



توظيف المنسوجات الطباعية المستدامة في تأثيث الفضاءات الإدارية المعاصرة دراسة تحليلية للمحددات البيئية والوظيفية والجمالية محمد عبدالرحمن بركة أبوشوشة

عضو هيئة التدريس بالمعهد العالي لتقنيات الفنون – طرابلس - ليبيا
قسم تقنيات التصميم - تصميم طباعي وإعلاني | تخصص: تصميم الحفر والطباعة
Mohamed.barka72@gmail.com

Utilizing Sustainable Printed Textiles in Furnishing Contemporary Administrative Spaces:
An Analytical Study of Environmental, Functional, and Aesthetic Determinants
Mohamed Abdelrahman Barka Abushusha
Higher Institute of Art Technologies – Tripoli, Libya
Department of Design Technologies – Print and Advertising Design | Specialization:
Printmaking and Print Design

تاريخ الاستلام: 2026/08/10 تاريخ المراجعة 2026/08/19 تاريخ القبول: 2026/8/30- تاريخ النشر: 2026/09/22

المستخلص (Arabic Abstract):

هدفت هذه الدراسة إلى بحث وتحليل سبل توظيف المنسوجات الطباعية المستدامة كعنصر تكويني ووظيفي وجمالي في تأثيث الفضاءات الإدارية والمكتبية المعاصرة، وذلك في ظل تنامي التوجه العالمي نحو العمارة الخضراء ومعايير المباني المستدامة (LEED & WELL). وتبرز مشكلة البحث في التحديات البيئية والصحية الناجمة عن صناعة المنسوجات التقليدية ومعالجاتها الصباغية والطباعية الكيميائية كثيفة الاستهلاك للموارد والمطلقة للمركبات العضوية المتطايرة (VOCs)، مقابل متطلبات الأداء الصارمة في بيئات العمل الإدارية (كالمتانة، مقاومة الحريق، والراحة السمعية). اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي المقارن، حيث تم رصد وتصنيف خامات الألياف البيئية (كالألياف الطبيعية العضوية: القطن والكتان والقنب، والألياف الاصطناعية المعاد تدويرها: البوليستر المعاد تدويره rPET)، وتقييم تكنولوجيا الطباعة الرقمية النفثة (Digital Inkjet Printing) والأحبار المائية الصبغية (Water-based Pigments) مقارنة بالطباعة التقليدية. كما قامت الدراسة بتحليل مصفوفة المتطلبات الأدائية النسيجية وفق المعايير القياسية العالمية (اختبار مارتندال للمتانة Martindale Abrasion Test، ومعامل الامتصاص الصوتي NRC، ومطابقة معايير الأمان ضد الحريق). وتوصل البحث إلى أن توظيف المنسوجات الطباعية المستدامة يساهم بفاعلية في تقليل البصمة الكربونية للفضاء المكتبي بنسبة تصل إلى 45%، ويحسن جودة البيئة الداخلية (IEQ)، مع توفير حلول معمارية مرنة لمعالجة التلوث الضوضائي في المكاتب المفتوحة عبر القواطع النسيجية الصوتية والبانوهات الجدارية المطبوعة بأنماط حيوية (Biophilic Design) تعزز من راحة العاملين وإنتاجيتهم. وقدمت الدراسة دليلاً إرشادياً لمصممي العمارة الداخلية لاختيار وتوصيف الخامات الطباعية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: المنسوجات الطباعية المستدامة، تأثيث الفضاءات الإدارية، الطباعة الرقمية، التصميم البيوفيلي، الكفاءة الصوتية، الترقية العلمية.

ABSTRACT

This study investigates the integration of sustainable printed textiles as essential functional, aesthetic, and environmental components in contemporary administrative and office space furnishings, aligning with global green building standards (LEED and WELL). The research problem addresses the ecological degradation and indoor air contamination caused by conventional textile processing and volatile organic compound (VOC) emissions, contrasted against rigorous commercial office performance mandates (durability, flammability standards, and acoustic performance). Utilizing a descriptive, analytical, and comparative methodology, the paper classifies eco-friendly fibrous substrates (organic natural fibers including cotton, linen, and hemp, alongside recycled post-consumer synthetic fibers such as rPET) and critically evaluates advanced digital inkjet printing technologies employing non-toxic water-based pigment inks. A comprehensive performance matrix is established based on international testing standards, specifically the Martindale abrasion resistance test, the Noise Reduction Coefficient (NRC) for acoustic partition fabrics, and flame-retardant compliance. The findings demonstrate that sustainable printed textiles reduce office interior embodied carbon by up to 45%, optimize indoor environmental quality (IEQ), and mitigate acoustic pollution in open-plan workspaces. Furthermore, integrating biophilic printed

patterns enhances visual ergonomics and workplace productivity. The study concludes with practical specification guidelines for interior designers and procurement specialists
Keywords: Sustainable Printed Textiles, Administrative Space Furnishing, Digital Textile Printing, Biophilic Patterns, Acoustic Partitions, Academic Promotion

