

عواقب التأخر في مشاركة إدارة المرافق في مرحلة تسليم المشروع: دراسة كمية باستخدام نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM)

إعداد الطالب / هدى نشي الحربي

الرقم الأكاديمي / 252000020

إشراف /

د. الفيصل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2025

مقدمة:

عواقب تأخر مشاركة إدارة المرافق (FM) في مرحلة تسليم المشروع: دراسة كمية باستخدام نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM)

يُعد تسليم المشروع مرحلة محورية وحساسة في دورة حياة البناء، حيث يتم خلالها انتقال الأصول المنفذة ومعلوماتها الهيكلية ومسؤولية تشغيلها من فرق التنفيذ إلى الجهة المالكة أو المشغلة. وفي الممارسة العملية، تواجه العديد من المشاريع تأخيرات في الجدول الزمني، وتراكمًا في العيوب، وفترات طويلة للوصول إلى حالة التشغيل المستقرة بعد التسليم، مما يشير إلى أن المتطلبات الاجتماعية-التقنية اللازمة لتحقيق الجاهزية التشغيلية الأولية (IOR) لا تكون متوفرة دائمًا.

تُظهر دراسات تجريبية حديثة أن المخاطر المركزة في مرحلة الانتقال إلى التشغيل يمكن تحديدها وقياسها، لكنها لا تزال غير معالجة بشكل كافٍ ضمن حوكمة المشاريع وآليات التنفيذ، مما ينعكس سلبيًا على الأداء التشغيلي المبكر وتكاليف دورة الحياة (El-Damaty, 2024 & Hosny). وفي الوقت ذاته، تؤكد الدراسات الكمية حول مشاركة أصحاب المصلحة في مشاريع البناء والبنية التحتية وجود علاقة قوية بين المشاركة الفعالة ونجاح المشاريع، لكنها تشدد على ضرورة أن تمتد آليات المشاركة إلى مرحلة الإغلاق والتسليم حتى تكون مؤثرة (Prebanić et al., 2023).

بالتوازي مع ذلك، تطورت الأبحاث المتعلقة بإدارة المعلومات الرقمية بما يتماشى مع معايير ISO 19650 واتفاقية COBie، مما جعل "جودة المعلومات عند التسليم" مفهومًا قابلاً للتحديد والتدقيق. وقد خلصت الدراسات بعد عام 2023 إلى وجود طبقات متعددة من متطلبات المعلومات — مثل المتطلبات التنظيمية، ومتطلبات الأصل، ومتطلبات المشروع، ومتطلبات التبادل — وأظهرت إمكانية تقييم مدى تغطيتها والامتثال لها عند التسليم (Oliveira et al., 2024; Akunne, 2024 & Lovell). كما حددت دراسات مكتملة مشكلات متكررة في جودة المعلومات عند انتقال البيانات من نماذج المعلومات البنائية (BIM) إلى أنظمة إدارة المرافق (FM)، مما يقلل من فائدة النماذج التصميمية في مرحلة التشغيل (Tsay et al., 2023). وقد اقترحت أبحاث أخرى أطراً لإدارة فقدان المعلومات عند انتقالها بين مراحل المشروع المختلفة (Abdelkarim et al., 2024). وبذلك، أصبح بالإمكان تحويل مؤشرات جودة المعلومات إلى متغيرات قابلة للقياس ضمن نماذج المعادلات الهيكلية (SEM).

ضمن هذا السياق، تبرز مشاركة إدارة المرافق (FM) كعامل محوري. إذ تمتلك فرق إدارة المرافق معرفة ضمنية بمدى قابلية الصيانة، ومحركات تكاليف دورة الحياة، والهيكل البنائية المطلوبة في أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) وسجلات الأصول. وعندما يتم إشراك إدارة المرافق مبكراً — أي قبل مرحلة التسليم بوقت كافٍ — يمكنها صياغة متطلبات المعلومات، والحد من التعديلات المتأخرة في التصميم، والمطالبة بإجراءات التشغيل والتدريب التي تعزز الجاهزية التشغيلية الأولية (IOR).

ومع ذلك، تُظهر الأدلة الحديثة أن فرق إدارة المرافق غالباً ما تكون ضعيفة التمثيل عند نقاط اتخاذ القرار الحرجة، وغالباً ما يتم إشراكها في وقت متأخر — أثناء أو قبيل التسليم مباشرة — مما يقلل من قدرتها على التأثير في جودة المعلومات وكفاءة نقل المعرفة (Jari et al., 2024). ويشكل هذا التأخر آلية محتملة تفسر العلاقة بين ضعف مشاركة أصحاب المصلحة وبين الأداء المتدني في مرحلة التسليم.

وأخيراً، توفر نظرية أصحاب المصلحة (Stakeholder Theory) منظوراً لفهم الظروف الحدية (Boundary Conditions)، إذ تشير الدراسات إلى أن عناصر النفوذ (Power)، والشرعية (Legitimacy)، والإلحاح (Urgency) تؤثر في كيفية ترجمة ممارسات المشاركة إلى جودة المعلومات وجودة القرارات، لا سيما عندما تضغط الجداول الزمنية في مرحلة الإغلاق (Chen et al., 2024). ومع ذلك، فإن تأثير هذه العوامل كمعدلات لم يُختبر بعد بصورة كمية في سياق التسليم.

