسفرت النتائج عن وجود أثر إيجابي للتجربة الفعلية للسفر على متن الطائرات الهيدروجينية في رضاء المسافرين عن تجاربهم السابقة تجاه السفر على متن هذه الطائرات ($\beta = 0.352$; $t = 11.778$; $p < 0.001$, $f^2 = 0.216$) بحجم تأثير قوي، بما يُدعم صحة الفرض H5.

من ناحية أخرى، تم اختبار الدور الوسيط باستخدام نهج Sobel لفحص الوساطة المُحتملة على النحو التالي (Zang et al., 2023): الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية ← موقف المسافرين تجاه السفر الفعلي ←

تجربة السفر المُستدام ← رضاء المسافرين عن التجربة السابقة، حيث بينت النتائج الواردة بجدول ٥ أن موقف المسافرين تجاه السفر وتجربة السفر المُستدام توسطا تسلسليًا العلاقة الكامنة بين مرحلة الإدراك البيئي لطبيعة الطائرات الهيدروجينية ومرحلة رضاء المسافرين عن تجاربهم السابقة تجاه السفر على متن هذه الطائرات ($\beta = 0.194$; $t = 6.398$; $p < 0.01$)، بما يُدعم صحة الفرض H6.

المناقشة والتوصيات

من منظور نظرية الإدراك–التوقع، أظهرت النتائج المستخلصة أن الإدراك البيئي للمسافرين تجاه طبيعة الطائرات الهيدروجينية قد لعب دورًا محوريًا في تحديد مواقفهم تجاه السفر بمثل هذه الطائرات، مما يبرز أهمية التوعية بقضايا البيئة، وهذا يتفق مع الدراسات السابقه (Casado-Díaz et al., 2023; van Rensburg et al., 2023). كما كشفت النتائج أن تجربة السفر المستدام تسهم بشكلٍ كبيرٍ في رضاء المسافرين بهذه الطائرات، وهذا يُعزز أهمية تحسين خدمات وتجارب السفر بالطائرات الهيدروجينية، وهذا يتفق مع كلٍ من(Hwang & Lyu, 2020; Panchenko et al., 2023) . على هذا النحو، تأكدت جميع العلاقات الإيجابية بين الإدراك البيئي، المواقف تجاه السفر، تجربة السفر بهذه الطائرات ورضاء المسافرين عن التجربة الفعلية، مما يدعم ويوضح مدى تأثير الاستدامة على اختيارات المسافرين. بناءً على ذلك، يُمكن تقديم التوصيات التالية للممارسين في صناعة السفر الجوي على النحو التالي:

التوصية	التنفيذ	الجهة المنفذة
تعزيز الوعى	ينبغي تعزيز حملات التوعية حول	– الشركات المشغلة

البيئي	فوائد السفر بالطائرات الهيدروجينية من حيث الأثر الإيجابي على البيئة المحطية، وذلك لتعزيز الإدراك البيئي لدى المسافرين، مما يمكن أن يسهم في تغيير مواقف المسافرين وتعزيز رغبتهم في السفر بها.	للطائرات الهيدروجينية – وزارة البيئة بالتعاون مع وسائل الإعلام
تطوير تجارب السفر	يُقترح تحسين تجارب السفر على متن الطائرات الهيدروجينية من خلال تحسين خدمات الضيافة وزيادة إجراءات السلامة البيئية، مما يكون لها الأثر في تحسين الرضاء العام لدى المسافرين.	– الشركات المشغلة للطائرات الهيدروجينية
استخدام التكنولوجيا الحديثة القائمة على الذكاء الاصطناعي	يُقترح استخدام التقنيات الناشئة لتحسين تجربة المسافرين كاستخدام أنظمة الترفيه على متن هذه الطائرات وتقنيات الاتصالات الروبوتية لتعزيز رضاء المسافرين.	– الشركات المشغلة للطائرات الهيدروجينية
إجراءا الدورات التدريبية القائمة على الواقع الافتراضي	تقديم دورات تدريبية لموظفي الشركات المشغلة لتعزيز خدمة العملاء وفهم احتياجات المسافرين باستخدام محاكاة الواقع الافتراضي.	– الشركات المشغلة للطائرات الهيدروجينية

