



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
جامعة المجاهد عبد الحفيظ بوصوف ميله
كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير
قسم علوم التسيير



الميدان: العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية

الشعبة: علوم التسيير

التخصص: إدارة المالية

مذكرة مكملة لنيل شهادة الماستر بعنوان:

- دور أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية
تجربة سنغافورة نموذجا -

المشرف	اعداد الطلبة	
د. نمديلي بشرى	1	بلعريمة سمية
	2	مكموش ليلي

لجنة المناقشة:

الصفة	الجامعة	اسم و لقب الاستاذ(ة)
رئيسا	جامعة المجاهد عبد الحفيظ بوصوف ميله	د. علي وسيلة
مشرفا و مقرا	جامعة المجاهد عبد الحفيظ بوصوف ميله	د. نمديلي بشرى
ممتحنا	جامعة المجاهد عبد الحفيظ بوصوف ميله	د. بوقلع و داد

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٤٣٨

إهداء

إلى من علمني النجاح والصبر... إلى من علمني العطاء بدون انتظار... أبي.
إلى من علمتني وعانت الصعاب لأصل إلى ما أنا فيه... إلى من كان دعاؤها سر
نجاحي وحنانها بلسم جراحي... أمي.

إلى جميع أفراد أسرتي العزيزة والكبيرة كل باسمه أينما وجدوا.

إلى أصدقائي رفقاء دربي من داخل التكوين وخارجه.

إلى الأستاذة المشرفة: **نمريلى بشرى**

إلى أساتذتي الكرام الذين أناروا دروبنا بالعلم والمعرفة.

إلى كل من يقتنع بفكرة فيدعو إليها ويعمل على تحقيقها، لا يبغي بها إلا وجه
الله ومنفعة الناس.

إليكم أهدي ثمرة هذا العمل المتواضع

سسمية

إهداء

إلى الذي زين اسمي بأجمل الألقاب من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل إلى من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة إلى من غرس في روحي مكارم الأخلاق داعمي الأول في مسيرتي وملاذي بعد الله إلى فخري واعتزازي (والدي) إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضنني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعائها إلى القلب الحنون والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات.

سر قوتي ونجاحي ومصباح دربي إلى وهج حياتي (والدتي)

إلى ضلعي الثابت إلى ملهمي نجاحي إلى من شددت عضدي بهم فكانوا نعم العون لي في أيامي وصفوتها. (أخي وأخواتي)

إلى الأستاذ المشرف **نمريلي بشرى**

والحمد لله من قبل ومن بعد راجيا من الله تعالى أن ينفعني بما علمني. وان يعلمني ما أجهل ويجعله حجة لي لا علي

ليدي

شكر وتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم، والحمد لله رب العالمين الذي منحنا القوة وساعدنا على انهاء هذه المذكرة ، فبالأمس القريب بدأنا مسيرتنا التعليمية ونحن ننظر الى يوم التخرج أكنه يوم بعيد.

وايمناً منا بمبدأ أنه لا يشكر الله من لا يشكر الناس، فإننا نتوجه بالشكر الجزيل للأستاذة المشرفة التي ساعدنا كثيراً في مسيرتنا لإنجاز وكتابة هذه المذكرة وكان لها دورا عظيماً من خلال تعليماتها ونقدها البناء ودعمها الأكاديمي، كما نوجه الشكر لكل الاساتذة اللذين ساعدون في اتمام هذه المذكرة.

الملخص

هدفت هذه المذكرة إلى دراسة دور أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، مع التركيز على تجربة سنغافورة كنموذج عالمي رائد في هذا المجال. بالاعتماد على المنهج الوصفي والتحليلي من خلال دراسة الأدبيات والمراجع العلمية المتخصصة في مجالات التمويل المستدام والمدن الذكية وتمويل البنية التحتية، إضافة إلى استخدام منهج دراسة الحالة لتحليل تجربة سنغافورة بشكل معمق، مع إبراز عوامل نجاحها في التحول إلى مدينة ذكية وأهم أدوات التمويل المستخدمة فيها.

توصلت الدراسة إلى أن التمويل المستدام يمثل تحولاً مهماً في النظام المالي التقليدي عبر دمج معايير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية (ESG) في القرارات الاستثمارية. كما أظهرت النتائج أن المدن الذكية تحتاج إلى استثمارات ضخمة في البنية التحتية المادية والرقمية، وأن تمويلها يتسم بارتفاع التكاليف وطول عمر المشاريع والمخاطر المرتفعة. وأكدت تجربة سنغافورة أن نجاح التحول إلى مدينة ذكية يرتبط بتكامل عدة عوامل، أهمها الإرادة السياسية، التخطيط طويل الأجل، البنية التحتية المتطورة، الاستثمار في رأس المال البشري، والشراكات مع القطاع الخاص، إلى جانب تنويع مصادر التمويل باستخدام أدوات مبتكرة. كما أبرزت الدراسة تحديات التمويل المستدام، مثل صعوبة قياس العائد الاجتماعي والبيئي، وغياب المعايير الموحدة، ومخاطر الغسيل الأخضر.

الكلمات المفتاحية: تمويل مستدام، مدن ذكية، بنية تحتية، سنغافورة، سندات خضراء.

Abstract

Objective: This dissertation aims to study the role of sustainable financing tools in funding smart city infrastructure, with a focus on the experience of Singapore as a leading global model in this field. It seeks to analyze the contribution of sustainable financing instruments, such as green bonds, sustainable loans, and blended finance, in providing the financial resources required for smart infrastructure projects.

Methodology: The dissertation adopted the descriptive-analytical approach through the study of scientific literature and references specialized in sustainable finance, smart cities, and infrastructure financing. In addition, the case study method was used to analyze Singapore's experience in depth, highlighting the main factors behind its successful transformation into a smart city and the financing tools applied in this process.

Main Findings: The study concluded that sustainable finance represents a significant shift in the traditional financial system by integrating Environmental, Social, and Governance (ESG) standards into investment and credit decisions. The findings also showed that smart cities require massive investments in both physical and digital infrastructure, while their financing is characterized by high costs, long project lifespans, and elevated risks. Singapore's experience confirmed that the success of smart city transformation depends on several interconnected factors, including strong political will, long-term planning, advanced infrastructure, investment in human capital, partnerships with the private sector, and the diversification of funding sources through innovative financing tools. The study also highlighted major challenges facing sustainable finance, such as difficulties in measuring social and environmental returns, the lack of unified standards, and the risks of greenwashing.

Keywords: Sustainable Finance, Smart Cities, Infrastructure, Singapore, Green Bonds

Table of Contents

I	إهداء	.....
II	إهداء	.....
III	شكر وتقدير	.....
IV	الملخص	.....
V	Abstract	.....
X	قائمة الجداول	.....
XI	قائمة الأشكال	.....
أ	مقدمة	.....

الفصل الأول الإطار النظري

14	المبحث الأول: الإطار المفاهيمي للتمويل المستدام	.....
14	المطلب الأول: مفهوم التمويل المستدام وأهميته	.....
14	أولاً: مفهوم التمويل المستدام	.....
16	ثانياً: أهمية التمويل المستدام	.....
16	المطلب الثاني: أهداف ومبادئ التمويل المستدام	.....
16	أولاً: أهداف التمويل المستدام	.....
17	ثانياً: مبادئ التمويل المستدام	.....
18	المطلب الثالث: أدوات ومؤشرات التمويل المستدام	.....
18	أولاً: أدوات التمويل المستدام	.....
23	ثانياً: مؤشرات التمويل المستدام	.....
24	المطلب الرابع: التحديات التي تواجه التمويل المستدام	.....
24	أولاً: المخاطر الانتقالية والمناخية	.....
25	ثانياً: مخاطر الغسيل الأخضر (Greenwashing)	.....
25	ثالثاً: غياب الشرعية التنظيمية والتوحيد القياسي	.....
25	رابعاً: التحديات السياسية والاقتصادية	.....
25	خامساً: تحديات مرتبطة بالسندات الخضراء تحديداً	.....

26	سادساً: تحديات مرتبطة بالشراكات بين القطاعين العام والخاص
29	المبحث الثاني: الإطار المفاهيمي للمدن الذكية
30	المطلب الأول: مفهوم المدن الذكية وخصائصها
30	أولاً: مفهوم المدن الذكية
31	ثانياً: أبعاد المدينة الذكية المستدامة
34	ثالثاً: خصائص المدن الذكية
38	المطلب الثاني: متطلبات المدن الذكية
38	أولاً: مفهوم متطلبات المدن الذكية
38	ثانياً: البنية التحتية للمدن الذكية:
43	ثالثاً: متطلبات الثانوية للمدن الذكية
45	المطلب الثالث: المزايا والتحديات التي تواجه المدن الذكية
45	أولاً: مزايا المدن الذكية
49	ثانياً: التحديات التي تواجه المدن الذكية
55	المبحث الثالث: تمويل البنية التحتية للمدن الذكية
56	المطلب الأول: ماهية البنية التحتية
56	أولاً: مفهوم البنية التحتية
57	ثانياً: أنواع البنية التحتية
60	ثالثاً: أهمية البنية التحتية في المدن الذكية
62	المطلب الثاني: خصائص تمويل البنية التحتية
62	أولاً: ضخامة الاستثمار
63	ثانياً: انعدام السيولة وطول عمر المشروع
64	ثالثاً: ارتفاع المخاطر وتعدد مصادرها
65	رابعاً: الآثار العابرة والحدودية المتعددة
68	المطلب الثالث: أدوات التمويل المستدام في مشاريع البنية التحتية
68	أولاً: السندات الخضراء (Green Bonds)
70	ثانياً: القروض المستدامة (Sustainable Loans)

72	ثالثاً: الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)
74	رابعاً: المنح الحكومية (Government Grants)
79	المطلب الرابع: التحديات والحلول في تطبيق أدوات التمويل المستدام في البنية التحتية
79	أولاً: تحديات القياس والحوكمة
83	ثانياً: تحديات الحجم وعدم توافق الآجال

الفصل الثاني الإطار التطبيقي

90	المبحث الأول: سنغافورة والمدن الذكية – النشأة والتطور
91	المطلب الأول: عوامل نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية
91	أولاً: الموقع الجغرافي والإرادة السياسية
91	ثانياً: البنية التحتية المتطورة
92	ثالثاً: الاستثمار في رأس المال البشري
93	رابعاً: التشريعات والحوكمة الرشيدة
94	خامساً: الشراكات مع القطاع الخاص
97	المطلب الثاني: مبادرة Smart Nation – الإطار الاستراتيجي (الرؤية والأهداف)
97	أولاً: مفهوم مبادرة Smart Nation
97	ثانياً: الرؤية الاستراتيجية للمبادرة
98	ثالثاً: أهداف المبادرة العامة
100	رابعاً: رؤية سنغافورة 2030
103	المطلب الثالث: مبادرة Smart Nation – آليات التنفيذ والمشاريع (المكونات والتطبيقات)
103	أولاً: المكونات الرئيسية للمبادرة (الركائز الخمس)
103	ثانياً: الحياة الذكية (Smart Living)
105	ثالثاً: التنقل الذكي (Smart Mobility)
106	رابعاً: البيئة الذكية (Smart Environment)
107	خامساً: الاقتصاد الذكي (Smart Economy)
107	سادساً: الحكومة الذكية (Smart Government)
111	المبحث الثاني: أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية لسنغافورة

المطلب الأول: مصادر تمويل البنية التحتية الذكية في سنغافورة	112
أولاً: صناديق الثروة السيادية تيماسيك و GIC	112
ثانياً: الميزانية الحكومية	113
ثالثاً: الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)	114
رابعاً: الاستثمار الأجنبي المباشر (FDI)	116
المطلب الثاني: أدوات التمويل المستدام المستخدمة في سنغافورة	119
أولاً: السندات الخضراء (Green Bonds)	119
ثانياً: القروض المستدامة (Sustainable Loans)	120
ثالثاً: التمويل المختلط (Blended Finance)	122
رابعاً: صناديق الاستثمار المتخصصة	124
المطلب الثالث: الدروس المستفادة والتحديات التي تم تجاوزها	127
أولاً: التحديات التي واجهتها سنغافورة وكيفية التغلب عليها	127
ثانياً: الدروس المستفادة من تجربة سنغافورة	131
الخاتمة	138
قائمة المراجع	145

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
01	التحديات التي تواجه التمويل المستدام	28
02	أبعاد وعوامل المدينة الذكية المستدامة	36
03	تلخيص لخصائص المدينة الذكية	40
04	التحديات المؤسسية والمالية	56
05	أنواع البنية التحتية وخصائصها في المدن الذكية	61
06	أهمية البنية التحتية في المدن الذكية	64
07	تكاليف مشاريع بنية تحتية في الدول	65
08	أنواع المخاطر التمويل	68
09	أمثلة على الآثار العابرة والحدودية	69
10	أنواع السندات الخضراء	72
11	أمثلة على مشاريع البنية التحتية الممولة عبر PPP	77
12	أنواع المنح الحكومية	78
13	أمثلة على تعدد المعايير	83
14	أشكال الغسيل الأخضر	84
15	المحاور الرئيسية لرؤية Smart Nation	99
16	أهداف مبادرة Smart Nation	102
17	المكونات الرئيسية لمبادرة Smart Nation	104
18	أمثلة على التمويل الحكومي المباشر	115
19	أمثلة على مشاريع PPP في سنغافورة	116
20	أمثلة على الاستثمار الأجنبي في سنغافورة	117
21	المشاريع الممولة عبر السندات الخضراء	121
22	ملخص التحديات والحلول في سنغافورة	132
23	ملخص الدروس المستفادة من تجربة سنغافورة	133

قائمة الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
29	تحديات التمويل المستدام	01
34	الأبعاد الرئيسية لتطبيقات المدن الذكية	02
39	خصائص المدن الذكية	03
41	البنية التحتية للمدن الذكية	04
52	آليات تحول المدن القائمة إلى مدن ذكية	05
62	أنواع البنية التحتية في المدن الذكية	06
70	خصائص تمويل البنية التحتية	07
80	أدوات التمويل المستدام في مشاريع البنية التحتية	08
88	تحديات تطبيق أدوات التمويل المستدام في لبنية التحتية	09
97	عوامل نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية	10
110	المكونات الخمسة لمبادرة Smart Nation	11
118	مصادر تمويل البنية التحتية الذكية في سنغافورة	12
124	آلية عمل التمويل المختلط في سنغافورة	13
127	أدوات التمويل المستدام في سنغافورة	14
136	تجربة سنغافورة في المدن الذكية - من المدخلات إلى المخرجات	15

مقدمة

شهد العالم خلال العقود الأخيرة تحولات عميقة نتيجة التقدم التكنولوجي السريع والتوسع الحضري المتزايد، حيث أصبحت المدن مركزاً للنشاط الاقتصادي والاجتماعي والتكنولوجي. ومع تزايد عدد السكان في المناطق الحضرية، ظهرت تحديات كبيرة تتعلق بتوفير البنية التحتية المناسبة، وإدارة الموارد بكفاءة، وتحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة. وفي هذا السياق، برز مفهوم المدن الذكية كأحد أهم الحلول الحديثة التي تعتمد على استخدام التكنولوجيا والابتكار لتحسين جودة الحياة وتحقيق التنمية المستدامة.

تعتمد المدن الذكية على بنية تحتية متطورة تشمل شبكات النقل الذكية، وأنظمة الطاقة المستدامة، وشبكات الاتصالات الرقمية، وأنظمة إدارة المياه والنفائات الذكية، مما يتطلب استثمارات مالية ضخمة وطويلة الأجل. ومع تزايد الوعي العالمي بأهمية الاستدامة البيئية والاجتماعية، ظهرت أدوات التمويل المستدام كآليات تمويل حديثة تهدف إلى دعم المشاريع التي تحقق التنمية المستدامة، من خلال الجمع بين الأهداف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.

ويُعد التمويل المستدام أحد أهم الاتجاهات الحديثة في النظام المالي العالمي، حيث يشمل مجموعة من الأدوات مثل السندات الخضراء، والصكوك الخضراء، والقروض المستدامة، وصناديق الاستثمار المستدامة، والتي تهدف إلى تمويل المشاريع التي تساهم في حماية البيئة، وتقليل الانبعاثات الكربونية، وتحقيق التنمية المستدامة. وقد أصبح هذا النوع من التمويل أداة رئيسية لتمويل مشاريع البنية التحتية، خاصة في المدن الذكية التي تتطلب موارد مالية كبيرة.

أما عن سنغافورة تعتبر من الدول الرائدة عالمياً في مجال المدن الذكية، حيث أطلقت الحكومة مبادرة Smart Nation Singapore التي تهدف إلى تحويل الدولة إلى مدينة ذكية متكاملة تعتمد على التكنولوجيا الرقمية والبنية التحتية الذكية. كما عملت السلطات المالية، وعلى رأسها سلطة النقد في سنغافورة، على تطوير إطار شامل للتمويل المستدام، من خلال تشجيع إصدار السندات الخضراء وتوفير بيئة مالية داعمة للمشاريع المستدامة.

قد ساهمت أدوات التمويل المستدام بشكل كبير في تمويل مشاريع البنية التحتية الذكية في سنغافورة، مثل مشاريع النقل الذكي، والطاقة النظيفة، والبنية التحتية الرقمية، مما جعلها نموذجاً عالمياً ناجحاً يمكن الاستفادة منه في تطوير المدن الذكية في مختلف دول العالم.

وتأسيساً على ماسبق، تأتي هذه الدراسة لتحليل دور أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، من خلال دراسة تجربة سنغافورة كنموذج رائد، وذلك بهدف فهم طبيعة هذه الأدوات، ودورها في تمويل مشاريع البنية التحتية، ومدى مساهمتها في تحقيق التنمية الحضرية المستدامة.

(1) إشكالية البحث:

تركيباً على ماسبق فإن الإشكالية المعالجة في هذه المذكرة تتمحور في السؤال التالي:

إلى أي مدى تساهم أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية؟ وما مدى نجاح تجربة سنغافورة في استخدام هذه الأدوات لتمويل مشاريع البنية التحتية الذكية؟

(2) الأسئلة الفرعية

للإجابة عن الإشكالية الرئيسية، يمكن طرح الأسئلة الفرعية التالية:

- ما المقصود بالتمويل المستدام؟ وما أهم أهدافه وخصائصه؟
- ما هي أهم أدوات التمويل المستدام المستخدمة في تمويل المشاريع؟
- ما المقصود بالمدن الذكية؟ وما خصائص بنيتها التحتية؟
- ما دور أدوات التمويل المستدام في تمويل مشاريع البنية التحتية للمدن الذكية؟
- ما هي أهم أدوات التمويل المستدام المستخدمة في سنغافورة؟
- ما مدى نجاح تجربة سنغافورة في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية باستخدام أدوات التمويل المستدام؟

(3) الإطار الزمني للدراسة

تغطي هذه المذكرة الفترة الزمنية الممتدة من عام 2014 (عام إطلاق مبادرة Smart Nation في سنغافورة) حتى عام 2026 (عام إنجاز هذه المذكرة). وقد تم اختيار هذه الفترة لأنها تشهد أهم مراحل تطور تجربة سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية، واستخدام أدوات التمويل المستدام في تمويل بنيتها التحتية.

(4) فرضيات البحث

أ- الفرضية الرئيسية:

تساهم أدوات التمويل المستدام بشكل فعال في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، من خلال توفير مصادر تمويل طويلة الأجل تدعم تحقيق التنمية المستدامة.

ب- الفرضيات الفرعية:

انطلاقاً من الأسئلة الفرعية المطروحة، يفترض الباحث الإجابات المحتملة التالية:

1. التمويل المستدام يركز على دمج المعايير البيئية والاجتماعية ومبادئ الحوكمة (ESG) في القرارات الاستثمارية والاستثمارية، ويهدف إلى تحقيق التنمية المستدامة من خلال دعم الاقتصاد الأخضر والعدالة الاجتماعية.
2. أهم أدوات التمويل المستدام المستخدمة في تمويل المشاريع تشمل السندات الخضراء، والقروض المستدامة، والشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)، والمنح الحكومية.
3. المدن الذكية تعتمد على بنية تحتية متطورة تشمل شبكات النقل والطاقة والمياه والاتصالات الرقمية، وتتميز هذه البنية بكونها مزودة بأجهزة استشعار وأنظمة تحكم ذكية.
4. أدوات التمويل المستدام تساهم بشكل فعال في تمويل مشاريع البنية التحتية للمدن الذكية من خلال توفير مصادر تمويل طويلة الأجل ومنخفضة التكلفة، مع حوافز مرتبطة بتحقيق أهداف الاستدامة.
5. سنغافورة اعتمدت على مزيج من أدوات التمويل المستدام في تمويل بنيتها التحتية الذكية، وأبرزها السندات الخضراء والقروض المستدامة والتمويل المختلط، بالإضافة إلى صناديق الثروة السيادية.
6. تجربة سنغافورة تُعتبر نموذجاً ناجحاً في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية باستخدام أدوات التمويل المستدام، وذلك بفضل توفر الإرادة السياسية والبنية التحتية المتطورة والتشريعات الداعمة والشراكات مع القطاع الخاص.

(5) أهداف البحث

يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف التالية:

- التعرف على مفهوم التمويل المستدام وأهم أدواته.
- دراسة مفهوم المدن الذكية وخصائص البنية التحتية الخاصة بها.
- تحليل دور أدوات التمويل المستدام في تمويل مشاريع البنية التحتية.
- دراسة تجربة سنغافورة في استخدام التمويل المستدام لتمويل المدن الذكية.
- استخلاص النتائج والتوصيات التي يمكن الاستفادة منها في دعم تمويل المدن الذكية.

(6) أهمية البحث

أ- الأهمية العلمية:

تكمن الأهمية العلمية لهذا البحث في إثراء المعرفة الأكاديمية في مجال التمويل المستدام، ودراسة دوره في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، خاصة في ظل قلة الدراسات التي تربط بين التمويل المستدام والمدن الذكية.

ب- الأهمية العملية:

تتمثل الأهمية العملية لهذا البحث في تقديم نموذج تطبيقي ناجح من خلال دراسة تجربة سنغافورة، مما يساعد صناع القرار والمؤسسات المالية على فهم دور التمويل المستدام في تمويل مشاريع البنية التحتية للمدن الذكية.

(7) منهجية البحث

من أجل معالجة الإشكالية والإجابة عن التساؤلات المطروحة واختبار الفرضيات، سيتم الاعتماد على مجموعة من المناهج العلمية المناسبة، والمتمثلة فيما يلي:

أ- المنهج الوصفي:

سيتم استخدام المنهج الوصفي من أجل عرض المفاهيم النظرية المتعلقة بالتمويل المستدام، وأدواته المختلفة، ومفهوم المدن الذكية، وخصائص البنية التحتية الخاصة بها، وذلك من خلال الاعتماد على الكتب والمراجع العلمية والدراسات السابقة.