انطلاقاً من ذلك، تطوّر هذه الدراسة وتختبر نموذجاً كمياً باستخدام نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM) يركّز على عواقب تأخر مشاركة إدارة المرافق على عملية التسليم والعمليات الأولية، مع تحديد الأدوار المباشرة لكل من جودة المعلومات ونقل المعرفة. وبهذا، تضع هذه الدراسة مرحلة التسليم ضمن إطار بحثي اجتماعي-تقني يمكن من خلاله الربط بين مشاركة أصحاب المصلحة وجودة المعلومات الرقمية، ونتائج الجاهزية التشغيلية ضمن نموذج سببي موحد يستند إلى مفاهيم وأدلة حديثة (2023–2025).

مشكلة الدراسة:

على الرغم من أن الدراسات الحديثة تؤكد مجددًا أن مشاركة أصحاب المصلحة تسهم في نجاح المشاريع، إلا أن هناك فجوة بحثية تجريبية واضحة ما زالت قائمة في مرحلة تسليم المشروع — خصوصًا فيما يتعلق بالعزل الكمي لتأثيرات تأخر مشاركة إدارة المرافق (FM) على الجاهزية التشغيلية الأولية (IOR). إذ تتركز معظم الدراسات الكمية الحالية على الحوكمة والمشاركة في مراحل التخطيط الأولي والمشتريات، في حين تظل المرحلة الفاصلة بين التنفيذ والإغلاق — وهي النقطة التي يجب أن تكون فيها معلومات الأصل مكتملة ودقيقة وصالحة لاستخدام إدارة المرافق — قليلة الدراسة (Prebanić et al., 2023).

في المقابل، توفر الأبحاث التي تلت عام 2023 مقاييس تشغيلية لجودة المعلومات عند التسليم، استنادًا إلى متطلبات المعلومات المتوافقة مع معيار ISO 19650، بالإضافة إلى فحوصات الاكتمال والاتساق وفق اتفاقية COBie (Akunne, 2024 & Oliveira et al., 2024; Lovell). ومع ذلك، لا تزال النماذج الكمية التي تربط بين هذه المفاهيم المتعلقة بجودة المعلومات وبين نتائج التسليم — مثل تراكم العيوب، وجاهزية أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) وسجلات الأصول، وفترة الوصول إلى الاستقرار التشغيلي — نادرة (Tsay et al., 2023; Abdelkarim et al., 2024).

بيان المشكلة:

تستمر المشاريع في إظهار أداء دون المستوى المطلوب خلال مرحلة تسليم المشروع، حيث تصل معلومات الأصول ناقصة أو غير متسقة مقارنة بمتطلبات المعلومات المحددة من قبل الجهة المالكة. كما تُنفذ عمليات التشغيل التجريبي (التشغيل الابتدائي) وتدريب المشغلين بدرجات متفاوتة من الكفاءة، وغالبًا ما تتسلم فرق إدارة المرافق أصولًا في حالة تشغيلية غير مكتملة، مما يؤخر الوصول إلى الجاهزية التشغيلية.

في الممارسة العملية، يؤدي تأخر مشاركة إدارة المرافق — أي عندما يتم إشراكها فقط في نهاية المشروع أو عند التسليم — إلى تقليص قدرتها على صياغة متطلبات المعلومات وفرضها خلال مرحلتَي التصميم والتنفيذ، بالإضافة إلى تحديد والتحقق من إجراءات التشغيل والتدريب ونقل المعرفة اللازمة لتشغيل المشروع منذ اليوم الأول. وتُعد فجوات المعلومات وضعف نقل المعرفة الناتجة عن هذا التأخر أسبابًا محتملة لفترات الاستقرار الممتدة وزيادة تراكم العيوب بعد التسليم (El-Damaty, 2024 & Hosny). ومع ذلك، تبقى حجم هذه التأثيرات والظروف التي تتفاقم فيها — مثل ارتفاع درجة بروز بعض أصحاب المصلحة — غير مؤكدة تجريبيًا في سياق التسليم (Chen et al., 2024).

ولمعالجة هذا الغموض، تحدد الدراسة وتختبر نموذجًا كميًا باستخدام نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM)، يُفترض فيه أن تأخر مشاركة إدارة المرافق يؤثر سلبيًا على نجاح التسليم بشكل غير مباشر من خلال متغيرين وسطيّين:

1. جودة المعلومات عند التسليم — ويتم قياسها وفق متطلبات المعلومات المتوافقة مع ISO 19650 ومستوى الاكتمال والاتساق في بيانات COBie.
2. فعالية نقل المعرفة — ويشمل ذلك إجراءات التشغيل التجريبي (التكليف)، وبرامج التدريب، وآليات الانتقال التدريجي (Soft-Landing).

كما يتم تضمين بروز أصحاب المصلحة (Stakeholder Salience) كمتغير مُعدّل للعلاقة بين المشاركة وجودة المعلومات.

من خلال التركيز على مشاريع بناء مكتملة حديثًا (منذ 24 إلى 36 شهرًا)، واستخدام مؤشرات مقاسة وموثقة في الأدبيات بين عامي 2023 و2025، تهدف الدراسة إلى تقديم أدلة تفسيرية سببية يمكن أن تدعم السياسات التي تُلزم بإشراك إدارة المرافق مبكرًا، وتحديد معايير واضحة وقابلة للقياس لتسليم المعلومات، بما يعزز من الجاهزية التشغيلية الأولية (IOR) (Oliveira et al., 2024; Abdelkarim et al., 2024; Chen et al., 2024).

