Afro-Asian Journal of Scientific Research (AAJSR)
المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي
E-ISSN: 2959-6505
Volume 3, Issue 4, 2025
Page No: 307-315
Website: https://aajsr.com/index.php/aajsr/index
SJIFactor 2024: 5.028 ISI 2025: 0.915 معامل التأثير العربي (AIF) 2025: 0.76

Solar Energy and Architecture in Libya: A Critical Analysis of the Gap Between Natural Potential and Implementation in Light of Global Sustainable Development Discourse

Ahmed Mohamed Elaraby Awaili[1*], Jamal Mohamed Alabid[2]
[1]Department of Architecture, and Urban planning, Faculty of Engineering, Elmergib University, Alkohmes, Libya.
[2]Department of Architecture, and Urban planning, Faculty of Engineering, Elmergib University, Alkohmes, Libya.

الطاقة الشمسية والعمارة في ليبيا: تحليل نقدي للفجوة بين الإمكانات الطبيعية ومستوى التطبيق في ضوء خطاب التنمية المستدامة العالمي

أحمد محمد العربي عويلي[1*]، جمال محمد العبيد[2]
[1]العمارة والتخطيط العمراني، كلية الهندسة، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا
[2]العمارة والتخطيط العمراني، كلية الهندسة، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا

*Corresponding author: Amawaili@elmergib.edu.ly

Received: October 10, 2025	Accepted: December 13, 2025	Published: December 31, 2025

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract:
This study examines the role of solar energy in architecture within the context of global sustainable development discourse, with a specific focus on Libya as a case of structural mismatch between high natural potential and low implementation. Despite possessing one of the highest solar irradiation levels in the Mediterranean region, Libya continues to rely almost entirely on fossil fuels for electricity generation, with minimal integration of solar technologies in the built environment. The research adopts a critical analytical methodology based on the review of international reports and academic literature related to renewable energy, building sector emissions, and energy policy frameworks. Through a qualitative assessment of the Libyan context, the study identifies key non-technical barriers that hinder the integration of solar energy in architecture, including the absence of regulatory frameworks, weak institutional coordination between energy and urban planning sectors, and limited incorporation of energy design principles within architectural education and practice. The findings reveal that the gap between potential and implementation is primarily structural rather than technological, rooted in governance inefficiencies and fragmented planning approaches. Comparative insights from regional experiences, particularly Morocco and Tunisia, demonstrate that policy continuity, regulatory support, and incentive mechanisms are decisive factors in enabling the gradual integration of solar energy into buildings. The study concludes that integrating solar energy into Libyan architecture should not be approached as a standalone technical solution, but as part of a broader redefinition of architecture's role within national energy transition strategies. It highlights the need for policy reform, educational transformation, and the repositioning of architects as active contributors to sustainable energy systems.

Keywords: Solar energy; Architecture; Libya; Sustainable development; Energy transition; Built environment; Energy governance; Renewable energy integration.

الملخص:
تتناول هذه الدراسة دور الطاقة الشمسية في العمارة في ضوء خطاب التنمية المستدامة العالمي، مع اتخاذ ليبيا كحالة تحليلية تُظهر فجوة بنيوية بين الإمكانات الطبيعية المرتفعة ومستوى التطبيق المحدود. فعلى الرغم من امتلاك ليبيا أحد أعلى معدلات الإشعاع الشمسي في منطقة البحر المتوسط، لا يزال قطاع الطاقة يعتمد بشكل شبه كامل على الوقود الأحفوري، مع حضور محدود لتطبيقات الطاقة الشمسية في البيئة المبنية. يعتمد البحث على منهجية تحليلية نقدية تستند إلى مراجعة الأدبيات العلمية والتقارير الدولية المتعلقة بالطاقة المتجددة، وقطاع المباني، وسياسات الطاقة. ومن خلال تحليل الحالة الليبية، يحدد البحث مجموعة من العوائق غير التقنية التي تعيق دمج الطاقة الشمسية في العمارة، من أبرزها غياب الأطر التشريعية والتنظيمية، وضعف التنسيق المؤسسي بين قطاعات الطاقة والتخطيط العمراني، إلى جانب محدودية دمج مفاهيم التصميم الطاقي في التعليم والممارسة المعمارية. وتُظهر النتائج أن الفجوة بين الإمكانات والتطبيق ذات طبيعة بنيوية بالأساس، وترتبط بضعف الحوكمة وتجزؤ السياسات، أكثر من ارتباطها بعوامل تقنية. كما توضح المقارنة مع تجارب إقليمية، مثل المغرب وتونس، أن استمرارية السياسات، ووجود أطر تنظيمية واضحة، وآليات تحفيزية فعالة، تمثل عوامل حاسمة في دعم دمج الطاقة الشمسية في قطاع المباني. ويخلص البحث إلى أن إدماج الطاقة الشمسية في العمارة الليبية يجب أن يُفهم ضمن إطار أوسع لإعادة تعريف دور العمارة في التحول الطاقي، بما يتطلب إصلاحات مؤسسية وتشريعية، وتطوير التعليم المعماري، وتعزيز دور المعماري كفاعل رئيسي في تحقيق التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، العمارة، ليبيا، التنمية المستدامة، التحول الطاقي، البيئة المبنية، حوكمة الطاقة، دمج الطاقة المتجددة.

المقدمة:

يشهد العالم تحولًا متسارعًا في أنظمة الطاقة نتيجة تصاعد تحديات التغير المناخي، وزيادة الطلب على الطاقة، ومحدودية استدامة الوقود الأحفوري، وهو ما دفع إلى تبني أطر دولية لإعادة توجيه السياسات الطاقية نحو مسارات منخفضة الكربون، كما تجسد في اتفاقية باريس للمناخ وأهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، خاصة الهدف السابع المرتبط بالطاقة (United Nations, 2015).

في هذا السياق، أصبحت الطاقة الشمسية أحد أبرز ركائز التحول الطاقي عالميًا، مدفوعة بانخفاض تكاليفها وتوسع نطاق تطبيقاتها، من الإنتاج المركزي إلى الاستخدامات الموزعة على مستوى المباني، حيث تشير التقديرات إلى استمرار دورها كمحرك رئيس لنمو الطاقة المتجددة خلال العقود القادمة (IEA, 2023; IRENA, 2023).