1. المقدمة والإطار المنهجي للدراسة (Introduction & Methodology):

تشهد البيئات الإدارية والمكتبية المعاصرة تحولات معمارية وتصميمية عميقة ناجمة عن إعادة تشكيل أنماط العمل الحديثة، والتحول نحو المكاتب المرنة المفتوحة (Open-Plan Offices) ومساحات العمل التشاركية (Co-working Spaces). وفي ظل هذه التحولات، لم يعد دور التصميم الداخلي مقصوراً على الأبعاد الشكلية والجمالية المحضة أو توزيع الكتل التأثيثية، بل بات معنياً بصورة مباشرة بتحقيق متطلبات «الاستدامة البيئية الشاملة» (Comprehensive Environmental Sustainability)، وتحسين «جودة البيئة الداخلية» (Indoor Environmental Quality - IEQ)، ورفع كفاءة الأداء الفسيولوجي والنفسي للموظفين لتعزيز الإنتاجية والحد من الإجهاد المهني.

وتعد المنسوجات والأقمشة المستخدمة في منظومة التأثيث الإداري — سواء في تحديد المقاعد المكتبية ووحدات الانتظار، أو في كسوة القواطع الفراغية العازلة للصوت، أو الستائر والبانوهات الجدارية الممتصة للصدى — من أهم العناصر التي تحدد الهوية البصرية للفضاء، وتتحكم في أدائه الصوتي والحراري واللمسي. إلا أن صناعة النسيج التقليدية وعمليات التجهيز والطباعة الكيميائية تعد تاريخياً من أكثر الصناعات استهلاكاً للمياه والطاقة، ومصدراً رئيساً لتلوث المياه بالمركبات العضوية الثقيلة، فضلاً عن إطلاقها للمركبات العضوية المتطايرة (Volatile Organic Compounds - VOCs) مثل الفورمالديهايد والمذيبات البترولية داخل الفضاءات المغلقة، مما يتسبب في تفاقم ظاهرة «متلازمة المباني المريضة» (Sick Building Syndrome - SBS) والإضرار بصحة شاغلي المكاتب.

مشكلة البحث: تتحدد المشكلة البحثية في وجود فجوة تطبيقية ومعرفية واضحة في الممارسات التصميمية والتنفيذية المعاصرة؛ حيث يتردد الكثير من المصممين في توظيف المنسوجات والطابعات المستدامة نظراً للاعتقاد السائد بأنها تقتصر على المتانة والصلابة الميكانيكية الكافية لتحمل إجهاد الاستخدام المكثف، أو لقصور معايير مقاومتها للاشتعال، أو لمحدودية تنوعها اللوني والتشكيلي مقارنة بالأقمشة الاصطناعية البتروكيماوية التقليدية. وتتجسد مشكلة البحث في التساؤل الرئيس التالي:

«كيف يمكن توظيف المنسوجات الطباعية المستدامة كمدخل تصميمي وتكنولوجي متكامل لتحقيق التوازن بين المتطلبات الأدائية والوظيفية، والاشتراطات البيئية والصحية، والقيم الجمالية المعاصرة في تأثير الفضاءات الإدارية؟»

أهداف البحث: يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. حصر وتصنيف أحدث خامات الألياف النسيجية المستدامة (الطبيعية العضوية والاصطناعية المعاد تدويرها) المؤهلة للاستخدام في التأثيث الإداري.

2. تقييم كفاءة تكنولوجيا الطباعة الرقمية النفائة للنسيج (Digital Textile Printing) والأحبار الصباغية المائية من حيث وفر الطاقة والمياه وانعدام الانبعاثات السامة.

3. تحديد المعايير القياسية الهندسية والوظيفية الحاكمة لاختيار أقمشة التأثيث المكتبي؛ كالمتانة ومقاومة الاحتكاك (Martindale Test)، ومقاومة الاشتعال والأمان من الحريق، والكفاءة في الامتصاص الصوتي (Noise Reduction Coefficient - NRC).

4. رصد الأبعاد التعبيرية والجمالية للمنسوجات الطباعية في تعزيز الهوية المؤسسية للمنشآت، واستكشاف أثر الأنماط الحيوية (Biophilic Design) على راحة الموظفين.

5. صياغة مصفوفة معايير ودليل إرشادي منهجي يعين مصممي العمارة الداخلية على التوصيف الدقيق للمنسوجات الطباعية الخضراء في المشاريع الإدارية.

أهمية البحث: تتبع أهمية البحث من مساهمته في دعم التحول نحو الاقتصاد الدائري (Circular Economy) والمباني الخضراء المعتمدة دولياً وفق أنظمة التقييم البيئي (LEED و WELL)، وتزويد المكتبة الأكاديمية والمهنية ببحث تطبيقي متخصص يربط بين فنون التصميم الطباعي وتكنولوجيا العمارة الداخلية، بما يخدم الباحثين والمصممين وموردي الأثاث المكتبي.

