

Final Project 1

Code: MGM 496-PMG496

Project Template

Faculty of Management
Midocean University

أثر تطوير المدن الذكية على الطلب في العقارات التجارية: دراسة ميدانية على مدينة الملك عبدالله الاقتصادية

أسم الطالبة

دارين عبدالله القشعم

221001354

مشروع تخرج- 1

كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

إشراف

د. عبدالرحيم نادر

عضو هيئة التدريس- كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

2025

المحتويات

4	المقدمة:
4	مشكلة الدراسة:
5	1.1.1 الفجوات على المستوى النظري
6	1.1.2 الفجوات على المستوى التطبيقي
7	أهمية الدراسة:

المقدمة:

يشهد العالم تحولاً حضرياً متسارعاً، تقوده مفاهيم المدن الذكية التي تعتمد على توظيف التكنولوجيا الرقمية والبنية التحتية الذكية بهدف تحسين جودة الحياة، وتعزيز الكفاءة الاقتصادية، وتحقيق التنمية المستدامة، وتُعد المدن الذكية مزيجاً من التطور التقني والتخطيط الحضري الحديث، حيث يُعاد تصميم النسيج الحضري من خلال تكامل نظم البيانات، وإنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي في مختلف مرافق المدينة، مما يجعلها أكثر قدرة على التكيف مع متغيرات العصر، وقد أثبتت هذه النماذج الذكية فعاليتها في دفع عجلة الابتكار وتحفيز الاستثمار، خاصة في المدن التي تم اختيارها كمشاريع تجريبية، مثل بعض المدن الصينية ضمن برنامج المدن الذكية (Chen, Wang, & He, 2024).

من أبرز الميادين التي تتأثر بشكل مباشر بتطور المدن الذكية هو القطاع العقاري، وبوجه خاص العقارات التجارية. إذ يؤدي تحسين البنية التحتية الذكية وتطوير بيئة العمل الرقمية إلى خلق طلب متزايد على مساحات تجارية حديثة تستجيب لمتطلبات الأعمال الذكية، من حيث الاتصال، والكفاءة الطاقية، وسهولة الوصول. (Al-Rimawi & Nadler, 2025).

وأصبحت المدن الذكية منصات استراتيجية لتعزيز التنمية الاقتصادية الإقليمية من خلال جذب المواهب، وتيسير الابتكار، وتحفيز قطاعات الأعمال، وتشير البحوث إلى وجود علاقة سببية إيجابية بين بناء المدن الذكية ونمو الناتج المحلي الإجمالي الإقليمي، مما يعكس التأثير غير المباشر لتلك المدن على زيادة الطلب في قطاعات حيوية مثل العقارات التجارية، التي تُعد من المحركات التقليدية للاقتصاد المحلي (Liu, 2024).

ومع تعاظم الاتجاه نحو الأتمتة وتكامل الأنظمة الذكية في المدن، أصبح من الضروري إعادة النظر في خصائص المباني التجارية، بحيث تتماشى مع متطلبات التكنولوجيا والبنية الرقمية، وقد أشارت الأدبيات الحديثة إلى أن نجاح المدن الذكية يعتمد على مدى تكامل المباني الذكية داخلها، لا سيما في المجال التجاري، إذ تشكل تلك المباني النواة الاقتصادية للنشاطات الاستثمارية والخدمية في المدينة (Apanaviciene, Urbonas, & Fokaides, 2020).

و بات تقييم الطلب العقاري في المدن الذكية يتطلب نماذج تحليلية جديدة، تتجاوز المؤشرات التقليدية (الموقع، السعر، الكثافة السكانية)، إلى مؤشرات تشمل مدى "ذكاء" البيئة الحضرية، وسهولة التكامل الرقمي، والخدمات التقنية المرتبطة بالعقار

وتبرز مدينة الملك عبدالله الاقتصادية كنموذج سعودي رائد يسعى إلى تجسيد مفاهيم المدن الذكية ضمن رؤية المملكة 2030، من خلال تطوير البنية التحتية الرقمية، وجذب الاستثمارات العالمية، وتحقيق التكامل بين الصناعات، الموانئ، والخدمات السكنية والتجارية، ومع تبني سياسات المدن الذكية، تتغير ملامح سوق العقار في المدينة، حيث يُعاد تشكيل الطلب على المساحات التجارية وفقاً لمتطلبات الشركات الذكية وريادة الأعمال والتجارة الرقمية. (Lecomte, Chen, Wang, & He, 2024)؛ (2019).