يمثل قطاع المباني محورًا حاسمًا في هذا التحول، نظرًا لمسؤوليته عن نسبة كبيرة من استهلاك الطاقة العالمي، مما يجعل دمج الأنظمة الشمسية ضمن التصميم المعماري، بما في ذلك الأنظمة الكهروضوئية المدمجة ومفاهيم المباني صفرية الطاقة، خيارًا استراتيجيًا لتقليل الطلب على الطاقة والانبعاثات المرتبطة بها (UNEP, 2021; Attia et al., 2013). ومع ذلك، يظل هذا الدمج متفاوتًا بين الدول، ويتحدد بدرجة أكبر بعوامل مؤسسية وتشريعية تتجاوز الاعتبارات التقنية.

تمثل ليبيا حالة ذات مفارقة واضحة، إذ تمتلك إمكانات شمسية مرتفعة ضمن الحزام الشمسي العالمي، إلا أن منظومة الطاقة فيها لا تزال تعتمد بشكل شبه كلي على الوقود الأحفوري، مع ما يرتبط بذلك من تحديات تشغيلية وبيئية، في مقابل غياب محدود لتطبيقات الطاقة الشمسية في قطاع العمارة على المستويين التنظيمي والتطبيقي (IRENA, 2021; World Bank, 2023).

انطلاقًا من ذلك، يهدف هذا البحث إلى تحليل موقع الطاقة الشمسية ضمن الخطاب الطاقي المعاصر من منظور معماري، مع التركيز على الحالة الليبية بوصفها نموذجًا يكشف فجوة بين الإمكانات الطبيعية والتطبيق الفعلي، من خلال تفكيك العوامل غير التقنية المؤثرة في دمج الطاقة الشمسية داخل البيئة المبنية (UNEP, 2023).

منهجية البحث ونطاقه:

يعتمد هذا البحث على منهجية تحليلية نقدية تستند إلى مراجعة منهجية للأدبيات والتقارير الدولية ذات الصلة بالطاقة الشمسية وقطاع المباني، بهدف تحليل الأطر المفاهيمية والمؤسسية التي تحكم دمج هذه التقنيات في العمارة، بدلًا من اختبارها تجريبيًا (IEA, 2023; IRENA, 2022).

تستند قاعدة البيانات إلى تقارير صادرة عن وكالة الطاقة الدولية والوكالة الدولية للطاقة المتجددة وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والبنك الدولي، مع التركيز على الفترة (2015–2025) بوصفها مرحلة ما بعد اتفاقية باريس للمناخ، التي شهدت تحولًا نوعيًا في سياسات الطاقة المتجددة عالميًا (UNFCCC, 2015).

يتضمن البحث دراسة حالة تحليلية لليبيا بوصفها نموذجًا لفجوة بين الإمكانات الطبيعية ومستوى التطبيق، من خلال تحليل بنية قطاع الكهرباء، والأطر التشريعية والتنظيمية، ومدى دمج مفاهيم الطاقة الشمسية في الممارسة المعمارية والتعليم (World Bank, 2023; IRENA, 2021).

يقتصر نطاق البحث على تطبيقات الطاقة الشمسية المرتبطة بالبيئة المبنية، مع استبعاد التحليل الفيزيائي التفصيلي للتقنيات، والتركيز بدلًا من ذلك على الأبعاد المؤسسية والتخطيطية والمعرفية المؤثرة في تبنيها (Peng et al., 2013). وبذلك، يسعى البحث إلى تقديم قراءة نقدية تربط بين الخطاب الدولي والواقع المحلي، بهدف تفسير فجوة التطبيق في السياق الليبي ضمن إطار تحليلي غير تقني (UNEP, 2023).

واقع تقنيات الطاقة الشمسية عالميًا:

يمثل فهم تطور تقنيات الطاقة الشمسية عالميًا مدخلًا أساسيًا لتحليل أنماط تبنيها محليًا، حيث شهد القطاع نموًا متسارعًا خلال العقد الأخير نتيجة انخفاض التكاليف وتزايد الضغوط وتزايد الضغوط المرتبطة بالالتزامات المناخية العالمية، ما جعل الطاقة الشمسية اليوم أحد الركائز الأساسية للتحول نحو أنظمة طاقة منخفضة الكربون (IEA, 2023; IRENA, 2023).

الطاقة الشمسية الكهروضوئية: (Photovoltaic – PV)

تُعد الطاقة الشمسية الكهروضوئية المحرك الرئيس لنمو الطاقة المتجددة عالميًا، إذ تستحوذ على الحصة الأكبر من الإضافات الجديدة في قدرات توليد الكهرباء، مدعومة بانخفاض تكلفة إنتاج الكهرباء مقارنة بالوقود الأحفوري في العديد من السياقات (IEA, 2023; IRENA, 2023).

وقد أدى ذلك إلى انتشار واسع للتطبيقات، من المحطات المركزية إلى الأنظمة اللامركزية على مستوى المباني، مما يعزز دورها في تحويل المبنى من مستهلك للطاقة إلى عنصر منتج ضمن النظام الطاقي (IEA PVPS, 2021; Strong 2013).

كما اسهمت هذه الأنظمة الشمسية اللامركزية دورًا محوريًا في تحسين الوصول إلى الكهرباء في المناطق الريفية والنائية، ما عزز من البعد الاجتماعي للطاقة الشمسية ضمن أجندة التنمية المستدامة (United Nations, 2015).

الطاقة الشمسية المركزة: (Concentrated Solar Power – CSP)

على الرغم من أن تقنيات الطاقة الشمسية المركزة لم تشهد انتشارًا مماثلًا لتقنيات الخلايا الكهروضوئية خلال السنوات الأخيرة، إلا أنها لا تزال تحتفظ بأهمية استراتيجية في بعض السياقات الجغرافية، خاصة في المناطق الصحراوية ذات الإشعاع الشمسي العالي والمساحات الواسعة نظرًا لقدرتها على تخزين الطاقة الحرارية وتوفير إمدادات أكثر استقرارًا للشبكات الكهربائية (IEA, 2023; IRENA, 2022).