تحسين البنية التحتية	تحسين البنية التحتية كتوفير محطات الهيدروجين ومرافق الشحن في المطارات المختلفة.	– الجهات الحكومية متمثله فى وزارة البيئة بالتعاون مع شركات الطيران
إنشاء صندوق لدعم مشروعات الهيدروجين النظيف	تشجيع التعاون بين القطاع الخاص والعام لتنفيذ مشروعات الهيدروجين في وسائل النقل المختلفة. وتقديم الدعم لمنتجى الهيدروجين الأخضر لتشجيعهم على الإنتاج على الأمدين القريب والبعيد.	– التعاون بين الشركات العامة والخاصة بقطاعي البيئة والسياحة
إنشاء المجلس الوطني الأخضر	يكون مسئولاً عن مراقبة استراتيجية توطين صناعة الهيدروجين الأخضر مع تخصيص موارد كافية لدعم برنامج الأعمال ذات الصلة بالمعايير العالمية وتطوير السياسيات التنظيمية والفنية.	– وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة

الأفاق المستقبلية والقيود البحثية

يُمكن توسيع البحث الحالي لاستكشاف المزيد من جوانب تأثير الطائرات الهيدروجينية في تفضيلات ورغبات المسافرين. كما يمكن دراسة تأثيرات تقنيات الذكاء الاصطناعي في تجربة السفر المستدام. مع ذلك، يجب أخذ الحذر في تعميم النتائج إلى الفئات والسياقات المختلفة، حيث قد تكون هناك

قيود تتعلق بتحديد حجم العينة وظروف البحث في إقليم ما مقارنة بإقليم آخر. كما يُشدد على أهمية استكمال المزيد من الدراسات لتوسيع الفهم حول تأثيرات الطائرات الهيدروجينية على طول الرحلات السياحية. أخيرًا، يُعد هذا البحث أساسًا جذريًا للبحوث المستقبلية نحو توجيه الجهود المُثمرة لتحسين وتطوير صناعة السفر الجوي بالطائرات الهيدروجينية، بما يتلائم مع تفضيلات واحتياجات المسافرين والمتطلعين إلى السفر المُستدام.

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

عبدالجليل، هدايا عبدالستار عبدالمنعم (٢٠٢٣). اقتصاديات الهيدروجين الأخضر ودورها في تعزيز أمن الطاقة وتحقيق النقل المستدام. *المجلة العلمية للبحوث التجارية–جامعة المنوفية،٥١(٤)*، ٣٦٣–٣٩٨.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

Abdillah, D., Ardiwidjaja, R., Astuti, M. T., & Putranto, D. (2022). Development of eco-friendly travel patterns based on cultural heritage attractions in the city of bandung. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research, 1*(11), 2507-2520.

Adler, E. J., & Martins, J. R. (2023). Hydrogen-powered aircraft: Fundamental concepts, key technologies, and environmental impacts. *Progress in Aerospace Sciences*, *141*, 100922.

Bakır, M. (2022). *Green purchase intention in the air travel industry: influence of environmental knowledge and attitude*. In International symposium on sustainable aviation (pp. 47-54). Cham: Springer Nature Switzerland.

Baroutaji, A., Wilberforce, T., Ramadan, M., & Olabi, A. G. (2019). Comprehensive investigation on hydrogen and fuel cell technology in the aviation and aerospace sectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *106*, 31-40.

Becker, J. M., Cheah, J. H., Gholamzade, R., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2023). PLS-SEM's most wanted guidance. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, *35*(1), 321-346.

Bosone, M., & Nocca, F. (2022). Human circular tourism as the tourism of tomorrow: The role of travellers in achieving a more sustainable and circular tourism. *Sustainability*, *14*(19), 12218.

Casado-Díaz, A. B., Sancho-Esper, F., Rodriguez-Sanchez, C., & Sellers-Rubio, R. (2023). *Tourists' water conservation behavior in hotels: The role of gender*. In Gender and tourism sustainability (pp. 63-83). Routledge.

Cocolas, N., Walters, G., Ruhanen, L., & Higham, J. (2020). Air travel attitude functions. *Journal of Sustainable Tourism*, *28*(2), 319-336.

Cohen, S. A., Higham, J. E., & Reis, A. C. (2013). Sociological barriers to developing sustainable discretionary air travel behaviour. *Journal of Sustainable Tourism*, *21*(7), 982-998.

Doell, K. C., Conte, B., & Brosch, T. (2021). Interindividual differences in environmentally relevant positive trait affect impacts sustainable behavior in everyday life. *Scientific Reports*, *11*(1), 20423.