منهجية البحث: يعتمد البحث على تكامل «المنهج الوصفي التحليلي» في تأصيل المفاهيم النظرية للخامات وتكنولوجيا الطباعة، مع «المنهج المقارن» في تقييم الخصائص الفنية والميكانيكية للمنسوجات المستدامة مقابل نظيراتها التقليدية، مدعوماً بـ «الدراسة التطبيقية الوصفية» من خلال وضع نموذج لمصفوفة اختيار الأقمشة ودليل التوصيف الهندسي للفضاء الإداري.

2. منظومة الاستدامة في خامات المنسوجات وتقنيات الطباعة المعاصرة:

2.1 تصنيف خامات الألياف النسيجية المستدامة للتأثيث الداخلي:

تحدد استدامة المنسوجات بمدى توافق دورة حياة الألياف (LCA - Life Cycle Assessment) مع الحفاظ على الموارد البيئية، بدءاً من استخراج المادة الخام مروراً بالتصنيع والاستخدام وانتهاءً بقابلية التحلل الحيوي أو التدوير. ويمكن تصنيف الألياف النسيجية المستدامة المؤهلة للتأثيث الإداري إلى فئتين رئيسيتين:

1. الألياف الطبيعية العضوية والمتجددة (Organic & Renewable Natural Fibers):

• الكتان الطبيعي (Linen): يُستخرج من ألياف نبات الكتان (Flax)، وتتميز زراعته باستهلاك ضئيل جداً للمياه والمبيدات مقارنة بالقطن التقليدي. وتتسم ألياف الكتان بمتانة شديدة تفوق القطن بنحو مرتين، ومقاومة طبيعية للبكتيريا والتعفن، وقدرة استثنائية على التنفس وتنظيم الرطوبة، مما يجعلها خامة مثالية لكسوات الجدران والستائر الإدارية.

• ألياف القنب الصناعي (Industrial Hemp): تُعد من أسرع الألياف النباتية نمواً وأكثرها كفاءة في احتجاز الكربون من

الغلاف الجوي. تتميز ألياف القنب بقوة شد ومقاومة تمزق فائقة، وخواص عزل حراري ممتازة، فضلاً عن مقاومتها الطبيعية للعت والاشتعال، مما يؤهلها لتجديد مقاعد الاستخدام المكتبي الكثيف.

- الصوف الطبيعي المستدام (Eco-Wool): خامة متعددة وبرتينية ذات خواص متفردة في التأثير الإداري؛ فالصوف عازل صوتي طبيعي استثنائي، ويتمتع بمرونة تجعله مقاوماً للتجعد والانضغاط، ومقاوماً طبيعياً للهب دون الحاجة لمعالجات كيميائية سامة، فضلاً عن قدرته الفريدة على امتصاص الغازات الضارة من هواء الفضاء المكتبي.
- القطن العضوي المعتمد (Certified Organic Cotton): المزروع دون استخدام أسمدة كيميائية صناعية أو مبيدات سامة، وتحت إشراف المعايير الدولية للنسيج العضوي (GOTS)، مما يضمن خلوه من الملوثات المسببة للحساسية.

2. الألياف الاصطناعية المعاد تدويرها (Recycled Synthetic Fibers):

- البوليستر المعاد تدويره (Recycled Polyester - rPET): يُنتج عن طريق إعادة تدوير عبوات المياه البلاستيكية (PET Bottles) ومخلفات البوليستر الاستهلاكية؛ حيث يُعاد صهرها وتحويلها إلى خيوط نسيجية عالية الجودة. يسهم استخدام rPET في خفض استهلاك الطاقة بنسبة 50% إلى 60% وتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 70% مقارنة بالبوليستر البكر المشتق من النفط الخام. وتتميز هذه الألياف بثبات أبعادها، ومقاومتها للاحتكاك، وسهولة تنظيفها، مما يجعلها الخيار الأكثر انتشاراً وملاءمة لتجديد كراسي المكاتب المعاصرة.
- النايلون المعاد تدويره (Econyl / Recycled Polyamide): المشتق من شبك الصيد المهملة ونفايات السجاد النسيجي، ويوفر متانة استثنائية ومقاومة ميكانيكية فائقة تلائم أقمشة القواطع الفراغية وكراسي العمل الدوارة.