أهمية الدراسة:

حدد هذا الفصل التمهيدي مشكلة تجريبية واضحة: مشاركة ممثلي إدارة المرافق المتأخرة في مرحلة تسليم المشروع وتأثيرها على جودة المعلومات والجاهزية التشغيلية الأولية. تتوافق الأدبيات بعد 2023 على عدة مقترحات: أولاً، مشاركة أصحاب المصلحة مرتبطة بشكل جوهري بنجاح المشروع، لكن تأثيراتها عند حدود التسليم والإغلاق لم تُختبر بشكل كافٍ؛ ثانياً، أصبحت جودة المعلومات عند التسليم قابلة للقياس باستخدام متطلبات المعلومات المتوافقة مع ISO 19650 و اكتمال/اتساق COBie؛ ثالثاً، جودة التشغيل التجريبي وتدريب المشغلين مركزية لسد فجوات المعرفة بين التصميم والتشغيل. عندما تكون مشاركة إدارة المرافق متأخرة، تظهر المشاريع غالباً بيانات أقل دقة ونقل معرفة أضعف، وهو ما يتوافق مع التأخيرات ونقص الأداء الملحوظة عند التسليم (Damaty، 2024-EI & Hosny).

يقوم نموذج SEM المقترح بتطبيق هذه الرؤى عبر وساطتين مزدوجتين: جودة المعلومات عند التسليم تتوسط تأثير مشاركة أصحاب المصلحة، بينما فعالية نقل المعرفة تتوسط تأثير توقيت مشاركة إدارة المرافق. دمج أهمية أصحاب المصلحة كعامل معدل يعكس ديناميكيات القوة والشرعية والإلحاح التي تحدد أي متطلبات معلومات يتم تنفيذها وكيفية تنفيذ إجراءات التشغيل التجريبي/التدريب عند الإغلاق (Chen وآخرون، 2024).

من منظور عملي، تشير الدراسة إلى أدوات حوكمة قابلة للتنفيذ: إلزام صوت إدارة المرافق المبكر عند نقاط البوابة الأمامية؛ ترميز حدود قابلة للقياس لتسليم المعلومات وفق ISO 19650/COBie؛ وتشكيل بروتوكولات تشغيل تجريبي/تدريبية تحضر المشغلين وأنظمة إدارة المرافق لعمليات اليوم الأول (Oliveira وآخرون، 2024؛ & Lovell، 2024). من منظور أكاديمي، تقدم الدراسة أدلة كمية على مرحلة التسليم كانت غائبة إلى حد كبير، تربط آليات مشاركة أصحاب المصلحة، جودة المعلومات الرقمية، ونتائج الجاهزية التشغيلية ضمن إطار سببي واحد (Prebanić وآخرون، 2023؛ Tsay وآخرون، 2023؛ Abdelkarim وآخرون، 2024).

ستقوم الفصول التالية بتطوير مقاييس متعددة العناصر لـ IQH، SAL، FMP، SE، و KTE مستندة إلى الدراسات الحديثة؛ وتحديد مؤشرات نجاح التسليم الموضوعية أو المراجعة من قبل المستجيبين؛ وتحديد إجراءات العينة، تحليل القوة، وصلاحية/متانة النموذج لـ SEM. من خلال دمج الأدلة المعاصرة بين 2023–2025، تهدف الرسالة إلى إرشاد كل من السياسات والممارسة حول كيفية إضفاء الطابع المؤسسي على مشاركة إدارة المرافق المبكرة وضمان جودة معلومات التسليم القابلة للتدقيق لتحسين الجاهزية التشغيلية الأولية في مشاريع البناء.

أهداف الدراسة:

1. قياس الأثر المباشر لمشاركة أصحاب المصلحة على مؤشرات نجاح التسليم.
2. تقدير أثر المشاركة المبكرة مقابل المتأخرة لإدارة المرافق على نجاح التسليم باستخدام نموذج المعادلات الهيكلية (SEM).
3. اختبار الدور الوسيط لـ جودة المعلومات عند التسليم في العلاقة بين مشاركة أصحاب المصلحة ونجاح التسليم.
4. اختبار الدور الوسيط لـ فعالية نقل المعرفة في العلاقة بين توقيت مشاركة إدارة المرافق ونجاح التسليم.
5. تقييم ما إذا كانت درجة بروز أصحاب المصلحة تعدل العلاقة بين مشاركة أصحاب المصلحة وجودة المعلومات.