ب- المنهج التحليلي:

سيتم استخدام المنهج التحليلي من أجل تحليل دور أدوات التمويل المستدام في تمويل مشاريع البنية التحتية للمدن الذكية، من خلال تحليل البيانات والتقارير الصادرة عن المؤسسات المالية الدولية والمؤسسات الحكومية.

ج- منهج دراسة الحالة:

سيتم الاعتماد على منهج دراسة الحالة لتحليل تجربة سنغافورة كنموذج رائد في استخدام أدوات التمويل المستدام لتمويل مشاريع البنية التحتية للمدن الذكية، وذلك من خلال دراسة السياسات المالية، وأدوات التمويل المستخدمة، والنتائج التي تم تحقيقها.

8 الدراسات السابقة

اطلع الباحث على مجموعة من الدراسات السابقة المرتبطة بموضوع المذكرة، من أبرزها:

1. دراسة العرفان وعبد المنعم (2019): بعنوان "المدن الذكية في الدول العربية: دروس مستفادة من التجارب العالمية"، هدفت إلى تحليل تجارب المدن الذكية في الدول العربية واستخلاص الدروس المستفادة، واعتمدت على المنهج الوصفي التحليلي، وتوصلت إلى أن الإرادة السياسية والشراكات مع القطاع الخاص هما العاملان الأكثر تأثيراً في نجاح المدن الذكية.

2. دراسة خنفوسي وبنسغير (2020): بعنوان "استراتيجيات وأركان التحول نحو المدن الذكية المستدامة"، هدفت إلى تحديد أركان التحول نحو المدن الذكية، وتوصلت إلى أن البنية التحتية الرقمية والتمويل المستدام هما الركيزتان الأساسيتان اللتان لا يمكن التحول بدونهما.

3. دراسة صليحة فلاق وفاطمة فوقة وكلثوم مرقوم (2020): بعنوان "استراتيجيات دعم التحول إلى المدن الذكية في الوطن العربي"، هدفت إلى استعراض استراتيجيات دعم التحول إلى المدن الذكية، وتوصلت إلى أهمية الشراكات بين القطاعين العام والخاص في تمويل مشاريع المدن الذكية.

4. دراسة مطير (2023): بعنوان "نحو إطار لتحول المدن إلى مدن ذكية ومرنة"، هدفت إلى تقديم إطار لتحول المدن إلى مدن ذكية، وأوصت بالاستثمار في رأس المال البشري، وتعزيز المرونة في مواجهة الأزمات، وتنويع مصادر التمويل.

ما يميز هذه المذكرة عن الدراسات السابقة: تتميز هذه المذكرة بربط ثلاثة مجالات مترابطة نادراً ما تجتمع في دراسة واحدة، وهي: التمويل المستدام، والمدن الذكية، وتمويل البنية التحتية، بالإضافة إلى التحليل المتعمق لتجربة سنغافورة كنموذج رائد.

9 هيكل الدراسة

تنقسم هذه المذكرة إلى فصلين رئيسيين، على النحو التالي:

الفصل الأول: الإطار النظري للتمويل المستدام والمدن الذكية وتمويل البنية التحتية، ويتكون من ثلاثة مباحث:

• المبحث الأول: الإطار المفاهيمي للتمويل المستدام

• المبحث الثاني: الإطار المفاهيمي للمدن الذكية

• المبحث الثالث: تمويل البنية التحتية للمدن الذكية

الفصل الثاني : تجربة سنغافورة في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، ويتكون من مبحثين:

•المبحث الأول :سنغافورة والمدن الذكية – النشأة والتطور

•المبحث الثاني :أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية لسنغافورة.

المفصل الأول الإطار النظري



تمهيد:

أدى التوسع الحضاري المتسارع والتغيرات المناخية إلى ضرورة إيجاد حلول مبتكرة تجمع بين جودة الحياة والمسؤولية البيئية، برز مفهوم التمويل المستدام أحد الاتجاهات الحديثة التي تهدف إلى تعبئة الموارد المالية وتوجيهها نحو مشاريع تدعم التحول الأخضر وتعزز التنمية المستدامة من خلال أدوات متنوعة، من جهة يمثل التحول نحو المدن الذكية من أبرز التوجهات التنموية المعاصرة، حيث تعتمد على التكنولوجيا لتحسين كفاءة البنية التحتية.

ويهدف هذا الفصل إلى إبراز المفاهيم النظرية للتمويل المستدام وأدواته وأيضاً الأسس الفكرية لمفهوم المدن الذكية والبنية التحتية، ودراسة العلاقة التكاملية بين التمويل المستدام والبنية التحتية للمدن الذكية.

المبحث الأول: الإطار المفاهيمي للتمويل المستدام

برز مفهوم التمويل المستدام كمفهوم حديث يعكس التحول في وظيفة النظام المالي، حيث لم يعد القرار الاستثماري يبنى على أساس معايير العائد والمخاطرة فقط، بل أصبح يأخذ في الاعتبار الاعتبارات البيئية.

المطلب الأول: مفهوم التمويل المستدام وأهميته

أولاً: مفهوم التمويل المستدام

يعرف التمويل المستدام بأنه أي نوع من أنواع الخدمات المالية والإدارة المالية التي تدمج المعايير البيئية والاجتماعية والحوكمة عند اتخاذ القرارات الاستثمارية، حيث يدعم التمويل المستدام ضمان انتقال تدفقات رأس المال إلى الشركات والاستثمارات والمشاريع والتقنيات التي تساهم في عالم مستدام. (البنك-المركزي-المصري، 2026)

يشمل التمويل المستدام أي نوع من أنواع الائتمان، المباشر أو التمويل السندي مثل السندات، الصكوك أو التسهيلات غير المباشرة مثل خطابات الضمان والاعتمادات المستندية، المخصصة لتمويل أو إعادة تمويل للمشاريع الخضراء أو الاجتماعية أو المستدامة الجديدة والقائمة. يشير إلى الخدمات المالية والمصرفية التي تراعي العناصر البيئية والاجتماعية والحوكمة في قرارات البنك لدى منح الائتمان أو قراراته الاستثمارية، وذلك لتحقيق منفعة مستدامة لكل من العملاء والأطراف المعنية والمجتمع ككل. (خليفة-بودخن، 2026)

1- تعريف البنك المركزي المصري

يعرف البنك المركزي المصري التمويل المستدام بأنه "الخدمات المالية والمصرفية التي تراعي العناصر البيئية والاجتماعية والحوكمة في قرارات البنك لدى منح الائتمان أو قراراته الاستثمارية، وذلك لتحقيق منفعة مستدامة لكل من العملاء والأطراف المعنية والمجتمع ككل". (البنك-المركزي-المصري، 2026)

يتميز هذا التعريف بكونه صادراً عن جهة رسمية (بنك مركزي)، ويركز على دور البنوك في تطبيق معايير الاستدامة، لكنه يركز على الجانب المصرفي فقط دون التطرق إلى الأسواق المالية الأخرى.

2- تعريف برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)

يعرف برنامج الأمم المتحدة للبيئة التمويل المستدام بأنه "أي نوع من أنواع الخدمات المالية والإدارة المالية التي تدمج المعايير البيئية والاجتماعية والحوكمة عند اتخاذ القرارات الاستثمارية، حيث يدعم التمويل المستدام

ضمان انتقال تدفقات رأس المال إلى الشركات والاستثمارات والمشاريع والتقنيات التي تساهم في عالم مستدام " (UNEP, 2016, p. 4).

يتميز هذا التعريف بكونه صادراً عن منظمة دولية، ويغطي جميع أنواع الخدمات المالية (وليس فقط المصرفية)، ويؤكد على توجيه رأس المال نحو الاستدامة. لكنه عام ولا يحدد آليات التنفيذ.

3- تعريف مجموعة البنك الدولي

يعرف البنك الدولي التمويل المستدام بأنه "عملية أخذ الاعتبارات البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG) في الاعتبار عند اتخاذ القرارات الاستثمارية في القطاع المالي، مما يؤدي إلى زيادة الاستثمارات طويلة الأجل في الأنشطة الاقتصادية المستدامة. (WORLD-BANK, 2019, p. 8)

يتميز هذا التعريف بالتركيز على "الاستثمارات طويلة الأجل"، مما يربط التمويل المستدام بالاستدامة المالية والاقتصادية، لكنه لا يذكر أدوات التمويل المستدام بشكل صريح.

4- تعريف المفوضية الأوروبية

تعرف المفوضية الأوروبية التمويل المستدام بأنه "التمويل الذي يدعم النمو الاقتصادي مع تقليل الضغوط على البيئة، ومراعاة الجوانب الاجتماعية والحوكمة، ويساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وأهداف اتفاقية باريس للمناخ. (Commission-European, 2018) .

يتميز هذا التعريف بربط التمويل المستدام بأهداف دولية محددة (أهداف التنمية المستدامة واتفاقية باريس)، ويركز على التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة، لكنه يفتقر إلى ذكر الآليات المالية.

5- التعريف الإجمالي للتمويل المستدام

انطلاقاً من التعريفات السابقة، يمكن صياغة التعريف الإجمالي للتمويل المستدام في هذه المذكرة على النحو التالي:

التمويل المستدام هو عملية توجيه التدفقات المالية (من خلال أدوات مثل السندات الخضراء، والقروض المستدامة، والشراكات بين القطاعين العام والخاص) نحو المشاريع والأنشطة الاقتصادية التي تراعي المعايير البيئية والاجتماعية ومبادئ الحوكمة (ESG)، بهدف تحقيق التنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة: الاقتصادي، والاجتماعي، والبيئي، مع ضمان الاستقرار المالي على المدى الطويل.

ثانياً: أهمية التمويل المستدام

1- على مستوى البنك المركزي:

- تعزيز الفرص الاستثمارية وضخ عملة أجنبية عن طريق جذب شريحة جديدة من المستثمرين الذين يستهدفون التمويل المستدام إلى جانب استثمار أجنبي مباشر للقطاع المصرفي والاقتصاد القومي.
- تعزيز إصدار السندات الخضراء في ظل تزايد انتشار الاستثمار البيئي والاجتماعي.
- إمكانية إنشاء البنوك الخضراء وفقاً لأحكام قانون البنك المركزي والجهاز المصرفي الجديد، حيث سيتم الترخيص لنوعية جديدة من البنوك وهي البنوك المتخصصة، حيث أن البنوك الخضراء تساعد في تأمين تمويل رأس مال منخفض التكلفة لمشاريع الطاقة النظيفة والمتجددة والمشاريع التي تهدف بشكل عام إلى تحسين الجودة البيئية بأسعار وشروط ملائمة.
- دعم البنك المركزي لجهود الدولة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة والتي يساهم التمويل المستدام في تحقيقها بشكل مباشر، وبشكل عام يساهم التمويل المستدام في الحفاظ على الاستقرار المالي على المدى الطويل. (البنك-المركزي-المصري، 2026)

2- على مستوى القطاع المصرفي

- يعد القطاع المصرفي أحد أهم القطاعات التي تدعم الاقتصاد، وبالتالي لا يمكن تحقيق التنمية المستدامة بما فيها من تحديات بيئية واجتماعية دون أن يكون للبنوك دور فعال في ذلك من خلال توجيه التمويل إلى أنشطة اقتصادية أكثر استدامة، وفيما يلي أهمية التمويل المستدام للبنوك:
- تقديم حلول مالية ومنتجات مصرفية جديدة ومبتكرة، وفتح مجالات وأسواق جديدة للتمويل مما يساهم في تحقيق المزيد من الأرباح.
- اتباع مفاهيم التمويل المستدام يعمل على خفض فرص التعثر وبالتالي الحفاظ على جودة محفظة البنك.
- يتيح التمويل المستدام للبنوك المساهمة بشكل إيجابي في تنمية المجتمع والحفاظ على البيئة المحيطة، وتحسين سمعة البنوك محلياً ودولياً.
- تقليل المخاطر البيئية والاجتماعية (نجاة-نسيمة، 2023).

المطلب الثاني: أهداف ومبادئ التمويل المستدام

أولاً: أهداف التمويل المستدام

يسعى التمويل المستدام إلى تحقيق مجموعة من الأهداف منها: (البنك-المركزي-المصري، 2026)

1. دعم التنمية الاقتصادية المستدامة.
2. حماية البيئة والموارد الطبيعية.
3. تقليل الانبعاثات الكربونية.
4. تحقيق العدالة الاجتماعية.
5. تعزيز الاستقرار المالي.
6. دعم التحول نحو الاقتصاد الأخضر .

ثانياً: مبادئ التمويل المستدام

نذكر المبادئ الأساسية للتمويل المستدام فيما يلي:

1. تضمين عوامل الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (ESG) في حوكمة البنك واستراتيجية إدارة المخاطر، بحيث تتضمن عناصر التمويل المستدام مع مراعاة وضع أهداف واضحة للبنك تحت مظلة التمويل المستدام.
2. تضمين عناصر الاستدامة فيما يمكن اعتباره منتجات وأدوات مستدامة وفقاً لما يصدر أو سيصدر من معايير معتمدة يمكن استخدامها لتحديد صفة الاستدامة.
3. الاهتمام بإصدار منتجات وأدوات تمويلية تتوافق مع أنشطة التمويل الأخضر وغير ذلك من المشروعات ذات الفوائد لكل من البيئة والمناخ.
4. دعم الشمول المالي بشكل عام وتسهيل الدخول إلى الخدمات المالية.
5. تعزيز أداء الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات في البنك من خلال تقديم حلول مالية ومنتجات مصرفية جديدة ومبتكرة، ودعم الاستدامة في كافة نشاطات البنك.
6. زيادة الوعي وتطوير قدرات موظفي البنك وتدريبهم بغرض تعميق معرفتهم بوسائل تطبيق التمويل المستدام.

7. تطبيق مبدأ الاستدامة على عمليات البنك وأنشطته الداخلية عن طريق قياس الأثر الكربوني الناتج من المباني والفروع وتحسين إدارة النفايات واعتماد معايير كفاءة استخدام المياه والطاقة، واعتماد المباني الصديقة للبيئة التي تقلل من استهلاك الكهرباء.

8. في الحالات التي تكون فيها قرارات الإقراض والاستثمار ذات أثر جوهري بالنسبة للحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات، تراعي البنوك إعطاء الاعتبارات اللازمة عند دراسة وتحليل هذه الحالات واتخاذ القرارات المناسبة بشأنها.

9. تأكيداً لأهمية الاستقرار المالي في إطار التوجيهات المتعلقة بالتمويل، تراعي البنوك الأثر الجوهري لمعايير الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات على أداء البنوك والاستقرار المالي، إذ كانت إخفاقات الحوكمة وضعف إدارة المخاطر من العوامل الأساسية التي تضافرت مع عوامل أخرى وساهمت في الأزمة المالية العالمية في عام 2008.

10. تأكيداً لأهمية الشفافية فيما يتعلق بالمبادئ التوجيهية للتمويل المستدام، تقوم البنوك بإصدار تقارير سنوية حول الاستدامة "تقرير الاستدامة"، أو تضمين تقاريرها السنوية التي يتم نشرها في مواقعها الإلكترونية جزءاً خاصاً عن الاستدامة بحيث يوضح أنشطة البنك في المواضيع ذات الأثر البيئي والاجتماعي والاقتصادي وبما يمكن أصحاب المصلحة (STAKEHOLDERS) من تقييم مستوى الاستدامة للبنك خلال فترة التقرير.

11. العمل على تحديد وقياس المخاطر المرتبطة بتغيير المناخ، مع ضرورة أخذ ذلك في الاعتبار لدى إجراء التقييم الداخلي لكفاية رأس المال (ICAAP) لمواجهة مخاطر الركن الثاني.

12. إن ما يتم اتخاذه من قرارات فيما يتعلق بسياسات البنك وإجراءات العمل بشأن التمويل المستدام يجب أن يكون معتمداً من قبل مجلس الإدارة.

المطلب الثالث: أدوات ومؤشرات التمويل المستدام

يتناول هذا المطلب الجانب التطبيقي من التمويل المستدام، من خلال استعراض أدواته المتمثلة في السندات الخضراء، والقروض المستدامة، والشراكات بين القطاعين العام والخاص، والسندات الاجتماعية، وكذلك مؤشرات المتمثلة في المؤشرات البيئية ومؤشرات الحوكمة العالمية.

أولاً: أدوات التمويل المستدام

1- السندات الخضراء:

أ. **مفهوم السندات الخضراء:** تعرف السندات الخضراء على أنها أوراق مالية ذات الدخل الثابت والتي ترفع من رأس المال للمشروع مع فوائد بيئية محددة، وغالبية السندات الخضراء تصدر من المؤسسات المالية الدولية والعامّة والصناديق المختلفة (البنك-الدولي، 2008)، وتعرف أيضاً بأنها سندات ذات دخل ثابت لتمويل الاستثمارات ذات الفوائد البيئية أو المتعلقة بالمناخ، وتعتبر جزءاً لا يتجزأ من التمويل الأخضر بشكل عام الذي يهدف إلى استيعاب العوامل البيئية الخارجية وضبط تصورات المخاطر من أجل زيادة الاستثمارات الصديقة للبيئة. ويمكن أيضاً أن تكون السندات الخضراء بمثابة تحوط ضد المخاطر المالية ذات الصلة بالبيئة . (دنيا، 2023، الصفحات 84-85)

ب. **أنواع السندات الخضراء:** يمكن ذكر ثلاثة أنواع من السندات الخضراء:

- **السندات الحكومية:** يشير إلى السندات التي يصدرها كيان حكومي عام مثل مدينة أو ولاية لتمويل أنشطته، وعادةً بسندات البلديات.
- **سندات الشركات:** يشار إليه بأنه سند تجاري أو سند شركة، وقد تكون سندات الشركات موجهة للمستثمرين من المؤسسات (شركات التأمين والبنوك وصناديق التحوط وغيرها) أو للمستثمرين من الأفراد.
- ج. **سندات بنوك التنمية متعددة الأطراف:** تشمل الأنواع الأخرى من جهات إصدار السندات بنوك التنمية متعددة الأطراف وغيرها من المؤسسات فوق الوطنية أو المؤسسات الدولية، البنك الدولي (وهو بنك تنمية متعدد الأطراف أصدر أول سند له في عام 1947، كما أصدر في الآونة الأخيرة سندات بقيمة 4 مليارات دولار أمريكي لأجل عشر سنوات وبيعت لمختلف أنواع المستثمرين في كل أنحاء العالم . (دنيا، 2023، الصفحات 90-91)

ح. **التحديات التي تواجه السندات الخضراء:** بموجب الدراسات الصادرة عن منظمة التعاون

الاقتصادي والتنمية، فإن أهم التحديات التي تواجه السندات الخضراء نلخصها فيما يلي:

- نقص الوعي بمزايا السندات الخضراء والمبادئ التوجيهية والمعايير الدولية ذات العلاقة.
- عدم وجود مبادئ توجيهية محلية.
- نقص السندات الخضراء المصدرة من الأسواق المالية.
- عدم توفر المستثمرين المحليين.
- صعوبة دخول المستثمرين الدوليين إلى الأسواق. (ابتهاج-رشوان-عباس، 2021، صفحة 16)

2- القروض المستدامة:

أ. **مفهوم القروض المستدامة:** تعتبر القروض المستدامة تسهيلات ائتمانية تقدم شروطاً للمقترضين كشكل من أشكال التحفيز لتحسين أدائهم في جانب الاستدامة. وضمن هذا المفهوم تندرج القروض التي تخصص عائداتها للمشاريع المستدامة، والقروض التي يرتبط تسعيرها بأداء المقترضين في مجالات الاستدامة، بغض النظر عن الكيفية التي يتم بها استخدام العائدات. (ICMA LMA , 2024, p. 3)

وكذلك تعرف القروض المستدامة على أنها أداة من أدوات الدين أو نوع من التسهيلات الطارئة، مثل: القروض البنكية وخطوط الائتمان، حيث ترتبط شروطها بتحقيق أهداف الاستدامة التي تعمل على تحفيز المقترض لتحقيق أهداف الاستدامة المحددة والمطلوبة مسبقاً. (LMA APLMA LSTA , 2023, p. 2)

ب. متطلبات القروض المستدامة:

ارتباطها بالاستراتيجية الخاصة بالاستدامة: لا بد أن تدعم القروض المستدامة الاستراتيجية المتعلقة بالاستدامة الشاملة للمقترض، بدلاً من أن تكون الأساس لها.

تحديد الأهداف: يحث الاتفاق بين المقرض والمقترض على أهداف استدامة طموحة مثل: تقليل الانبعاثات أو تحسين كفاءة الطاقة، ويتم تقييم تلك الأهداف على أساس مؤشرات أداء أساسية ترتبط بالملف الخاص بالاستدامة للمقترض.

إعداد التقارير: يتم الطلب من المقترضين تقديم تقارير سنوية تتسم بالشفافية عن التقدم الحاصل في تحقيق الأهداف التي تم الاتفاق عليها.

المراجعة: من الممكن أن تجري المراجعات الخارجية المستقلة لتقييم فعالية ومصادقية الأهداف، والأخذ في الاعتبار عوامل داخلية مثل: فريق الاستدامة للمقترض، وتهدف هذه المكونات إلى العمل على تعزيز مرونة وموثوقية الاستدامة في دعم الأهداف الخاصة بالاستدامة. (LMA, 2024)

ت. مبادئ القروض المستدامة:

- يجب أن تكون هناك علاقة بين الاستراتيجية الخاصة بالمسؤولية الاجتماعية الكاملة للمقترض والأموال المقرضة. (LMA APLMA LSTA , 2023)

- لا بد من تحديد الأهداف بشكل أهداف خاصة لقياس الملف الخاص بالاستدامة للمقترض.

- ينصح المقترضون القيام بنشر معلومات متعلقة بالكيانات التابعة لهم (الشركات الفرعية والفروع). أن تكون هناك مراجعات داخلية وخارجية لأداء المقترض تجاه الأطراف الفرعية.

ث. **فوائد القروض المستدامة:** (إسراء، 2025، الصفحات 42-43).