2.2 تكنولوجيا الطباعة الرقمية النفاثة والأحبار البيئية النظيفة:

- أحدثت «الطباعة الرقمية المباشرة على النسيج» (Direct-to-Fabric Digital Inkjet Printing) ثورة بيئية وصناعية في الفضاءات المعمارية؛ إذ تخلت تماماً عن القبود البيئية والإنتاجية التي كانت تفرضها الطباعة بالشاشة الحريرية التقليدية (Screen Printing). وتتمثل ركائز الاستدامة في الطباعة الرقمية للنسيج في الآتي:
- الترشيد الجذري لاستهلاك المياه والطاقة: تعتمد الطباعة التقليدية على غسل الشاشات واستهلاك كميات هائلة من المياه في الشطف والتثبيت بالبخار، في حين تعتمد الطباعة الرقمية على مبدأ «الطباعة عند الطلب» (Print-on-Demand) بنظام نفث القطرات الميكروية الدقيقة (Drop-on-Demand - DoD)، مما يخفض استهلاك المياه بنسبة تزيد عن 85% إلى 90%، ويقلل استهلاك الطاقة الكهربائية بنسبة 60%، ويلغي تماماً مياه الصرف الصناعي المحملة بالأملاح والأصبغ.
- المرونة التشكيلية وغياب الهدر الخام: تتيح الطباعة الرقمية للمصمم الداخلي إنتاج أمتار نسيجية محدودة ومخصصة لكل مشروع إداري دون الحاجة لطباعة آلاف الأمتار لتغطية تكاليف القوالب، مما يقضي على هدر المخزون النسيجي الفائض.
- منظومة الأحبار البيئية غير السامة (Eco-Friendly Inks): تمثل الأحبار الصبغية المائية (Water-Based Pigment Inks) قمة التطور في استدامة التصميم الداخلي؛ حيث تتكون من حبيبات صبغية غير عضوية نانوية معلقة في وسط مائي نقي خالٍ من الفورمالديهايد والمعادن الثقيلة ومذيبات الألكيلفينول إيثوكسيالات (APEOs). وتتميز هذه الأحبار بتثبيتها الحراري الجاف دون الحاجة لمراحل غسل مائي، وحصولها على شهادات الأمان البيئي العالمية (مثل OEKO-TEX Standard 100 و GREENGUARD Gold)، مما يضمن عدم انبعاث أي مركبات عضوية متطايرة داخل المكاتب المغلقة.

3. المحددات الوظيفية والأدائية للمنسوجات في الفضاءات الإدارية المعاصرة:

تخضع المنسوجات الموظفة في البيئات المكتبية والإدارية لاختبارات أداء هندسية وميكانيكية صارمة؛ إذ تختلف طبيعة الاستخدام التجاري المكثف (Commercial/Contract Use) جذرياً عن الاستخدام السكني المنزلي. وتحدد الكفاءة الأدائية للمنسوجات الطباعة المستدامة عبر ثلاثة محددات قياسية رئيسية:

3.1 المتانة الميكانيكية ومقاومة الاحتكاك (Martindale & Wyzenbeek Abrasion Tests):

- يُعد اختبار مارتنديل (Martindale Abrasion Test) وفق معيار (ISO 12947-2) المعيار الدولي المعتمد لقياس مقاومة أقمشة التجديد للتآكل والتمزق الناتج عن حركة الجلوس والاحتكاك المستمر. ويتم التعبير عن النتائج بعدد «الدورات» (Cycles) التي يتحملها النسيج قبل حدوث قطع في الخيوط أو تآكل في طبقة الطباعة:
- الاستخدام المكتبي العام (General Contract): يتطلب النسيج تحملاً لا يقل عن 25,000 إلى 30,000 دورة مارتنديل.
- الاستخدام المكتبي الكثيف والشاق (Heavy Duty Contract): مثل كراسي غرف الاجتماعات، وقاعات المؤتمرات، ومكاتب موظفي خدمة العملاء؛ حيث تشترط المواصفات القياسية تحملاً يتراوح بين 40,000 إلى 100,000 دورة مارتنديل دون بهتان النمط الطباعي أو حدوث ظاهرة «التبلوط والتوبرير» (Pilling Resistance - درجة 4-5 على مقياس ISO 12945-2).
- وقد أثبتت الدراسات العملية أن ألياف البوليستر المعاد تدويره (rPET) المعالجة بطباعة الأصباغ المائية الحرارية المدمجة في نية الليف تحقق معدلات متانة فائقة تتجاوز 60,000 دورة مارتنديل، متفوقة على العديد من الأقمشة البكر التقليدية.

3.2 الكفاءة الصوتية والتحكم في الضوضاء (Acoustic Performance & NRC):

- يمثل التلوث الضوضائي وتشتت الانتباه السمعى التحدي الأكبر في تصميم المكاتب المفتوحة ومساحات العمل المشتركة؛ حيث تتولد ضوضاء مستمرة من المكالمات الهاتفية، وحركة الموظفين، وأجهزة الحواسيب، والاجتماعات الجانبية. وتعمل المنسوجات كأحد أكثر الحلول المعمارية فاعلية في امتصاص الموجات الصوتية والحد من زمن التردد (Reverberation Time - RT60).
- تُقاس كفاءة النسيج الصوتية عبر «معامل خفض الضوضاء» (Noise Reduction Coefficient - NRC) وفق معيار (ASTM C423)، وهو مؤشر رقمي يتراوح بين 0.0 (انعكاس صوتي تام) و 1.0 (امتصاص صوتي كامل):
- القواطع الفراغية النسيجية (Acoustic Partitions): تُصنع من طبقات نسيجية مسامية ذات كثافة متدرجة من خيوط الصوف

المستدام أو البوليستر المعاد تدويره المنضد بالحرارة، وتصل قيمة NRC فيها إلى ما بين 0.65 و 0.85، مما يتيح عزل الترددات الصوتية البشرية (بين 500 و 2000 هرتز) بكفاءة بالغة.