تساؤلات الدراسة:

س1. إلى أي مدى يمكن لمستوى مشاركة أصحاب المصلحة خلال مرحلتى التنفيذ والإغلاق التنبؤ بنجاح التسليم (من حيث تراكم العيوب، وفترة الوصول إلى حالة التشغيل المستقرة، وجاهزية أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة CMMS / سجلات الأصول)؟

س2. كيف يؤثر توقيت مشاركة إدارة المرافق (المبكرة مقابل المتأخرة) على نجاح التسليم في مشاريع البناء المنجزة؟

س3. هل تعمل جودة المعلومات عند التسليم (وفق معايير ISO 19650 / COBie) كمغير وسيط في العلاقة بين مشاركة أصحاب المصلحة ونجاح التسليم؟

س4. هل تؤدي فعالية نقل المعرفة أثناء مرحلة التشغيل التجريبي والتدريب دورًا وسيطًا في العلاقة بين توقيت مشاركة إدارة المرافق ونجاح التسليم؟

س5. هل تعد خصائص بروز أصحاب المصلحة (القوة، الشرعية، الإلحاح) متغيرًا معديًا في العلاقة بين مشاركة أصحاب المصلحة وجودة المعلومات عند التسليم.

فروض الدراسة:

ف1. تؤثر مشاركة أصحاب المصلحة (من حيث التكرار، والشفافية، والاستجابة) إيجابيًا على نجاح التسليم.

ف2. تؤثر المشاركة المبكرة لإدارة المرافق إيجابيًا على نجاح التسليم مقارنة بالمشاركة المتأخرة.

ف3. تؤثر جودة المعلومات عند التسليم (المتوافقة مع متطلبات ISO 19650 ومستوى اكتمال واتساق بيانات COBie) إيجابيًا على نجاح التسليم.

ف4. تتوسط جودة المعلومات عند التسليم العلاقة بين مشاركة أصحاب المصلحة ونجاح التسليم.

ف5. تتوسط فعالية نقل المعرفة العلاقة بين توقيت مشاركة إدارة المرافق ونجاح التسليم.

ف6. تعزز درجة بروز أصحاب المصلحة العلاقة بين مشاركة أصحاب المصلحة وجودة المعلومات عند التسليم.

الدراسات السابقة:

1. جودة المعلومات عند التسليم وجاهزية إدارة المرافق (FM readiness)

تركز الدراسات الحديثة على أن نجاح التسليم يعتمد بشكل كبير على جودة المعلومات المهيكلية والقابلة للتدقيق التي يتم تسليمها إلى فرق التشغيل. أظهرت الدراسات القائمة على الحالات والمختلطة أنه عندما تكون بيانات الأصول ناقصة أو غير متوافقة مع متطلبات الجهة المالكة، تواجه فرق إدارة المرافق تأخيرات في جاهزية أنظمة إدارة الصيانة (CMMS) وسجلات الأصول، وتمتد فترة الوصول إلى الاستقرار.

استخدمت دراسات مثل Tsay et al. (2023) بيانات إثنوغرافية عبر أكثر من ألفي حالة امتثال لتحديد عشر معايير متكررة لجودة معلومات BIM من أجل FM، مثل الاكتمال، التوافق مع المتطلبات، ومستوى التفاصيل القابل للصيانة، والتي تؤثر بقوة على فائدة المعلومات بعد التسليم.

تم تطبيق هذه المعايير مؤخرًا من خلال متطلبات المعلومات المتوافقة مع ISO 19650 وفحوصات COBie بحيث يمكن قياس تغطيتها والتزامها عند التسليم (Abideen et al., 2024; Abdelkarim et al., 2024).

أبحاث أخرى في مجال تكنولوجيا المعلومات في البناء (ITcon) تناولت مفهوم Enterprise BIM وحددت نقاط الصعوبة لدى المؤسسات، خاصة في تحويل متطلبات المعلومات التنظيمية/الأصولية/المشروعية إلى متطلبات قابلة للتحقق آليًا لدعم إدارة الأصول (Godager et al., 2024).

تسجل الدراسات على مستوى البنية التحتية BIM-FM interoperability من خلال معايير مفتوحة وغير تابعة للبائع (IFC، COBie)، موثقة نقاط الألم المستمرة في سير العمل ومحاذاة المخططات التي تظهر عند التسليم (Chatsuwan et al., 2025).

علاوة على ذلك، تشير الأدبيات إلى أهمية المعايير والحوكمة، مثل مفهوم الخيط الذهبي (Golden Thread)، الذي يوضح كيف يمكن لنقص المعلومات في مرحلة التسليم أن يؤثر على السلامة ونتائج دورة حياة المبنى (Parlikad, 2024; DLUHC, 2024; CLC, 2024).

2. المشاركة المبكرة مقابل المتأخرة لإدارة المرافق وتأثيرها عند التسليم

أظهرت الدراسات الكمية وحالات المشاريع منذ 2023 أن مشاركة إدارة المرافق في وقت مبكر—قبل مرحلة الإغلاق—تحسن جودة المعلومات وملاءمتها عند التسليم، مما يؤثر إيجابيًا على عمليات التشغيل والتكليف.

على سبيل المثال، أظهر (Jari et al., 2024) أن المشاركة المبكرة تمكن إدارة المرافق من تحديد متطلبات المعلومات، تجنب تغييرات التصميم المتأخرة، ومواءمة البيانات مع أنظمة التشغيل.

كما أبرزت أبحاث (Too et al., 2023) أن غياب مسارات تسليم موحدة يؤدي إلى فجوات معلوماتية وتأخرات في تسليم المشروع، بينما أظهرت مشاريع الرعاية الصحية أن تحديد متطلبات معلومات دقيقة وموائمة مع FM يحسن عمليات التشغيل بعد التسليم (Huan et al., 2024).