ولهذا السبب، تُدرج هذه التقنيات في العديد من السيناريوهات الدولية بوصفها مكمّلًا استراتيجيًا لتقنيات الخلايا الكهروضوئية، وليس بديلًا عنها (IEA, 2023). ورغم هذه الميزة، فإن ارتفاع التكاليف وتعقيد التشغيل حدّا من انتشارها مقارنة بالتقنيات الكهروضوئية، خصوصًا في الدول ذات الأطر المؤسسية المحدودة، ما يجعل تبنيها مرتبطًا بتوفر سياسات داعمة واستثمارات طويلة الأمد (IRENA, 2022).

دلالات الواقع العالمي على السياقات المحلية:

يعكس المشهد العالمي لتقنيات الطاقة الشمسية تحوّلًا واضحًا من مرحلة التجريب والدعم الحكومي المكثف إلى مرحلة النضج النسبي والتنافسية السوقية، لا سيما في مجال الخلايا الكهروضوئية (IEA, 2023). ويؤكد هذا التحول أن العوائق الأساسية أمام تبني الطاقة الشمسية في العديد من الدول لم تعد تقنية بحتة، بل ترتبط بعوامل تشريعية، وتخطيطية، ومؤسسية، إضافة إلى محدودية دمج هذه التقنيات في السياسات العمرانية والمعمارية (UNEP, 2023).

ويُعد هذا الاستنتاج بالغ الأهمية عند الانتقال إلى دراسة حالة ليبيا، حيث تتوافر الشروط المناخية والجغرافية التي تجعل من الطاقة الشمسية خيارًا منطقيًا وفعالًا، في مقابل غياب واضح في التطبيق العملي، خاصة ضمن قطاع العمارة. ومن ثم، فإن فهم الواقع العالمي لا يهدف إلى تقديم نموذج جاهز للاستنساخ، بل إلى توفير إطار مرجعي يُمكّن من تحليل الفجوة بين الإمكانات المتاحة ومستوى الاستفادة الفعلية منها في السياق المحلي الليبي. (IRENA, 2021)

حالة ليبيا: المفارقة الطاقية بين الإمكانات والواقع:

تمثل ليبيا نموذجًا واضحًا لما يمكن توصيفه بالمفارقة الطاقية، حيث تتوافر إمكانات شمسية مرتفعة ضمن الحزام الشمسي العالمي، في مقابل اعتماد شبه كامل على الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء، مع حضور محدود للطاقة الشمسية يظل خارج إطار التبني المؤسسي المنظم (IRENA, 2023; World Bank, 2022).

الإمكانات الجغرافية والمناخية للطاقة الشمسية في ليبيا:

تقع ليبيا ضمن المناطق ذات الإشعاع الشمسي المرتفع، حيث تتجاوز معدلات السطوع الشمسي في معظم مناطقها 3000 ساعة سنويًا، خاصة في الأقاليم الصحراوية الشاسعة التي تمثل النسبة الأكبر من مساحة البلاد. وتشير الدراسات الدولية إلى أن هذه المعدلات تضع ليبيا في موقع متقدم مقارنة بعدد من الدول التي حققت نجاحًا ملحوظًا في استغلال الطاقة الشمسية، سواء على مستوى إنتاج الكهرباء أو دمجها في قطاع المباني (IRENA, 2022؛ IEA, 2023).

كما يوفر الامتداد الصحراوي الواسع، إلى جانب الكثافة السكانية المنخفضة نسبيًا خارج النطاقات الحضرية الكبرى، فرصًا كبيرة لتطوير مشاريع طاقة شمسية على نطاق واسع دون قيود استخدامات الأراضي التي تواجهها دول أخرى. وعلى المستوى المعماري، تتيح الخصائص المناخية لليبيا، من حيث وفرة الإشعاع الشمسي وصفاء السماء، بيئة ملائمة لتوظيف الأنظمة الكهروضوئية المدمجة في المباني، سواء في المباني السكنية أو العامة، بما يعزز إمكانات الانتقال نحو نماذج المباني المنتجة للطاقة (UNEP, 2021).

واقع توليد الكهرباء والاعتماد على الوقود الأحفوري:

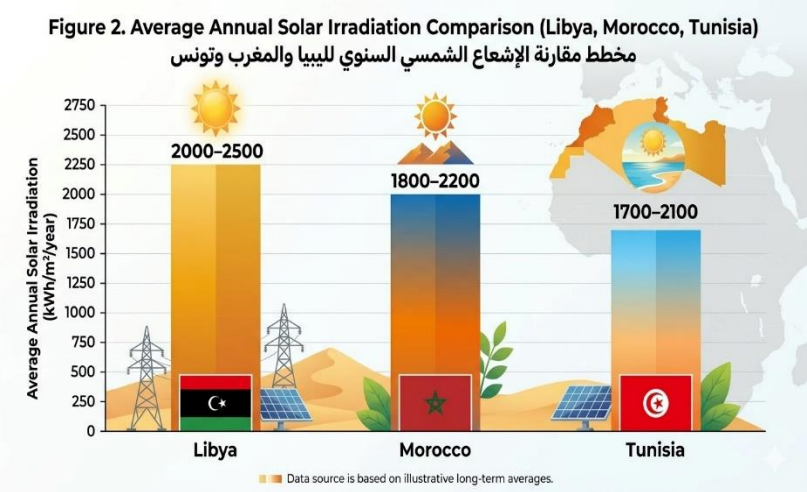
على الرغم من هذه الإمكانات، يعتمد نظام توليد الكهرباء في ليبيا اعتمادًا شبه كلي على محطات تعمل بالوقود الأحفوري، خصوصًا الغاز الطبيعي والديزل. ويُعد هذا الاعتماد أحد العوامل الرئيسة وراء هشاشة منظومة الكهرباء، حيث تعاني البلاد من انقطاعات متكررة في التيار الكهربائي، خاصة خلال فترات الذروة الصيفية التي يتزايد فيها الطلب على الطاقة بسبب الأحمال المرتبطة بالتكييف (World Bank, 2022).