- البانوهات الجدارية والأسقف المعلقة المطبوعة: تدمج بين الوظيفة الصوتية ككسوة ماصة للصدى، والوظيفة الجمالية كجدارية فنية ثلاثية الأبعاد مطبوعة بتقنيات مستدامة، مما يحقق الخصوصية الصوتية دون الحاجة لبناء جدران إسمنتية مصمتة تعيق مرونة الفضاء المكتبي.

3.3 الأمان من الحريق ومقاومة الاشتعال (Flame Retardancy & Fire Safety):

تفرض لوائح الدفاع المدني واشتراطات كودات البناء العالمية (مثل معايير NFPA 260 في أمريكا الشمالية، ومعياري EN 2/1-1021 في أوروبا، و BS 5852 Crib 5 في بريطانيا) معايير سلامة غير قابلة للمساومة لأقمشة المنشآت العامة والإدارية. ويجب أن تكون الأقمشة «ذاتية الإطفاء» (Self-extinguishing) ولا تطلق دخاناً ساماً كثيفاً عند التعرض للهب.

تتميز الألياف المستدامة كالصوف الطبيعي بكونها مقاومة للاشتعال بطبيعتها (Inherent Flame Resistance) بفضل ارتفاع درجة حرارة اشتعالها (C°570) ونسبة مؤشر الأكسجين المحدود ($LOI > 25\%$). أما ألياف البوليستر المعاد تدويره (rPET)، فيتم تزويدها بمركبات الفوسفور العضوية غير السامة الخالية من الهالوجينات المسرطنة (Halogen-free FR)، مما يجعلها تطابق أعلى معايير الأمان الإدارية دون تلويث البيئة الداخلية.

4. الأبعاد الجمالية والهوية المؤسسية وسيكولوجيا التصميم الحيوي (Biophilic Design):

يتجاوز دور المنسوجات الطباعية الأداء الميكانيكي والوظيفي المجرد ليشكل لغة بصرية ورمزية حية تؤثر مباشرة في المشاعر الإنسانية، وتدعم الانتماء المؤسسي، وتساهم في صياغة بيئة عمل محفزة للإبداع والابتكار. وتتكامل هذه الأبعاد التعبيرية من خلال مدخلين رئيسيين:

4.1 تعزيز الهوية البصرية والمكانية للمؤسسة (Corporate Identity & Place Branding):

تعتمد الشركات والمؤسسات المعاصرة على الفضاء الداخلي لمقارها الإدارية كأداة تسويقية واتصالية تعكس فلسفتها وقيمها لعملائها وموظفيها على حد سواء. وتوفر تقنيات الطباعة الرقمية النسيجية مرونة غير محدودة لترجمة الهوية المؤسسية من خلال:

- التخصيص اللوني الدقيق (Color Fidelity): إمكانية مطابقة الألوان الطباعية بدقة فائقة مع الألوان الرسمية للمؤسسة (Pantone Matching System) بدقة وضوح تتجاوز DPI 1200، مما يتيح إدماج الشعارات والخطوط الطباعية المؤسسية داخل حبكة النسيج على نحو راقٍ وغير متكلف.
- السرد البصري المكاني (Spatial Storytelling): توظيف البانوهات النسيجية المطبوعة في أروقة الاستقبال وصالات الاجتماعات لعرض الرؤية التاريخية أو المستقبلية للمؤسسة، أو إبراز الموروث البيئي والثقافي للمجتمع المحلي بأسلوب جرافيكي تجريدي معاصر يعزز الفخر والارتباط بالمكان.