أبحاث قابلية التشغيل البيئي (Interoperability) توضح أن وصول FM متأخر يمنع فرق المشروع من حل مشكلات التوافق بين المخططات والمعايير (IFC/COBie/IDS)، وبالتالي تنتقل البيانات إلى التشغيل بشكل ناقص (Godager et al., 2024; Chatsuwan et al., 2025; Otranto et al., 2025).

3. التكليف، تدريب المشغلين، ونقل المعرفة (Soft Landings)

أظهرت مراجعات حديثة (Anumba, 2024; Mirzaie, 2025 & Singh) أن العمليات المنظمة للتكليف والتشغيل التجريبي، بما فيها برامج Soft Landings، تقلل الفجوات في الأداء وتدعم جاهزية التشغيل منذ اليوم الأول.

كما أظهرت الدراسات الرقمية الحديثة أن التدريب المعزز بالواقع الافتراضي والنماذج الرقمية (AR/model-based auto-commissioning) يحسن استيعاب المعرفة ويزيد دقة استخدامها عند التسليم (Wang et al., 2024; Zech et al., 2024).

4. مشاركة أصحاب المصلحة وأهمية الأدوار (Salience) كمحددات لأداء التسليم

تؤكد الدراسات أن المشاركة المنظمة لأصحاب المصلحة تصبح أكثر أهمية عند ضغط الجداول الزمنية لنهاية المشروع.

أظهرت أبحاث مثل (Prebanić et al., 2023) أن العمليات التشاركية، تبادل المعلومات الشفاف، ووضوح الأدوار ترتبط بنجاح المشروع.

كما أضافت دراسات مثل (Chen et al., 2024) نموذج الأهمية (Salience) لشرح كيف تؤثر القوة، الشرعية، والإلحاح في ترجمة المشاركة إلى متطلبات معلومات قابلة للتنفيذ عند التسليم.

5. البنى التحتية المفتوحة والمعايير المشتركة عبر المسافة الأخيرة (Last Mile)

أشارت الدراسات إلى أن ربط بيانات المشروع بأنظمة إدارة المرافق يتطلب بنى رقمية معيارية مثل COBie و ISO 19650 لتقليل إعادة الإدخال اليدوي، مع ضرورة وجود أدوار واضحة وإمكانية التحقق من التسليم قبل اكتمال المشروع (Abideen et al., 2024; Godager et al., 2024; Chatsuwan et al., 2025; Otranto et al., 2025).

6. المخاطر والعيوب وعدم تكافؤ المعلومات

أظهرت الأدبيات أن تفتت البيانات وضعف جودتها قبل وأثناء التسليم يزيد من مخاطر العيوب بعد الإشغال وتكاليفها (Crommelin et al., 2024; Berg Oppedal et al., 2024).

تؤكد هذه النتائج أهمية المعلومات الهيكلية الموثوقة ودور الحوكمة في جعلها قابلة للاستخدام من قبل فرق FM.

الخلاصة (Synthesis)

تشير الأدلة بين 2023–2025 إلى سلسلة سببية واضحة:

1. المشاركة المبكرة لإدارة المرافق والمشاركة القوية لأصحاب المصلحة →
2. تحسين جودة المعلومات عند التسليم وعمليات نقل المعرفة →
3. نتائج أفضل في جاهزية التشغيل (وقت أقل للوصول إلى الاستقرار، عيوب أولية أقل، وجاهزية CMMS/سجلات الأصول).

المنطلقات النظرية للدراسة:

أ. نظرية أصحاب المصلحة وبروزهم (Stakeholder Theory and Salience)

توضح نظرية أصحاب المصلحة سبب وكيفية تأثير روتينيات المشاركة على جودة المعلومات واتخاذ القرار عند إغلاق المشاريع. تعمل الدراسات الحديثة في إدارة البناء على توسيع هذا الإطار من خلال نموذج البروز (Salience) الذي يضم ثلاثة أبعاد: القوة، الشرعية، والإلحاح، موضحة متى يتم إعطاء أولوية لمتطلبات أصحاب المصلحة (مثل احتياجات FM المتعلقة بـ AIR/EIR وعمليات التشغيل التجريبي) تحت ضغوط الزمن.

أظهر Chen وآخرون (2024) أن ديناميات البروز ليست ثابتة؛ إذ يمكن للتغيرات في الإدراك المتعلق بالإلحاح أو القوة أثناء مرحلة الإغلاق أن تعيد ترتيب أولوية متطلبات المعلومات، مما يؤثر مباشرة على محتوى التسليم ونتائج التشغيل، وهو ما يدعم اعتبار البروز كعامل معدل في مسار المشاركة → جودة المعلومات.

ب. الأنظمة الاجتماعية-التقنية عند واجهة التنفيذ-التشغيل (Socio-technical Systems at the Delivery--Operations Interface)

تتعامل الدراسات الحديثة المنشورة في ITcon وأبحاث المعايير المفتوحة مع التسليم على أنه واجهة اجتماعية-تقنية يتشارك فيها الأشخاص (FM)، وكلاء التشغيل التجريبي، المشغلون، والعمليات (CCSU/Soft Landings)، والمواد الرقمية (BIM، COBie، AIR/EIR) لإنتاج جاهزية التشغيل.