وعليه، فإن هذه الدراسة تسعى إلى استكشاف العلاقة بين تطوير المدن الذكية والطلب في العقارات التجارية، من خلال تطبيق ميداني على مدينة الملك عبدالله الاقتصادية، مع الأخذ في الاعتبار التجارب العالمية في هذا المجال، وذلك بهدف تقديم تحليل علمي يُسهم في فهم اتجاهات السوق العقاري في ظل التحول الحضري الذكي، ويزوّد صناع القرار والمستثمرين ببيانات دقيقة تساعد في التنبؤ وتخطيط السياسات العقارية المستقبلية.

مشكلة الدراسة

شهد العالم خلال العقد الأخير تسارعاً ملحوظاً في توجه المدن نحو التحول الذكي، مدفوعاً بتطورات تقنية غير مسبوقة ورغبة في تحقيق الكفاءة والاستدامة والابتكار، وقد صاحب هذا التحول تغيرات ملموسة في شكل الطلب على الخدمات والمرافق، لا سيما في القطاع العقاري، الذي يُعد من أكثر القطاعات تأثراً بالتغيرات الحضرية والتكنولوجية، وعلى الرغم من اتساع النقاشات النظرية حول المدن الذكية ومكوناتها، إلا أن العلاقة المباشرة بين تطوير المدن الذكية والطلب على العقارات التجارية لا تزال غير واضحة بما يكفي، خصوصاً في السياقات العربية، وتبرز مدينة الملك عبدالله الاقتصادية كمثال سعودي طموح لتطبيق مفاهيم المدن الذكية، لكنها لا تزال تفتقر إلى دراسات ميدانية ترصد أثر هذا

التحول على سوق العقار التجاري فيها، مما يفرض الحاجة إلى بحث علمي معمق يسد هذه الفجوة ويوضح اتجاهات السوق في ظل التحول الرقمي.

1.1.1 الفجوات على المستوى النظري

رغم توفر عدد من الدراسات التي تناولت أثر المدن الذكية على التنمية الاقتصادية والابتكار الحضري، مثل دراسة Chen et al. (2024) ودراسة Liu (2024)، إلا أن الأدبيات لا تزال تفتقر إلى أطر نظرية متخصصة تربط بشكل مباشر بين تطوير المدن الذكية وسلوكيات الطلب في سوق العقارات التجارية، كما أن غالبية الدراسات تركز على المؤشرات الكلية للنمو الاقتصادي أو الابتكار دون التطرق لتغير أنماط استخدام العقارات أو احتياجات المستثمرين في البيئات الذكية، إن المفاهيم المستخدمة لتقييم الطلب العقاري ما زالت تقليدية في كثير من الأحيان، ولا تستوعب المتغيرات الذكية التي أصبحت حاسمة في اتخاذ قرارات الاستثمار العقاري، وهو ما أشار إليه Nadler (2023) من ضرورة تحديث معايير تقييم "ذكاء المدينة والعقار" معًا.

1.1.2 الفجوات على المستوى التطبيقي

أما على المستوى العملي، فلا تزال التطبيقات الميدانية التي تربط بين المدن الذكية والعقارات التجارية محدودة، وخاصة في المدن الذكية الناشئة مثل مدينة الملك عبدالله الاقتصادية، فمع أنها تُعد أحد النماذج السعودية الرائدة في هذا المجال، إلا أن الدراسات التطبيقية التي تبحث في أثر التحول الرقمي على أنماط الطلب العقاري التجاري داخلها نادرة، ولم يُرصد بعد بشكل دقيق مدى تأثير البنية التحتية الذكية والتكامل الرقمي على تفضيلات المستثمرين التجاريين، أو على ارتفاع أو انخفاض معدلات الإشغال والاستثمار. كما أن السياسات التطويرية في هذه المدينة غالبًا ما تُعرض في تقارير مؤسسية دون أن تُدرس من منظور أكاديمي نقدي وتحليلي، وهو ما أكدته Al-Rimawi & Nadler (2025) بشأن الحاجة إلى ربط التقنيات الذكية مباشرة بتحويلات سوق العقارات التجارية..