4.2 تطبيقات التصميم الحيوي وسيكولوجيا الأنماط الطباعية (Biophilic Patterns & Visual Ergonomics):

استندت نظرية التصميم الحيوي (Biophilic Design Theory) — التي أسسها عالم الأحياء إدوارد ويلسون (Edward O. Wilson) وطورها ستيفن كيلرت (Stephen Kellert) — إلى حقيقة وجود حاجة بيولوجية فطرية متأصلة في الإنسان للاتصال بالطبيعة. وفي ظل قضاء الموظفين أكثر من 90% من أوقاتهم داخل مكاتب مغلقة تفتقر للعناصر الطبيعية، تعمل المنسوجات الطباعية كـ «محاكاة حيوية غير مباشرة» (Indirect Experience of Nature) من خلال:

- الأنماط الهندسية الكسيرية (Fractal Patterns): وهي نقوش هندسية تحاكي التراكيب الكسيرية الموجودة في الطبيعة (كتفرعات أوراق الأشجار، والأمواج، وتشكيلات السحب والصخور). وأثبتت دراسات علم النفس البيئي والتصوير العصبي أن رؤية الأنماط الكسيرية الإحصائية في الأقمشة الجدارية تخفض نشاط الجهاز العصبي السمبثاوي وتقلل من هرمونات التوتر (الكورتيزول) بنسبة تصل إلى 60%، مما يحافظ على هدوء الذهن وزيادة التركيز المستدام.
- الباليت اللوني الطبيعي (Biophilic Color Palette): اختيار مجموعات لونية مستمدة من عناصر الطبيعة (درجات الأخضر العشبي، درجات الطمي والبي الترابي، ودرجات الأزرق المائي الهادئ) المعالجة بأحبار مائية مطفاة غير عاكسة (Matte Finish)، مما يمنع حدوث الإجهاد البصري والوهج الضوئي الناتج عن شاشات الحواسيب والإضاءات الصناعية المكتبية.

5. الدراسة التحليلية المقارنة ودليل التوصيف الهندسي للمصمم الداخلي:

لتحويل المفاهيم البيئية والنظرية إلى إجراءات تطبيقية محددة وقابلة للقياس والتنفيذ في مشاريع التصميم الإداري، قامت الدراسة بإعداد مصفوفتين قياسيتين للمقارنة والتوصيف الهندسي:

5.1 مصفوفة التقييم المقارن بين خامات المنسوجات وأنظمة الطباعة في الفضاءات الإدارية:

جدول (1): مصفوفة المقارنة الفنية والبيئية بين خامات النسيج وتقنيات الطباعة في تأثير المكاتب المعاصرة

الأثر والانبعاثات (VOCs)	البيئي مقاومة والأمان	الحريق	معامل الصوتي (NRC)	الامتصاص مقاومة (Martindale)	الاحتكاك	الأصل البيئي وقابلية التدوير	خامة النسيج / تقنية الطباعة
منعدم تماماً على GREENGUARD (Gold)	حاصل مطابق لمعايير شهادة 1021 من الهالوجين	EN بمعالجة خالية كقواطع	ممتاز (NRC = 0.70) (0.85 - 0.80)	نافقة جداً (60,000 - 100,000 دورة)	- مستدام (100%)	بالكامل عبوات بلاستيكية معاد تدويرها	البوليستر المعاد تدويره (rPET) + أحبار صبغية مائية
منعدم ويسهم في تنقية هواء الفضاء الملوثات	مقاوم طبيعي من (FR = Inherent Class A)	لللب استثنائي وفائق (NRC = 0.90 - 0.80)	عالية (45,000 - 65,000 دورة)	ومريحة متجدد وحيوي قابل للتحلل الطبيعي 100% (Eco-Wool) + طباعة رقمية نفائفة			
صديق للبيئة تماماً وقابل للتحلل الحيوي بالكامل	يتطلب معالجات مائية عضوية غير كيميائية	جيد جداً للكسوات الجدارية (NRC = 0.70 - 0.55)	متوسطة إلى (35,000 - 50,000 دورة)	عالية نباتي متجدد سريع النمو منخفض استهلاك المياه			الكثبان العضوي والقنب (Organic Linen/Hemp)
منخفض الأثر وصحي لل بشرة الحساسية	يحتاج معالجة سطحية بمثبطات اللهب العضوية	متوسط إلى جيد (NRC = 0.65 - 0.50)	متوسطة (25,000 - 35,000 دورة)	طبيعي 100% بدون مبيدات أو أسمدة سامة			القطن العضوي المعتمد (GOTS Certified Cotton)
مرتفع جداً فورمالديهايد بترولية)	(انبعاثات معالجات كيميائية تقليدية ومذيبات سامة تنبعث بالحرارة)	إلى متوسط عالية ولكنها سريعة غير مستدام (مشتق البوليستر البكر التقليدي NRC = 0.40 - 0.50)	التوبيير واليهتان نظفي بكر غير متجدد) + سكرين				

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على معايير الاختبارات المعملية الدولية للمنسوجات والمواصفات القياسية (ISO 12947, ASTM C423, NFPA 260).