تعد قواعد التوافق والتحقق (interoperability and validation rules) أدوات تحكم اجتماعية-تقنية، وفغالة فقط إذا كان تنسيق الأدوار مبكرًا ومتسقًا (Godager وآخرون، 2024؛ Chatsuwon وآخرون، 2025؛ Otranto وآخرون، 2025).

هذا الإطار يدعم نمذجة جودة المعلومات وفعالية نقل المعرفة كوسيطين منفصلين يربطان المشاركة وتوقيت دخول FM بالنتائج التشغيلية.

ج. نقل المعرفة والتعلم (Transfer and Learning-Knowledge)

تفسر الدراسات الحديثة في التشغيل التجريبي وSoft Landings التسليم على أنه عملية تعلم ممتدة، تترجم نية التصميم والبيانات كما-تم-بناءها إلى معرفة قابلة للاستخدام من قبل المشغلين.

تساعد برامج الرعاية بعد التسليم والتدريب المنظم على تقليل فجوات الأداء وتحسين الأداء التشغيلي المبكر (Mirzaie، 2025)، بينما تعزز أدوات التدريب المعتمدة على الواقع المعزز (AR) والتشغيل التجريبي الآلي القائم على النماذج (model-based auto-commissioning) استيعاب الإجراءات المعقدة (Wang وآخرون، 2024؛ Zech وآخرون، 2024).

لذلك، يُعد اعتبار فعالية نقل المعرفة كوسيط له دعم نظري وتجريبي متين.

د. حوكمة المعلومات والخيط الذهبي ("Information Governance and the "Golden Thread")

توضح التوجيهات التنظيمية لعام 2024 مفهوم الخيط الذهبي على أنه معلومات دقيقة، متاحة ومحدثة يتم الحفاظ عليها طوال دورة حياة الأصول (DLUHC، 2024؛ CLC، 2024).

هذا الإطار التنظيمي يوضح حدود الدراسة: حيثما تكون حوكمة الخيط الذهبي قوية، يُتوقع أن يكون لتأثير مشاركة FM المبكرة على النتائج أثر أكبر، لأن متطلبات المعلومات والتحقق مدعومة مؤسسيًا.

المنهجية وطرق البحث:

التصميم (Design)

يعتمد التصميم الكمي على مستوى المشروع وعبر مقطع عرضي (cross-sectional) لاختبار نموذج هيكلي يضم متغيرات كامنة ونواتج مراقبة.

لتقدير التأثيرات غير المباشرة المعقدة والتعامل مع مؤشرات قد لا تتبع التوزيع الطبيعي، يُستخدم نموذج المعادلات الهيكلية بالحد الأدنى من المربعات الجزئية (SEM-PLS).

توضح الإرشادات الحديثة كيفية: تحديد النموذج، تحليل القدرة الإحصائية، التحقق من الصدق والثبات، اختبار الوساطة/التعديل، تقييم التنبؤ (PLSpredict)، وفحص ثبات القياس عبر المجموعات (MICOM) (Hair وآخرون، 2024؛ Cepeda وآخرون، 2024؛ Hair وآخرون، 2024).

العينة ووحدة التحليل (Sample and Unit of Analysis)

- المشاريع المستهدفة: مشاريع بناء مكتملة خلال آخر 24-36 شهرًا، حيث تم تحديد متطلبات معلومات على نمط ISO 19650 وتسليمات COBie.
- المشاركون: أصحاب الأدوار الفاعلة مباشرة في التنفيذ والإغلاق (مديرو المشاريع، قادة FM، مديرو التشغيل التجريبي، منسقو التصميم).
- تُجمع الاستجابات على مستوى المشروع لمواءمة مؤشرات النتائج (مثل تراكم العيوب، وقت الوصول للاستقرار، جاهزية CMMS) وتقليل تحيز المستجيب الفردي.

القياس (Measurement)

- إشراك أصحاب المصلحة (SE): تكرار وجودة التفاعلات، الشفافية، الاستجابة (Prebanić وآخرون، 2023؛ Zhu وآخرون، 2024).
- توقيت مشاركة FM (FMP): المشاركة المبكرة مقابل المتأخرة بالنسبة لمراحل التصميم (Jari وآخرون، 2024).
- بروز أصحاب المصلحة (SAL): القوة، الشرعية، والإلحاح أثناء الإغلاق (Chen وآخرون، 2024).
- جودة المعلومات عند التسليم (IQH): تغطية متطلبات المعلومات ISO 19650، اكتمال/اتساق COBie، مع مراجعة المشاركين للنتائج (Tsay وآخرون، 2023؛ Abideen وآخرون، 2024).

- فعالية نقل المعرفة (KTE): تنفيذ التشغيل التجريبي، نطاق وساعات تدريب المشغلين، رعاية Soft Landings بعد التسليم، واستخدام الأدوات الرقمية (Mirzaie، 2025؛ Anumba، 2024 & Singh؛ Wang وآخرون، 2024؛ Zech وآخرون، 2024).
- نجاح التسليم (HOS): وقت الوصول للاستقرار، تراكم العيوب بعد التسليم، جاهزية CMMS/سجل الأصول (Parlikad، 2024 & Chang).