وتشير التقارير الدولية إلى أن كفاءة محطات التوليد القائمة متدنية مقارنة بالمعايير العالمية، إلى جانب ارتفاع الكلفة التشغيلية وأعباء الصيانة، وزيادة الانبعاثات الناتجة عن الاحتراق. كما يسهم الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري في تعميق الاختلالات الاقتصادية المرتبطة بدعم الطاقة، ويحد من قدرة الدولة على تنويع مزيج الطاقة وتحقيق قدر من الاستقلالية والاستدامة على المدى الطويل (IEA, 2022؛ African Development Bank, 2021).

الغياب شبه الكامل للطاقة الشمسية في قطاع العمارة:

يُعد قطاع العمارة في ليبيا أحد أكثر القطاعات التي تعكس فجوة واضحة بين الإمكانات النظرية ومستوى التطبيق الفعلي للطاقة الشمسية. فعلى الرغم من الانتشار الواسع للمباني منخفضة الارتفاع، وتوافر مساحات أسطح كبيرة، لا تزال تطبيقات الطاقة الشمسية الكهروضوئية على المباني محدودة للغاية، وغائبة تقريبًا عن المشاريع السكنية والتجارية التقليدية. ولا يظهر هذا الغياب فقط في ضعف عدد المشاريع المنفذة، بل يتجلى بصورة أعمق في غياب الطاقة الشمسية عن التفكير التصميمي ذاته، حيث يُنظر إلى المبنى بوصفه مستهلكًا للطاقة لا منتجًا لها (IEA, 2021؛ UNEP, 2020).

ويرتبط هذا الواقع بعدة عوامل غير تقنية، في مقدمتها ضعف الأطر التشريعية المنظمة لدمج الطاقة المتجددة في المباني، وغياب أكواد بناء وطنية تُعنى بكفاءة الطاقة أو تشجع استخدام الأنظمة الشمسية المدمجة. كما يسهم غياب الحوافز الاقتصادية، مثل الإعفاءات أو برامج الدعم أو آليات الربط مع الشبكة، في الحد من مبادرات القطاع الخاص والأفراد، ما يجعل توظيف الطاقة الشمسية خيارًا استثنائيًا لا ممارسة معمارية سائدة (IRENA, 2023).



الشكل رقم (1): مقارنة إشعاع شمسي سنوي (ليبيا – المغرب – تونس) من أعداد الباحث

عند مقارنة الحالة الليبية بكل من المغرب وتونس، يتضح أن الفجوة في توظيف الطاقة الشمسية ضمن قطاع المباني لا ترتبط بتوفر المورد، بل بطبيعة الإطار المؤسسي الحاكم.

ففي المغرب، لم يقتصر التوجه على مشاريع الإنتاج الكبرى مثل مجمع نور الشمسي والذي ويُعد في المغرب أحد أبرز المشاريع التي تعكس الانتقال من السياسات إلى التطبيق الفعلي الشكل (2)، بل ارتبط بسياسات وطنية لكفاءة الطاقة وأطر تنظيمية دعمت دمج الأنظمة الشمسية في المباني ضمن رؤية استراتيجية واضحة (IEA, 2020; IRENA, 2021).

الشكل رقم (2): مجمع نور للطاقة الشمسية، Noor Ouarzazate Solar Complex

أما في تونس، فقد أسهم برنامج Prosol في توسيع استخدام الأنظمة الشمسية على مستوى المباني، وتحفيز الطلب عبر آليات دعم موجهة، ما عزز تدريجيًا دور المبنى ضمن المنظومة الطاقية (World Bank, 2019).

وتُظهر هذه المقارنة أن الفارق لا يكمن في توفر المورد الشمسي، بل في وجود رؤية مؤسسية تترجم الإمكانات الطبيعية إلى سياسات عمرانية ومعمارية قابلة للتنفيذ. ففي حين جرى في المغرب وتونس إدماج الطاقة الشمسية، ولو تدريجيًا، ضمن السياسات الوطنية للطاقة والبناء، بقيت العمارة في ليبيا خارج هذا المسار نتيجة غياب التنسيق بين قطاعات الطاقة والإسكان والتخطيط العمراني، وضعف دمج مفاهيم التصميم الطاقي في التعليم والممارسة المعمارية (UNEP, 2021؛ Salama, 2015).

وبذلك، لا يعكس الغياب شبه الكامل للطاقة الشمسية في العمارة الليبية نقصًا في الموارد أو المعرفة التقنية العالمية، بقدر ما يكشف عن قصور في الحوكمة الطاقية والتخطيط المتكامل، وعن إخفاق في توظيف العمارة كأداة استراتيجية في التحول نحو أنظمة طاقة أكثر استدامة.

الجدول (1): مقارنة سياسات الطاقة الشمسية في قطاع المباني

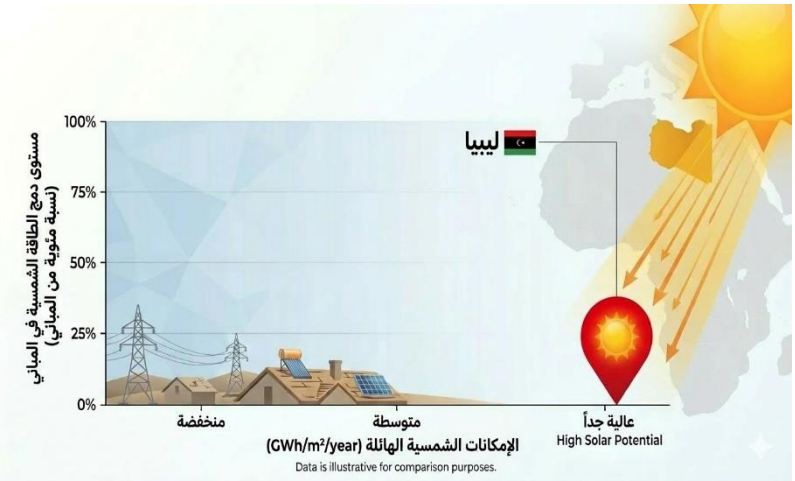
الدولة	أكواد كفاءة طاقة	برامج تحفيزية	الدمج شمسي في المباني	وضوح الاستراتيجية
ليبيا	لا توجد ملزمة	محدود	ضعيف جدًا	غير متكامل
المغرب	موجودة تدريجيًا	نعم	متوسط - متزايد	واضحة
تونس	جزئيًا	Prosol	متوسط	مستقرة نسبيًا

يعكس **الجدول (1)** تباينًا بنيويًا واضحًا في سياسات دمج الطاقة الشمسية ضمن قطاع المباني بين ليبيا وكلٍّ من المغرب وتونس، حيث يتضح أن الفارق لا يرتبط بتوفر المورد الشمسي بقدر ارتباطه بمدى نضج الإطار المؤسسي والتشريعي. ففي حين تفتقر ليبيا إلى أكواد ملزمة لكفاءة الطاقة أو سياسات واضحة لتحفيز دمج الأنظمة الشمسية في المباني، تبنّت كل من المغرب وتونس أطرًا تنظيمية تدريجية تجمع بين التشريعات والحوافز الاقتصادية، ما أسهم في خلق بيئة داعمة لتبني الطاقة الشمسية على مستوى المباني (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2020).