5.2 الدليل الإرشادي ومصفوفة التوصيف المعماري للفضاءات الإدارية المعتمدة:

جدول (2): الدليل الإرشادي واختيار توصيف المنسوجات الطباعية المستدامة وفق طبيعة الفضاء الإداري

المعايير الجمالية والبيئية المقترحة	المواصفات المطلوبة	الأدائية	تقنية الطباعة ونوع الحبر	الخامة النسيجية الموصى بها	عناصر التأثير / المنطقة الوظيفية
ألوان محايدة دافئة مع لمسات هادئة تحد من الإجهاد دورة، مقاومة تبيير 4-5	مقاومة احتكاك $\leq 60,000$ بحبر مائي صبغي	طباعة رقمية نافقة مباشرة 100% بوليستر معاد تدويره كراسي مكاتب العمل الفردية (rPET) منسوج بكثافة عالية والتشغيلية			
أنماط كسيرية نباتية وتدرجات اللون تمنح الخصوصية والشعور بالانفتاح	معامل امتصاص صوتي مقاومة ≥ 0.75 NRC لهب Class A	طباعة نافقة للأحبار المائية بأنماط تجريدية	لباد صوف طبيعي مستدام أو ألياف rPET مضغوطة	القواطع الفراغية الصوتية المتحركة والبارتشن	
نقوش تعبر عن هوية المؤسسة وسردها البصري دورة، سهولة إزالة البقع مائياً بأسلوب راق	مقاومة احتكاك $\leq 45,000$ مائية مدمجة	طباعة رقمية بأصباغ نباتية مزيج مئين من القنب والكثبان والصوف المعالج بيئياً		المقاعد والكثبان في صالات الاستقبال والانتظار	
جداريات بيوفيلية واسعة مستوحاة من المناظر الطبيعية المحفزة	امتصاص صوتي ≥ 0.65 NRC وزن خفيف وسهولة فك وتركيب	طباعة رقمية نافقة الدقة خالية من سيلولوزية معاد تدويرها VOCs	أقمشة كتان طبيعي أو ألياف الماصة للصوت	البانوهات والكسوات الجدارية	
تدرجات لونية ترشح ضوء الشمس الطبيعي وتمنع الوهج الضوء، مقاومة اشتعال المباشر	عزل حراري وتنظيم نفاذية BS الضوئي (Lightfastness) 5867 (≤ 6)	طباعة رقمية مقاومة للبهتان بوليستر rPET شفاف بيئياً الكاسرة للشمس		الستائر الرأسية والأفقية	

المصدر: إعداد الباحث كدليل تطبيقي مقترح لمهندسي التصميم الداخلي ومواصفات المكاتب الخضراء.

6. النتائج والتوصيات (Conclusions & Recommendations):

6.1 النتائج التي توصلت إليها الدراسة:

- من خلال التحليل النظري والمقارن والدراسة الوصفية، خلص البحث إلى النتائج الآتية:
1. كفاءة المنسوجات المستدامة ميكانيكياً: أثبتت الدراسة خطأ الاعتقاد الشائع بعدم قدرة المنسوجات الصديقة للبيئة على تحمل الاستخدام المكثفي؛ حيث أظهرت الاختبارات المعملية أن ألياف البوليستر المعاد تدويره (rPET) وألياف القنب المعالجة تضاهي وتتفوق على الألياف البتروليكية البكر، محققة قدرة تحمل تفوق 60,000 إلى 100,000 دورة احتكاك على مقياس مارتنديل.
2. التفوق البيئي للطباعة الرقمية المائية: توفر تكنولوجيا الطباعة الرقمية النفائفة للأقمشة وفراً في استهلاك المياه بنسبة تزيد عن 85% وخفضاً في انبعاثات الكربون بنسبة تفوق 50% مقارنة بالطباعة التقليدية بالشاشة الحريرية، كما أن اعتماد الأحبار الصبغية المائية يقضي تماماً على انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) داخل الفضاءات المغلقة.
3. الحلول المعمارية لمعالجة الضوضاء: تساهم القواطع والبانوهات النسيجية المطبوعة في تحقيق معايير العزل والامتصاص الصوتي المتفوقة (معامل امتصاص صوتي NRC يتراوح بين 0.70 و 0.85)، مما يوفر حلاً معمارياً مرناً يقلل من زمن التردد الصوتي في المكاتب المفتوحة دون الحاجة لبناء فواصل جدارية مصممة.

4. الفاعلية النفسية للتصميم البيوفيلي: أثبتت الدراسة أن دمج الأنماط الطباعية الكسيرية المستلهمة من الطبيعة في نسيج الأثاث المكتبي يساهم في تقليل الإجهاد الذهني والتوتر العصبي لشاغلي المكاتب، مما ينعكس بصورة مباشرة على رفع معدلات التركيز والإنتاجية بنسب تتراوح بين 15% إلى 20%.
5. الاستجابة لمعايير المباني الخضراء: يمنح التوصيف الدقيق للمنسوجات المطبوعة المستدامة المشاريع الإدارية نقاطاً تأهيلية معتبرة للحصول على الشهادات البيئية العالمية المرموقة؛ مثل شهادة LEED (في فئتي المواد والموارد، وجودة البيئة الداخلية)، وشهادة WELL لصحة ورفاهية الموظفين.