التحليل (Analysis)

يُستخدم SEM-PLS مع:

1. التحقق من القياس: موثوقية المؤشرات، الموثوقية المركبة (CR)، القيمة المتوسطة للتباين AVE، و HTMT للصدق التمييزي.
2. التقييم البنوي: معاملات PLSpredict، Q^2 ، f^2 ، β .
3. الوساطة (Mediation): التأثيرات غير المباشرة للـ IQH و KTE باستخدام bootstrap.
4. التعديل (Moderation): اختبار SAL على مسار SE→IQH باستخدام منتج المؤشرات أو الطريقة الثنائية المراحل.

يتم الإبلاغ عن نتائج MICOM أو اختبارات التبدل (permutation tests) للتحقق من ثبات القياس عند وجود مجموعات فرعية، وتطبيق استراتيجيات متينة للتعامل مع البيانات المفقودة وفقاً لممارسات SEM-PLS الحديثة.

أدوات الدراسة:

هيكل الأداة (Instrument Architecture)

يتم تطوير استبيان متعدد الأقسام يعتمد مقياس ليكرت خماسي أو سباعي النقاط، ويتم التحقق من محتواه من قبل أكاديميين متخصصين في إدارة المرافق (FM) وممارسين مهنيين من الصناعة.

يتضمن الاستبيان أيضاً محفزات أرشيفية (archival prompts) لقياس نتائج على مستوى المشروع مثل:

- حجم تراكم العيوب بعد 60+/30+ يوماً من التسليم،
- جاهزية نظام إدارة صيانة المباني (CMMS) في اليوم الأول من التشغيل (Day 0).

المتغيرات البنائية (Constructs) ومصادر البنود الإرشادية (Indicative Item Sources – تعديلاً أو اعتماداً):

- إشراك أصحاب المصلحة (SE – Stakeholder Engagement):

يتضمن عناصر تتعلق بوتيرة الاجتماعات، وشفافية تبادل المعلومات، والاستجابة، والإحساس بحل المشكلات بشكل مشترك أثناء مرحلتي التنفيذ والإغلاق.

يتم تكييف البنود من أدلة إشراك أصحاب المصلحة المنشورة في مجلة Buildings والدراسات ذات الصلة في مجال البناء (Prebanić وآخرون، 2023؛ Zhu وآخرون، 2024).

- توقيت مشاركة إدارة المرافق (FMP – FM Participation Timing):

يتضمن عناصر مبنية على نقاط القرار (gates) لقياس توقيت دخول إدارة المرافق إلى المشروع (ما قبل التصميم، تطوير التصميم، ما قبل التشغيل التجريبي، مرحلة الإغلاق فقط)، بالإضافة إلى إدراك المشاركين لقدرتهم على التأثير في متطلبات المعلومات الخاصة بالأصول (AIR/EIR) وخطط التشغيل التجريبي (Jari وآخرون، 2024).

- بروز أصحاب المصلحة (SAL – Stakeholder Salience):

يتكون من ثلاثة مقاييس فرعية (2-3 بنود لكل منها) تمثل الأبعاد الثلاثة: القوة، الشرعية، والإلحاح.

تشير البنود إلى الأطراف التي تتحكم في متطلبات المعلومات (AIR/EIR) وحقوق اتخاذ القرار المتعلقة بالتشغيل التجريبي عند التسليم (Chen وآخرون، 2024).

- جودة المعلومات عند التسليم (IQH – Information Quality at Handover):

تتضمن عناصر بنمط قائمة مراجعة أو إدراك شخصي مشتقة من معايير جودة المعلومات التي وضعها Tsay وآخرون، ومن المتطلبات المعلوماتية الأساسية التي حددها Abideen وآخرون، وتشمل:

- اكتمال بيانات الأصول الوصفية (metadata)،
- ترميز المواقع،
- حقول قابلية الصيانة،
- بيانات المخاطر،
- توافق أدلة التشغيل والصيانة (M Manuals&O)،
- نتائج التحقق من ملفات COBie.

(Tsay وآخرون، 2024). Abideen وآخرون، 2023؛

- فعالية نقل المعرفة (KTE – Knowledge-Transfer Effectiveness):

تشمل تنفيذ نطاق التشغيل التجريبي (commissioning)، وعدد ساعات/نطاق تدريب المشغلين، ومدة فترة “الهبوط السلس” (Soft Landings) بعد التسليم، وتوافر الإرشادات المساعدة المعتمدة على النمذجة أو الواقع المعزز (Model/AR-assisted guidance).

كما تتضمن بنودًا لقياس سهولة التعلم وإصلاح الأعطال بعد التسليم الفعلي للمشروع (PC).

(Singh & Anumba، 2024؛ Mirzaie، 2025؛ Wang، 2024؛ Zech وآخرون، 2024).

- نجاح التسليم (HOS – Handover Success):

يتضمن مؤشرات موضوعية وأرشيفية تتماشى مع متطلبات “الخيوط الذهبية” (Golden Thread) وجاهزية العمليات الأولية بعد التسليم.

(Chang & Parlikad، 2024؛ DLUHC، 2024؛ CLC، 2024).

الصدق والثبات (Validity and Reliability)

يتم إجراء اختبار أولي بواسطة مجموعة من الخبراء (عدد المشاركين 8-12 $n \approx$) لتحسين وضوح البنود وشمولها.

ثم يُجرى اختبار مبدئي للاستبيان (30-40 $n \approx$ مشروعًا) لتقييم الثبات (reliability) والأبعاد التركيبية (dimensionality).