- القروض المستدامة تتيح للمقترض استخدام العائدات لأغراض عامة للشركة، مع حوافز من أجل تحسين أداء الاستدامة.
- تعتبر القروض المستدامة من أنواع القروض التي تعمل على تحفيز المقترضين على تحقيق أهداف بيئية أو اجتماعية أو اقتصادية تتعلق بالاستدامة مثل: الحد من الانبعاث الكربوني.
- تسمح القروض المستدامة للمقترضين بالوصول إلى الأموال بأقل تكلفة، كلما قاموا بتحقيق أهداف الأداء المستدام.
- إن إصدار القروض المستدامة يؤدي إلى تحسينات في الأداء الاجتماعي والبيئي والحوكمة للشركة على المدى البعيد، من خلال الزيادة في تقييمها البيئي وأيضاً تحسين إدارة الحوكمة

3. الشراكات بين القطاعين العام والخاص

أ. مفهوم الشراكة بين القطاعين العام والخاص: قدمت المنظمات الدولية والجهات الحكومية تعريفات مختلفة لمصطلح الشراكة بين القطاعين العام والخاص، فتعرف بأنها جهد تعاوني لتطوير البنية التحتية وتقديم الخدمات بموجب عقود طويلة الأجل. وتبنى هذه الشراكة على أساس قوة القطاعين ومواردها وتقاسم المخاطر والمسؤوليات. (WORLD-BANK, 2019, p. 6)

يعرفها البنك الآسيوي للتنمية على أنها ترتيبات تعاقدية مشتركة بين الجهات الحكومية والقطاع الخاص توجب على هذا الأخير مسؤولية إنشاء البنية التحتية وتشغيلها، مثل: الطرق والطرق السريعة ومحطات الطاقة المتجددة والمستشفيات والمدارس. (ADB, 2023)

ب. الخصائص المشتركة بين نماذج الشراكة بين القطاعين العام والخاص:

- أن تكون العقود طويلة الأجل: تبرم عادة عقود الشراكة بين القطاعين العام والخاص لفترة تمتد بين (20-30) عاماً.
 - أن يكون هناك توزيع متوازن للمخاطر: بين الأطراف المتعاقدة وفقاً للطرف الأكثر قدرة على إدارتها.
 - أن يكون الأجر أو بدل الخدمة قائماً على الأداء: بحيث تعتمد عملية سداد المدفوعات إلى الجهة الخاصة بناءً على تحقيقها لمؤشرات الأداء المتفق عليها، وفق مستوى الجودة المطلوب والمسؤوليات المناطة بها.
 - ج. أن يركز مشروع الشراكة على المصلحة العامة: على الرغم من أن تنفيذ المشاريع يكون بمشاركة القطاع الخاص، فإن الهدف الأساسي منها يكمن في تحقيق الفائدة المنشودة على المستفيدين من تلك الخدمات.
- (WORLD-BANK, 2019)

ح. أهداف الشراكة بين القطاعين العام والخاص: يسعى القطاع العام المتعاقد مع القطاع الخاص في إطار الشراكة إلى تحقيق جملة من الأهداف نلخصها فيما يلي : (WORLD-BANK, 2019)

- إدخال الابتكارات على تصميم المشروع بالنسبة للأصول والتشغيل والصيانة.
- إدخال إدارات وكفاءات القطاع الخاص إلى مجال تمويل مشروعات البنية التحتية واشتراكه في تحمل المخاطر.
- نقل المخاطر إلى القطاع الخاص فيما يخص التصميم والإنشاء والتمويل، في ظل الموارد المحدودة للقطاع العام.

- التركيز على وضع سياسات لقطاع البنية التحتية.
- وضع الأولويات لأهداف مشروعات البنية التحتية.
- مراقبة مقدمي الخدمات وتنظيم الخدمة.
- تنفيذ مشروعات الاستثمار في مدة قصيرة وبميزانية محدودة.
- تقادي تدهور الأصول والمنشآت الضرورية للخدمات العامة نتيجة للصيانة غير الفعالة أو التشغيل القاصر.
- تحقيق التأكد من الموازنة فيما يخص رأس المال والتكاليف التشغيلية. (رضا، 2022، الصفحات 32-33)

4. السندات الاجتماعية:

- أ. مفهوم السندات الاجتماعية: هي أي نوع من السندات التي يتم استخدام المبالغ الناتجة عن طرحها حصرياً لعمليات تمويل أو إعادة التمويل جزئياً أو كلياً لمشاريع اجتماعية مؤهلة جديدة أو قائمة مسبقاً.
- ب. أنواع السندات الاجتماعية: توجد أربعة أنواع من السندات الاجتماعية: (ICMA, 2023, pp. 2-7)
 - السند الاجتماعي التقليدي أو العادي: وهو سند تقليدي يتضمن الحق بالرجوع إلى الجهات المصدرة، وهو يتماشى مع مبادئ السندات الاجتماعية.
 - سندات العائد الاجتماعي: هي سندات لا تتضمن الحق بالرجوع إلى الجهات المصدرة، وهي تتماشى مع مبادئ السندات الاجتماعية، وهي سندات تذهب عائداتها إلى المشاريع الاجتماعية.
 - سندات المشاريع الاجتماعية: هي سندات تتماشى مع مبادئ السندات الاجتماعية وتصدر لمشروع واحد أو لمجموعة من المشاريع الاجتماعية التي يكون المستثمر معرضاً بشكل مباشر لمخاطر المشروع مع أو بدون الحق بالرجوع إلى الجهات المصدرة.
 - سندات اجتماعية مضمونة ومغطاة: هي سندات تتبع مبادئ السندات الاجتماعية وتكون مضمونة بمشروع أو أكثر من المشاريع الاجتماعية المحددة.

ثانياً: مؤشرات التمويل المستدام

1. المؤشرات البيئية:

تعرف المؤشرات البيئية على أنها "المقاييس المالية والكمية التي تستخدم لقياس وإدارة وتقييم الأداء البيئي في المؤسسة، من أجل رفع مستوى الكفاءة والفاعلية لأنشطتها البيئية، وكذلك تسليط الضوء على الكيفية التي يتم من خلالها تطوير أدائها البيئي". (ISO, 2021)

أنواع المؤشرات البيئية: تختلف المؤشرات البيئية من صناعة لأخرى أو من نشاط إلى آخر، وتشمل هذه المؤشرات عدة أنواع منها:

أ. **المؤشرات التي تدرج ضمن المؤشرات التشغيلية:** تتمثل هذه المؤشرات في مؤشر الطاقة والموارد ومؤشر الالتزام بالقوانين ومؤشر إدارة النفايات ومؤشر الانبعاث الغازي، تهدف هذه المؤشرات إلى التقليل من التكاليف المرتفعة التي ترتبط بحماية البيئة على الأمد الطويل.

2. **المؤشرات التي تدرج ضمن المؤشرات المالية:** تتضمن مؤشر الاستثمار البيئي ومؤشر الرسوم والضرائب البيئية ومؤشر التكاليف البيئية، تدرج في إطار المؤشرات الإلزامية. (إسراء، 2025، الصفحات 31-32)

3. مؤشرات الحوكمة العالمية:

تعتبر مؤشرات الحوكمة العالمية من أكثر المؤشرات شمولية ومصداقية ودقة في قياس جودة الحكم مقارنة ببقية المؤشرات الأخرى، وهي أحد منتجات البنك الدولي، حيث إن هذه المؤشرات تستخدم نتائج المؤشرات الأخرى في بناء مؤشرات شاملة لقياس جودة الحكم، وتتكون من ستة مؤشرات وكل مؤشر يقيس موضوعاً من مواضيع الحوكمة، تتمثل هذه المؤشرات في: (أحمد، خ.، بشير، م.، وحدي، ن.، 2017، الصفحات 391-398)

• **المشاركة والمساءلة:** يقيس مدى قدرة مواطني بلد ما على المشاركة في انتخاب حكومتهم بالإضافة إلى حرية التعبير وحرية تكوين الجمعيات والإعلام الحر.

• **الاستقرار السياسي وغياب العنف:** للاستقرار السياسي تأثير كبير في تحقيق التنمية الاقتصادية والبشرية والتنمية المستدامة، حيث تؤدي حالة عدم الاستقرار السياسي إلى هجرة رؤوس الأموال الوطنية إلى مواطن أكثر أمناً للاستثمار والعمل، لذلك يعتبر الاستقرار السياسي مؤشراً مهماً من مؤشرات الحوكمة، فإن مؤشر

الاستقرار السياسي وغياب العنف يقيس احتمال زعزعة استقرار الحكومة أو حدوث انقلاب شرعي أو استخدام العنف.

• **فاعلية الحكومة:** يعتبر أحد أهم مؤشرات الحكم الرشيد، ويقيس هذا المؤشر مدى جودة الخدمات العامة، وجودة الخدمات المدنية، ودرجة استقلالية الحكومة عن الضغوط السياسية، وجودة الأنظمة وتطبيقاتها ومصادقية التزام الحكومة بهذه الأنظمة.

• **جودة التشريعات التنظيمية وتطبيقها:** يقيس هذا المؤشر مدى قدرة الحكومة على صياغة وتنفيذ سياسات ولوائح فعالة، كما يقيس أيضاً مدى رغبة الحكومة في خلق بيئة استثمارية جاذبة للمستثمرين من الداخل والخارج، وجودة التشريعات المنظمة للعلاقة بين الأطراف المساهمة في عملية الحوكمة وهي: الحكومة، والقطاع الخاص، والمنظمات غير الربحية، والمواطن، بالإضافة إلى مدى التزام الحكومة بتطبيق هذه الأنظمة.

• **سيادة القانون:** يقيس مدى ثقة المتعاملين بتطبيق القوانين من قبل الحكومة بشكل متساوٍ على الأفراد والمنظمات، وبشكل خاص مدى إنفاذ العقود، وحماية حقوق الملكية، وعمل الشرطة، والمحاكم، فضلاً عن احتمال حدوث الجرائم والعنف، وهو عنصر مهم من عناصر الحوكمة الرشيدة.

• **السيطرة على الفساد:** يعد مؤشر السيطرة على الفساد من أهم مؤشرات الحوكمة، إذ أن السيطرة على الفساد لها ارتباط وثيق بتحقيق التنمية الاقتصادية، ففي ظل الفساد لا يمكن القيام بتحقيق التنمية الاقتصادية، حيث يقيس هذا المؤشر المدى الذي يمكن من خلاله أن تحجم المكاسب الشخصية الكبيرة والصغيرة، وكذلك الحد من سيطرة النخب وأصحاب المصالح الشخصية على الحكم

المطلب الرابع: التحديات التي تواجه التمويل المستدام

يواجه التمويل المستدام مجموعة من التحديات التي قد تعيق انتشاره وتطبيقه على نطاق واسع، ويمكن تصنيف هذه التحديات على النحو التالي:

أولاً: المخاطر الانتقالية والمناخية

تشير المخاطر الانتقالية إلى "التكاليف والخسائر المحتملة التي قد تتعرض لها المؤسسات المالية والشركات نتيجة للتحويل نحو اقتصاد منخفض الكربون، مثل تغير أسعار الأصول، أو تقادم التقنيات القديمة، أو فرض ضرائب جديدة على الكربون" (إسراء، 2025، صفحة 45). أما المخاطر المناخية فترتبط بالتغيرات الفيزيائية للمناخ، مثل: الفيضانات والجفاف وارتفاع درجات الحرارة، والتي قد تؤدي إلى تعطل أصول قطاعات اقتصادية كاملة. (بن نذير، وبلعش، 2018، صفحة 52)

ثانياً: مخاطر الغسيل الأخضر (Greenwashing)

يعد الغسيل الأخضر من أخطر التحديات التي تهدد مستقبل التمويل المستدام، ويعني "قيام بعض الشركات أو المؤسسات المالية بتضليل المستثمرين والمستهلكين من خلال تقديم ادعاءات كاذبة أو مبالغ فيها حول مدى صداقة منتجاتها أو استثماراتها للبيئة" (العرفان ، وعبد المنعم.، 2019، صفحة 22)، كما أن "مخاطر الغسيل الأخضر تخلق مشاكل كبيرة للمستثمرين والمستهلكين والشركات على حد سواء، حيث تؤدي إلى فقدان الثقة في أسواق التمويل المستدام وتقلل من فعالية الأدوات الخضراء" (إسراء، 2025، صفحة 46).

ثالثاً: غياب الشرعية التنظيمية والتوحيد القياسي

يحتاج المقرضون والمقترضون والمصدرون إلى إطار قانوني وتنظيمي واضح يمكنهم من الحصول على القروض أو إصدار السندات الخضراء والمستدامة. وفي حال غياب هذه الشرعية التنظيمية، قد تتوقف مسيرة التمويل المستدام أو تتباطأ بشكل كبير (خنفوسي ،بن صغير، 2020، صفحة 92). كما يشكل "غياب التوحيد القياسي وتجزئة الأطر التنظيمية تحدياً رئيسياً في تطبيق معايير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية (ESG) (إسراء، 2025، صفحة 46). فاختلاف المعايير من بلد إلى آخر ومن جهة مصدرة إلى أخرى يخلق حالة من الارتباك لدى المستثمرين ويعيق المقارنات بين الأدوات المختلفة.

رابعاً: التحديات السياسية والاقتصادية

تعد التحديات السياسية والاقتصادية من العوامل المؤثرة بشكل كبير في التمويل المستدام، حيث أن "تقلب السياسات التنظيمية المتعلقة بتسعير الكهرباء وإدارتها، وخاصة في مشاريع الطاقة المتجددة، قد يؤدي إلى زيادة حالة عدم اليقين لدى المستثمرين" (زعتري ، بن العبد، 2019، صفحة 42). كما أن "التدخلات السياسية غير المتوقعة قد تضعف الجدوى الاقتصادية للمشاريع المستدامة، مما يدفع المستثمرين إلى التوجه نحو استثمارات تقليدية أقل مخاطرة وإن كانت أقل فائدة بيئية واجتماعية" (مطير ، 2023، صفحة 58).

خامساً: تحديات مرتبطة بالسندات الخضراء تحديداً

بالإضافة إلى التحديات العامة، تواجه السندات الخضراء تحديات خاصة، والتي تلخصها فيما يلي:
(أبتهاج، ع.، رشوان، م.، وعباس، س.، 2021، صفحة 16)

الجدول رقم (01) يمثل شرح التحديات التي تواجه التمويل المستدام

التحدي	الشرح
نقص الوعي	ضعف الوعي بمزايا السندات الخضراء والمبادئ التوجيهية والمعايير الدولية ذات العلاقة
عدم وجود مبادئ توجيهية محلية	غياب أطر تنظيمية محلية واضحة لإصدار وتقييم السندات الخضراء
ندرة الإصدارات	نقص السندات الخضراء المصدرة من الأسواق المالية المحلية
نقص المستثمرين المحليين	عدم توفر مستثمرين محليين مهتمين بهذا النوع من الاستثمار
صعوبة الوصول	صعوبة دخول المستثمرين الدوليين إلى الأسواق المالية المحلية

المصدر: من اعداد الطالبتين،(رشوان وعباس ،2021، ص 16)

سادساً: تحديات مرتبطة بالشراكات بين القطاعين العام والخاص

تواجه الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP) تحديات خاصة بها، نلخصها على النحو التالي:

(رضا، 2022، صفحة 38).

- طول فترة الإعداد والتعاقد: قد تستغرق مرحلة الإعداد والتفاوض سنوات طويلة بسبب تعقيد العقود.
- ارتفاع تكاليف المعاملات: تتطلب هذه الشراكات استشارات قانونية ومالية متخصصة، مما يرفع التكاليف.
- عدم تناسق الأهداف بين القطاعين: قد تتعارض أهداف القطاع الخاص (الربحية) مع أهداف القطاع العام (المصلحة العامة).
- المخاطر السياسية والتشريعية: تغير القوانين أو الحكومات قد يؤثر سلباً على استمرارية المشروع.

الشكل رقم (01) تحديات التمويل المستدام



المصدر: من إعداد الطالبتين، (إسراء، 2025)، (رضا، 2022).

يوضح الشكل رقم (01) التحديات الرئيسية التي تواجه التمويل المستدام، مقسمة إلى تحديات عامة تشترك فيها معظم الأدوات، وتحديات خاصة ببعض الأدوات مثل السندات الخضراء والشراكات بين القطاعين العام والخاص.

في ختام هذا المبحث الذي تناولنا فيه الإطار المفاهيمي للتمويل المستدام، يمكننا استخلاص مجموعة من النتائج الرئيسية التي تلخص أهم ما تم طرحه.

لقد تبين من خلال هذا المبحث أن التمويل المستدام يمثل نقلة نوعية في وظيفة النظام المالي التقليدي، حيث لم يعد القرار الاستثماري والائتماني يُبنى على أساس معايير العائد والمخاطرة فقط، بل أصبح يدمج بشكل متزايد الاعتبارات البيئية والاجتماعية ومبادئ الحوكمة الرشيدة (ESG) وهذا التحول يعكس إدراكاً

متزايداً من جانب المؤسسات المالية والجهات التنظيمية بأن الاستدامة ليست مجرد خيار أخلاقي، بل أصبحت ضرورة اقتصادية ومالية للحفاظ على الاستقرار المالي طويل الأجل وتحقيق التنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة: الاقتصادي، والاجتماعي، والبيئي.

كما أظهر المبحث أهمية التمويل المستدام على مستويين رئيسيين: مستوى البنك المركزي، حيث يساهم في تعزيز الاستثمار الأجنبي، ودعم إصدار السندات الخضراء، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة الوطنية؛ ومستوى القطاع المصرفي، حيث يتيح للبنوك تقديم منتجات مبتكرة، وخفض مخاطر الائتمان، وتحسين سمعتها المحلية والدولية.

إن ما تقدم يؤكد أن التمويل المستدام، رغم حداثة مفهومه نسبياً والتحديات التي تواجهه، يُعد أداة محورية لتحقيق التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة ومرونة. وقد أصبحت الحاجة إليه ملحة بشكل خاص في قطاعات حيوية تتطلب استثمارات ضخمة وطويلة الأجل، مثل قطاع البنية التحتية للمدن الذكية. وهذا ما سيكون محور اهتمامنا في المباحث التالية من هذه المذكرة، حيث سنتناول بالتحليل كيفية توظيف أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، مع الاستفادة من تجربة سنغافورة كنموذج رائد في هذا المجال.

المبحث الثاني: الإطار المفاهيمي للمدن الذكية

شهد العالم في العقود الأخيرة تحولاً حضرياً غير مسبوق، حيث يعيش أكثر من نصف سكان العالم حالياً في المناطق الحضرية، ومن المتوقع أن ترتفع هذه النسبة إلى حوالي 68% بحلول عام 2050. هذا التوسع الحضري السريع يفرض ضغوطاً هائلة على البنية التحتية والخدمات العامة، مما يستدعي إعادة التفكير في الطريقة التي تُدار بها المدن.

في هذا السياق، برز مفهوم المدن الذكية كاستجابة مبتكرة لهذه التحديات، حيث تسعى إلى توظيف تقنيات الثورة الصناعية الرابعة – مثل إنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة – في تحسين كفاءة الخدمات العامة، ورفع جودة حياة المواطنين، وتعزيز التنافسية الاقتصادية. وتقوم فكرة المدينة الذكية على ركيزة أساسية تتمثل في البنية التحتية، سواء كانت مادية أو رقمية، حيث تشكل العمود الفقري لجميع التطبيقات والخدمات الذكية.

ويهدف هذا المبحث إلى تقديم إطار مفاهيمي متكامل للمدن الذكية، من خلال استعراض مفاهيمها وخصائصها، ثم متطلباتها مع التركيز على البنية التحتية، وأخيراً مزاياها وتحدياتها.

المطلب الأول: مفهوم المدن الذكية وخصائصها

برز مفهوم المدن الذكية كاستجابة مبتكرة ، حيث تسعى إلى توظيف تقنيات الثورة الصناعية الرابعة مثل إنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة في تحسين كفاءة الخدمات العامة، ورفع جودة حياة المواطنين، وتعزيز التنافسية الاقتصادية. وتقوم فكرة المدينة الذكية على ركيزة أساسية تتمثل في البنية التحتية، سواء كانت مادية أو رقمية، حيث تشكل العمود الفقري لجميع التطبيقات والخدمات الذكية.

أولاً: مفهوم المدن الذكية

شهد مفهوم المدن الذكية تعدداً في التعريفات حسب الزاوية المنهجية والتخصص الأكاديمي، غير أن هناك إجماعاً على جوهر أساسي يجمع هذه التعريفات.

2- التعريف اللغوي والاصطلاحي:

تشير كلمة "ذكية" في هذا السياق إلى قدرة المدينة على التعلم والتكيف والاستجابة للمتغيرات بشكل آلي وذاتي، مستخدمة تقنيات المعلومات والاتصالات. تعرف المدينة الذكية بأنها "الكيان الذي يعتمد على بنية تحتية متمثلة في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحديثة، والتي تمكن من الإدارة الفعالة للمدينة". (بن نذير، وبلعش، 2018، صفحة 45).

3- تعريف المدينة الذكية كمنظومة متكاملة:

يمكن النظر إلى المدينة الذكية على أنها "منطقة حضرية تستخدم أجهزة الاستشعار الإلكترونية والأساليب الرقمية لجمع البيانات، ثم تستخدم الرؤى المستمدة من هذه البيانات لإدارة الأصول والموارد والخدمات والعمليات والمرافق بكفاءة" (القاضي ، العراقي، 2018، صفحة 5)، وتشمل هذه الأصول أنظمة النقل، وشبكات الطاقة والمياه، وإدارة النفايات، والخدمات الصحية والتعليمية، والأمن العام، وغيرها من المرافق المجتمعية.

4- تعريف المنظمات الدولية:

من منظور تنموي، تعرف لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (الإسكوا) المدينة الذكية بأنها "مدينة مبتكرة تستخدم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتحسين جودة الحياة وكفاءة العمليات والخدمات الحضرية، مع ضمان تلبية احتياجات الأجيال الحالية والمقبلة في الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية" (الإسكوا، 2019).

5- تعريف المفوضية الأوروبية

تعرف المفوضية الأوروبية المدينة الذكية بأنها "مكان تدمج فيه الشبكات والخدمات التقليدية مع الأنظمة البشرية والرقمية والمادية، وذلك لتحسين استخدام الموارد الطاقوية وتقليل الانبعاثات لصالح المواطنين والشركات. وتتجاوز المدينة الذكية مجرد استخدام التقنيات الرقمية لتحقيق كفاءة أفضل في استخدام الموارد وخفض الانبعاثات. (Commission, 2024)

تعددت التعريفات الاصطلاحية للمدينة الذكية المستدامة وأبعادها في الأدبيات الأكاديمية. وقد عرّفها البعض بأنها "الكيان الذي يعتمد على بنية تحتية متمثلة في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحديثة، والتي تمكن من الإدارة الفعالة للمدينة" (بن نذير، وبلعش، 2018، صفحة 45).
و بعضهم بأنها "منطقة حضرية تستخدم أجهزة الاستشعار الإلكترونية والأساليب الرقمية لجمع البيانات، ثم تستخدم الرؤى المستمدة من هذه البيانات لإدارة الأصول والموارد والخدمات والعمليات والمرافق بكفاءة." (صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020، صفحة 112)

وفي سياق هذه المذكرة، يمكن تعريف المدينة الذكية المستدامة إجرائياً بأنها: مجال حضري متكامل البنية التحتية التقليدية والرقمية، يعتمد على البيانات الضخمة وإنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي في إدارة موارده وخدماته، بهدف تحقيق الاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

ثانياً: أبعاد المدينة الذكية المستدامة

تتكون المدينة الذكية المستدامة من مجموعة من الأبعاد المترابطة التي تعمل معاً لتحقيق أهدافها. وقد اعتمدت هذه الورقة الأبعاد الستة الرئيسية والتي أصبحت الأكثر استخداماً في الأدبيات الأكاديمية. وتتمثل هذه الأبعاد في : (Giffinger, R., Fertner, C., 2007)

الشكل رقم (02) الأبعاد الرئيسية لتطبيقات المدن الذكية



المصدر : من اعداد الطالبتين ، ((الإسكوا، 2019، صفحة 19))

1- الاقتصاد الذكي (Smart Economy)

يقصد بالاقتصاد الذكي القدرة التنافسية للمدينة وقدرتها على خلق بيئة اقتصادية مبتكرة وجاذبة للاستثمارات. ويتضمن هذا البعد عدة عوامل أساسية، منها: روح الابتكار وريادة الأعمال، والصورة الاقتصادية والعلامات التجارية للمدينة، ومرونة سوق العمل والقدرة على التحول، والإنتاجية والاندماج الدولي (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 80)، وأن الاقتصاد الذكي يدعم المؤسسات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة، مما يسهم في تنويع القاعدة الاقتصادية. (الشريف، 2022، صفحة 25)

2- البيئة الذكية (Smart Environment)

يركز البعد البيئي على إدارة الموارد الطبيعية بشكل مستدام والحفاظ على جودة البيئة المحيطة. ويشمل ذلك: توفير الظروف الطبيعية الجاذبة، والحماية البيئية ومكافحة التلوث، والإدارة المستدامة للموارد (زعتري، بن العبد، 2019، صفحة 30). وتسعى المدن الذكية من خلال هذا البعد إلى تحقيق نموذج الاقتصاد الدائري، من خلال ترشيد استهلاك الطاقة والمياه، وتقليل البصمة الكربونية، وإدارة النفايات بطرق ذكية.