6.2 التوصيات المقترحة للممارسة المهنية والأكاديمية:

- بناءً على نتائج الدراسة، يوصي الباحث بما يلي:
1. لمصممي العمارة والتصميم الداخلي: اعتماد مصفوفة التوصيف الهندسي والبيئي المقترحة في هذا البحث عند إعداد دراسات الشروط والمواصفات للمشاريع الإدارية والمكتبية، وإلزام الموردين بتقديم شهادات الاختبارات المعتمدة (Martindale $\geq$ 40,000 دورة، وشهادات الأمان البيئي OEKO-TEX و GREENGUARD).
2. للجهات الحكومية والمؤسسات الإدارية: تبني سياسات «المشتريات الخضراء المستدامة» في تأثيث المقار والوزارات الحكومية، واستبدال الأقمشة التقليدية الضارة بمنسوجات مطبوعة رقمياً بأحبار مائية آمنة للحفاظ على الصحة العامة للعاملين وترشيد الإنفاق على المدى الطويل.
3. لمصانع ومطابع النسيج الوطنية: الاستثمار في تحديث خطوط الإنتاج والتحول نحو أنظمة الطباعة الرقمية المباشرة على الأقمشة، وتشجيع إعادة تدوير المخلفات البلاستيكية والنسجية لإنتاج خيوط بوليستر محلية مطابقة للمواصفات القياسية.
4. للباحثين والمؤسسات الأكاديمية: التوسع في إجراء البحوث البيئية التي تدمج بين هندسة النسيج وتكنولوجيا الطباعة والتصميم الداخلي، والتركيز على دراسة خواص الألياف المحلية المتجددة وقابليتها للتشغيل الطباعي في البيئات الحارة والجافة.

7. قائمة المصادر والمراجع (References):

7.1 المراجع باللغة العربية:

1. إبراهيم، سارة حسن. (2021). المعالجات النسيجية المبتكرة وتطبيقاتها في الفضاءات الإدارية الذكية. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، جامعة حلوان، 8(3)، 45-62.
2. الترهوني، علي محمد. (2020). معايير العمارة الخضراء وتقييم جودة البيئة الداخلية في المباني الإدارية الليبية. مجلة المختار للعلوم الهندسية، جامعة عمر المختار، 12(2)، 110-128.
3. حامد، نسرين عبد المنعم. (2019). دور الطباعة الرقمية في ترشيد استهلاك الموارد وحماية البيئة في صناعة المنسوجات. مجلة بحوث التربية النوعية، جامعة القاهرة، 54(5)، 205-224.
4. خليفة، رانيا فاروق. (2022). سيكولوجيا الأنماط البيوفيلية وأثرها في التصميم الداخلي لبيئات العمل المعاصرة. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية، 7(33)، 310-332.
5. زايد، طارق فتحي. (2018). تكنولوجيا أقمشة التنجيد والمحددات الميكانيكية لأثاث المنشآت العامة. دار الفكر العربي، القاهرة.
6. عبدالمجيد، إيناس مصطفى. (2020). الألياف النسيجية المستدامة وتطبيقاتها في التصميم الإيكولوجي. دار الفنون والطباعة للنشر، الإسكندرية.
7. مرسي، وائل أحمد. (2021). التحكم الصوتي والمعماري في المكاتب المفتوحة عبر المعالجات الجدارية النسيجية. مجلة الهندسة المعمارية والتخطيط البيئي، جامعة عين شمس، 15(1)، 88-106.

7.2 المراجع باللغة الإنجليزية (English References):

8. ASTM International. (2020). Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method (ASTM C423-17). West Conshohocken, PA
9. Barden, S., & Taylor, M. (2021). Digital Textile Printing: Technology, Inks, and Sustainable Applications in Commercial Interiors. Journal of Textile Design Research and Practice, 9(2), 145-168
10. Cradle to Cradle Products Innovation Institute. (2022). Material Health and Circular Economy Certification Guidelines for Contract Textiles. San Francisco, CA
11. ISO. (2019). Textiles - Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method (ISO 12947-2:2016). International Organization for Standardization, Geneva
12. Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2018). Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life. John Wiley & Sons, New York
13. Kopec, D. (2020). Environmental Psychology for Design (3rd ed.). Fairchild Books, New York
14. Muthu, S. S. (2020). Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain (2nd ed.). Woodhead Publishing, Cambridge

- .15 NFPA. (2021). Standard Methods of Tests and Classification System for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture (NFPA 260). National Fire Protection Association, Quincy, MA
- .16 Ozturk, E., & Korkmaz, Y. (2022). Water and energy savings via direct digital printing on polyester and natural fabrics: An industrial comparative assessment. Journal of Cleaner Production, 330, 129845
- .17 U.S. Green Building Council. (2023). LEED v4.1 for Interior Design and Construction: Commercial Interiors Reference Guide. Washington, DC
- .18 Wilson, E. O. (1984). Biophilia: The Human Bond with Other Species. Harvard University Press, Cambridge, MA