السؤال الرئيسي للدراسة

ما أثر تطوير المدن الذكية على الطلب في العقارات التجارية؟ (تطبيق ميداني على مدينة الملك عبدالله الاقتصادية)

أهمية الدراسة :

أولاً: الأهمية العلمية

تكتسب هذه الدراسة أهميتها العلمية من كونها تسد فجوة في الأدبيات المتعلقة بالعلاقة بين المدن الذكية وسوق العقارات التجارية، وهي علاقة لا تزال غير مطروقة بالشكل الكافي في السياق العربي والخليجي على وجه الخصوص.

فرغم وفرة الدراسات التي تناولت المدن الذكية من منظور البنية التحتية أو الابتكار أو الإدارة الحضرية، إلا أن الربط بين التحول الذكي الحضري وتغير سلوك الطلب العقاري التجاري لم يحظَ بالاهتمام الكافي في الدراسات السابقة، سواء من حيث بناء نماذج تفسيرية أو من حيث تطوير أدوات قياس كمية تشرح هذا التأثير .

تفتح هذه الدراسة أفقاً نظرياً جديداً للباحثين في مجالات الاقتصاد الحضري، وتخطيط المدن، وإدارة العقارات، كما تساهم في تطوير أدبيات التفاعل بين الذكاء الحضري والتغيرات السوقية العقارية.

ثانياً: الأهمية العملية (التطبيقية)

أما من الناحية التطبيقية، فإن أهمية الدراسة تتبع من كونها تُطبق ميدانياً على مدينة الملك عبدالله الاقتصادية، التي تُعد نموذجاً حيوياً ومبكراً لتبني مفاهيم المدن الذكية في المملكة العربية السعودية، ضمن إطار رؤية 2030.

ومن شأن نتائج هذه الدراسة أن تزود صناع القرار في الهيئات الحكومية، والمطورين العقاريين، والمستثمرين، برؤية واضحة حول كيف يؤثر تبني تقنيات المدن الذكية على أنماط الطلب في السوق التجاري، مما يعزز من قدرتهم على التخطيط، والتسعير، وتوجيه الاستثمارات بطريقة أكثر فاعلية واستجابة لاحتياجات المستقبل .

كما تسهم الدراسة في تقديم توصيات عملية يمكن توظيفها في رسم سياسات عمرانية وتخطيطية أكثر توافقًا مع متطلبات المدن الذكية، سواء في هذه المدينة أو في مدن ذكية أخرى قيد التطوير في المملكة والمنطقة..

أسئلة الدراسة

السؤال الرئيسي للدراسة:

ما أثر تطوير المدن الذكية بأبعاده (البنية التحتية الذكية، الخدمات الحكومية الرقمية، الاستدامة البيئية، وتقنيات الاتصال الذكي) على الطلب في العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية؟

وتتفرع منه عدة أسئلة فرعية :

- إلى أي مدى تؤثر البنية التحتية الذكية على الطلب في العقارات التجارية بمدينة الملك عبدالله

الاقتصادية؟

- ما تأثير الخدمات الحكومية الرقمية على قرارات المستثمرين العقاريين التجاريين في مدينة الملك

عبدالله الاقتصادية؟

- كيف تسهم الاستدامة البيئية في تعزيز جاذبية العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله

الاقتصادية؟

- ما دور تقنيات الاتصال الذكي في دعم الطلب على العقارات التجارية بمدينة الملك عبدالله

الاقتصادية؟

- ما مدى إدراك المستثمرين والمستأجرين لأثر خصائص المدينة الذكية عند اتخاذ قراراتهم العقارية

التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية؟

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر تطوير المدن الذكية بأبعاده (البنية التحتية الذكية، الخدمات الحكومية الرقمية، الاستدامة البيئية، وتقنيات الاتصال الذكي) على الطلب في العقارات التجارية، وذلك بالتطبيق على مدينة الملك عبدالله الاقتصادية

وتتفرع منه عدة أهداف فرعية :

- دراسة أثر البنية التحتية الذكية على الطلب في العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- تحليل تأثير الخدمات الحكومية الرقمية على توجهات المستثمرين نحو العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- التعرف على دور الاستدامة البيئية في تعزيز الطلب على العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- قياس أثر تقنيات الاتصال الذكي على نمو الطلب في القطاع العقاري التجاري في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- استكشاف العلاقة بين خصائص المدن الذكية وقرارات الاستثمار العقاري في البيئة الميدانية لمدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- تقديم توصيات للمطورين وصناع القرار حول كيفية توظيف خصائص المدن الذكية لزيادة الطلب على العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.