ويُظهر الجدول أن وجود برامج تحفيزية، مثل آليات الدعم المالي أو التعريفات التحفيزية، يشكل عاملًا حاسمًا في تسريع انتشار الأنظمة الشمسية، كما هو الحال في التجربة التونسية من خلال برنامج Prosol، الذي ساهم في تعزيز استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني (IRENA, 2020). في المقابل، يؤدي غياب مثل هذه الأدوات في الحالة الليبية إلى إضعاف الجدوى الاقتصادية للاستثمار في الطاقة الشمسية، خاصة في ظل دعم أسعار الطاقة التقليدية.

علاوة على ذلك، يبرز الجدول أهمية وضوح الرؤية الاستراتيجية واستمرارية السياسات، حيث أظهرت التجربة المغربية أن تبني سياسات طويلة الأمد في مجال الطاقة المتجددة، مدعومة بإصلاحات تشريعية ومؤسسية، أدى إلى دمج تدريجي للطاقة الشمسية في البيئة المبنية (IEA, 2021). وعلى النقيض، يعكس الوضع في ليبيا غياب التكامل بين سياسات الطاقة والتخطيط العمراني، مما أدى إلى استمرار التعامل مع المباني كمستهلكين للطاقة فقط، بدل اعتبارها عناصر فاعلة في إنتاجها وإدارتها.

وتشير المقارنة وتحليل **الجدول (1)** إلى أن دمج الطاقة الشمسية في قطاع المباني هو نتاج منظومة سياسات متكاملة، وليس نتيجة توفر الموارد فقط. وعليه، فإن محدودية التبني في ليبيا تعكس خللًا مؤسسيًا في الحوكمة والتخطيط والتشريع، أكثر من كونها نتيجة قيود تقنية أو مناخية وهو ما تفتقر إليه الحالة الليبية في الوقت الراهن.



الشكل رقم (3): توضيح العلاقة بين الإمكانيات في الطاقة الشمسية المتوفرة في ليبيا ومستوى تبني هذه التقنيات في قطاع المباني.

فجوة الإمكانات والواقع في قطاع الطاقة الشمسية: يمثل الشكل (1) نموذجًا تحليليًا لما يُعرف في أدبيات الطاقة بـ"الفجوة الهيكلية بين الإمكانات والاستغلال" (Structural Gap between Potential and Utilization)، حيث يُستخدم لتفسير عدم التناسب بين وفرة المورد الطبيعي ومستوى توظيفه الفعلي ضمن الأنظمة الطاقية.

1. تحليل المتغيرات: (Variables Analysis)

- **المحور الأفقي: الإمكانات الشمسية (Solar Potential):** يمثل هذا المحور مستوى المورد الطبيعي المتاح، حيث تُصنف ليبيا ضمن المناطق الأعلى عالميًا من حيث الإشعاع الشمسي، وفق بيانات البنك الدولي عبر مشروع Global Solar Atlas، إذ تتجاوز قيم الإشعاع الشمسي الأفقي (GHI) في جنوب البلاد 2500 kWh/m² سنويًا، وهو مستوى يضعها ضمن أكثر البيئات ملاءمة لإنتاج الطاقة الشمسية (World Bank, 2024).
- **المحور العمودي: مستوى الدمج في المباني (Integration Level):** يمثل هذا المحور درجة الاستجابة التقنية والمؤسسية، ويُقاس من خلال انتشار تطبيقات الطاقة الشمسية في البيئة المبنية. وتشير البيانات إلى أن مساهمة الطاقة المتجددة في ليبيا لا تزال أقل من 1% من إجمالي المزيج الطاقي، ما يعكس مستوى منخفضًا من التبني لا يتناسب مع حجم المورد المتاح (IRENA, 2023).

يمكن تفسير تموضع ليبيا ضمن منطقة "الفجوة العالية" من خلال مجموعة من العوامل البنيوية المرتبطة بأدبيات اقتصاديات الطاقة والتحول الطاقي:

أ. **الإطار التشريعي (Regulatory Gap):** على الرغم من الانخفاض العالمي في تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، إلا أن غياب آليات تنظيمية مثل سياسات صافي القياس (Net Metering) يحد من انتقال هذه التقنيات إلى مستوى المباني، ويضعف الحافز للاستثمار في الأنظمة اللامركزية (IRENA, 2023).

ب. **الاعتماد المساري (Path Dependency):** يعكس الاعتماد التاريخي على الوقود الأحفوري، مدعومًا بسياسات تسعير مدعومة للكهرباء، حالة من الجمود المؤسسي، حيث تقلل هذه البنية من الجدوى الاقتصادية البديلة للطاقة الشمسية، وتؤدي إلى ما يُعرف بـ"الانغلاق التقني" (Technological Lock-in) (IMF, Energy Reports).

قراءة تحليلية للفجوة الطاقية في السياق الليبي:

يكشف تحليل الحالة الليبية أن محدودية توظيف الطاقة الشمسية لا ترتبط بقيود تقنية أو مناخية، بل تعكس خللًا بنيويًا في منظومة الحوكمة الطاقية، يتجلى في ضعف التكامل بين السياسات القطاعية، وغياب رؤية استراتيجية لدمج الطاقة المتجددة ضمن البيئة المبنية.