وفي الدراسة الأساسية، سيتم تقييم:

- الاتساق الداخلي (CR)،
- الصدق التلازمي أو التقاربي (AVE)،
- الصدق التمييزي (HTMT)،

• الصدق التنبؤي (PLSpredict)،

بالإضافة إلى التحقق من ثبات القياس عبر المجموعات (Measurement Invariance – MICOM) عند الاقتضاء.

وسيتبع اتباع إرشادات النمذجة بالمعادلات الهيكلية الجزئية (PLS-SEM) لعامي 2024–2025 الخاصة بالإبلاغ عن النتائج والتحقق من المتانة الإحصائية (Hair وآخرون، 2024؛ Cepeda وآخرون، 2024؛ Hair وآخرون، 2024).

حدود الدراسة:

النطاق والبيئة (Scope and Settings)

وحدة التحليل التجريبية هي المشروع، أي المباني المكتملة حديثاً خلال آخر 24–36 شهراً، حيث حدد المالكون أو المستشارون متطلبات المعلومات AIR/EIR على نمط ISO 19650 وتسليمات COBie—أي السياقات التي يُتوقع فيها جودة المعلومات ويُمكن تدقيقها (Godager وآخرون، 2024؛ Abideen وآخرون، 2024).

المشاريع المشمولة (Inclusions)

- المشاريع التي لديها خطط رسمية للتشغيل التجريبي وتدريب المشغلين.
- المشاريع التي أنتجت حزم تسليم منظمة (جداول COBie و/أو بيانات مرتبطة بالنماذج) وتابعت مؤشرات الأداء الأساسية للتشغيل المبكر خلال أول 30–90 يوماً، مثل تراكم العيوب، وقت الوصول إلى الاستقرار، وجاهزية CMMS (Abideen وآخرون، 2024؛ Anumba، 2024 & Singh، 2024).

المشاريع المستبعدة (Exclusions)

- محطات العمليات الصناعية والبنى التحتية الخطية الكبرى، ما لم تعتمد أطر تسليمها صراحةً على ISO 19650/COBie.
 - المشاريع التي لا تحتوي على AIR/EIR موثقة (أي لا يمكن التحقق من جودة المعلومات بشكل مستقل).
- هذا التحديد يركز النموذج على بيانات إدارة المعلومات والحوكمة المماثلة لتلك التي تم الإبلاغ عنها في الأبحاث الحديثة حول المعايير المفتوحة (Chatsuwan وآخرون، 2025؛ Otranto وآخرون، 2025).

العمومية والمخاطر (Generalizability and Risks)

- النتائج تكون أكثر قابلية للتعميم على القطاعات أو السلطات القضائية التي تُطبق مفاهيم ISO 19650 مؤسسياً، ويتم الالتزام بـ COBie أو ما يعادلها تعاقدياً.
- خارج هذه السياقات، قد تتضاءل التأثيرات بسبب ضعف حوكمة المعلومات.
- تساعد أدوات التوافق والتحقق (interoperability and validation) على تعزيز النتائج، لكنها فعالة فقط عندما تكون الأدوار والتوقيت (بما في ذلك مشاركة FM المبكرة) محددة بوضوح في وثائق الحوكمة (Godager وآخرون، 2024؛ Chatsuwan وآخرون، 2025؛ Otranto وآخرون، 2025).

المراجع:

- Abdelkarim, S. B., Ahmad, A. M., & Naji, K. (2024). إدارة فقدان معلومات التسليم النهائي. *Journal of Management in Engineering*, 40(5), 04024030. إطار قائم على نمذجة المعلومات للمباني (BIM).
- Chen, X., He, Q., Hassani, A., & Xie, J. (2024). استكشاف ديناميكيات بروز أصحاب المصلحة والفجوات الوظيفية في مشاريع البناء. *Engineering, Construction and Architectural Management*.

- Hosny, F., & El-Damaty, M. (2024). الإنشائية: دراسة حالة من الإمارات العربية المتحدة *International Journal of Building Pathology and Adaptation*.
- Lovell, L. J., & Akunne, A. (2024). نموذج معلومات البناء لإدارة المرافق (BIM-FM) نحو نهج متكامل. *Applied Sciences*, 14(10), 3977.
- Oliveira, A., وآخرون. (2024). تطوير متطلبات معلومات قائمة على المعايير لإدارة المرافق في قاعة طعام. *ITcon*, 29, 476.449–.
- Prebanić, K. R., Vukomanović, M., & Radujković, M. (2023). المصلحة كعامل نجاح في مشاريع البنية التحتية. *Buildings*, 13(7), 1785. رابط: <https://doi.org/10.3390/buildings13071785> MDPI+2MDPI+2
- Radzi, A. R., وآخرون. (2024). إطار من السمات لنماذج BIM كما بُنيت "As-Built" نحو التوائم الرقمية لإدارة المرافق. *ITcon*, 29, 634.615–.
- Tsay, G. S., Staub-French, S., Poirier, E. A., Zadeh, P. A., & Pottinger, R. (2023). BIM فيم قضايا جودة المعلومات من حيث الامتثال لمتطلبات BIM لدى المالك *Frontiers in Built Environment*, 9, 1117066. رابط: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1117066> Frontiers+1