فرضيات الدراسة

لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تطوير المدن الذكية بأبعاده (البنية التحتية الذكية، الخدمات الحكومية الرقمية، الاستدامة البيئية، وتقنيات الاتصال الذكي) والطلب في العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية .

وتتفرع منه عدة فرضيات فرعية :

- لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين البنية التحتية الذكية والطلب في العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين الخدمات الحكومية الرقمية والطلب في العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين الاستدامة البيئية والطلب في العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.
- لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تقنيات الاتصال الذكي والطلب في العقارات التجارية في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.

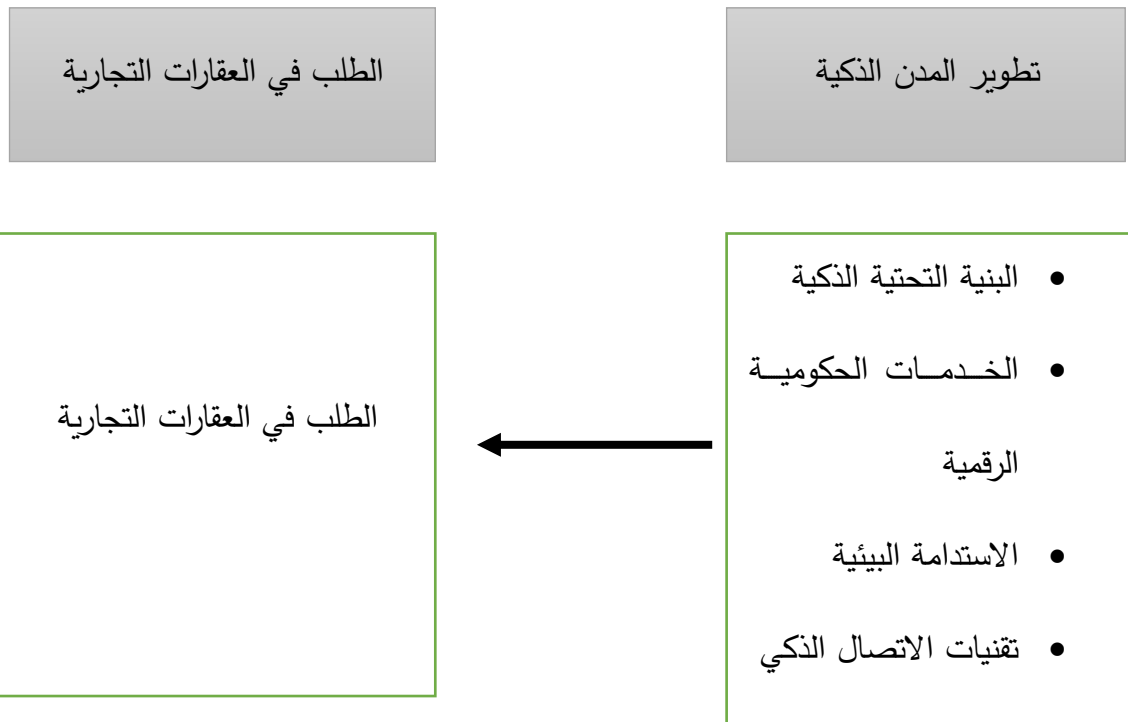
نموذج الدراسة

يعتمد نموذج الدراسة على تحليل العلاقة بين تطوير المدن الذكية كمتغير مستقل، والطلب في العقارات التجارية كمتغير تابع، وذلك بالتطبيق على مدينة الملك عبدالله الاقتصادية، ويبنى هذا النموذج على ما ورد في الأدبيات النظرية والدراسات السابقة ذات العلاقة بمجالي التطوير الحضري الذكي والاستثمار العقاري التجاري.

ويتكوّن المتغير المستقل (تطوير المدن الذكية) من أربعة أبعاد رئيسية تم تحديدها على النحو الآتي:

- البنية التحتية الذكية
- الخدمات الحكومية الرقمية
- الاستدامة البيئية
- تقنيات الاتصال الذكي

أما المتغير التابع فهو الطلب في العقارات التجارية.



منهجية الدراسة

سوف تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، نظرًا لملاءمته لطبيعة الموضوع الذي يهدف إلى استقصاء وتحليل أثر تطوير المدن الذكية بأبعاده (البنية التحتية الذكية، الخدمات الحكومية الرقمية،

الاستدامة البيئية، وتقنيات الاتصال الذكي) على الطلب في العقارات التجارية، بالتطبيق على مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.

