استثمار التقدم في الهندسة المدنية لتطوير البنية التحتية في مرحلة إعادة اعمار سورية

إعداد:

*** د.م. علي محمود البلال**

ملخص:

يعتبر استثمار التطور الكبير والتقدم التكنولوجي الهائل الذي قطعته الهندسة المدنية في جميع المجالات عاملاً حاسماً لإعادة الاعمار و تأهيل البنية التحتية في سورية نتيجة لظروف الحرب والزلزال الذي تعرضت له عام 2023 عبر الاستفادة من التطور الهندسي وجعل القطاع الهندسي قادراً على معالجة التحديات المستقبلية , وتهدف هذه المقالة لتعريف المهندسين المدنيين بأهم الاستراتيجيات المعتمدة على التقدم الهندسي لإعادة تأهيل البنية التحتية واستثمارها في وضع الحلول المناسبة لإعادة تأهيل جسر الرستن اعتماداً على التقنيات الهندسية الحديثة باعتباره نموذجاً عن البنية التحتية المتضررة في سورية.

كلمات مفتاحية: البنية التحتية، الزلزال، التقدم الهندسي، جسر الرستن.

مقالة علمية في كلية الهندسة المدنية

* – عضو هيئة تدريسية في كلية الهندسة المدنية – الجامعة الوطنية الخاصة.

1-مقدمة:

يواجه المهندسون المدنيون في سورية العديد من التحديات في تطوير وتحسين البنية التحتية العامة وخاصة في مرحلة إعادة الاعمار ومن أبرز هذه التحديات:

1- الانتشار الجغرافي الكبير للبنية التحتية المدمرة والتي تشمل مدناً بأكملها أو احياء كبيرة في بعض المدن.

2- النقص الكبير في التمويل اللازم لتنفيذ المشاريع الكبيرة مثل اصلاح شبكات الطرق والجسور والمطارات وغيرها.

3- انخفاض كفاءة العامل البشري نتيجة لمفرزات الحرب والحاجة للتدريب وتأهيل الكوادر للتعامل مع التقنيات الحديثة.

4- التغير المناخي والظروف البيئية المتطرفة مثل قلة الأمطار وتأثيرها على كفاءة السدود.

5- النمو السكاني والتغير في عدد السكان نتيجة تركزهم في بعض المناطق وحركة الهجرة الداخلية الكبيرة مما سبب ضغطاً كبيراً على البنية التحتية وفرض المزيد من التحديات.

ان العوامل السابقة تتطلب من المهندسين المدنيين تحقيق توازن كبير بين الابتكار والتقدم وبين الاقتصاد في استخدام الموارد المتاحة وهو ما قد يشكل تحديًا كبيراً في ظل المتطلبات المتزايدة للبنية التحتية الحديثة.

2- أهمية إعادة تأهيل البنية التحتية:

البنية التحتية العامة هي العمود الفقري لأي مجتمع حديث، حيث تشمل الطرق، وشبكات المياه والصرف الصحي، والكهرباء، والاتصالات. تلعب هذه البنية دوراً حيوياً في دعم النمو الاقتصادي وتعزيز جودة الحياة للمواطنين [3] من خلال ما يلي:

2-1- الحفاظ على كفاءة البنية التحتية: ويشمل اعادة تنشيط البنية التحتية المدمرة في سويا بسبب ظروف الحرب والزلزال (جسور، طرق، شبكات مياه وصرف صحي، والمرافق عامة) وإصلاح الأعطال للقيام بوظيفتها وتحسين كفاءتها من خلال تحديث بعض أقسامها لأداء وظائفها.

2-2- توفير النفقات العامة: توفر صيانة البنى التحتية القائمة الكثير من المبالغ المالية التي يمكن توجيهها نحو توسيع هذه البنى وتطويرها، وتعتبر الصيانة أقل بحوالي 70 بالمئة من تكاليف الاستبدال في حال الدول ذات الموارد المحدودة [1].

2-3- تحسين السلامة العامة: البنية التحتية المتقادمة قد تؤدي الى انهيارات أو أعطال تؤثر بشكل كبير على حياة الأفراد، ومن خلال تنفيذ برامج لإعادة تأهيل هذه المنشآت، يمكن تقليل المخاطر وتحسين مستوى السلامة.