3- الحوكمة الذكية (Smart Governance)

يعني البعد المؤسسي أو الحوكمة الذكية المشاركة الفعالة للمواطنين في صنع القرار، وشفافية الإدارة المحلية. ويتضمن هذا البعد: المشاركة في صنع القرار، وحوكمة النقل، والخدمات العامة والاجتماعية، والاستراتيجيات ووجهات النظر السياسية (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 8). وتوفر المدينة الذكية منصات رقمية مفتوحة تسمح للمواطنين بالاطلاع على بيانات الميزانية ومشاريع البنية التحتية، وتحول المواطن من متلقي سلبي للخدمات إلى شريك فاعل في صنع القرار.

4- الحياة الذكية (Smart Living)

يركز هذا البعد على جودة حياة المواطن وتحسين مستوى معيشته. ويشمل ذلك: المرافق الثقافية والتعليمية، وسلامة الأفراد، والتماسك الاجتماعي، والظروف الصحية، وجودة السكن، والجاذبية السياحية (ثابت وأحمد، 2020، صفحة 55).

وتضع المدينة الذكية المواطن في مركز الاهتمام، وتقيس نجاحها بمؤشرات مرتبطة بتحسين حياته اليومية، مثل تقليل زمن التنقل، وتحسين جودة الهواء، وسهولة الوصول إلى الخدمات الحكومية الرقمية.

5- التنقل الذكي (Smart Mobility)

يشير هذا البعد إلى إمكانية التنقل داخل المدينة وخارجها بطرق فعالة ومستدامة. ويتضمن: إمكانية التنقل المحلية والدولية، وتوفير البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وأنظمة النقل المستدامة والمبتكرة والأمنة (صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020، صفحة 115)، وأن المدن الذكية تتميز بقدرتها على إدارة حركة المرور بشكل ذكي، حيث يمكن لأنظمة المرور تعديل توقيت الإشارات الضوئية تلقائياً بناءً على كثافة السيارات في اللحظة نفسها. (مطير ، 2023، صفحة 52)

6- الشعب الذكي (Smart People)

يعني هذا البعد رأس المال الاجتماعي والبشري، أي مستوى تأهيل السكان وقدرتهم على التعامل مع التقنيات الحديثة والمشاركة في الحياة العامة. ويتضمن: مستوى التأهيل والتعليم، والتعددية الاجتماعية والعرقية، والمرونة والقدرة على التكيف، والمشاركة في الحياة العامة، والميل إلى التعلم مدى الحياة، والإبداع، والانفتاح العالمي (القاضي ، العراقي، 2018، صفحة 8). فالمواطن الذكي هو الذي يستطيع استخدام التطبيقات الذكية والتفاعل مع المنصات الرقمية والمشاركة في صنع القرار.

الجدول رقم (02): أبعاد وعوامل المدينة الذكية المستدامة

البعد	التعريف	العوامل ذات الصلة
أولاً: الاقتصاد الذكي	القدرة التنافسية والابتكار الاقتصادي	روح الابتكار - الصورة الاقتصادية والعلامات التجارية - مرونة سوق العمل - القدرة على التحول - ريادة الأعمال - الإنتاجية - الاندماج الدولي
ثانياً: البيئة الذكية	إدارة الموارد الطبيعية بشكل مستدام	الظروف الطبيعية الجذابة - الحماية البيئية - مكافحة التلوث - الإدارة المستدامة للموارد
ثالثاً: الحوكمة الذكية	المشاركة والشفافية في صنع القرار	المشاركة في صنع القرار - حوكمة النقل - الخدمات العامة والاجتماعية - الاستراتيجيات ووجهات النظر السياسية
رابعاً: الحياة الذكية	جودة الحياة وتحسين مستوى المعيشة	المرافق الثقافية - سلامة الأفراد - المرافق التعليمية - التماسك الاجتماعي - الظروف الصحية - جودة السكن - الجاذبية السياحية
خامساً: التنقل الذكي	النقل الفعال والمستدام باستخدام تكنولوجيا المعلومات	إمكانية التنقل المحلية - توفر البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات - إمكانية التنقل الدولي - أنظمة النقل المستدامة والمبتكرة والأمنة
سادساً: الشعب الذكي	رأس المال الاجتماعي والبشري	مستوى التأهيل والتعليم - التعددية الاجتماعية والعرقية - المرونة والقدرة على التكيف - المشاركة في الحياة العامة - الميل إلى التعلم مدى الحياة - الإبداع - العالمية والانفتاح

المصدر: من إعداد الطالبتين، (الشريف، 2022)، (خنفوسي، بن صغير، 2020))

ثالثاً: خصائص المدن الذكية

تتميز المدن الذكية بمجموعة من الخصائص الجوهرية التي تفرقها عن النمط التقليدي للمدن، ويمكن حصر هذه الخصائص في النقاط التالية:

1- البنية التحتية الرقمية المتصلة

تعتبر البنية التحتية الرقمية العمود الفقري للمدينة الذكية، حيث تتميز بوجود شبكة متكاملة من أجهزة الاستشعار والكاميرات وأجهزة إنترنت الأشياء (IoT) المنتشرة في مختلف مرافق المدينة، وهي متصلة ببعضها عبر شبكات اتصالات فائقة السرعة. ويشير إلى أن "هذه البنية تمكّن من جمع البيانات في الزمن الحقيقي، مما يسمح باتخاذ القرارات الفورية والاستجابة السريعة للمتغيرات". (صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020)

2- الاعتماد على البيانات في اتخاذ القرار

تختلف المدينة الذكية عن نظيرتها التقليدية في أسلوب صنع القرار؛ فبدلاً من الاعتماد على الحدس أو البيانات التاريخية غير المحدثة، تعتمد المدينة الذكية على تحليلات البيانات الضخمة (Big Data Analytics) والذكاء الاصطناعي لتقديم توصيات دقيقة وفورية، وفي هذا السياق "البيانات تمثل النفط الجديد في عصر المدن الذكية، حيث تُستخدم لتحسين كفاءة الخدمات وتوقع المشكلات قبل وقوعها". (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 88)

3- الاستدامة البيئية وكفاءة الموارد

تسعى المدن الذكية إلى تحقيق نموذج الاقتصاد الدائري (Circular Economy) من خلال ترشيد استهلاك الموارد وتقليل البصمة الكربونية. ويتجلى ذلك في عدة تطبيقات، منها: إضاءة شوارع ذكية تتكيف مع حركة المارة، وشبكات كهرباء ذكية توازن بين العرض والطلب، وأنظمة إدارة نفايات تعتمد على حاويات ذكية تطلب جمعها فقط عند امتلائها. و أن "المدينة الذكية هي الوجه الجديد للتنمية المستدامة، حيث تدمج بين الأبعاد البيئية والاقتصادية في إطار تشغيلي واحد". (زعتري، بن العبد، 2019، صفحة 30)

4- التركيز على جودة حياة المواطن

تضع المدينة الذكية المواطن في مركز الاهتمام، وتقيس نجاحها بمؤشرات مرتبطة بتحسين حياته اليومية، مثل: تقليل زمن التنقل، تحسين جودة الهواء، زيادة الأمان، سهولة الوصول إلى الخدمات الحكومية الرقمية، وتوفير رعاية صحية عن بُعد، و أن "تجربة المدن الذكية في الإمارات العربية المتحدة أثبتت أن التركيز على المواطن هو مفتاح النجاح، حيث تم تصميم الخدمات الرقمية وفقاً لاحتياجاته الفعلية". (ثابت وأحمد، 2020)

5- الشفافية والحوكمة التشاركية

توفر المدينة الذكية منصات رقمية مفتوحة (open data platforms) تسمح للمواطنين والشركات والمستثمرين بالاطلاع على بيانات الميزانية، مشاريع البنية التحتية، ومؤشرات الأداء. كما تتيح هذه المنصات تلقي مقترحات المواطنين وشكاواهم والمشاركة في وضع الأولويات. كما أن "الحكومة التشاركية تمثل أحد الركائز الأساسية للمدن الذكية، حيث تحول المواطن من متلقي سلبي للخدمات إلى شريك فاعل في صنع القرار". (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 8)

6- المرونة والقدرة على التكيف: (Resilience)

تتميز المدينة الذكية بقدرتها على الاستجابة السريعة للأزمات والتكيف مع المتغيرات الطارئة، سواء كانت طبيعية (كالفيضانات والزلازل) أو صحية (كالجوائح). وقد برزت هذه الخاصية بشكل جلي خلال جائحة كوفيد-19، حيث استطاعت المدن الذكية استخدام أنظمة الإنذار المبكر وتقنيات التتبع الرقمي للحد من انتشار الوباء. وقد أكد تقرير صادر عن "دبي الذكية" أن المدن التي تمتلك بنية تحتية رقمية متطورة كانت أكثر قدرة على مواجهة تداعيات الجائحة، والحفاظ على استمرارية الخدمات العامة، وضمان سلامة المواطنين. (دبي الذكية، 2020) و أن "التحول إلى المدن الذكية لم يعد رفاهية بل ضرورة حتمية لمواجهة الأزمات الصحية والبيئية التي يشهدها العالم". (مطير ، 2023، صفحة 55)

7- التنوع والشمولية في الخدمات

تغطي المدن الذكية مختلف مجالات الحياة، بما في ذلك المباني والنقل وأنظمة الاتصالات وخدمات الأمن الحضري وشبكات تصريف مياه الأمطار والإنارة العامة، إلى جانب الاقتصاد الذي يدعم المؤسسات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة. (الشريف، 2022، صفحة 25)

شكل رقم (03) خصائص المدن الذكية



المصدر: من اعداد الطالبتين في دراسة (رواجي، سناء وعوفي، مصطفى، 2023)

جدول (03): تلخيص لخصائص المدينة الذكية:

الخاصية	مضمونها الأساسي	المرجع
البنية الرقمية المتصلة	شبكات استشعار واتصالات فائقة السرعة	(صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020)
اتخاذ القرار بالبيانات	تحليلات لحظية وذكاء اصطناعي	(خنفوسي، بن صغير، 2020)
الاستدامة البيئية	اقتصاد دائري وكفاءة طاقة	(زعتري، بن العبد، 2019)
جودة حياة المواطن	خدمات مريحة تركز على الإنسان	(ثابت وأحمد، 2020)

الشفافية التشاركية	منصات بيانات مفتوحة ومشاركة مجتمعية	(العرفان ، وعبد المنعم،، 2019)
المرونة والتكيف	سرعة الاستجابة للآزمات	(مطير ، 2023)
التنوع والشمولية	تغطية مختلف قطاعات الخدمات	(الشريف، 2022)

المصدر: من إعداد الطالبتين، (العرفان ، وعبد المنعم،، 2019) و (خنفوسي ،بن صغير، 2020)

المطلب الثاني: متطلبات المدن الذكية

تتفق الأدبيات على أن نجاح التحول إلى مدينة ذكية يعتمد على توفر حزمة من المتطلبات تتفاعل فيما بينها بشكل حساس، حيث يؤدي نقص أي منها إلى إعاقة تحقيق الأهداف المرجوة

أولاً: مفهوم متطلبات المدن الذكية

تُعرف متطلبات المدن الذكية بأنها "المقومات الأساسية التي يجب توفرها في المدينة لتتمكن من تبني مفهوم الذكاء والتحول الرقمي، وتشمل هذه المتطلبات جوانب تقنية وبشرية ومؤسسية ومالية". (خنفوسي ،بن صغير، 2020، صفحة 82)

وتصنف متطلبات المدن الذكية عادة إلى أربعة أصناف رئيسية:

- المتطلبات التكنولوجية (البنية التحتية الرقمية)
- المتطلبات المؤسسية (الحوكمة والتشريعات)
- المتطلبات البشرية (رأس المال البشري والمهارات)
- المتطلبات المالية (التمويل والاستثمار)

وفي هذا المطلب، سنركز بشكل أساسي على المتطلبات التكنولوجية والبنية التحتية، باعتبارها الركيزة المادية التي تقوم عليها باقي المتطلبات.

ثانياً: البنية التحتية للمدن الذكية:

تمثل البنية التحتية العمود الفقري للمدينة الذكية، حيث لا يمكن تصور أي تطبيق ذكي دون وجود بنية تحتية قادرة على دعمه. ويمكن تقسيم البنية التحتية للمدن الذكية إلى نوعين رئيسيين.

الشكل رقم (04): البنية التحتية للمدن الذكية



المصدر: من اعداد الطالبتين، (العرفان ، وعبد المنعم، 2019) و (الشريف، 2022)

1- البنية التحتية التقليدية (المادية)

وهي البنية الأساسية التي توجد في أي مدينة، ولكنها في المدينة الذكية تُجهز بأجهزة استشعار وأنظمة تحكم ذكية. وتشمل:

أ. شبكات النقل والمواصلات الذكية:

تتميز المدينة الذكية بوجود نظام نقل متكامل يعتمد على: (زعتن ، بن العبد، 2019، صفحة 35)

- إشارات مرور ذكية تتكيف تلقائياً مع كثافة السيارات.

- مواقف سيارات ذكية تُظهر للمواطن المكان الشاغر عبر تطبيق جوال.
 - وسائل نقل عام ذكية (حافلات وقطارات) مزودة بأنظمة تحديد المواقع (GPS) وإعلانات رقمية فورية.
 - طرق ذكية مزودة بأجهزة استشعار لقياس درجة حرارة الأسفلت ورطوبته
- و أن "أنظمة النقل الذكية تساهم في تخفيف الازدحام المروري بنسبة تتراوح بين 15-20%، وتقليل زمن الرحلات اليومية بنسبة تصل إلى 25%". (العرفان ، وعبد المنعم،، 2019، صفحة 12)

ب. شبكات الطاقة الذكية: (Smart Grids)

تتميز المدينة الذكية بشبكة كهرباء ذكية قادرة على:

- قياس الاستهلاك لحظة بلحظة (عدادات ذكية).
 - الموازنة بين العرض والطلب تلقائياً.
 - دمج مصادر الطاقة المتجددة (الشمس، الرياح) بشكل فعال.
 - إدارة الأحمال الكهربائية لتجنب انقطاع التيار.
- و أن "شبكات الطاقة الذكية تمثل نقلة نوعية في إدارة الموارد الطاقية، حيث تساهم في خفض استهلاك الطاقة بنسبة تتراوح بين 10-30%". (الشريف، 2022، صفحة 45)

ج. شبكات المياه والصرف الصحي الذكية:

تشمل هذه البنية:

- أنابيب مزودة بأجهزة استشعار لكشف التسربات فور حدوثها.
- محطات معالجة ذكية تتكيف مع جودة المياه الواردة.
- عدادات مياه ذكية تقيس الاستهلاك بدقة وترسل القراءات آلياً.
- أنظمة ري ذكية للمساحات الخضراء تعتمد على رطوبة التربة والتوقعات الجوية. (صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020، صفحة 115).

د. إدارة النفايات الذكية:

- حاويات نفايات مزودة بأجهزة استشعار تقيس مستوى الامتلاء.
- مسارات جمع ديناميكية تتغير حسب الحاجة بدلاً من الجولات الثابتة.

- فرز آلي للنفايات القابلة لإعادة التدوير.

هـ. المباني والمنشآت الذكية:

- أنظمة إدارة المباني (BMS) تتحكم في الإضاءة والتدفئة والتهوية وتكييف الهواء.
- استشعار حركة الأشخاص لإطفاء الإضاءة في الغرف الفارغة.
- أنظمة إنذار مبكر للحريق والغاز والفيضانات.

2- البنية التحتية الرقمية (الاتصالات والمعلومات)

وهي البنية غير الملموسة التي تمكن من نقل البيانات ومعالجتها، وتشكل "الجهاز العصبي" للمدينة الذكية.

أ. شبكات الاتصالات فائقة السرعة:

- الألياف البصرية (Optic Fiber) العمود الفقري للاتصالات، وتوفر سرعات تصل إلى 1 جيجا بت/ثانية.
- شبكات الجيل الخامس (5G): تتيح سرعات عالية جداً وزمن استجابة منخفض جداً (أقل من 1 مللي ثانية)، وهو أمر ضروري للتطبيقات الحرجة مثل القيادة الذاتية والجراحة عن بُعد.
- شبكات Wi-Fi العامة المجانية: تغطي الأماكن الحيوية في المدينة الساحات، الحدائق، محطات النقل.
- و أن "شبكات الجيل الخامس تمثل نقلة نوعية في سرعة الاتصالات، حيث تزيد السرعة بعشرة أضعاف عن الجيل الرابع، وتقلل زمن الاستجابة إلى أجزاء من الثانية". (القاضي ، العراقي، 2018، صفحة 9)

ب. الأشياء إنترنت (Internet of Things – IoT)

وهو شبكة من الأجهزة المتصلة بالإنترنت والتي تجمع البيانات وترسلها. في المدينة الذكية، يتم ربط كل شيء بالإنترنت:

- أجهزة استشعار في الشوارع لقياس جودة الهواء ودرجة الحرارة والضوضاء.
- كاميرات مراقبة ذكية مزودة بتقنيات التعرف على الوجوه ولوحات السيارات.
- أجهزة استشعار في الجسور والمباني لقياس الاهتزازات والسلامة الإنشائية.

كما أن "إنترنت الأشياء يربط بين الأشياء المادية والأنظمة الرقمية، مما يمكن من مراقبة المدينة وتحكم فيها عن بُعد وفي الزمن الحقيقي". (بن نذير، وبلعش، 2018، صفحة 50)

خ. مراكز البيانات والتحليلات الضخمة (Analytics Data Big & Centers Data)

- مركز التحكم المركزي (Center Command) غرفة تحكم ضخمة تستقبل كل البيانات من أجهزة الاستشعار.

- الخوادم السحابية (Computing Cloud) لتخزين ومعالجة الكميات الهائلة من البيانات (البيانات الضخمة).

- الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات: لتحويل البيانات الأولية إلى قرارات وتتنبؤات مفيدة.

و أن "مراكز البيانات تمثل عقل المدينة الذكية، حيث تتم فيها عمليات التحليل واتخاذ القرار، وتحتاج إلى استثمارات كبيرة في الأجهزة والبرمجيات والكفاءات البشرية". (ثابت وأحمد، 2020، صفحة 60)

د. منصات البيانات المفتوحة (Platforms Data Open)

وهي منصات رقمية تتيح للمواطنين والشركات والمستثمرين الوصول إلى بيانات المدينة (مع مراعاة الخصوصية).

تساهم هذه المنصات في: (مطير ، 2023 ، صفحة 48)

- الشفافية والمشاركة المجتمعية.
- تشجيع الابتكار وريادة الأعمال حيث يمكن للشركات الناشئة تطوير تطبيقات تعتمد على بيانات المدينة.
- تحسين كفاءة اتخاذ القرار .

ذ. الأمن السيبراني (Cybersecurity):

مع تزايد الاعتماد على البيانات والشبكات، يصبح الأمن السيبراني متطلباً أساسياً وليس اختياريًا. يشمل ذلك:

- حماية بيانات المواطنين من الاختراق.
- تأمين البنية التحتية الحيوية (كهرباء، ماء، نقل) من الهجمات الإلكترونية.
- أنظمة كشف التسلل والاستجابة للحوادث.

و أن "الأمن السيبراني يمثل التحدي الأكبر في المدن الذكية، حيث أن أي اختراق لأنظمة التحكم قد يؤدي إلى شلل المدينة بأكملها". (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 18)

ثالثاً: متطلبات الثانوية للمدن الذكية

بالإضافة إلى البنية التحتية (المادية والرقمية) التي تمثل العمود الفقري للمدن الذكية، هناك مجموعة من المتطلبات الثانوية التي لا تقل أهمية عنها، بل إن نجاح المدن الذكية يتوقف على توفرها. ويمكن حصر هذه المتطلبات في ثلاثة محاور رئيسية: المتطلبات المؤسسية، والمتطلبات البشرية، والمتطلبات المالية.

1- المتطلبات المؤسسية

تتمثل المتطلبات المؤسسية في الإطار التنظيمي والقانوني والإداري الذي يحكم عمل المدينة الذكية. وتشمل:

- أ. **الأطر التشريعية والقانونية:** تحتاج المدن الذكية إلى وجود قوانين وتشريعات تنظم عملها، وتحمي خصوصية البيانات، وتحدد المسؤوليات القانونية، خاصة في المجالات المستجدة مثل السيارات ذاتية القيادة، واستخدام الطائرات بدون طيار، وقبول الأدلة الرقمية في المحاكم. ويؤكد الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) أن الإطار القانوني والتنظيمي هو أحد العوامل الأساسية التي يجب تقييمها قبل الشروع في تطبيق حلول المدن الذكية، ويشمل ذلك القوانين المتعلقة بحماية البيانات والخصوصية والأمن السيبراني. (ITU, 2023)
- ب. **الحكومة الرشيدة:** تقوم المدينة الذكية على إدارة شفافة وخاضعة للمساءلة، مع آليات واضحة لاتخاذ القرار، ومكافحة الفساد، وضمان كفاءة استخدام الموارد العامة. وتشير الأبحاث إلى أن نجاح مشاريع المدن الذكية يعتمد بشكل كبير على وجود نماذج حوكمة متكاملة تدير علاقات stakeholders وتضمن التوافق القانوني والتنظيمي. (Withanage, K.T., Kajewski, S., & Teo, M, 2025)

- ج. **التنسيق بين الجهات الحكومية:** تتطلب المدينة الذكية تنسيقاً غير مسبوق بين مختلف الجهات الحكومية (البلدية، النقل، الصحة، التعليم، الطاقة، المياه، الأمن). وقد أقر القانون الأمريكي "Smart Cities and Communities Act of 2024" بضرورة إنشاء مجلس وطني للتنسيق بين الوكالات الفيدرالية لتعزيز التعاون وتبادل أفضل الممارسات في مجال المدن الذكية. (U-S-Congress, 2024)

- د. **الشراكات مع القطاع الخاص:** لا تستطيع الحكومات وحدها تمويل وتنفيذ مشاريع المدن الذكية، لذلك من الضروري إقامة شراكات استراتيجية مع القطاع الخاص. (PPPs) وقد أكدت دراسات حديثة أن الشراكات بين القطاعين العام والخاص توفر حلاً قابلاً للتطبيق لتقاسم الموارد والمخاطر بين القطاعين، مما يعزز

تقديم مشاريع المدن الذكية ويحسن في النهاية جودة حياة المواطنين (Withanage, K.T., Kajewski, S., & Teo, M, 2025).