وعند وضع هذه الحالة ضمن الإطار الدولي، يمكن توصيف ليبيا كنموذج لـ"نظام عالي الإمكانات منخفض التبني" (High-Potential / Low-Adoption System)، حيث لا تتحول الموارد الطبيعية إلى مخرجات تطبيقية نتيجة اختلالات مؤسسية وتنظيمية (IEA, 2022; IRENA, 2023).

الإشكال التشريعي وغياب الإطار التنظيمي:

يمثل غياب إطار تشريعي ملزم لكفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة في المباني أحد أبرز معوقات التحول الطاقي. إذ تفتقر ليبيا إلى أكواد بناء تُحدد حدًا أدنى للأداء الطاقي أو تشجع دمج الأنظمة الشمسية، على خلاف الاتجاهات الدولية التي تعتمد أدوات تنظيمية تدريجية لفرض التحول (UNEP, 2021; IEA, 2021).

كما يؤدي غياب الحوافز الاقتصادية مثل صافي القياس أو الإعفاءات إلى تقويض الجدوى الاستثمارية للطاقة الشمسية، ما يحد من مشاركة القطاع الخاص ويُبقي التبني في نطاق المبادرات الفردية (IRENA, 2023).

القطيعة بين التخطيط في الطاقة والتخطيط العمراني:

تعكس الحالة الليبية فصلًا مؤسسيًا بين سياسات الطاقة والتخطيط العمراني، حيث تُختزل الطاقة في منظومة التوليد المركزي، دون إدماج دور المباني كعناصر منتجة ضمن النظام الطاقي. ويتعارض هذا التوجه مع الطرح الدولي الذي تعتمده برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، والذي يعيد تعريف المدن كمكونات فاعلة في إنتاج وإدارة الطاقة (UN-Habitat, 2020; UNEP, 2021).

التعليم المعماري وإعادة إنتاج النمط التقليدي:

يسهم التعليم المعماري في إعادة إنتاج هذا الخلل، من خلال فصل موضوعات الاستدامة عن استوديوهات التصميم، ما يؤدي إلى تكوين معماريين يفتقرون إلى القدرة على دمج الطاقة ضمن العملية التصميمية. وتشير أدبيات العمارة المستدامة إلى أن غياب التكامل بين المعرفة النظرية والتطبيق التصميمي يؤدي إلى استمرار نماذج عمرانية عالية الاستهلاك للطاقة (Moore, 2007 & Salama, 2015; Guy).

دور المعماري بين التهميش والمسؤولية:

على الرغم من أن المعماري يُعد أحد الفاعلين الرئيسيين في تشكيل البيئة المبنية، إلا أن دوره في التحول الطاقي لا يزال مهمشًا في السياق الليبي. ويُعزى ذلك جزئيًا إلى الإطار المؤسسي الذي يحصر دور المعماري في الجوانب الشكلية والتنفيذية، ويستبعد من دوائر اتخاذ القرار المتعلقة بالطاقة والتخطيط الاستراتيجي (UNEP, 2021). غير أن هذا التهميش لا يعفي المعماري من مسؤوليته المهنية والأخلاقية في السعي إلى تبني مقاربات تصميمية أكثر استدامة. فالممارسة المعمارية، بوصفها نشاطًا معرفيًا قبل أن تكون تقنية، قادرة على لعب دور تحويلي في إعادة تعريف العلاقة بين المبنى والطاقة، شريطة توفر الوعي، والدعم المؤسسي، وتحديث الأطر التعليمية والمهنية (Salama, 2015).

قراءة نقدية في ضوء الخطاب الدولي:

عند وضع الحالة الليبية في سياق الخطاب الدولي حول الطاقة والتنمية المستدامة، يتضح أن ليبيا لم تستثمر بعد في ترجمة الالتزامات والمبادئ الدولية إلى سياسات وطنية قابلة للتنفيذ في قطاع العمارة. ففي حين تؤكد التقارير الدولية على مركزية المباني في تحقيق أهداف خفض الانبعاثات والحياد الكربوني، لا يزال هذا البعد غائبًا عن الأجندة المحلية للتخطيط والبناء (UNEP, 2021 ؛IEA, 2022).

وتشير هذه الفجوة إلى أن التحدي الرئيس لا يتمثل في نقل نماذج جاهزة من الخارج، بل في إعادة صياغة مقاربة محلية تأخذ في الاعتبار الخصوصيات المناخية والاجتماعية والمؤسسية

الآفاق المستقبلية: نحو إعادة توضع العمارة الليبية في التحول الطاقي:

الآفاق الاستراتيجية:

تكشف المقارنة مع حالتي المغرب وتونس أن إدماج الطاقة الشمسية في قطاع العمارة لم يكن نتيجة تطور تقني بحت، بل نتاج مسار مؤسسي طويل أعاد تعريف العلاقة بين الطاقة والبيئة المبنية. وعليه، فإن الإشكالية في الحالة الليبية لا ترتبط بإمكانية التوظيف، بل بغياب الإطار الذي يحول الإمكانات إلى سياسات قابلة للتنفيذ (IRENA, 2021; IEA, 2022).

تتمثل الخطوة الجوهرية في إعادة إدماج قطاع العمارة ضمن منظومة التخطيط الطاقي الوطني، بحيث يُنظر إلى المباني كوحدات منتجة للطاقة، وليس مجرد عناصر استهلاكية. ويتطلب ذلك تطوير سياسات تكاملية تربط بين قطاعات الطاقة والإسكان والتخطيط العمراني، بما يتماشى مع التوجهات الدولية التي تؤكد على دور البيئة المبنية في تحقيق التحول الطاقي (UNEP, 2021; UN-Habitat, 2020).

كما يبرز تحديث الإطار التشريعي كشرط حاسم، من خلال إدخال متطلبات تدريجية لكفاءة الطاقة ودمج الطاقة المتجددة ضمن أكواد البناء. وتؤكد التجارب المقارنة أن فعالية هذه السياسات لا تعتمد على طموحها النظري، بل على استمراريتها وتدرجها المؤسسي (IEA, 2020; World Bank, 2019).

ومن منظور أوسع، يمكن للطاقة الشمسية في العمارة أن تسهم في إعادة صياغة مفهوم أمن الطاقة في ليبيا، عبر تعزيز اللامركزية الطاقية وتقليل الاعتماد على أنظمة التوليد المركزية الهشة، وهو توجه يتماشى مع الأدبيات الحديثة حول المرونة الحضرية والاستدامة (IEA, 2022; UNEP, 2021).