Dorta Antequera, P., Díaz Pacheco, J., López Díez, A., & Bethencourt Herrera, C. (2021). Tourism, transport

and climate change: The carbon footprint of international air traffic on islands. *Sustainability, 13*(4), 1795.

Eissele, J., Lafer, S., Mejía Burbano, C., Schließus, J., Wiedmann, T., Mangold, J., & Strohmayer, A. (2023). Hydrogen-powered aviation—design of a hybrid-electric regional aircraft for entry into service in 2040. *Aerospace*, *10*(3), 277.

El Moslem Badr, D. M. (2022). Challenges and Future of the development of sustainable ecotourism. *International Journal of Modern Agriculture and Environment*, *2*(2), 54-72.

Evermann, J., & Rönkkö, M. (2023). Recent developments in PLS. *Communications of the Association for Information Systems, 52*(1), 663-667.

Garrow, L. A., German, B. J., & Leonard, C. E. (2021). Urban air mobility: A comprehensive review and comparative analysis with autonomous and electric ground transportation for informing future research. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 132*, 103377.

Gössling, S., & Higham, J. (2021). The low-carbon imperative: Destination management under urgent climate change. *Journal of Travel Research, 60*(6), 1167-1179.

Guenther, P., Guenther, M., Ringle, C. M., Zaefarian, G., & Cartwright, S. (2023). Improving PLS-SEM use for business marketing research. *Industrial Marketing Management, 111*, 127-142.

Guilbert, D., & Vitale, G. (2021). Hydrogen as a clean and sustainable energy vector for global transition from

fossil-based to zero-carbon. *Clean Technologies*, *3*(4), 881-909.

Hair, J. F., Howard, M. C., & Nitzl, C. (2020). Assessing measurement model quality in PLS-SEM using confirmatory composite analysis. *Journal of Business Research*, *109*, 101-110.

Hoelzen, J., Silberhorn, D., Zill, T., Bensmann, B., & Hanke-Rauschenbach, R. (2022). Hydrogen-powered aviation and its reliance on green hydrogen infrastructure–review and research gaps. *International Journal of Hydrogen Energy*, *47*(5), 3108-3130.

Huang, C., Wang, J. W., Wang, C. M., Cheng, J. H., & Dai, J. (2021). Does tourism industry agglomeration reduce carbon emissions? *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 30278-30293.

Hwang, J., & Lyu, S. O. (2020). Relationships among green image, consumer attitudes, desire, and customer citizenship behavior in the airline industry. *International Journal of Sustainable Transportation*, *14*(6), 437-447.

Khalilzadeh, J., & Tasci, A. D. (2017). Large sample size, significance level, and the effect size: Solutions to perils of using big data for academic research. *Tourism Management*, *62*, 89-96.

Kock, N. (2023). Using logistic regression in PLS-SEM: Dichotomous endogenous variables. *Data Analysis Perspectives Journal*, *4*(4), 1-6.

Korba, P., Sekelová, I., Koščáková, M., & Behúnová, A. (2023). Passengers' knowledge and attitudes toward green initiatives in aviation. *Sustainability*, *15*(7), 6187.

Kovač, A., Paranos, M., & Marciuš, D. (2021). Hydrogen in energy transition: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, *46*(16), 10016-10035.

Kumar, S., Baalisampang, T., Arzaghi, E., Garaniya, V., Abbassi, R., & Salehi, F. (2023). Synergy of green hydrogen sector with offshore industries: Opportunities and challenges for a safe and sustainable hydrogen economy. *Journal of Cleaner Production*, *384*, 135545.

Lee, D. S., Fahey, D. W., Skowron, A., Allen, M. R., Burkhardt, U., Chen, Q., ... & Wilcox, L. J. (2021). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, *244*, 117834.

Loureiro, S. M. C., Guerreiro, J., & Han, H. (2022). Past, present, and future of pro-environmental behavior in tourism and hospitality: A text-mining approach. *Journal of Sustainable Tourism*, *30*(1), 258-278.

Lu, C. W., Huang, J. C., Chen, C., Shu, M. H., Hsu, C. W., & Bapu, B. T. (2021). An energy-efficient smart city for sustainable green tourism industry. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *47*, 101494.