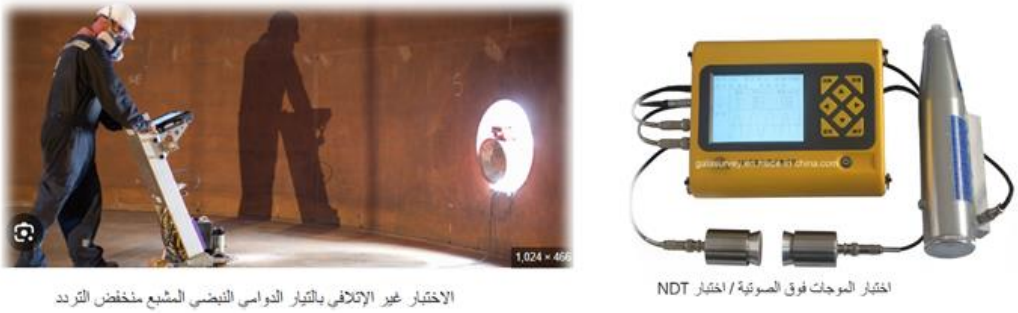
2-4- تلبية احتياجات النمو السكاني المتزايد: توسيع وتطوير البنية التحتية يساعد في تلبية الاحتياجات المتزايدة للمجتمعات وهذا يتم عبر استراتيجيات تهدف إلى تحديث وتوسيع الشبكات والبنى القائمة.

3- استراتيجيات التقدم في الهندسة المدنية لإعادة تأهيل البنية التحتية:

لا يقتصر التقدم في الهندسة على استخدام تقنيات جديدة فقط، بل يشمل أيضاً إعادة التفكير في كيفية التعامل مع المشكلات والتحديات ووضع الاستراتيجيات العامة اللازمة لتطوير وإعادة تأهيل البنية التحتية [2] وتشمل ما يلي:

3-1- التقييم الشامل للبنية التحتية باستخدام التقنيات الحديثة:

1. يعتبر أول خطوة في عملية إعادة التأهيل للبنية التحتية.
2. يتضمن قراءة المخططات وتوفير الطرق الحديثة لعرضها باستخدام تقنيات التصوير المختلفة.
3. الفحص الشامل للمرافق والهياكل لتحديد مدى تدهورها وأسباب هذا التدهور.
4. التقييم يتم عن طريق التقنيات الحديثة مثل الفحص غير المدمر للبنى التحتية مثل (الفحص البصري، اختبار الموجات فوق الصوتية، الرصد بالليزر، التصوير الحراري، التصوير باستخدام الأشعة تحت الحمراء) وبعضها موضح في الشكل (1).



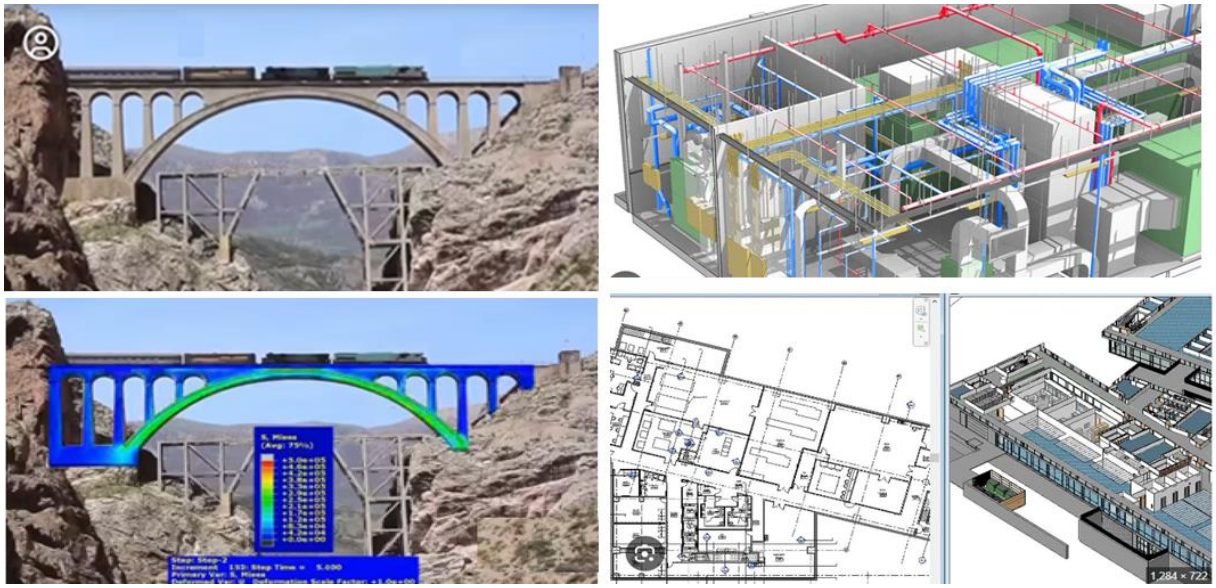
الشكل(1) : نماذج للاختبارات غير المدمرة للبنى التحتية