2- المتطلبات البشرية

تتمثل المتطلبات البشرية في المهارات والقدرات والوعي اللازم لدى المواطنين والعاملين في المدينة الذكية. وتشمل:

أ- **رأس المال البشري الماهر:** تحتاج المدينة الذكية إلى توفر كوادر بشرية مؤهلة ومدربة في مجالات التكنولوجيا الرقمية، وتحليل البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي، والأمن السيبراني. وتؤكد دراسة Salaj (2024) أن "التحدي الأكبر هو على جانب الموارد البشرية، وكيف يمكننا إعداد الموظفين بسرعة للتكيف مع متطلبات الثورة الصناعية الرابعة ومجتمع 5.0". وتشير الدراسة إلى أن المهارات الرقمية المتقدمة مثل: الذكاء الاصطناعي والتفكير النقدي والتحليلي هي من الكفاءات الأساسية التي تقتصر إليها الشركات حالياً. (Salaj, A.T., Torp, O., & Andalib, E. , 2024)

ب. **الثقافة الرقمية والمهارات الشخصية: (AI Soft Skills)** لا يكفي أن توفر المدينة الذكية خدمات رقمية متطورة، بل يجب أيضاً رفع مستوى الوعي والثقافة الرقمية لدى المواطنين. وقد كشفت دراسة حديثة (2025) أن "المهارات الشخصية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي مثل الإقناع، التعاون، adaptability، الذكاء العاطفي، والإبداع، أصبحت أساسية لتحقيق أهداف المدن الذكية، حيث تساعد الفرق متعددة التخصصات على استخدام الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في دعم القرار والخدمات المدنية. (Sustainability Journal, 2025)

ج. **سد الفجوة الرقمية: (Digital Inclusion)** قد يواجه بعض فئات المجتمع (كبار السن، ذوي الدخل المحدود، ذوي الاحتياجات الخاصة) صعوبة في استخدام الخدمات الرقمية. وتؤكد الإرشادات البرازيلية للمدن الذكية (صادرة في يوليو 2025) على "أهمية الإدماج الرقمي للمواطنين ودمج التقنيات الآمنة والتي يسهل الوصول إليها، مع التركيز على حماية البيانات الشخصية وأمن المعلومات. (SEMPI MCID، 2025)

د. **جذب الكفاءات العالمية:** تحتاج المدينة الذكية إلى استقطاب المواهب والكفاءات العالمية في مجالات التكنولوجيا والابتكار، وذلك من خلال تبني سياسات هجرة مرنة وتوفير بيئة جاذبة للعمل والابتكار. ويشير قانون المدن الذكية الأمريكي إلى ضرورة "تطوير قوة عاملة ماهرة في تقنيات المدن الذكية" من خلال برامج التدريب والتطوير. (U-S-Congress, 2024)

3- المتطلبات المالية

تتمثل المتطلبات المالية في توفر التمويل الكافي والمستدام لمشاريع البنية التحتية الذكية. وتشمل:

أ. **تنويع مصادر التمويل**: لا يمكن الاعتماد على مصدر واحد للتمويل (مثل الميزانية الحكومية فقط)، بل يجب تنويع المصادر بين المحلية والدولية، وبين العامة والخاصة. وقد نظم الاتحاد الأوروبي Smart Cities "Marketplace" الذي يهدف إلى ربط السلطات المحلية بالخبراء والشركاء والحلول المالية لتسريع تنفيذ المشاريع المؤثرة. (S-C-M, 2025)

ب. **آليات تمويل مبتكرة**: تحتاج مشاريع البنية التحتية الذكية إلى أدوات تمويل حديثة تتناسب مع خصائصها. واستعرض خبراء "Smart Cities Marketplace" نماذج تمويل ناشئة للمدن، بما في ذلك آليات مبتكرة مثل صناديق التحول العادل للطاقة (Just Energy Transition Fund) وسندات Vilawatt كعملة رقمية محلية تكافئ السلوك المستدام. (S-C-M, 2025)

ج. **الجدوى الاقتصادية للمشاريع**: يجب إجراء دراسات جدوى اقتصادية دقيقة قبل الشروع في أي مشروع، لضمان أن العوائد المتوقعة (المالية والاجتماعية والبيئية) تفوق التكاليف. ويؤكد إطار عمل IEC (2025) على أهمية تقييم احتياجات المدينة كخطوة أولى، بما في ذلك تقييم الوضع الحالي للبنية التحتية والخدمات وتحديد المجالات التي يمكن إجراء تحسينات فيها. (IEC, 2025)

د. **الحوافز الضريبية وتقاسم المخاطر**: يمكن للحكومة تقديم حوافز ضريبية للمستثمرين، أو إنشاء آليات لتقاسم المخاطر لتشجيع القطاع الخاص على المشاركة. وتشير الأدبيات إلى أن مشاريع المدن الذكية غالباً ما تنطوي على تكاليف أعلى ومخاطر أكبر من المبادرات الحضرية التقليدية، مما يستلزم وجود نماذج حوكمة قوية وآليات لتقاسم المخاطر. (Withanage, K.T., Kajewski, S., & Teo, M, 2025)

المطلب الثالث: المزايا والتحديات التي تواجه المدن الذكية

على الرغم من الفوائد الكبيرة التي تقدمها المدن الذكية، إلا أنها تواجه مجموعة من التحديات التي قد تعيق تحقيق أهدافها. يتناول هذا المطلب استعراضاً متوازناً للمزايا الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تحققها المدن الذكية، وكذلك التحديات التقنية والبشرية والمالية التي تواجهها.

أولاً: مزايا المدن الذكية

تتمتع المدن الذكية بمجموعة واسعة من المزايا التي تؤثر إيجاباً في مختلف جوانب الحياة الحضرية، ويمكن تصنيف هذه المزايا إلى ثلاث فئات رئيسية:

1- المزايا الاقتصادية

تتمثل فيما يلي:

أ. تحسين كفاءة استخدام الموارد:

تساهم المدن الذكية في ترشيد استهلاك الموارد الأساسية مثل الطاقة والمياه، مما يقلل من التكاليف التشغيلية للمدينة وللمواطنين على حد سواء. فشبكات الكهرباء الذكية، على سبيل المثال، تخفض فواتير الطاقة من خلال تحسين توزيع الكهرباء وتقليل الفاقد. وتشير التقديرات إلى أن "شبكات الطاقة الذكية يمكن أن تخفض استهلاك الطاقة بنسبة تتراوح بين 10-30%". (الشريف، 2022، صفحة 45)

ب. جذب الاستثمارات وخلق فرص عمل جديدة:

تعد المدن الذكية بيئة جاذبة للاستثمارات المحلية والأجنبية، خاصة في قطاعات التكنولوجيا والابتكار. كما تساهم في خلق فرص عمل جديدة في مجالات تحليل البيانات، وتطوير التطبيقات، وصيانة البنية التحتية الرقمية. و أن "السوق العالمي للمدن الذكية من المتوقع أن يصل إلى 7 تريليون دولار بحلول عام 2030، مما سيخلق ملايين فرص العمل الجديدة" (صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020، صفحة 110)

ج. تقليل التكاليف التشغيلية للخدمات العامة:

تساهم الأتمتة والتحول الرقمي في خفض تكاليف تقديم الخدمات العامة. فأنظمة إدارة النفايات الذكية، على سبيل المثال، تقلل من تكاليف جمع النفايات بنسبة تصل إلى 30% من خلال تحسين مسارات الشاحنات. (زعتري، بن العبد، 2019، صفحة 40)

د. زيادة الإنتاجية:

يساهم تقليل أوقات التنقل وتحسين بيئة العمل في زيادة إنتاجية العمال والشركات، فأنظمة النقل الذكية تخفف الازدحام، مما يوفر ساعات طويلة من وقت المواطنين يمكن استثمارها في العمل أو الأنشطة الإنتاجية الأخرى. (Ibrahim، 2025)

2- المزايا الاجتماعية

أ. تحسين جودة حياة المواطنين:

تضع المدن الذكية المواطن في مركز اهتمامها، وتسعى إلى تحسين حياته اليومية من خلال: (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 14)

- تقليل زمن التنقل اليومي.
 - سهولة الوصول إلى الخدمات الحكومية عبر تطبيقات الهواتف الذكية.
 - توفير رعاية صحية عن بُعد. (telemedicine)
 - تحسين الأمان العام من خلال كاميرات مراقبة ذكية وأنظمة استجابة سريعة للطوارئ.
- وأن المدن الذكية تساهم في تقليل أوقات الاستجابة للطوارئ بنسبة تتراوح بين 20-35%، مما ينقذ الأرواح ويقلل من الإصابات.

ب. تحسين الخدمات الصحية:

تساهم التطبيقات الذكية في المجال الصحي في: (مطير ، 2023، صفحة 52)

- المراقبة عن بُعد للمرضى المزمنين.
 - الكشف المبكر عن الأوبئة من خلال تحليل البيانات.
 - تقليل أوقات الانتظار في المستشفيات.
 - تحسين توزيع الموارد الصحية حسب الطلب.
- وأن المدن الذكية تساهم في تقليل معدلات الإصابة بالأمراض النفسية بنسبة تتراوح بين 8-15%، من خلال تحسين جودة البيئة المحيطة وتقليل التوتر المرتبط بالازدحام والتلوث.

ج. تعزيز الشفافية والمشاركة المجتمعية:

توفر منصات البيانات المفتوحة والتطبيقات التفاعلية فرصة للمواطنين للمشاركة في صنع القرار ومراقبة أداء الحكومة. وهذا يعزز الثقة بين المواطنين والجهات الحكومية ويقلل من فرص الفساد. (خنفوسي ،بن صغير، 2020، صفحة 90)

د. تحسين الأمن والسلامة العامة:

تساهم أنظمة المراقبة الذكية، وكاميرات التعرف على الوجوه، وأجهزة الاستشعار المنتشرة في المدينة في:

- كشف الجرائم والتعامل معها بسرعة أكبر. (Obenberger، 2024)
- تحسين الاستجابة للحوادث والكوارث.
- تقليل حوادث المرور من خلال أنظمة التحذير المبكر.

3- المزايا البيئية

أ. تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة:

تساهم المدن الذكية في خفض البصمة الكربونية من خلال:

- 4- تشجيع النقل العام والدراجات الهوائية عبر تطبيقات ذكية.
- 5- تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني والمرافق.
- 6- إدارة حركة المرور لتقليل الازدحام والتوقف غير الضروري.

وتشير التقديرات إلى أن "المدن الذكية تساهم في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة تتراوح بين 10-15% سنوياً". (زعتري، بن العبد، 2019، صفحة 38)

ب. تحسين جودة الهواء والمياه:

تتيح أجهزة الاستشعار المنتشرة في المدينة قياس جودة الهواء والمياه بشكل لحظي، مما يمكن السلطات من اتخاذ إجراءات سريعة عند ارتفاع مستويات التلوث (Hassan-et-al, 2026). كما تساهم أنظمة الري الذكية في ترشيد استهلاك المياه والحفاظ على المساحات الخضراء.

ج. الإدارة المستدامة للنفايات:

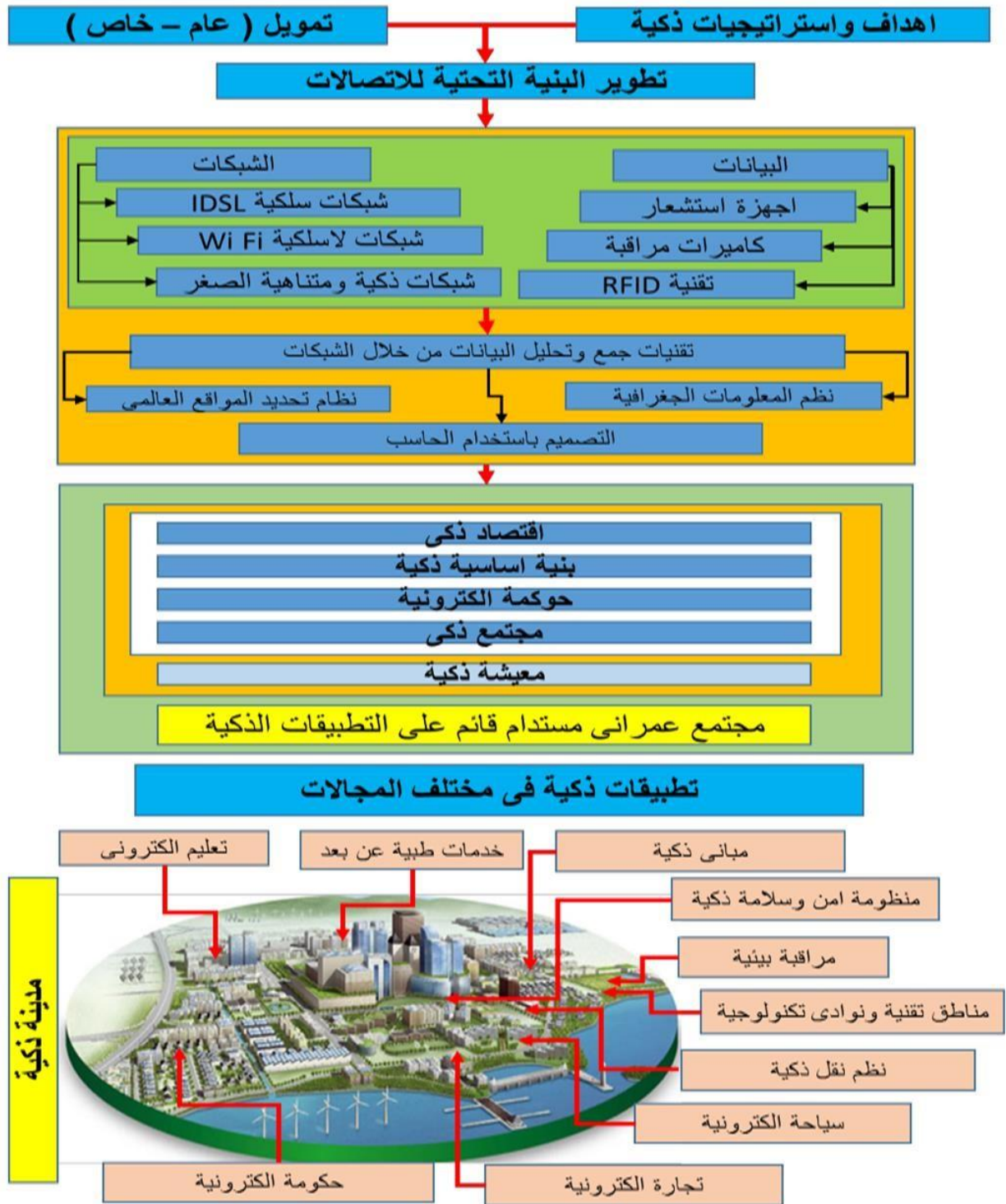
تساهم الحاويات الذكية وأنظمة الجمع الديناميكية في:

- تقليل عدد رحلات شاحنات جمع النفايات.
- زيادة نسبة النفايات المعاد تدويرها.
- تقليل التلوث الناتج عن حرق النفايات أو دفنها. (القاضي، العراقي، 2018، صفحة 12)

د. الحفاظ على الموارد الطبيعية:

من خلال ترشيد استهلاك المياه والطاقة والمواد الخام، تساهم المدن الذكية في الحفاظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة، وهو ما يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة.

الشكل رقم (05): آليات تحول المدن القائمة إلى مدن ذكية



المصدر: (لقاضي، أحمد نجيب عبد الحكيم، والعراقي، محمد إبراهيم، 2018، صفحة 9)

ثانياً: التحديات التي تواجه المدن الذكية

على الرغم من المزايا الكبيرة، تواجه المدن الذكية مجموعة من التحديات التي قد تعيق تحقيق أهدافها، ويمكن تصنيفها كما يلي: (العرفان ، وعبد المنعم.، 2019، صفحة 20)

1- التحديات التقنية

أ. تكلفة البنية التحتية العالية:

يعد إنشاء البنية التحتية للمدينة الذكية مكلفاً للغاية، حيث يتطلب:

7- تركيب آلاف أجهزة الاستشعار والكاميرات.

8- مد شبكات الألياف البصرية في جميع أنحاء المدينة.

9- إنشاء مراكز بيانات ضخمة.

10- تطوير أنظمة البرمجيات والتحكم.

و أن "تكلفة تحويل مدينة متوسطة الحجم إلى مدينة ذكية قد تصل إلى مليارات الدولارات، وهو ما يشكل عبئاً كبيراً على ميزانيات الدول النامية"

ب. مخاطر الأمن السيبراني:

مع زيادة الاعتماد على الشبكات والبيانات، تزداد مخاطر الاختراق الإلكتروني. فالهجوم على أنظمة التحكم في المدينة (كهراء، ماء، نقل) قد يؤدي إلى شل المدينة بأكملها. و أن "المدن الذكية تمثل هدفاً جذاباً للقراصنة والجهات العدائية، مما يتطلب استثمارات ضخمة في أنظمة الحماية السيبرانية". (مطير ، 2023، صفحة 55)

ج. مشكلات التوافق والتكامل بين الأنظمة:

غالباً ما تستخدم أنظمة المدن الذكية تقنيات وبروتوكولات مختلفة من موردين متعددين، مما يخلق تحديات في جعل هذه الأنظمة تعمل معاً بسلاسة. كما أن تحديث الأنظمة القديمة (Legacy Systems) وربطها بالأنظمة الجديدة يمثل تحدياً إضافياً. (خنفوسي ،بن صغير ، 2020، صفحة 92)

د. إدارة البيانات الضخمة:

تولد المدينة الذكية كميات هائلة من البيانات (Big Data) يومياً مما يخلق تحديات في:

2- **تخزين هذه البيانات بشكل آمن**: تواجه المدن تحديات لوجستية في الاحتفاظ بهذه الكميات الهائلة من البيانات، بالإضافة إلى التحديات الدفاعية لحماية هذه البيانات من الاختراقات والوصول غير المصرح به، وقد أظهر تحليل استراتيجيات 28 مدينة حول العالم أن معظمها تقتصر إلى تدابير كافية لحماية البيانات. (New America, 2026)

3- **معالجتها وتحليلها بسرعة**: تتطلب كميات البيانات الضخمة المتولدة أنظمة متخصصة لمعالجتها وتحليلها في الوقت الفعلي (Balakumar & Vydehi, 2025) فمعالجة هذه البيانات في الوقت المناسب تتيح اتخاذ قرارات استباقية وتحسين كفاءة الخدمات الحضرية. وتشمل التحديات قضايا قابلية التوسع (scalability) والاعتماد على بعضها البعض (interoperability) بين الأنظمة المختلفة (Dritsas & Trigka, 2025).

4- **استخلاص رؤى مفيدة منها**: يتطلب تحويل كميات البيانات الضخمة إلى رؤى قابلة للتنفيذ أدوات تحليل متقدمة، مثل خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي (Dritsas & Trigka, 2025; EMERALDS Project, 2025). تتيح الرؤى المستخلصة تحسين تخطيط المدن، وتخصيص الموارد، وتعزيز الاستدامة. (Balakumar, C., & Vydehi, S., 2025)

5- **حماية خصوصية المواطنين مع الاستفادة من بياناتهم**: يشكل هذا التحدي أحد أهم القضايا في تطبيقات المدن الذكية. فمع تزايد الاعتماد على البيانات، ترتفع مخاطر انتهاك الخصوصية والاختراقات وسوء استخدام المعلومات الحساسة (Blasi et al 2026 New America 2026) تشمل الحلول المبتكرة تقنيات مثل إخفاء الهوية عند نقطة التجميع باستخدام التعلم الفيدرالي والحوسبة الحوضي (Edge Computing) (dataMatters, 2025) تؤكد الدراسات أن الثقة في إدارة البيانات من قبل الحكومات والمؤسسات الخاصة تلعب دوراً محورياً في استعداد المواطنين لمشاركة بياناتهم. (New America, 2026)

6- التحديات البشرية والاجتماعية

أ. الفجوة الرقمية: (Digital Divide)

لا يتمتع جميع المواطنين بنفس المستوى من المهارات الرقمية أو الوصول إلى الأجهزة والإنترنت. وقد يؤدي هذا إلى خلق فجوة بين من يستطيع الاستفادة من خدمات المدينة الذكية ومن لا يستطيع، مما يزيد من عدم المساواة الاجتماعية، و أن كبار السن وذوي الدخل المحدود وذوي الاحتياجات الخاصة هم الأكثر عرضة للتميش الرقمي، مما يستلزم تصميم خدمات ذكية شاملة تراعي احتياجاتهم. (ثابت وأحمد، 2020، صفحة 63)

ب. مخاوف الخصوصية:

تعتمد المدينة الذكية على جمع كميات هائلة من البيانات عن المواطنين: تحركاتهم، عاداتهم، استهلاكهم، صحتهم، وحتى وجوههم. وهذا يثير مخاوف جدية بشأن خصوصية الأفراد وإمكانية استغلال هذه البيانات بطرق غير أخلاقية أو غير قانونية، كما أن المراقبة المستمرة للمواطنين في المدينة الذكية تثير تساؤلات حول التوازن بين الأمن والخصوصية، وضرورة وجود تشريعات واضحة تحمي حقوق الأفراد. (بن نذير، وبلعش، 2018، صفحة 55)

ج. مقاومة التغيير:

قد يقاوم بعض المواطنين أو الموظفين الحكوميين تبني التكنولوجيا الجديدة، إما خوفاً من فقدان الوظائف (في حالة الأتمتة)، أو بسبب عدم الإلمام بالتكنولوجيا، أو ببساطة بسبب التمسك بالطرق التقليدية.