الآفاق التطبيقية المعمارية:

على المستوى التطبيقي، تكشف التجارب المقارنة أن دمج الطاقة الشمسية في العمارة لا يبدأ من المشاريع الكبرى، بل من التطبيقات التدريجية في المباني السكنية والعامة، التي تشكل قاعدة لتراكم الخبرة وبناء الثقة المجتمعية في التقنيات الجديدة (IRENA, 2021).

وفي هذا السياق، يصبح من الضروري إعادة توجيه التعليم المعماري نحو دمج مفاهيم الطاقة ضمن عملية التصميم، بحيث لا تُطرح كمعرفة نظرية منفصلة، بل كعنصر مكوّن للفكرة المعمارية ذاتها. فالمبنى، وفق هذا المنظور، يُعاد تعريفه كنظام بيئي–طاقي يتفاعل مع المناخ المحلي، بدل الاعتماد على حلول ميكانيكية كثيفة الاستهلاك للطاقة (Guy & Moore, 2007; Salama, 2015).

كما تبرز أهمية تطوير نماذج معمارية محلية قابلة للتكرار، تعتمد على دمج الأنظمة الكهروضوئية بطريقة بسيطة ومنخفضة التكلفة، بما يتناسب مع الخصوصيات الاقتصادية والاجتماعية. وتشير الأدبيات إلى أن قابلية التطبيق، وليس التعقيد التقني، هي العامل الحاسم في انتشار هذه الحلول في الدول النامية (IEA, 2022).

وفي هذا الإطار، يمكن للمعماري أن يستعيد دورًا محوريًا، ليس فقط كمصمم، بل كفاعل استراتيجي يربط بين السياسات الطاقية والممارسة العمرانية. إذ إن تأخر دمج الطاقة الشمسية في العمارة الليبية يعكس، في جوهره، تأخرًا في إعادة تعريف دور العمارة ضمن منظومة التنمية المستدامة (Salama, 2015; UNEP, 2021).

الاستنتاج:

خلص البحث إلى أن محدودية توظيف الطاقة الشمسية في العمارة الليبية لا تعود إلى قيود مناخية أو تقنية، بل تعكس خللًا بنيويًا في منظومة الحوكمة والتخطيط الطاقي، رغم امتلاك ليبيا إمكانات شمسية استثنائية على المستوى الإقليمي (IEA, 2023 ؛IRENA, 2021).

كما يُظهر التحليل أن الاعتماد شبه الكامل على الوقود الأحفوري يمثل نمطًا مؤسسيًا راسخًا أكثر منه خيارًا تقنيًا حتميًا، وهو ما أسهم في هشاشة منظومة الكهرباء وارتفاع كلفتها الاقتصادية والبيئية، مع استمرار إقصاء قطاع العمارة من سياسات الطاقة الوطنية (UNEP, 2023 ؛World Bank, 2023).

وتؤكد النتائج أن غياب الأطر التشريعية الملزمة ومعايير كفاءة الطاقة في المباني يشكل العائق المؤسسي الأكثر تأثيرًا، حيث يحدّ من إمكانية دمج الطاقة الشمسية، ويُبقي تبنيها في نطاق المبادرات الفردية غير المستدامة، خلافًا للتجارب الإقليمية التي اعتمدت مسارات تنظيمية تدريجية (IRENA, 2020 ؛IEA, 2021).

وتُبرز المقارنة مع دول مثل المغرب وتونس أن نجاح دمج الطاقة الشمسية لا يرتبط بتوفر المورد الطبيعي بقدر ما يعتمد على تكامل السياسات، واستمرارية الرؤية الاستراتيجية، والتنسيق بين التخطيط الطاقي والعمراني.

كما يكشف البحث أن التعليم المعماري والممارسة المهنية في ليبيا يسهمان في تكريس أنماط تصميمية كثيفة الاستهلاك للطاقة، نتيجة ضعف دمج مفاهيم التصميم الطاقي في العملية التصميمية، واقتصارها على أطر نظرية غير مفعّلة عمليًا (Attia et al., 2013).

وأخيرًا، يبيّن البحث أن استمرار التعامل مع المباني بوصفها عناصر مستهلكة للطاقة فقط يؤدي إلى إهدار فرصة استراتيجية للتحول نحو نماذج لامركزية أكثر كفاءة واستدامة، ويحدّ من دور العمارة كأداة فاعلة في تحقيق أمن الطاقة والتنمية المستدامة.

الخاتمة: (Conclusion)

يخلص هذا البحث إلى أن محدودية توظيف الطاقة الشمسية في العمارة الليبية لا تعكس نقصًا في الإمكانات الطبيعية أو قصورًا في التقنيات المتاحة، بل تعبّر عن خلل بنيوي في منظومة التخطيط والحوكمة الطاقية. فعلى الرغم من تمتع ليبيا بمعدلات إشعاع شمسي تُعد من بين الأعلى عالميًا، لا يزال قطاع المباني بعيدًا عن مسارات التحول الطاقي، في ظل اعتماد شبه كامل على الوقود الأحفوري وهيمنة نماذج إنتاج الطاقة المركزية (IRENA, 2021؛ IEA, 2023).

وقد أظهر التحليل أن الفجوة بين الإمكانات والتطبيق ترتبط أساسًا بغياب رؤية استراتيجية متكاملة تربط بين سياسات الطاقة والتخطيط العمراني، وضعف الأطر التشريعية المنظمة لكفاءة الطاقة في المباني، إضافة إلى محدودية دمج مفاهيم التصميم الطاقي في التعليم والممارسة المعمارية. وتؤكد المقارنة مع تجارب إقليمية، مثل المغرب وتونس، أن نجاح إدماج الطاقة الشمسية في العمارة لا يعتمد على توفر المورد فحسب، بل على وجود منظومة سياسات متكاملة تجمع بين التشريع، والتحفيز، وبناء القدرات، واستمرارية التوجه الاستراتيجي (IEA, 2021؛ IRENA, 2020).