3-2- استخدام التكنولوجيا المتقدمة والتوائم الرقمية:

تسهم التكنولوجيا في تسريع وتسهيل عملية إعادة التأهيل من خلال استخدام التوائم الرقمية لمحاكاة وتقييم استراتيجيات التجديد المختلفة للمباني القائمة وتقييم تأثير التغييرات على السلامة الهيكلية وكفاءة الطاقة والأداء العام، مما يتيح اتخاذ قرارات تنبؤية واضحة خلال تجديد البنى التحتية وتحديثها, ويمكن استخدام البرامج الهندسية المتطورة والطرائق العددية المعتمدة على العناصر المحدودة لنمذجة المنشأت المختلفة ودراسة المتغيرات الممكن حدوثها والتصور الأفضل لإعادة تأهيل البنية التحتية , و تمكننا التوائم الرقمية من دمج البيانات التي نحصل عليها من المستشعرات ومعدات لمراقبة في الوقت الفعلي باستخدام شبكات الانترنيت مما يحسن من مراقبة أداء البنى التحتية.[4]

وتشمل التوائم الرقمية التقنيات التالية (نمذجة معلومات البناء BIM، الواقع الافتراضي Virtual Reality (VR)، الواقع المعزز Augmented Reality (AR)، ا لواقع المختلط (MR)، الحوسبة السحابية، الذكاء الصنعي)، وبعضها موضح في الشكلين (2) و (3).

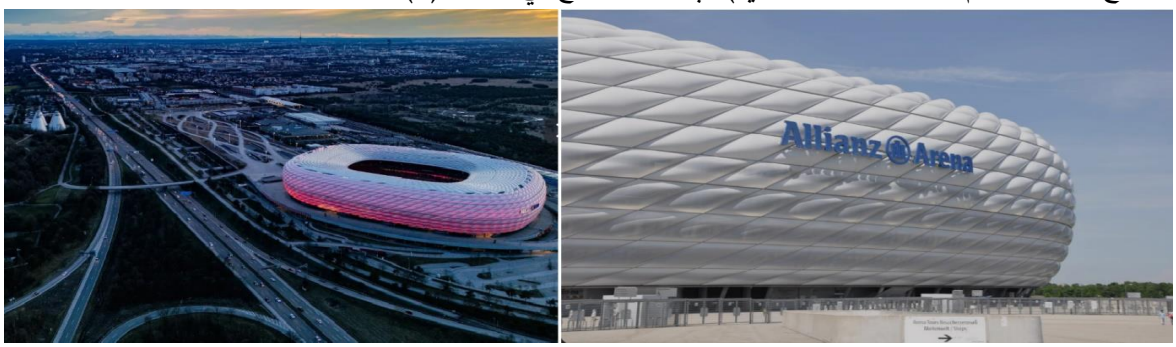
الشكل (2): نماذج للتوائم الرقمية المستخدمة في تطوير البنية التحتية



الشكل (3): تقنية BIM والنمذجة العددية للبنى التحتية

3-3- تطوير المواد الذكية الصديقة للبيئة:

مواد البناء الذكية هي مواد متطورة تتفاعل بشكل ديناميكي مع التغيرات البيئية أو الميكانيكية المحيطة بها، وتستجيب لهذه التغيرات من خلال تغيير خصائصها أو سلوكها. يشمل ذلك مواد تتحكم في درجة الحرارة، الرطوبة، الضوضاء، أو حتى الضوء. هذه المواد تستفيد من التقنيات الجديدة وتفيد في عملية إعادة التأهيل للبنية التحتية المتضررة وتشمل (المواد ذات الذاكرة الشكلية، المواد التفاعلية التي تتغير استجابة للظروف المحيطية، الإضافات الحديثة للخلطة البيتونية، بدائل قضبان التسليح، مواد التدعيم الحديثة، المواد النانوية) وبعضها موضح في الشكل (4).



الشكل (4): ستاد Allianz Arena Munich لكرة القدم في ميونيخ والمغطى بمادةFluon ETFE Film الذكية

3-4- استخدام تكنولوجيا التنفيذ الحديثة:

مهدت التطورات التكنولوجية الحديثة الطريق لعالم تصميم وهندسة معمارية أفضل مثل التطورات مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد للمباني، وهي مفهوم جديد نسبيًا في الهندسة يتيح إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد فعلية ومفصلة لتصميمات معمارية معقدة من المنازل الصغيرة إلى الهياكل الحضرية واسعة النطاق مع وجود عدد لا نهائي من الاحتمالات المتاحة للمستقبل كما هو موضح في الشكل (5) , بالإضافة للتطور في مجال المعدات الحديثة اللازمة لهدم المباني وإعادة استخدام الركام في البناء والطرق , كما ساعد التطور في الروبوتات على القيام بالكثير من الأعمال اللازمة لإعادة تأهيل البنية التحتية كما هو موضح في الشكل (6) .

الشكل (5): الطباعة ثلاثية الأبعاد للمباني

الشكل (6): استخدام الروبوتات في أعمال البناء

3-5- تحقيق الاستدامة في المباني الحديثة والبنى التحتية:

يشير مفهوم البنية التحتية المستدامة إلى المعدات والأنظمة المصممة لتلبية احتياجات الخدمة الأساسية للسكان – بما في ذلك الطرق والجسور وأبراج الهاتف ومحطات الطاقة الكهرومائية وما إلى ذلك – بناءً على مبادئ مستدامة شاملة [5] ويتيح الجمع والتكامل بين نظام إدارة المباني (BMS) المستخدم لمراقبة وإدارة الأنظمة والخدمات الميكانيكية والكهربائية والكهروميكانيكية في المنشأة، وبين نظام نمذجة معلومات المباني (BIM) الفرصة لتقديم العديد من متطلبات الاستدامة للمبنى مثل (تحديد ساعات الذروة في استهلاكات المباني، تحقيق حالة الصفر الصافي بسبب استهلاك الطاقة المتجددة تقييم الهدر في الطاقة والاستفادة من ضوء النهار، ترشيد استهلاك المياه ضمن المباني، تقدير إمكانات توليد الطاقة على الأسطح والواجهات، تحقيق معايير الأبنية الخضراء).

3-6- الصيانة الدورية والمتابعة المستمرة:

إعادة تأهيل البنية التحتية لا تعني فقط تجديدها، بل تتطلب أيضًا صيانة دورية لضمان استدامتها. تتضمن هذه الصيانة تطبيق تقنيات مراقبة مستمرة باستخدام أجهزة استشعار ذكية وأدوات تحليل بيانات لقياس الأداء على مدار الزمن.