وسيتم في هذه الدراسة جمع البيانات من خلال أداة الاستبانة، والتي سوف تُصمم بعناية استنادًا إلى الأدبيات النظرية والدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع المدن الذكية وسوق العقارات التجارية، كما ستخضع الاستبانة لعملية التحكيم العلمي من قبل مجموعة من الخبراء الأكاديميين للتأكد من سلامتها اللغوية وصدقها الظاهري ومناسبتها لأهداف الدراسة.

سوف يتم اختيار عينة الدراسة باستخدام الأسلوب العشوائي الطبقي (Stratified Random Sampling)، بما يضمن تمثيل فئات مختلفة من المستفيدين والمهتمين بالقطاع العقاري التجاري في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية، مثل: المستثمرين، أصحاب الشركات، المطورين العقاريين، ووسطاء العقارات. وسيتم تحديد حجم العينة بناءً على معادلة كرجسي ومورغان (Krejcie & Morgan) لتحديد العينة المثالية بالنسبة لمجتمع الدراسة.

وبعد جمع البيانات، سوف تُستخدم الأساليب الإحصائية المناسبة لتحليلها باستخدام برنامج SPSS أو ما يعادله من برامج التحليل الإحصائي. حيث سيتم تطبيق عدد من الأدوات التحليلية مثل:

- الإحصاء الوصفي (المتوسطات الحسابية، الانحرافات المعيارية) لوصف خصائص العينة.
- تحليل الارتباط لاختبار العلاقات بين المتغيرات.
- تحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد لقياس أثر كل بُعد من أبعاد تطوير المدن الذكية على الطلب في العقارات التجارية.
- كما سيتم التحقق من صدق وثبات الأداة باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) ومعامل صدق الاتساق الداخلي.

وستُختتم المنهجية بإجراء تفسير متكامل للنتائج الإحصائية في ضوء أهداف الدراسة وفرضياتها، ومن ثم تقديم التوصيات المبنية على النتائج بما يساهم في تعزيز كفاءة استخدام تقنيات المدن الذكية في تطوير سوق العقارات التجارية.

الدراسة الميدانية

سوف تُجرى الدراسة ميدانيًا في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية (KAEC)، وهي مدينة حديثة تم تطويرها وفق رؤية طموحة لتكون إحدى أهم المحركات الاقتصادية في المملكة العربية السعودية، وتُعد من أكبر المشاريع العمرانية الخاصة في الشرق الأوسط، وتقع المدينة على الساحل الغربي للمملكة، بمحاذاة البحر الأحمر، ضمن منطقة مكة المكرمة، وتحديدًا إلى الشمال من مدينة جدة بحوالي 100 كيلومتر، ما يمنحها موقعًا استراتيجيًا قريبًا من أهم الموانئ والمطارات والأسواق.

تبلغ المساحة الإجمالية للمدينة حوالي 181 كيلومترًا مربعًا، وتم تأسيسها في عام 2005 بموجب شراكة بين القطاعين العام والخاص، بقيادة شركة إعمار المدينة الاقتصادية، لتكون نموذجًا حيًا لمدينة ذكية مستدامة ومتكاملة. وتمثل المدينة إحدى المبادرات الرئيسية لتحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030، من خلال تنويع مصادر الدخل، وتحفيز الاستثمار، وتوفير بيئة عمرانية متطورة وجاذبة.

وتتميز مدينة الملك عبدالله الاقتصادية بوجود بنية تحتية ذكية وعصرية، تشمل شبكات نقل حديثة، وأنظمة طاقة مستدامة، واتصالات عالية السرعة، وخدمات حكومية رقمية متكاملة، وتضم المدينة ميناء الملك عبدالله الذي يُعد من أكبر الموانئ في المنطقة، والوادي الصناعي الذي يستقطب العديد من الشركات العالمية، بالإضافة إلى مناطق سكنية وتجارية وسياحية متطورة، مثل "حي الشروق" و"منطقة البيلسان" و"منطقة الأعمال المركزية".

كما تتبنى المدينة معايير المدن الذكية من حيث الإدارة الرقمية للمرافق، واستخدام حلول الاستدامة البيئية، والتكامل بين البنية المادية والتقنيات الرقمية، مما يجعلها بيئة مثالية لاختبار أثر هذه المكونات الذكية على سلوك السوق العقاري، خاصة في القطاع التجاري، وتشهد المدينة نموًا مطردًا في إنشاء المباني التجارية والمجمعات الإدارية، إلى جانب اهتمام متزايد من المستثمرين والمطورين العقاريين المحليين والدوليين.