د. الحاجة إلى مهارات جديدة: يتطلب تشغيل وصيانة المدينة الذكية كوادر بشرية ذات مهارات عالية في مجالات مثل: تحليل البيانات الضخمة، والأمن السيبراني، وإنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي. وهذا يشكل تحدياً في الدول التي تعاني من نقص في هذه المهارات. (الشريف، 2022، صفحة 52)

7- التحديات المؤسسية والمالية

أ. غياب التشريعات والقوانين المناسبة:

غالباً ما تكون الأطر القانونية والقضائية الحالية غير مهيأة للتعامل مع تحديات المدن الذكية، مثل: (Zaffagnini-M, 2025)

- المسؤولية القانونية في حالة حوادث السيارات ذاتية القيادة .
- حماية البيانات وخصوصية الأفراد.
- تنظيم استخدام الطائرات بدون طيار.
- قبول الأدلة الرقمية في المحاكم.

ب. التنسيق بين الجهات الحكومية:

تتطلب المدينة الذكية تنسيقاً غير مسبوق بين مختلف الجهات الحكومية (البلدية، الكهرباء، الماء، النقل، الصحة، التعليم، الأمن...)، وهو أمر صعب في الأنظمة الحكومية التقليدية التي تعمل في صوامع منعزلة. (U-S-Congress، 2024)

ج. ارتفاع التكاليف وصعوبة التمويل:

بالإضافة إلى التكلفة الأولية العالية، تحتاج المدن الذكية إلى استثمارات مستمرة في الصيانة والتحديث والتطوير. وتواجه العديد من المدن، خاصة في الدول النامية، صعوبة في تأمين هذه التمويلات. وهنا يأتي دور أدوات التمويل المستدام كحل محتمل لهذا التحدي. (صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020، صفحة 118)

ر. صعوبة قياس العائد على الاستثمار (ROI):

العديد من فوائد المدن الذكية هي فوائد غير مباشرة أو طويلة الأجل (مثل تحسين جودة الحياة، تقليل التلوث، تحسين الصحة العامة)، مما يجعل من الصعب قياس العائد على الاستثمار بشكل دقيق، وبالتالي صعوبة إقناع المستثمرين وصناع القرار. (Kizlyar, 2024)

الجدول رقم (04) يوضح التحديات المؤسسية والمالية

الفئة	التحديات الرئيسية
تقنية	تكلفة البنية التحتية العالية، مخاطر الأمن السيبراني، مشكلات التوافق بين الأنظمة، إدارة البيانات الضخمة
بشرية واجتماعية	الفجوة الرقمية، مخاوف الخصوصية، مقاومة التغيير، نقص المهارات الجديدة
مؤسسية ومالية	غياب التشريعات المناسبة، ضعف التنسيق الحكومي، صعوبة التمويل، صعوبة قياس العائد على الاستثمار

المصدر: من اعداد الطالبتين بالاعتماد على (رضا، 2022) و (إسراء، 2025)

في ختام هذا المبحث الذي تناولنا فيه الإطار المفاهيمي للمدن الذكية، يمكننا استخلاص مجموعة من النتائج الرئيسية.

أولاً، تبين أن مفهوم المدينة الذكية يتجاوز مجرد استخدام التكنولوجيا ليشمل أبعاداً ثلاثة: البعد التكنولوجي (البنية التحتية الرقمية، إنترنت الأشياء، البيانات الضخمة)، والبعد المؤسسي (الحكومة، الشفافية، التشريعات)، والبعد الإنساني (جودة حياة المواطن، مشاركته في صنع القرار). وتتميز المدن الذكية بخصائص متعددة أبرزها: البنية الرقمية المتصلة، الاعتماد على البيانات، الاستدامة البيئية، والتركيز على جودة حياة المواطن.

ثانياً، أظهر المبحث أن متطلبات المدن الذكية تتركز على البنية التحتية التي تنقسم إلى نوعين: البنية التقليدية الذكية (النقل، الطاقة، المياه، المباني) والبنية الرقمية (الاتصالات فائقة السرعة، إنترنت الأشياء، مراكز البيانات، الأمن السيبراني). وتشكل هذه البنى مجتمعة العمود الفقري للمدينة الذكية.

ثالثاً، ناقش المبحث المزايا المتعددة للمدن الذكية، والتي تتوزع بين مزايا اقتصادية (كفاءة الموارد، جذب الاستثمارات)، واجتماعية (تحسين جودة الحياة، تطوير الخدمات الصحية، تعزيز الشفافية)، وبيئية (تقليل الانبعاثات، تحسين جودة الهواء). كما تناول التحديات التي تواجهها، والتي تنقسم إلى تحديات تقنية (تكلفة البنية، مخاطر الأمن السيبراني)، وتحديات بشرية (الفجوة الرقمية، مخاوف الخصوصية)، وتحديات مؤسسية ومالية (غياب التشريعات، صعوبة التمويل).

رابعاً، أشارت الأدبيات إلى أن تجربة سنغافورة تمثل نموذجاً رائداً في تجاوز العديد من هذه التحديات، حيث استطاعت توفير التمويل اللازم وبناء بنية تحتية رقمية متطورة وإطلاق مبادرة Smart Nation. وهذا ما سيكون محور اهتمامنا في المبحث الرابع من هذه المذكرة.

إن ما تقدم يؤكد أن التحول نحو المدن الذكية لم يعد رفاهية بل ضرورة حتمية لمواجهة التحديات الحضرية المتزايدة، ولكنه يتطلب استثمارات ضخمة في البنية التحتية، مما يستدعي البحث عن آليات تمويل مبتكرة ومستدامة.

المبحث الثالث: تمويل البنية التحتية للمدن الذكية

بعد أن استعرضنا في المبحث الأول الإطار المفاهيمي للتمويل المستدام، وفي المبحث الثاني مفهوم المدن الذكية ومتطلبات بنيتها التحتية، ننتقل في هذا المبحث إلى حلقة الوصل بينهما، ألا وهي كيفية تمويل البنية التحتية للمدن الذكية.

فقد تبين من خلال المبحثين السابقين أن التحول نحو المدن الذكية يتطلب استثمارات ضخمة في البنية التحتية (المادية والرقمية)، وأن هذه الاستثمارات تتميز بخصائص فريدة (ضخامة رأس المال، طول عمر المشروع، ارتفاع المخاطر). وهذا يستدعي البحث عن آليات تمويل مبتكرة ومستدامة، تجمع بين الكفاءة المالية والالتزام بالمعايير البيئية والاجتماعية.

وسنتناول في هذا المبحث، من خلال أربعة مطالب، ماهية البنية التحتية (مفهومها وأنواعها)، ثم خصائص تمويل البنية التحتية، ثم أدوات التمويل المستدام المستخدمة في مشاريع البنية التحتية، وأخيراً التحديات والحلول المرتبطة بتطبيق هذه الأدوات.

المطلب الأول: ماهية البنية التحتية

تعد البنية التحتية الركيزة الأساسية التي تقوم عليها أي مدينة، سواء كانت تقليدية أو ذكية. فهي تشمل الهياكل المادية والمرافق والخدمات التي لا غنى عنها في الحياة اليومية، مثل شبكات النقل والطاقة والمياه والاتصالات. ومع التحول نحو المدن الذكية، يتسع مفهوم البنية التحتية ليشمل طبقتين رئيسيتين: البنية التقليدية المزودة بأجهزة استشعار وأنظمة تحكم ذكية، والبنية الرقمية التي تمثل الجهاز العصبي للمدينة الذكية. وفي هذا المطلب، سنتعرف على مفهوم البنية التحتية، ثم نستعرض أنواعها المختلفة، وأخيراً نسلط الضوء على أهميتها في المدن الذكية.

أولاً: مفهوم البنية التحتية

1- تعريف البنية التحتية لغة واصطلاحاً

تشير كلمة "بنية تحتية" في اللغة إلى القاعدة أو الأساس الذي يقوم عليه الشيء. أما اصطلاحاً، فتُعرف البنية التحتية بأنها "الهياكل المادية الأساسية والمرافق والخدمات التي تشكل العمود الفقري لأي مجتمع حديث، والتي بدونها لا يمكن للمدن أن تعمل بكفاءة". (WORLD-BANK, 2019, p. 5) وتشمل هذه الهياكل شبكات النقل، والطاقة، والمياه، والصرف الصحي، والاتصالات، بالإضافة إلى المرافق العامة كالمستشفيات والمدارس. (رضا، 2022، صفحة 25)

2- البنية التحتية التقليدية مقابل البنية التحتية الرقمية

في سياق المدن الذكية، يمكن تقسيم البنية التحتية إلى نوعين رئيسيين: (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 85)

- **البنية التحتية التقليدية:** وهي البنى المادية الأساسية كالطرق والجسور وشبكات المياه والكهرباء.
- **البنية التحتية الرقمية:** وهي شبكات الاتصالات فائقة السرعة، وأجهزة إنترنت الأشياء (IoT)، ومراكز البيانات، وأنظمة الذكاء الاصطناعي، والأمن السيبراني.

وتتحول البنية التحتية التقليدية إلى **بنية تحتية ذكية** عندما تُزود بأجهزة استشعار وأنظمة تحكم ذكية تمكنها من جمع البيانات واتخاذ القرارات الآلية. (الشريف، 2022، صفحة 28)

3- البنية التحتية في سياق المدن الذكية

في إطار المدن الذكية، تتجاوز البنية التحتية دورها التقليدي المتمثل في تقديم الخدمات الأساسية، لتصبح منصة رقمية تفاعلية تجمع البيانات من مختلف أنحاء المدينة وتحللها وتستخدمها لتحسين كفاءة الخدمات وتقليل استهلاك الموارد وتعزيز جودة حياة المواطنين. (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 10). فشبكات النقل الذكية، على سبيل المثال، لا تقتصر على بناء الطرق، بل تشمل أيضاً إشارات مرور ذكية، ومواقف سيارات ذكية، وأنظمة نقل عام متصلة بالإنترنت.

ثانياً: أنواع البنية التحتية

يمكن تصنيف البنية التحتية إلى خمسة أنواع رئيسية بناءً على القطاع والوظيفة:

1- بنية تحتية للنقل

تشمل الطرق والجسور والأنفاق والمطارات والموانئ والسكك الحديدية ومترو الأنفاق. تهدف هذه البنية إلى تسهيل حركة الأشخاص والبضائع، وتقليل زمن التنقل، وتحسين السلامة المرورية. وفي المدن الذكية، تُزود شبكات النقل بأجهزة استشعار وكاميرات وأنظمة تحكم ذكية لإدارة حركة المرور بشكل لحظي. (WORLD-BANK, 2019, pp. 45-46).

2- بنية تحتية للطاقة

تشمل محطات توليد الكهرباء (تقليدية أو متجددة)، وشبكات نقل وتوزيع الكهرباء، ومحطات تخزين الطاقة، وأنظمة الغاز الطبيعي. تهدف هذه البنية إلى تأمين إمدادات طاقة موثوقة ومستدامة للمدن والمنشآت. وفي سياق المدن الذكية، تتحول شبكات الطاقة إلى شبكات ذكية (Smart Grids) قادرة على قياس الاستهلاك لحظة بلحظة والموازنة بين العرض والطلب تلقائياً. (الحري، 2019)

3- بنية تحتية للمياه والصرف الصحي

تشمل محطات تحلية المياه، وشبكات نقل وتوزيع المياه، ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي، وشبكات تصريف مياه الأمطار. تهدف هذه البنية إلى تأمين مياه شرب نظيفة ومعالجة المياه العادمة حفاظاً على الصحة العامة والبيئة، وتتميز المدن الذكية بوجود أنابيب مزودة بأجهزة استشعار لكشف التسربات فور حدوثها، وعدادات مياه ذكية ترسل القراءات آلياً، توفير يصل إلى 20% من المياه التي كانت ستفقد بسبب التسربات غير المكتشفة. (Diehl Metering، 2025)

4- بنية تحتية للاتصالات

تشمل شبكات الألياف البصرية، وأبراج الاتصالات، وكابلات الإنترنت البحرية، والأقمار الصناعية، ومراكز البيانات، وشبكات الجيل الخامس (5G) تهدف هذه البنية إلى تمكين الاتصالات السريعة والموثوقة، وهي العمود الفقري للمدن الذكية، حيث لا يمكن لأي تطبيق ذكي أن يعمل دون شبكة اتصالات قوية وسريعة. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 86)

5- بنية تحتية اجتماعية

تشمل المستشفيات والمدارس والجامعات والمراكز الثقافية والملاعب والحدائق العامة والمساحات الخضراء. تهدف هذه البنية إلى تحسين جودة حياة المواطنين وتوفير الخدمات الأساسية لهم. وفي المدن الذكية، تُزود هذه المرافق بأنظمة إدارة ذكية تتحكم في الإضاءة والتدفئة والتهوية، وتوفر خدمات رقمية للمواطنين (مثل الاستشارات الطبية عن بُعد والتعليم الإلكتروني. Bibri, S. E., Visvizi, A., & Troisi, O., 2024)

الجدول رقم (05): أنواع البنية التحتية وخصائصها في المدن الذكية

النوع	المكونات الأساسية	الخصائص في المدن الذكية
بنية النقل	طرق، جسور، مطارات، موانئ، سكك حديدية	إشارات مرور ذكية، مواقف سيارات ذكية، أنظمة نقل عام متصلة بالإنترنت
بنية الطاقة	محطات توليد، شبكات نقل، أنظمة تخزين	شبكات كهرباء ذكية (Smart Grids)، عدادات ذكية، دمج للطاقة المتجددة
بنية المياه والصرف	محطات تحلية، شبكات مياه، محطات معالجة	أجهزة استشعار لكشف التسربات، عدادات مياه ذكية، أنظمة ري ذكية
بنية الاتصالات	ألياف بصرية، أبراج، 5G، مراكز بيانات	العمود الفقري للمدينة الذكية، تمكين إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي
بنية اجتماعية	مستشفيات، مدارس، جامعات، حدائق	أنظمة إدارة ذكية، خدمات رقمية عن بُعد (صحة، تعليم)

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (رضا، 2022) و (WORLD-BANK, 2019)

الشكل رقم (06): أنواع البنية التحتية في المدن الذكية



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (رضا، 2022) و (WORLD-BANK, 2019)

يوضح الشكل رقم (06) الأنواع الخمسة الرئيسية للبنية التحتية في المدن الذكية، والتي تبدأ ببنية النقل والطاقة، ثم المياه والاتصالات، وأخيرا البنية الاجتماعية، وتشكل مجتمعة العمود الفقري الذي تقوم عليه جميع التطبيقات والخدمات الذكية.

ثالثاً: أهمية البنية التحتية في المدن الذكية

تكتسي البنية التحتية أهمية بالغة في المدن الذكية، حيث تمثل الركيزة الأساسية التي تنتظم حولها جميع التطبيقات والخدمات الذكية. ويمكن إجمال هذه الأهمية في النقاط التالية:

1- تحسين كفاءة الخدمات العامة

تساهم البنية التحتية الذكية في رفع كفاءة الخدمات العامة بشكل ملحوظ. فشبكات النقل الذكية، على سبيل المثال، تقلل الازدحام المروري بنسبة تتراوح بين 15-20%، وتقلل أوقات الاستجابة للطوارئ بنسبة 20-35%. (العرفان ، وعبد المنعم،، 2019، صفحة 14). كما تساهم شبكات الطاقة الذكية في خفض استهلاك الطاقة بنسبة 10-30%. (الشريف، 2022، صفحة 45)

2- جذب الاستثمارات وتحقيق التنمية الاقتصادية

تعتبر البنية التحتية المتطورة عامل جذب رئيسي للاستثمارات المحلية والأجنبية. فالشركات والمستثمرون يفضلون الاستقرار في المدن التي تمتلك بنية تحتية حديثة وموثوقة، لأن ذلك يقلل من تكاليف التشغيل ويزيد من الإنتاجية. وتشير التقديرات إلى أن السوق العالمي للمدن الذكية من المتوقع أن يصل إلى 7 تريليون دولار بحلول عام 2030. (صليحة، فاطمة، كلثوم، 2020، صفحة 110)

3- تحقيق التنمية المستدامة

تساهم البنية التحتية الذكية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال: (زعتري ، بن العبد، 2019، صفحة 38).

- **حماية البيئة:** تقليل الانبعاثات الكربونية بنسبة 10-15% سنوياً
- **تحسين جودة الحياة:** توفير خدمات صحية وتعليمية ونقل أفضل للمواطنين.
- **دعم النمو الاقتصادي:** خلق فرص عمل جديدة في قطاعات التكنولوجيا والبناء والصيانة.

4- تعزيز المرونة والتكيف مع الأزمات

تتميز البنية التحتية الذكية بقدرتها على التكيف مع الأزمات والكوارث. فأنظمة الإنذار المبكر المتصلة بأجهزة الاستشعار يمكنها إخلاء المناطق المنخفضة قبل حدوث الفيضانات، كما يمكن إعادة توجيه خدمات الطوارئ في دقائق عبر التطبيقات الذكية. (مطير ، 2023، صفحة 52)

الجدول رقم (06): أهمية البنية التحتية في المدن الذكية

المحور	الأهمية	التأثير المتوقع
كفاءة الخدمات العامة	تحسين جودة وسرعة الخدمات	تقليل الازدحام 15-20%، تقليل أوقات الطوارئ 20-35%
جذب الاستثمارات	خلق بيئة جاذبة للمستثمرين	سوق عالمي بقيمة 7 تريليون دولار بحلول 2030
التنمية المستدامة	تحقيق التوازن بين الاقتصاد والبيئة والمجتمع	تقليل الانبعاثات 10-15% سنوياً
المرونة والتكيف	الاستجابة السريعة للأزمات والكوارث	حماية الأرواح والممتلكات

المصدر : من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (العرفان ، وعبد المنعم، 2019) و (الشريف، 2022)

خلصنا في هذا المطلب إلى أن البنية التحتية تمثل العمود الفقري للمدن الذكية، حيث تتجاوز دورها التقليدي المتمثل في تقديم الخدمات الأساسية لتصبح منصة رقمية تفاعلية تعتمد على البيانات والذكاء الاصطناعي. وقد تبين أن البنية التحتية في المدن الذكية تشمل خمسة أنواع رئيسية: بنية النقل، وبنية الطاقة، وبنية المياه والصرف الصحي، وبنية الاتصالات، والبنية الاجتماعية. كما تبين أن لهذه البنية أهمية كبرى تتمثل في تحسين كفاءة الخدمات العامة، وجذب الاستثمارات، وتحقيق التنمية المستدامة، وتعزيز المرونة في مواجهة الأزمات. وهذا ما يستدعي توفير آليات تمويل مناسبة لهذه البنية، وهو ما سنتناوله في المطلب الثاني من هذا المبحث.

المطلب الثاني: خصائص تمويل البنية التحتية

بعد أن استعرضنا في المطلب الأول ماهية البنية التحتية وأنواعها وأهميتها في المدن الذكية، ننتقل في هذا المطلب إلى تحليل خصائص تمويل البنية التحتية، حيث تتميز مشاريع البنية التحتية بخصائص فريدة تجعل تمويلها مختلفاً عن تمويل المشاريع الأخرى. وتتمثل هذه الخصائص في: ضخامة الاستثمار، انعدام السيولة وطول عمر المشروع، ارتفاع المخاطر وتعدد مصادرها، والآثار العابرة والحدودية المتعددة. وسنقوم بتحليل كل خاصية على حدة.

أولاً: ضخامة الاستثمار

1- مفهوم ضخامة الاستثمار في البنية التحتية

تتميز مشاريع البنية التحتية بكونها كثيفة رأس المال (Capital-Intensive)، أي أنها تتطلب استثمارات رأسمالية ضخمة قد تصل إلى مليارات الدولارات في المشروع الواحد. فبناء مطار دولي واحد، أو شبكة مترو أنفاق، أو ميناء بحري كبير، قد يكلف عشرات المليارات من الدولارات، وهو مبلغ لا تستطيع معظم الحكومات توفيره من ميزانياتها السنوية وحدها. (إسراء، 2025، صفحة 50)

2- أمثلة على تكاليف مشاريع البنية التحتية الكبرى

الجدول رقم (07) يمثل تكاليف مشاريع بنية تحتية في الدول.

المشروع	الدولة	التكلفة التقديرية
مطار بكين داشينغ الدولي	الصين	63 مليار دولار
مترو الرياض	السعودية	23 مليار دولار
قناة السويس الجديدة	مصر	8 مليارات دولار
محطة نور للطاقة الشمسية	الإمارات	4.4 مليار دولار

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على التقارير (ACWA Power, 2018) و (IRENA, 2019)

3- آثار ضخامة الاستثمار على التمويل:

- الحاجة إلى تجميع رأس المال من مصادر متعددة: لا يمكن لجهة واحدة (حكومية أو خاصة) تمويل هذه المشاريع بمفردها، بل هناك حاجة إلى تجميع التمويل من عدة مصادر: حكومية، وخاصة، ودولية (Annamalai, T. R., & Hari, S., 2016).
- الحاجة إلى أدوات تمويل جماعية: مثل السندات (التي تتيح جمع مبالغ كبيرة من عدد كبير من المستثمرين)، والصناديق الاستثمارية المتخصصة. (CFA Institute, 2025)
- الحاجة إلى التخطيط المالي طويل الأجل: نظراً لضخامة المبالغ، تحتاج الحكومات والجهات المنفذة إلى تخطيط مالي يمتد لسنوات عوضاً عن موازنات سنوية. (McKinsey & Company, 2025)
- صعوبة الخروج من الاستثمار: المستثمرون في مثل هذه المشاريع يضطرون إلى الانتظار لسنوات طويلة قبل أن يستردوا رؤوس أموالهم. (رضا، 2022، صفحة 26)

ثانياً: انعدام السيولة وطول عمر المشروع

1- مفهوم انعدام السيولة

تعني انعدام السيولة (Illiquidity) أن الأصول الناتجة عن مشاريع البنية التحتية (مثل مطار أو جسر أو محطة كهرباء) غير قابلة للتحويل بسرعة إلى نقد. فبيع مثل هذه الأصول ليس بالأمر السهل أو السريع، مما يحد من عدد المستثمرين الراغبين في الدخول إلى هذا المجال، ويجعل هؤلاء المستثمرين عادة من المستثمرين المؤسسيين طويلي الأجل مثل صناديق التقاعد وشركات التأمين. (إسراء، 2025، صفحة 51)

2- طول عمر المشروع (طبيعة الأصول طويلة الأجل)

تمتد عمر مشاريع البنية التحتية لعقود طويلة تتراوح بين 20 و 50 سنة أو أكثر، مما يستلزم تخطيطاً مالياً طويل الأجل. فهذه المشاريع تُبنى لخدمة الأجيال القادمة، وبالتالي فإن فترة استرداد رأس المال (Payback Period) طويلة جداً مقارنة بالمشاريع الاستثمارية الأخرى. (رضا، 2022، صفحة 27)

3- آثار انعدام السيولة وطول العمر على التمويل تتمثل في: (WORLD-BANK, 2019, p. 15)

- الحاجة إلى أدوات تمويل طويلة الأجل: مثل السندات لأجل 20-30 سنة، أو القروض طويلة الأجل.