كما يبرز البحث أن استمرار النظر إلى العمارة بوصفها مستهلكًا للطاقة، وليس عنصرًا فاعلًا في إنتاجها وإدارتها، يؤدي إلى إهدار فرصة استراتيجية لتعزيز أمن الطاقة وتقليل الضغط على منظومة التوليد المركزية. وفي هذا السياق، تكتسب إعادة تعريف دور المعماري أهمية محورية، باعتباره وسيطًا بين السياسات الطاقية والتطبيقات المكانية، وقادرًا على ترجمة أهداف الاستدامة إلى حلول تصميمية قابلة للتنفيذ.

وعليه، فإن إدماج الطاقة الشمسية في العمارة الليبية ينبغي أن يُفهم كجزء من تحول أوسع يعيد صياغة العلاقة بين الطاقة والبيئة المبنية، ضمن إطار وطني متكامل يربط بين التعليم، والتشريع، والممارسة المهنية، والتكنولوجيا. ويمثل هذا التحول شرطًا أساسيًا للانتقال من نموذج استهلاكي للطاقة إلى نموذج أكثر استدامة ومرونة، قادر على الاستجابة للتحديات المستقبلية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة في السياق الليبي.

المراجع: (References)

1. Attia, S., Gratia, E., De Herde, A., & Hensen, J. L. M. (2013). Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. Energy and Buildings, 49, 2–15. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.028
2. African Development Bank. (2021). Libya economic outlook 2021. https://www.afdb.org
3. Guy, S., & Moore, S. A. (2007). Sustainable architectures: Critical explorations of green building practice in Europe and North America. Routledge.
4. International Energy Agency (IEA). (2020). Morocco energy policy review. https://www.iea.org
5. International Energy Agency (IEA). (2021). Energy efficiency 2021. https://www.iea.org
6. International Energy Agency (IEA). (2022). World energy outlook 2022. https://www.iea.org
7. International Energy Agency (IEA). (2023). World energy outlook 2023. https://www.iea.org
8. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS). (2021). Snapshot of global PV markets 2021. https://iea-pvps.org
9. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). Renewable energy market analysis: North Africa. https://www.irena.org
10. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). Renewable energy outlook: Libya. https://www.irena.org
11. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). Renewable power generation costs in 2021. https://www.irena.org
12. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). World energy transitions outlook 2023. https://www.irena.org

13. Peng, J., Lu, L., & Yang, H. (2013). Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19, 255–274. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.035
14. Salama, A. M. (2015). Spatial design education: new directions for pedagogy in architecture and beyond. Routledge.
15. United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. https://sdgs.un.org
16. United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). 2020 global status report for buildings and construction. https://www.unep.org
17. United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). 2021 global status report for buildings and construction. https://www.unep.org
18. United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). 2023 global status report for buildings and construction. https://www.unep.org
19. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2015). Paris Agreement. https://unfccc.int
20. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2020). World cities report 2020: The value of sustainable urbanization. https://unhabitat.org
21. World Bank. (2019). Tunisia – Scaling up renewable energy program. https://www.worldbank.org
22. World Bank. (2022). Libya economic monitor. https://www.worldbank.org
23. World Bank. (2023). Libya energy sector review. https://www.worldbank.org

قائمة الاختصارات: (List of Abbreviations)

حرصًا على وضوح المصطلحات المستخدمة، ولتسهيل قراءة البحث من قبل جمهور أكاديمي متعدد الخلفيات، يوضح هذا القسم أهم الاختصارات الدولية التي وردت في متن البحث، مع بيان مسمياتها الكاملة ودورها في سياق الدراسة:

- **IEA (International Energy Agency) – وكالة الطاقة الدولية:** منظمة دولية تُعنى بتحليل أسواق الطاقة العالمية وتقديم السيناريوهات والسياسات المتعلقة بأمن الطاقة والتحول الطاقي. استُخدمت تقاريرها في هذا البحث كمصدر رئيس لتحليل تطور الطاقة الشمسية عالميًا، وتكلفة توليد الكهرباء، ودور قطاع المباني في استهلاك الطاقة والانبعاثات.
- **IRENA (International Renewable Energy Agency) – الوكالة الدولية للطاقة المتجددة:** منظمة دولية متخصصة في دعم التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة. اعتمد البحث على تقاريرها في تقييم إمكانات الطاقة الشمسية، وتحليل تجارب الدول، ومناقشة فرص الطاقة المتجددة في الدول النامية، بما في ذلك ليبيا.
- **UNEP (United Nations Environment Programme) – برنامج الأمم المتحدة للبيئة:** الجهة الأممية المعنية بقضايا البيئة والتنمية المستدامة. استُخدمت منشورات البرنامج في هذا البحث لربط قضايا الطاقة بالبيئة المبنية، وتحليل دور المباني في الانبعاثات الكربونية، وتوضيح العلاقة بين السياسات البيئية والعمارة المستدامة.
- **UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) – اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ:** الإطار الدولي الحاكم للسياسات المناخية العالمية، ويُعد مرجعًا أساسياً عند مناقشة اتفاقية باريس للمناخ والالتزامات الدولية المتعلقة بخفض الانبعاثات.
- **SDGs (Sustainable Development Goals) – أهداف التنمية المستدامة:** مجموعة الأهداف التي اعتمدتها الأمم المتحدة عام 2015، ويستند البحث بشكل خاص إلى الهدف السابع المتعلق بالطاقة النظيفة والمستدامة، والهدف الحادي عشر المرتبط بالمدن والمجتمعات المستدامة.

وبناءً على ذلك، تفتح هذه الدراسة عدة مسارات للبحث المستقبلي، **من أبرزها:** اختبار نموذج AETM ميدانيًا من خلال دراسات حالة أو نماذج تطبيقية في مشاريع معمارية فعلية؛ تطوير مؤشرات كمية لقياس أثر إعادة توزيع أدوار المعماري على الأداء الطاقي؛ إجراء دراسات مقارنة بين دول نامية ذات ظروف مؤسسية متشابهة؛ **وأخيرًا،** دمج البعد السلوكي للمستخدمين ضمن النموذج لتعزيز قدرته التفسيرية، بما يتماشى مع الطروحات التي تؤكد أن استهلاك الطاقة في المباني هو نتاج تفاعل معقد بين التصميم والسلوك والسياسات.