إن اختيار مدينة الملك عبد الله الاقتصادية كميدان للدراسة يتيح إمكانية تحليل واقعي ومباشر لأثر خصائص المدن الذكية على الطلب في العقارات التجارية، كونها مدينة قائمة فعليًا وتُعد مختبرًا حضريًا حديثًا يمكن من خلاله قياس العلاقة بين التطوير العمراني الذكي وتوجهات السوق العقاري.

مخطط المشروع المقترح

سوف يتكون المشروع البحثي من خمسة فصول رئيسية، يتم من خلالها تناول موضوع الدراسة بشكل متكامل ومنهجي، على النحو التالي:

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

يتناول هذا الفصل عرضًا عامًا لموضوع الدراسة، ويتضمن المقدمة، مشكلة الدراسة وتساؤلاتها، أهدافها، أهمية الدراسة، فروض الدراسة، حدودها (الزمانية، المكانية، الموضوعية، والمنهجية)، وكذلك التعريفات الإجرائية، ومخطط الدراسة.

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

يستعرض هذا الفصل المفاهيم النظرية المرتبطة بمتغيرات الدراسة، ويتناول بالدراسة والتحليل أبعاد المدن الذكية، ومحددات الطلب العقاري التجاري. كما يعرض الدراسات السابقة ذات الصلة، ويُبرز أوجه الاتفاق والاختلاف بينها وبين الدراسة الحالية، ويُساهم في بناء النموذج المفاهيمي للدراسة.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

يتضمن هذا الفصل تصميم الدراسة والمنهج المستخدم، وطبيعة مجتمع الدراسة وعينتها، وأداة جمع البيانات (الاستبانة)، وخطوات إعدادها وتحكيمها، واختبار صدقها وثباتها، بالإضافة إلى الأساليب الإحصائية التي سيتم استخدامها لتحليل البيانات.

الفصل الرابع: تحليل البيانات ومناقشة النتائج

يعرض هذا الفصل نتائج التحليل الإحصائي للبيانات التي سيتم جمعها، من خلال وصف خصائص العينة، وتحليل الأسئلة والفرضيات، ومناقشة النتائج في ضوء الأدبيات النظرية والدراسات السابقة.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

يتناول هذا الفصل تلخيصاً لأهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة، مع تقديم التفسيرات العلمية لها، وتقديم التوصيات التطبيقية الموجهة إلى صناع القرار، والمطورين العقاريين، والمستثمرين في بيئة المدن الذكية، بالإضافة إلى مقترحات دراسات مستقبلية.

- Chen, S., Wang, W., & He, W. (2024). The Effect of Smart City Policies on City Innovation—A Quasi-Natural Experiment from the Smart City Pilot Cities in China. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16188007>
- Liu, X. (2024). Research on the Driving Effect of Smart City Construction on Regional Economic Development. *Frontiers in Business, Economics and Management*, 16(1), 150–157. <https://doi.org/10.54097/cef9mx76>
- Ma, R., Sun, J., & Yin, J. (2024). Research on the Impact Mechanism of Smart City Construction on Economic Growth—An Analysis Based on the Schumpeterian Innovation Theory Framework. *Systems*, 12(7), 251. <https://doi.org/10.3390/systems12070251>
- Apanaviciene, R., Urbonas, R., & Fokaides, P. A. (2020). Smart Building Integration into a Smart City: Comparative Study of Real Estate Development. *Sustainability*, 12(22), 9376. <https://doi.org/10.3390/SU12229376>
- Al-Rimawi, T. H., & Nadler, M. (2025). Leveraging Smart City Technologies for Enhanced Real Estate Development: An Integrative Review. *Smart Cities*, 8(1), 10. <https://doi.org/10.3390/smartcities8010010>
-
- Lecomte, P. (2019). New boundaries: Conceptual framework for the analysis of commercial real estate in smart cities. *Journal of Property Investment & Finance*, 37(1), 118–135. <https://doi.org/10.1108/JPIF-10-2018-0083>

- Nadler, M. (2023). Evaluating Cities and Real Estate Smartness and Integration: Introducing a Comprehensive Evaluation Framework. Sustainability, 15(12), 9518. <https://doi.org/10.3390/su15129518>