- **جذب مستثمرين محددين:** المستثمرون المناسبون لهذه المشاريع هم أولئك الذين يبحثون عن استثمارات مستقرة طويلة الأجل (مثل صناديق التقاعد)، وليس المستثمرين الذين يبحثون عن أرباح سريعة.
- **مخاطر أسعار الفائدة:** التغيرات في أسعار الفائدة على مدى عقود طويلة قد تؤثر بشكل كبير على جدوى المشروع.
- **مخاطر إعادة التمويل (Refinancing Risk):** عند انتهاء أجل التمويل، تحتاج المشاريع إلى إعادة تمويل، وهو ما قد يكون صعباً في ظروف اقتصادية معينة.

ثالثاً: ارتفاع المخاطر وتعدد مصادرها

1- مفهوم المخاطر في مشاريع البنية التحتية

تواجه مشاريع البنية التحتية مخاطر متعددة ومتنوعة، أكثر من أي نوع آخر من المشاريع الاستثمارية. هذه المخاطر يمكن أن تؤدي إلى تجاوز التكاليف، أو تأخير الجدول الزمني، أو حتى فشل المشروع بالكامل. (إسراء، 2025، صفحة 51)

2- أنواع المخاطر في مشاريع البنية التحتية

يمكن تلخيصها وعرضها في الجدول التالي:

الجدول رقم (08) يمثل أنواع المخاطر التمويل

نوع المخاطر	الشرح	أمثلة
مخاطر إنشائية (Construction Risk)	مخاطر مرتبطة بمرحلة البناء والتصميم	تجاوز التكاليف، تأخير التسليم، عيوب في التصميم، حوادث العمل
مخاطر تشغيلية (Operational Risk)	مخاطر مرتبطة بإدارة وتشغيل المنشأة بعد الانتهاء	أعطال المعدات، انقطاع الخدمة، ارتفاع تكاليف الصيانة، أخطاء بشرية
مخاطر مالية (Financial Risk)	مخاطر مرتبطة بالجوانب المالية للمشروع	تقلبات أسعار الفائدة، تقلبات أسعار الصرف، التضخم، نقص السيولة
مخاطر سياسية (Political Risk)	مخاطر مرتبطة بتغير القوانين أو الحكومات	تغير الأنظمة الضريبية، التأميم، الحروب، العقوبات الاقتصادية

مخاطر قانونية (Legal Risk)	مخاطر مرتبطة بالعقود والنزاعات القضائية	عدم وضوح العقود، تغير التشريعات، طول إجراءات التقاضي
مخاطر بيئية ومناخية (Environmental Risk)	مخاطر مرتبطة بالكوارث الطبيعية وتغير المناخ	فيضانات، زلازل، أعاصير، ارتفاع منسوب البحر، حرائق الغابات
مخاطر الطلب (Demand Risk)	مخاطر مرتبطة بعدم تحقيق الإيرادات المتوقعة	انخفاض عدد مستخدمي الطريق، أو المسافرين في المطار، أو استهلاك الكهرباء

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (إسراء، 2025)، (رضا، 2022) و (WORLD-BANK, 2019)

3- آثار ارتفاع المخاطر على التمويل

- ارتفاع تكلفة التمويل: المستثمرون والمقرضون يطلبون عوائد أعلى (معدلات فائدة أعلى) للتعويض عن المخاطر المرتفعة.
- الحاجة إلى توزيع المخاطر: يجب توزيع المخاطر بين الأطراف المتعاقدة (حكومة، قطاع خاص، مقرضين) وفقاً للطرف الأكثر قدرة على إدارتها.
- الحاجة إلى ضمانات حكومية: في كثير من الأحيان، تقدم الحكومات ضمانات للمستثمرين لتشجيعهم على الاستثمار (مثل ضمان حد أدنى من الإيرادات).
- الحاجة إلى دراسات جدوى شاملة: قبل الشروع في أي مشروع، يجب إجراء دراسات جدوى فنية ومالية وقانونية وبيئية دقيقة. (رضا، 2022، صفحة 28)

رابعاً: الآثار العابرة والحدودية المتعددة

1- مفهوم الآثار العابرة والحدودية

تمتد فوائد وتكاليف مشاريع البنية التحتية غالباً عبر الحدود الجغرافية والإدارية، مما يعني أن تأثير المشروع لا يقتصر على المنطقة التي يقع فيها، بل يمتد إلى مناطق أخرى، وأحياناً إلى دول مجاورة. هذه الخاصية تجعل تمويل مثل هذه المشاريع أكثر تعقيداً، حيث تحتاج إلى تنسيق بين عدة جهات حكومية أو عدة دول. (رضا، 2022، صفحة 28)

الجدول رقم (09) أمثلة على الآثار العابرة والحدودية

نوع المشروع	الآثار العابرة والحدودية
طريق سريع بين مدن	يفيد عدة مدن، وليس المدينة التي يقع فيها فقط
سد على نهر مشترك	يؤثر على دول المصب (توفير مياه للري) ودول المنبع (تخزين المياه)
مطار دولي	يفيد المنطقة بأكملها، وليس المدينة التي يقع فيها فقط
خط أنابيب غاز عابر للدول	يمر عبر عدة دول، ويتطلب اتفاقيات مع كل منها
كابلات إنترنت بحرية	تربط عدة دول بشبكة الإنترنت العالمية

المصدر: من اعداد الطالبتين بالاعتماد على (UNEP, 2025)

2- البعد الإقليمي والدولي في تمويل البنية التحتية

- الحاجة إلى تنسيق إقليمي: تحتاج المشاريع العابرة للحدود إلى اتفاقيات بين عدة دول أو جهات حكومية، مما يطيل فترة الإعداد ويزيد التعقيد. (البنك الدولي، 2025)
- صعوبة توزيع التكاليف والفوائد: كيف يتم توزيع تكاليف بناء الطريق بين المدن التي يستفيد منها؟ وكيف يتم توزيع فوائد السد على دولتي المصب والمنبع؟
- الحاجة إلى مؤسسات تمويل إقليمية: غالباً ما تلعب مؤسسات التمويل الإقليمية (مثل البنك الإسلامي للتنمية، البنك الأفريقي للتنمية) دوراً في تمويل هذه المشاريع لأنها تتجاوز قدرة دولة واحدة.
- ارتفاع المخاطر السياسية: المشاريع العابرة للحدود أكثر عرضة للمخاطر السياسية، حيث قد تتغير العلاقات بين الدول المشاركة. (WORLD-BANK, 2019, p. 18)

الشكل رقم (07): خصائص تمويل البنية التحتية



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (إسراء، 2025)، (رضا، 2022) و (WORLD-BANK, 2019)

يوضح الشكل رقم (07) الخصائص الخمس الرئيسية لتمويل البنية التحتية، والتي تتلخص في ضخامة الاستثمار، وانعدام السيولة وطول عمر المشروع، وارتفاع المخاطر وتعدد مصادرها، والآثار العابرة والحدودية، وكلها خصائص مجتمعة تفرض حاجة ملحة إلى أدوات تمويل مبتكرة وطويلة الأجل ومتنوعة".

خلصنا في هذا المطلب إلى أن تمويل البنية التحتية يتميز بخصائص فريدة تجعله مختلفاً عن تمويل المشاريع الأخرى. فقد تبين أن مشاريع البنية التحتية تتطلب استثمارات ضخمة بمليارات الدولارات، وأن أصولها غير سائلة وعمرها يمتد لعقود طويلة، وأنها تواجه مخاطر متعددة ومتنوعة (إنشائية، تشغيلية، مالية، سياسية، قانونية، بيئية)، وأن آثارها تمتد غالباً عبر الحدود الجغرافية والإدارية. هذه الخصائص مجتمعة تفرض حاجة ملحة إلى أدوات تمويل مبتكرة وطويلة الأجل ومتنوعة، قادرة على استيعاب ضخامة الاستثمارات، ومواكبة طول عمر المشاريع، وتوزيع المخاطر بين الأطراف المختلفة، والتكيف مع الآثار العابرة للحدود. وهذا ما سيكون محور اهتمامنا في المطلب الثالث من هذا المبحث، حيث سنتناول أدوات التمويل المستدام المستخدمة في مشاريع البنية التحتية.

المطلب الثالث: أدوات التمويل المستدام في مشاريع البنية التحتية

بعد أن استعرضنا في المطلب الثاني خصائص تمويل البنية التحتية (ضخامة الاستثمار، انعدام السيولة، ارتفاع المخاطر، الآثار العابرة)، ننتقل في هذا المطلب إلى تحليل أدوات التمويل المستدام التي يمكن استخدامها في تمويل مشاريع البنية التحتية. وتتمثل هذه الأدوات في: السندات الخضراء، القروض المستدامة، الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)، والمنح الحكومية. وسنقوم بتحليل كل أداة على حدة من حيث مفهومها، وآلية عملها، ومزاياها، وحدودها، ودورها في تمويل البنية التحتية.

أولاً: السندات الخضراء (Green Bonds)

1- مفهوم السندات الخضراء

تعرف السندات الخضراء بأنها "أوراق مالية ذات دخل ثابت تُستخدم لجمع رأس المال لتمويل المشاريع ذات الفوائد البيئية المحددة، وتصدر غالباً من المؤسسات المالية الدولية والعامة والصناديق المختلفة". (دنيا، 2023، صفحة 84). كما تعرف بأنها "سندات ذات دخل ثابت لتمويل الاستثمارات ذات الفوائد البيئية أو المتعلقة بالمناخ، ويمكن أن تكون بمثابة تحوط ضد المخاطر المالية ذات الصلة بالبيئة". (Ehlers. T.& Packer.F, 2018)

2- آلية عمل السندات الخضراء

تعمل السندات الخضراء بنفس آلية السندات التقليدية، حيث تصدر جهة ما (حكومة، شركة، بنك تنمية) سنداً لأجل محدد وبفائدة محددة، ويشتري المستثمرون هذه السندات مقابل الحصول على فائدة دورية واسترداد القيمة الاسمية عند الاستحقاق. ولكن الاختلاف الجوهرى هو أن عائدات السندات الخضراء تُخصص حصرياً لتمويل مشاريع خضراء (مثل مشاريع الطاقة المتجددة، كفاءة الطاقة، النقل النظيف، إدارة المياه، التكيف مع تغير المناخ). (ICMA, 2021, p. 4)

3- أنواع السندات الخضراء

نوجزها في الجدول الموالي:

الجدول رقم (10) أنواع السندات الخضراء

النوع	الجهة المصدرة	الخصائص	أمثلة
السندات الحكومية	حكومات وطنية أو محلية (مدن، ولايات)	غالباً على شكل سندات بلدية، تستخدم لتمويل مشاريع حكومية خضراء	سندات خضراء أصدرتها مدينة باريس، سندات خضراء أصدرتها مصر
سندات الشركات	شركات خاصة (طاقة، نقل، مرافق)	موجهة للمستثمرين المؤسسيين (بنوك، صناديق تحوط، شركات تأمين) أو الأفراد	سندات خضراء أصدرتها شركة توتال للطاقة، أو شركة تسلا
سندات بنوك التنمية	بنوك تنمية متعددة الأطراف (كالبنك الدولي، البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية)	أول إصدار كان عام 1947، أصدر البنك الدولي مؤخراً سندات بقيمة 4 مليارات دولار	سندات البنك الدولي الخضراء، سندات البنك الآسيوي للاستثمار في البنية التحتية

المصدر: من اعداد الطالبتين بالاستعانة بـ (دنيا، 2023، الصفحات 90-91)

4- دور السندات الخضراء في تمويل البنية التحتية

تعتبر السندات الخضراء أداة مثالية لتمويل البنية التحتية المستدامة للأسباب التالية: (العرفان ، وعبد المنعم،، 2019، صفحة 18)

- توفير تمويل طويل الأجل: السندات الخضراء تصدر عادة لأجل تتراوح بين 5 و30 سنة، مما يتناسب مع طبيعة مشاريع البنية التحتية طويلة الأجل.
- جمع مبالغ ضخمة: تتيح السندات جمع مبالغ كبيرة من عدد كبير من المستثمرين، مما يلبي خاصية ضخامة الاستثمار في البنية التحتية.
- جذب مستثمرين جدد: تجذب السندات الخضراء فئة جديدة من المستثمرين المهتمين بالاستدامة (المستثمرين المؤسسيين ذوي المسؤولية الاجتماعية)، مما يوسع قاعدة التمويل المتاحة.
- تعزيز الشفافية: تتطلب السندات الخضراء إصدار تقارير دورية عن استخدام العائدات والأثر البيئي للمشاريع الممولة، مما يعزز الشفافية والمساءلة.

5- أمثلة على إصدارات سندات خضراء لتمويل البنية التحتية

- **مصر:** أصدرت مصر أول سندات خضراء سيادية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عام 2020 بقيمة 750 مليون دولار، لتمويل مشاريع نقل نظيف (مترو الأنفاق) وطاقة متجددة ومياه. (وزارة المالية المصرية، 2020)
- **بولندا:** كانت أول دولة تصدر سندات خضراء سيادية عام 2016 بقيمة 750 مليون يورو، لتمويل مشاريع طاقة متجددة ونقل نظيف وكفاءة طاقة. (Ministry of Finance, Republic of Poland, 2016)
- **البنك الدولي:** أصدر أكثر من 18 مليار دولار من السندات الخضراء منذ عام 2008، لتمويل مئات المشاريع في مجالات الطاقة المتجددة، كفاءة الطاقة، النقل النظيف، المياه، وإدارة النفايات. (World Bank، 2024)

6- حدود السندات الخضراء

- تواجه السندات الخضراء تحديات عدة، منها: (أبتهاج، ع.، رشوان، م.، وعباس، س.، 2021، صفحة 16)
- **تكاليف إصدار أعلى:** تتطلب السندات الخضراء تكاليف إضافية للتحقق من صحة المشاريع الخضراء (المراجعة الخارجية) وإصدار التقارير الدورية.
- **مخاطر الغسيل الأخضر (Greenwashing):** قد تدّعي بعض الجهات المصدرة أن سنداتها خضراء دون أن تكون كذلك، مما يضر بثقة المستثمرين.
- **ندرة المشاريع الخضراء المؤهلة:** ليس كل مشاريع البنية التحتية مؤهلة للحصول على تمويل عبر السندات الخضراء، بل يجب أن تستوفي معايير محددة.

ثانياً: القروض المستدامة (Sustainable Loans)

1- مفهوم القروض المستدامة

تعتبر القروض المستدامة "تسهيلات ائتمانية تقدم شروطاً تحفيزية للمقترضين لتحسين أدائهم في مجال الاستدامة، وتشمل القروض التي تخصص عائداتها للمشاريع المستدامة، والقروض التي يرتبط تسعيرها

بأداء المقترضين في مجالات الاستدامة" (إسراء، 2025، صفحة 42). وبعبارة أخرى، هي قروض بنكية ترتبط شروطها (مثل سعر الفائدة) بتحقيق المقترض لأهداف أداء محددة في مجالات البيئة والاجتماع والحوكمة (ESG).

2- آلية عمل القروض المستدامة

تعمل القروض المستدامة على النحو التالي: (إسراء، 2025، الصفحات 42-43)

- يتفق المقرض (عادة بنك) والمقترض (شركة أو حكومة) على أهداف أداء مستدامة (SPTs) محددة وقابلة للقياس، مثل: تقليل الانبعاثات الكربونية بنسبة 20% خلال 3 سنوات، أو زيادة نسبة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة إلى 30%، أو تحسين كفاءة استخدام المياه بنسبة 15% .
- يرتبط سعر الفائدة على القرض بتحقيق هذه الأهداف. فإذا حقق المقترض الأهداف، ينخفض سعر الفائدة (يكافأ). وإذا لم يحققها، يرتفع سعر الفائدة (يعاقب).
- يمكن استخدام عائدات القرض لأغراض عامة للشركة (وليس بالضرورة مشروعاً محدداً)، طالما أن الشركة ملتزمة بتحسين أدائها الاستدامي بشكل عام.

3- متطلبات القروض المستدامة: (البنك المركزي المصري، 2021)

- ارتباطها باستراتيجية الاستدامة: لا بد أن تدعم القروض المستدامة الاستراتيجية المتعلقة بالاستدامة الشاملة للمقترض، بدلاً من أن تكون الأساس لها.
- تحديد الأهداف: يحدد الاتفاق بين المقرض والمقترض على أهداف طموحة وقابلة للقياس.
- إعداد التقارير: يتم الطلب من المقترضين تقديم تقارير سنوية شفافة عن التقدم المحرز.
- المراجعة: من الممكن أن تجري مراجعات خارجية مستقلة لتقييم فعالية ومصادقية الأهداف.

4- فوائد القروض المستدامة

- خفض تكلفة التمويل: يحصل المقترضون على أسعار فائدة أقل عند تحقيق أهداف الاستدامة.
- مرونة استخدام العائدات: يمكن استخدام العائدات لأغراض عامة، وليس فقط لمشاريع محددة.
- تحسين الأداء الاستدامي: تحفز القروض المستدامة الشركات على تحسين أدائها البيئي والاجتماعي.

- تعزيز العلاقة مع البنوك: تخلق القروض المستدامة شراكة طويلة الأجل بين المقرض والمقترض لتحقيق أهداف مشتركة. (إسراء، 2025، صفحة 43)

5- دور القروض المستدامة في تمويل البنية التحتية

يمكن للقروض المستدامة أن تلعب دوراً مهماً في تمويل البنية التحتية من خلال:

- تمويل مشاريع البنية التحتية الخضراء: يمكن تخصيص القروض لتمويل مشاريع محددة مثل محطات الطاقة المتجددة، أو شبكات النقل النظيف. (Enterprise Singapore، 2021)
- تمويل تحسين كفاءة البنية التحتية القائمة: يمكن للشركات التي تدير البنية التحتية (مثل شركات المياه والكهرباء) الحصول على قروض مستدامة لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه وتقليل الانبعاثات. (JE Dunn Construction، 2026)
- تمويل شركات البنية التحتية: يمكن لشركات المقاولات التي تبني البنية التحتية الحصول على قروض مستدامة مرتبطة بتحسين أدائها البيئي في مواقع البناء. (ACCIONA، 2024)

ثالثاً: الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)

1- مفهوم الشراكة بين القطاعين العام والخاص

تعرف الشراكة بين القطاعين العام والخاص (Public-Private Partnership – PPP) بأنها "جهد تعاوني لتطوير البنية التحتية وتقديم الخدمات بموجب عقود طويلة الأجل، تبنى على أساس قوة القطاعين ومواردهما وتقاسم المخاطر والمسؤوليات" (رضا، 2022، صفحة 32). ويعرفها البنك الآسيوي للتنمية بأنها "ترتيبات تعاقدية مشتركة بين الجهات الحكومية والقطاع الخاص توجب على هذا الأخير مسؤولية إنشاء البنية التحتية وتشغيلها، مثل الطرق والطرق السريعة ومحطات الطاقة المتجددة والمستشفيات والمدارس" (ADB، 2023)

2- آلية عمل الشراكات بين القطاعين العام والخاص

في نموذج PPP، يتولى القطاع الخاص مسؤولية تمويل وتصميم وبناء وتشغيل وصيانة مشروع البنية التحتية (أو جزء منها)، بينما يظل القطاع العام هو المالك النهائي للأصل ويشرف على تقديم الخدمة

للمواطنين. ويكون عقد الشراكة طويل الأجل (عادة 20-30 سنة)، ويتم سداد تكاليف القطاع الخاص من خلال:

- مدفوعات حكومية مباشرة (مقابل الخدمات المقدمة)
 - تحصيل رسوم من المستخدمين (مثل رسوم المرور على الطرق، أو تذاكر مترو الأنفاق)
 - مزيج من الاثنين معاً . (APMG , 2024)
- 3- خصائص الشراكات بين القطاعين العام والخاص: (كريمة حيدل، 2021، الصفحات 449-463)
- عقود طويلة الأجل: تبرم عادة لفترة تمتد بين 20 و30 عاماً.
 - توزيع متوازن للمخاطر: توزع المخاطر بين الأطراف المتعاقدة وفقاً للطرف الأكثر قدرة على إدارتها.
 - أجر قائم على الأداء: تعتمد عملية سداد المدفوعات إلى الجهة الخاصة على تحقيقها لمؤشرات الأداء المتفق عليها (مستوى الجودة، التوفر، السلامة).
 - التركيز على المصلحة العامة: على الرغم من مشاركة القطاع الخاص، فإن الهدف الأساسي هو تحقيق الفائدة للمواطنين المستفيدين من الخدمات.

4- أهداف الشراكة بين القطاعين العام والخاص: (رضا، 2022، صفحة 33)

- إدخال الابتكارات في تصميم المشروع وتشغيله وصيانته.
- إدخال كفاءات القطاع الخاص في مجال تمويل مشروعات البنية التحتية.
- نقل المخاطر (التصميم، الإنشاء، التمويل، التشغيل) إلى القطاع الخاص.
- تنفيذ مشروعات الاستثمار في مدة قصيرة وبميزانية محدودة.
- تقادي تدهور الأصول والمنشآت بسبب الصيانة غير الفعالة .

5- دور الشراكات في تمويل البنية التحتية

تعتبر الشراكات بين القطاعين العام والخاص أداة حيوية لتمويل البنية التحتية، خاصة في ظل محدودية الموارد الحكومية. فهي تتيح للحكومات: (IMF, 2004) (APMG , 2024)

- توفير التمويل دون زيادة الدين العام :حيث أن استثمارات القطاع الخاص لا تظهر في ميزانية الحكومة.
- الاستفادة من خبرات القطاع الخاص :في التصميم والبناء والتشغيل والصيانة.
- توزيع المخاطر :نقل المخاطر إلى الطرف الأكثر قدرة على تحملها (القطاع الخاص).
- تحسين كفاءة الخدمات :بسبب حوافز الأداء المرتبطة بالدفع

الجدول رقم(11) أمثلة على مشاريع البنية التحتية الممولة عبر PPP.

المشروع	الدولة	نموذج PPP	التكلفة مليار دولار
مطار إسطنبول الجديد	تركيا	بناء، تشغيل، نقل (BOOT)	12
مترو دبي	الإمارات	BOT	7.6
محطة الشعيبة لتحلية المياه	السعودية	بناء، تملك، تشغيل، نقل (BOOT)	7
طريق القاهرة - الإسكندرية الصحراوي	مصر	BOT	2

المصدر :من إعداد الطالبتين بالاعتماد على تقارير دولية: (وكالة الأناضول، 2018) (RTA، 2024) (أكوا باور، 2019) (رئاسة مجلس الوزراء المصري، 2015)

رابعاً: المنح الحكومية (Government Grants)

1- مفهوم المنح الحكومية

المنح الحكومية هي "مبالغ مالية تقدمها الحكومة (وطنية أو محلية) أو جهة مانحة دولية (مثل البنك الدولي، الاتحاد الأوروبي، الأمم المتحدة) لتمويل مشاريع محددة، دون أن تكون ملزمة بسداد هذه المبالغ لاحقاً. أي أن المنحة هي تمويل غير قابل للرد (Non-repayable). (WORLD-BANK, 2019, p. 25)

2- آلية عمل المنح الحكومية (GEF، 2024)

- تعلن الحكومة أو الجهة المانحة عن برنامج منح لتمويل مشاريع في قطاع معين (مثل الطاقة المتجددة، النقل النظيف، تحلية المياه).
- تتقدم الجهات المستفيدة (حكومات محلية، شركات، منظمات غير ربحية) بطلبات تمويل.
- يتم تقييم الطلبات بناءً على معايير محددة (الجدوى الفنية، الأثر البيئي والاجتماعي، الاستدامة المالية).
- تمنح المنحة للجهة الفائزة، وتستخدم المبالغ لتمويل المشروع وفق شروط الاتفاق.