4- تطبيق التقنيات الحديثة في الهندسة لإعادة تأهيل جسر الرستن:

بني جسر الرستن الحالي في أوائل سبعينيات القرن العشرين ، ويبلغ طول جسر الرستن الحالي حوالي 600 متر وعرضه 16 مترًا، ويرتفع في بعض أجزائه إلى أقل من 100 متر. يتألف الجسر من 14 فتحة تمتد على طول الهيكل، نُفذت دعاماته باستخدام قوالب منزلقة. الهيكل العلوي للجسر مكون من 84 عارضة، كل منها بطول 41.2 متر ووزن 150 طنًا كما هو موضح في الشكل (7)، يُعتبر جسر الرستن أحد أهم المعابر الحيوية في سوريا حيث يربط بين شمال وجنوب البلاد عبر الطريق الدولي M5 وقد تعرض جسر الرستن للتفجير مما سبب أضراراً جسيمة في جسم الجسر وبعض الركائز وأصبح هناك حاجة ماسة لعمليات ترميم وإعادة تأهيل لضمان استعادة الجسر لوظيفته الحيوية في ربط المناطق السورية وتسهيل حركة النقل والتجارة.

الشكل (7): بعض الأضرار في جسر الرستن

تشمل مقترحات لتطبيق التقنيات الحديثة في الهندسة لإعادة تأهيل جسر الرستن ما يلي:

1. استخدام نظام التصوير بالدرونات لتصوير المناطق المتضررة صعبة الوصول أسفل الطريق.
2. استخدام طرق الفحص غير المدمر لعناصر الجسر (الرصد بالليزر لتحديد الهبوطات والميلان للركائز).
3. وضع نموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام التقنيات والبرامج الحديثة يأخذ بعين الاعتبار تمثيل الضرر الحاصل وتأثيره على حركة النقل قبل وبعد الترميم المقترح واعتماد الحل الأكثر أمان واقتصادية.
4. استخدام نظام BIMلنمذجة معلومات الجسر وتحديد نقاط التدعيم ووضع نظام لمراقبة التسارع والميلان واستقرار الجسر نتيجة حركة النقل وربط البيانات مع نظام مراقبة للمنشأ باستخدام تقنيات BMS المناسبة لحالة الجسور وفق الأنظمة العالمية.
5. الاستفادة من موقع الجسر وحركة الرياح في الموقع ووضع عنفات ريحية مناسبة بالإضافة لأعمدة انارة تحمل الواح شمسية لتأمين متطلبات الانارة وتوليد الكهرباء اللازمة لعمل الأجهزة والمستشعرات والكاميرات مما يساهم في الاستدامة.
6. استخدام مواد التدعيم المناسبة ومواد اكساء حديثة تؤمن عمر أطول لعناصر الجسر ووقاية من العوامل الخارجية.
7. وضع برامج للصيانة والكشف الدوري على الجسر , وتأمين أنظمة المراقبة عن بعد وربطها مع مراكز المراقبة وتأمين متطلبات السلامة المرورية وتنظيم عملية النقل عبر الجسر بالاتجاهين مع تدريب الكوادر اللازمة وتزويدهم بالتجهيزات الحديثة المشار لها سابقا(الدرونات , الكاميرات , الحساسات) .

5- المراجع:

[1]- Akinyemi, E. O., & Zuidgeest, M. H. (2002). "**Managing transportation infrastructure for sustainable development**". Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 17(3), 148-161.

[2]- Panayotou, T. (1998). "**The role of the private sector in sustainable infrastructure development**". Harvard Institute for International Development.

[3]- سليمان خالد سليمان أبو غربيه . (2024). " **دور مهندس المدنية في تطوير وتحسين البنية التحتية العامة تحليل للسياسات والممارسات الحالية والمستقبلية**". مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية (JASPSS), 25الاصدار رقم 54 - (2024).

[4]- احمد سمير نايف واحمد محمد جاسم. (2017). " **استخدام المعرفة البشرية لتكنولوجيا المعلومات وأثرها على أداء الموارد البشرية في المؤسسات الحكومية: دراسة ميدانية في جامعة ديالى**". مجلة الدراسات المحاسبية والمالية(JAFS) ، ١٢ , ٣٨.

[5]- وفاء احمد محمود العموش. (2022). "**دور البنية التحتية في التنمية المستدامة**". المجلة العربية للنشر العلمي (AJSP)، الإصدار الخامس - العد د تسعة وأربعون، تاريخ الإصدار: 2 - تشرين الثان ي - 2022 م.