Lu, L., Xu, P., Wang, Y. Y., & Wang, Y. (2023). Measuring service quality with text analytics: Considering both importance and performance of consumer opinions on social and non-social online platforms. *Journal of Business Research*, *169*, 114298.

Luo, F., Moyle, B. D., Moyle, C. L. J., Zhong, Y., & Shi, S. (2020). Drivers of carbon emissions in China's tourism industry. *Journal of Sustainable Tourism*, *28*(5), 747-770.

Luo, J. M., & Lam, C. F. (2020). Travel anxiety, risk attitude and travel intentions towards "travel bubble" destinations in Hong Kong: Effect of the fear of COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21), 7859.

Manca, S., Altoè, G., Schultz, P. W., & Fornara, F. (2020). The persuasive route to sustainable mobility: Elaboration likelihood model and emotions predict implicit attitudes. *Environment and Behavior*, *52*(8), 830-860.

Oliveira, T., Araujo, B., & Tam, C. (2020). Why do people share their travel experiences on social media? *Tourism Management*, *78*, 104041.

Orikpete, O. F., Gungura, N. M., Ehimare, E., & Ewim, D. R. E. (2023). A critical review of energy consumption and optimization strategies in the Nigerian aviation sector: challenges and prospects. *Bulletin of the National Research Centre*, *47*(1), 170.

Panchenko, V. A., Daus, Y. V., Kovalev, A. A., Yudaev, I. V., & Litti, Y. V. (2023). Prospects for the production of green hydrogen: Review of countries with high potential. *International Journal of Hydrogen Energy*, *48*(12), 4551-4571.

Posso, F., Pulido, A., & Acevedo-Páez, J. C. (2023). Towards the hydrogen economy: Estimation of green hydrogen production potential and the impact of its uses in Ecuador as a case study. *International Journal of Hydrogen Energy*, *48*(32), 11922-11942.

Rivarolo, M., Rattazzi, D., Lamberti, T., & Magistri, L. (2020). Clean energy production by PEM fuel cells on tourist ships: A time-dependent analysis.

International Journal of Hydrogen Energy, *45*(47), 25747-25757.

Selem, K. M., Khalid, R., Raza, M., & Islam, M. S. (2023). We need digital inquiries before arrival! key drivers of hotel customers' willingness to pay premium. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, *ahead-of-print*, 1-23.

Shackleton, R. T., Adriaens, T., Brundu, G., Dehnen-Schmutz, K., Estévez, R. A., Fried, J., ... & Richardson, D. M. (2019). Stakeholder engagement in the study and management of invasive alien species. *Journal of Environmental Management*, *229*, 88-101.

Shang, Y., Lian, Y., Chen, H., & Qian, F. (2023). The impacts of energy resource and tourism on green growth: Evidence from Asian economies. *Resources Policy*, *81*, 103359.

Sircar, A., Solanki, K., Bist, N., Yadav, K., & Mahanta, K. (2022). Green hydrogen: Alternate fuel for Indian energy basket. *MRS Energy & Sustainability*, 9(2), 392-406.

Škare, M., Soriano, D. R., & Porada-Rochoń, M. (2021). Impact of COVID-19 on the travel and tourism industry. *Technological Forecasting and Social Change*, *163*, 120469.

van Rensburg, T. M., Brennan, N., & Howard, A. (2023). Tourist preferences for fuel cell vehicle rental: Going green with hydrogen on the island of Tenerife. *International Journal of Hydrogen Energy*, *48*(75), 29350-29366.

Yousaf, Z., Radulescu, M., Sinisi, C. I., Serbanescu, L., & Paunescu, L. M. (2021). Harmonization of green

motives and green business strategies towards sustainable development of hospitality and tourism industry: Green environmental policies. *Sustainability*, *13*(12), 6592.

Yusaf, T., Fernandes, L., Abu Talib, A. R., Altarazi, Y. S., Alrefae, W., Kadirgama, K., ... & Laimon, M. (2022). Sustainable aviation—Hydrogen is the future. *Sustainability*, *14*(1), 548.

Zang, E., Sobel, M. E., & Luo, L. (2023). The mobility effects hypothesis: Methods and applications. *Social Science Research*, *110*, 102818.

Zeng, J., Jiang, M., & Yuan, M. (2020). Environmental risk perception, risk culture, and pro-environmental behavior. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(5), 1750.

Hydrogen airplanes as a safe means to experience sustainable travel: Focusing on perception-expectancy theory