الجدول (12) أنواع المنح الحكومية

النوع	الجهة المانحة	أمثلة
منح حكومية وطنية	الحكومة الوطنية (من ميزانيتها)	برامج دعم الطاقة المتجددة في مصر، برنامج كفاءة الطاقة في الأردن
منح حكومات محلية	بلديات أو ولايات	منح لتمويل حدائق عامة، أو تحسين كفاءة المباني البلدية
منح دولية	بنوك تنمية (البنك الدولي)، وكالات أممية (UNDP)، (UNEP)، اتحادات إقليمية (الاتحاد الأوروبي)	منح الاتحاد الأوروبي لمشاريع البنية التحتية في دول الجوار، منح مرفق البيئة العالمي (GEF)

المصدر: من اعداد الطالبتين بالاعتماد على تقارير دولية (GEF، 2024).

3- مزايا المنح الحكومية: (GEF، 2024) (OECD، 2021)

- تمويل غير قابل للرد: لا تتحمل الجهة المستفيدة أي ديون أو فوائد.
- تقليل تكلفة المشروع: تخفض المنح من التكلفة الإجمالية للمشروع، مما يجعله أكثر جدوى.
- جذب استثمارات إضافية: غالباً ما تكون المنح بمثابة "رأس مال أولي (Seed Capital)" يجذب مستثمرين آخرين للمشاركة في التمويل.
- دعم المشاريع عالية المخاطر: يمكن للمنح تمويل مشاريع قد لا تجد تمويلاً تجارياً بسبب ارتفاع مخاطرها (مثل مشاريع تجريبية أو ابتكارية).

4- حدود المنح الحكومية: (GEF ، 2024) (OECD ، 2021)

- **محدودة التوفر** :المنح متاحة بكميات محدودة وبمنافسة شديدة.
- **شروط صارمة** :غالباً ما تفرض الجهات المانحة شروطاً صارمة على استخدام المنحة وإعداد التقارير.
- **تأخر الصرف** :قد تستغرق عملية التقديم والتقييم وصرف المنحة وقتاً طويلاً.
- **لا تغطي كامل التكلفة** :نادراً ما تغطي المنحة كامل تكلفة المشروع، بل عادة ما تغطي جزءاً منها، وتحتاج الجهة المستفيدة إلى توفير باقي التمويل من مصادر أخرى.

5- دور المنح الحكومية في تمويل البنية التحتية

تستخدم المنح الحكومية عادة في : (IFC ، 2026)

- تمويل مشاريع البنية التحتية في الدول النامية التي تعاني من ضعف القدرة على الاقتراض.
- تمويل مشاريع البنية التحتية الخضراء والمناخية ضمن اتفاقيات المناخ الدولية (مثل صندوق المناخ الأخضر).
- تمويل المراحل الأولى من المشاريع الكبرى (دراسات الجدوى، التصاميم الأولية) قبل البحث عن تمويل تجاري.
- تمويل مشاريع البنية التحتية الاجتماعية (مدارس، مستشفيات، حدائق) التي لا تدر عوائد مالية تجذب المستثمرين الخاصين.

الشكل رقم (08): أدوات التمويل المستدام في مشاريع البنية التحتية



المصدر: من إعداد الطابطين بالاعتماد على: (إسراء، 2025)، (دنيا، 2023)، (رضا، 2022)، و-WORLD BANK, 2019)

يوضح الشكل رقم (06) الأدوات الرئيسية للتمويل المستدام المستخدمة في مشاريع البنية التحتية، والتي تشمل السندات الخضراء، والقروض المستدامة، والشراكات بين القطاعين العام والخاص، والمنح الحكومية، بالإضافة إلى أدوات أخرى تكميلية. وتعمل هذه الأدوات معاً لتوفير التمويل اللازم لمشاريع البنية التحتية المستدامة.

خلصنا في هذا المطلب إلى أن هناك أربع أدوات رئيسية للتمويل المستدام يمكن استخدامها في تمويل مشاريع البنية التحتية، لكل منها خصائصها ومزاياها وحدودها.

- **السندات الخضراء:** أداة مثالية لتمويل مشاريع البنية التحتية الخضراء طويلة الأجل، حيث تتيح جمع مبالغ ضخمة من عدد كبير من المستثمرين، ولكنها تتطلب تكاليف إصدار أعلى وتواجه مخاطر الغسيل الأخضر.

- **القروض المستدامة:** أداة مرنة ترتبط شروطها بأداء المقترض في مجالات الاستدامة، وتتيح خفض تكلفة التمويل عند تحقيق الأهداف، ولكنها قد لا تتناسب المشاريع طويلة الأجل.

- **الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP):** نموذج فعال لنقل المخاطر والاستفادة من خبرات القطاع الخاص في تمويل وتشغيل البنية التحتية، ولكنها تتطلب عقوداً معقدة وتكاليف معاملات مرتفعة.

- **المنح الحكومية:** تمويل غير قابل للرد يدعم المشاريع عالية المخاطر أو المشاريع في الدول النامية، ولكنها محدودة التوفر ولا تغطي عادة كامل تكلفة المشروع.

وفي المطلب الرابع والأخير من هذا المبحث، سنتناول التحديات التي تواجه تطبيق أدوات التمويل المستدام في مشاريع البنية التحتية، والحلول المقترحة للتغلب عليها.

المطلب الرابع: التحديات والحلول في تطبيق أدوات التمويل المستدام في البنية التحتية

بعد أن استعرضنا في المطلب الثالث أدوات التمويل المستدام المستخدمة في مشاريع البنية التحتية (السندات الخضراء، القروض المستدامة، الشراكات بين القطاعين العام والخاص، المنح الحكومية)، ننقل في هذا المطلب إلى تحليل التحديات التي تواجه تطبيق هذه الأدوات، ثم نعرض الحلول المقترحة للتغلب عليها. ويمكن تصنيف هذه التحديات إلى فئتين رئيسيتين: تحديات القياس والحوكمة، وتحديات الحجم وعدم توافق الآجال.

أولاً: تحديات القياس والحوكمة

1- صعوبة قياس العائد الاجتماعي والبيئي للاستثمارات

تمثل مشاريع البنية التحتية المستدامة تحدياً كبيراً في مجال القياس، حيث يصعب قياس العائد الاجتماعي والبيئي لهذه الاستثمارات مقارنة بالعائد المالي. فبينما يمكن قياس العائد المالي بسهولة من خلال الإيرادات والأرباح، فإن قياس العائد الاجتماعي (مثل تحسين جودة حياة المواطنين، تقليل زمن التنقل، تحسين الصحة العامة) أو العائد البيئي (مثل تقليل الانبعاثات الكربونية، تحسين جودة الهواء، الحفاظ على التنوع البيولوجي) يتطلب مؤشرات معقدة وبيانات كثيرة وفترات زمنية طويلة. ، ومن آثار هذا التحدي نميز: (إسراء، 2025، صفحة 45)

- **صعوبة إقناع المستثمرين:** يفضل المستثمرون التقليديون الاستثمارات التي يمكنهم قياس عوائدها بسهولة، مما يجعلهم يترددون في الاستثمار في مشاريع البنية التحتية المستدامة.
- **صعوبة تسعير الأدوات المالية:** يصعب تحديد سعر فائدة مناسب للسندات الخضراء أو القروض المستدامة عندما لا يمكن قياس العائد البيئي والاجتماعي بدقة.
- **مخاطر المبالغة أو التقليل:** قد تتبالغ الجهات المنفذة في تقدير الفوائد البيئية والاجتماعية للمشاريع (لجذب التمويل)، أو قد تقلل منها (لتجنب المساءلة).

ومن الحلول المقترحة مايلي:

- **تطوير مؤشرات أداء موحدة:** العمل على تطوير مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) موحدة ومعتمدة دولياً لقياس العائد الاجتماعي والبيئي لمشاريع البنية التحتية. على سبيل المثال، يمكن استخدام مؤشرات العائد

الاجتماعي على الاستثمار (SROI) التي تحول الفوائد الاجتماعية والبيئية إلى قيم نقدية تقديرية. (WORLD-BANK, 2019, p. 32)

• الاستثمار في أنظمة الرصد والتقييم: تخصيص ميزانيات كافية لأنظمة رصد وتقييم مستمرة للمشاريع، لجمع البيانات وتحليلها بشكل دوري.

• إشراك جهات خارجية مستقلة: الاستعانة بجهات خارجية مستقلة (مكاتب استشارية، جامعات، منظمات غير حكومية) لتقييم الأثر البيئي والاجتماعي للمشاريع، لضمان الموضوعية والمصداقية.

2- غياب معايير موحدة لتقييم الاستدامة

يعتبر غياب التوحيد القياسي وتجزئة الأطر التنظيمية من أبرز التحديات التي تواجه تطبيق أدوات التمويل المستدام في البنية التحتية. فالمعايير المستخدمة لتحديد ما إذا كان المشروع "أخضر" أو "مستدام" تختلف من بلد إلى آخر، ومن جهة مانحة إلى أخرى، ومن أداة مالية إلى أخرى. هذا الاختلاف يخلق حالة من الارتباك لدى المستثمرين ويعيق المقارنات بين الفرص الاستثمارية المختلفة. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 92)

الجدول (13): أمثلة على تعدد المعايير:

الجهة	المعيار/الإطار	المجال
الاتحاد الأوروبي	التصنيف الأوروبي للأنشطة المستدامة (EU Taxonomy)	تحديد الأنشطة الاقتصادية المستدامة بيئياً
ICMA	مبادئ السندات الخضراء (Green Bond Principles)	إصدار السندات الخضراء
Climate Bonds Initiative	معييار السندات المناخية (Climate Bonds Standard)	إصدار السندات الخضراء
GRI	معايير المبادرة العالمية لإعداد التقارير (GRI Standards)	الإفصاح عن الأداء البيئي والاجتماعي
SASB	مجلس معايير المحاسبة المستدامة	الإفصاح المالي المتعلق بالاستدامة

المصدر: من اعداد الطالبتين بالاعتماد على: (خنفوسي، بن صغير، 2020) (ICMA, 2021)

من آثار هذا التحدي نجد:

- **زيادة تكاليف الامتثال:** تحتاج الجهات المصدرة للسندات الخضراء إلى الامتثال لمعايير متعددة، مما يزيد التكاليف.
- **صعوبة المقارنة:** يصعب على المستثمرين مقارنة السندات الخضراء الصادرة وفق معايير مختلفة.
- **مخاطر الغسيل الأخضر:** يمكن لبعض الجهات استغلال غياب التوحيد لتسويق أدواتها على أنها "خضراء" دون أن تكون كذلك.
- أ. **الحلول المقترحة:**

- **التقارب نحو معايير عالمية موحدة:** تشجيع الجهات المعنية (الحكومات، الهيئات التنظيمية، الأسواق المالية) على تبني معايير موحدة ومعترف بها دولياً، مثل التصنيف الأوروبي (EU Taxonomy) الذي يسعى لأن يكون مرجعاً عالمياً.
- **الاعتراف المتبادل بين المعايير:** توقيع اتفاقيات اعتراف متبادل بين الدول والجهات المانحة، بحيث يتم قبول المشاريع المعتمدة وفق معيار معين في أسواق أخرى.
- **إنشاء هيئات اعتماد مستقلة:** إنشاء هيئات مستقلة (وطنية أو إقليمية) مسؤولة عن اعتماد المشاريع الخضراء والمستدامة وفق معايير شفافة وموحدة. (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 24)

3- مخاطر الغسيل الأخضر (Greenwashing)

الغسيل الأخضر هو "قيام بعض الشركات أو المؤسسات المالية بتضليل المستثمرين والمستهلكين من خلال تقديم ادعاءات كاذبة أو مبالغ فيها حول مدى صداقة منتجاتها أو استثماراتها للبيئة" (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 22). وفي سياق أدوات التمويل المستدام، قد تطلق جهة ما سندات خضراء أو قروضاً مستدامة، ثم تستخدم العائدات في مشاريع ليس لها أي فائدة بيئية حقيقية، أو تبالغ في تقدير هذه الفوائد.

الجدول رقم (14): أشكال الغسيل الأخضر

الشكل	الشرح	مثال
ادعاءات غير مثبتة	إطلاق ادعاءات بيئية دون تقديم أدلة أو بيانات	"هذا المشروع صديق للبيئة" دون تقارير عن الانبعاثات
المبالغة	تضخيم الفوائد البيئية بشكل غير واقعي	ادعاء تقليل الانبعاثات بنسبة 90% مع أن النسبة الفعلية 10%
إخفاء المعلومات السلبية	التركيز على الجوانب الإيجابية وإخفاء الجوانب السلبية	الترويج لمشروع طاقة متجددة مع إخفاء تأثيره السلبي على التنوع البيولوجي
معايير غامضة	استخدام تعريفات فضفاضة وغير واضحة لـ "الأخضر"	تصنيف أي مشروع طاقة على أنه أخضر حتى لو كان يعتمد على الغاز الطبيعي

المصدر : من اعداد الطالبتين بالاعتماد على: (العرفان ، وعبد المنعم،، 2019)

- آثار هذا التحدي: (Dempere, J. et al., 2024) (Yu, J., & Santoso, D. S., 2025)

- فقدان الثقة في الأسواق :يؤدي انتشار الغسيل الأخضر إلى فقدان المستثمرين الثقة في أدوات التمويل المستدام، مما يقلل الإقبال عليها.
- تشويه السمعة :الجهات التي تكتشف ممارساتها في الغسيل الأخضر تتعرض لضرر كبير في سمعتها.
- إعاقة التمويل الحقيقي :المشاريع الخضراء الحقيقية قد تجد صعوبة في التمويل بسبب شكوك المستثمرين الناجمة عن الغسيل الأخضر.

ومن الحلول المقترحة:

- فرض متطلبات إفصاح صارمة :إلزام الجهات المصدرة للسندات الخضراء والقروض المستدامة بنشر تقارير دورية مفصلة عن استخدام العائدات والأثر البيئي المحقق، مع تدقيق هذه التقارير من قبل جهات خارجية مستقلة. (إسراء ، 2025، صفحة 46)

- إصدار تشريعات رادعة: إصدار قوانين تجرم الغسيل الأخضر وتفرض عقوبات مالية كبيرة على المخالفين (مثل الغرامات، أو منع إصدار أدوات مالية لفترة محددة).
- تعزيز دور هيئات حماية المستهلك: تمكين هيئات حماية المستهلك وهيئات الأسواق المالية من مراقبة الادعاءات البيئية ومقاضاة المخالفين.
- توعية المستثمرين: نشر الوعي بين المستثمرين حول كيفية اكتشاف الغسيل الأخضر، وأهمية طلب تقارير مستقلة قبل الاستثمار.

ثانياً: تحديات الحجم وعدم توافق الآجال

1- عدم توافق آجال الاستثمار الطويلة مع آجال التمويل المتاحة

تتميز مشاريع البنية التحتية بآجال طويلة تمتد من 20 إلى 50 سنة أو أكثر (كما رأينا في المطلب الثاني). ولكن معظم أدوات التمويل المتاحة في الأسواق المالية هي قصيرة أو متوسطة الأجل (عادة من 1 إلى 10 سنوات). هذا عدم التوافق في الآجال (**Maturity Mismatch**) يشكل تحدياً كبيراً، حيث تجد مشاريع البنية التحتية صعوبة في الحصول على تمويل يتناسب مع عمرها الطويل. (رضا، 2022، صفحة 30)

مثال توضيحي:

- مشروع مترو أنفاق يحتاج تمويلًا بـ 10 مليارات دولار لمدة 30 سنة.
- البنوك التجارية تقدم عادة قروضاً لا تتجاوز 5-7 سنوات.
- سوق السندات يمكن أن يوفر آجالاً أطول (10-30 سنة)، ولكن ليس كل الحكومات والشركات قادرة على إصدار سندات لأجل 30 سنة بسبب تكاليف الاقتراض أو متطلبات التصنيف الائتماني.

من آثار هذا التحدي:

- مخاطر إعادة التمويل: تضطر مشاريع البنية التحتية إلى إعادة تمويل ديونها عدة مرات خلال عمرها، مما يعرضها لمخاطر تغير أسعار الفائدة وتقلبات الأسواق المالية.

- ارتفاع تكلفة التمويل: عادة ما تكون أسعار الفائدة على القروض قصيرة الأجل أقل منها على القروض طويلة الأجل، ولكن مخاطر إعادة التمويل قد تجعل التكلفة الإجمالية أعلى.
 - تجنب المستثمرين للاستثمار طويل الأجل: يفضل العديد من المستثمرين (خاصة الأفراد) الاستثمارات قصيرة الأجل، مما يحد من حجم التمويل المتاح للمشاريع طويلة الأجل.
- ومن الحلول المقترحة:

- تطوير سوق السندات طويلة الأجل: تشجيع الحكومات والجهات التنظيمية على تطوير سوق السندات المحلية والإقليمية، وتوفير الحوافز لإصدار سندات لأجل 20-30 سنة (مثل الإعفاءات الضريبية على أرباح السندات طويلة الأجل).
 - تشجيع المستثمرين المؤسسيين: تحفيز صناديق التقاعد وشركات التأمين (التي تلتزم باستثمارات طويلة الأجل بسبب طبيعة التزاماتها) على الاستثمار في مشاريع البنية التحتية، من خلال توفير أدوات استثمارية مناسبة (مثل صناديق البنية التحتية المتداولة في البورصة).
 - استخدام أدوات تخفيف المخاطر: تقديم ضمانات حكومية جزئية للسندات طويلة الأجل، أو إنشاء مؤسسات إعادة تمويل متخصصة تشتري القروض طويلة الأجل من البنوك وتصدر سندات مقابلها للتوريق.
- (World Bank, 2019, p. 28)

2- صعوبة تجميع تمويل كافٍ للمشاريع الضخمة

- تتطلب مشاريع البنية التحتية (كما رأينا) استثمارات ضخمة قد تصل إلى عشرات المليارات من الدولارات. تجميع هذا الحجم من التمويل من مصدر واحد شبه مستحيل، حتى بالنسبة للحكومات الكبرى. لذلك، هناك حاجة إلى تجميع التمويل من مصادر متعددة (حكومية، خاصة، دولية، متعددة الأطراف). ولكن هذه العملية تواجه تحديات كبيرة. (إسراء، 2025، صفحة 48)
- من آثار هذا التحدي:

- تعقيد هيكل التمويل: كلما زاد عدد المصادر، زاد تعقيد هيكل التمويل، وتعددت العقود والشروط والجهات الرقابية.

- تضارب المصالح: قد تتعارض متطلبات المصادر المختلفة (مثل شروط البنوك التجارية مقابل شروط البنوك التنموية).
- طول فترة الإعداد: يستغرق التفاوض مع العديد من الأطراف وجمع التمويل وقتاً طويلاً، مما يؤخر بدء المشروع.
- ارتفاع تكاليف المعاملات: التنسيق بين عدة جهات تمويلية يتطلب استشارات قانونية ومالية مكلفة. ومن الحلول المقترحة:
- نموذج التمويل المختلط: (Blended Finance) استخدام أموال المنح أو القروض الميسرة من الجهات التنموية (بنوك التنمية) لجذب رؤوس الأموال الخاصة. فمثلاً، يمكن لبنك التنمية تقديم قرض بفائدة منخفضة أو ضمان جزئي للبنوك التجارية لتشجيعها على المشاركة في تمويل المشروع). (WORLD-BANK, 2019, p. 35)
- منصات التمويل الجماعي للبنية التحتية: تطوير منصات رقمية تسمح للمستثمرين الأفراد (وليس فقط المؤسسات) بالاستثمار في مشاريع البنية التحتية بمبالغ صغيرة نسبياً، مما يوسع قاعدة التمويل.
- صناديق البنية التحتية المتداولة: (Infrastructure REITs/ Funds) إنشاء صناديق استثمارية متداولة في البورصة متخصصة في الاستثمار في أصول البنية التحتية، مما يتيح للمستثمرين تنويع مخاطرتهم والاستثمار بمبالغ صغيرة.
- تنسيق الجهات المانحة: إنشاء آليات تنسيق بين الجهات المانحة (الحكومات، بنوك التنمية، المؤسسات الدولية) لتوحيد الشروط والإجراءات وتقليل التعقيد.

الشكل رقم (09): تحديات تطبيق أدوات التمويل المستدام في البنية التحتية والحلول



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (إسراء، 2025)، (رضا، 2022)، و(WORLD-BANK, 2019)

يوضح الشكل رقم (09) التحديات الرئيسية التي تواجه تطبيق أدوات التمويل المستدام في مشاريع البنية التحتية، والتي تنقسم إلى فئتين: تحديات القياس والحوكمة، وتحديات الحجم وعدم توافق الآجال. ويقدم الشكل أيضاً الحلول المقترحة لكل فئة، والتي تهدف مجتمعة إلى تعزيز فعالية هذه الأدوات.

خلصنا هذا المبحث إلى أن تمويل البنية التحتية للمدن الذكية يواجه تحديات جوهرية تصنف إلى فئتين رئيسيتين:

أولاً: تحديات القياس والحوكمة، وتشمل صعوبة قياس العائد الاجتماعي والبيئي، وغياب معايير موحدة للاستدامة، ومخاطر الغسيل الأخضر التي تهدد ثقة المستثمرين.

ثانياً: تحديات الحجم وعدم توافق الآجال، وتشمل عدم توافق آجال الاستثمار الطويلة (20-50 سنة) مع آجال التمويل المتاحة (1-10 سنوات)، وصعوبة تجميع تمويل كافٍ للمشاريع الضخمة.

وللتغلب على هذه التحديات، تم اقتراح حلول أبرزها: تطوير مؤشرات أداء موحدة، والتقارب نحو معايير عالمية للاستدامة، وفرض متطلبات إفصاح صارمة، وتطوير سوق السندات طويلة الأجل، واستخدام التمويل المختلط، وإنشاء صناديق البنية التحتية المتداولة.

كما بين المبحث أن البنية التحتية تمثل العمود الفقري للمدن الذكية، وتشمل خمسة أنواع رئيسية (النقل، الطاقة، المياه، الاتصالات، الاجتماعية)، وأن تمويلها يتميز بخصائص فريدة تستدعي أدوات مبتكرة. وقد استعرض المبحث أربع أدوات رئيسية للتمويل المستدام: السندات الخضراء، والقروض المستدامة، والشراكات بين القطاعين العام والخاص، والمنح الحكومية.

إن تمويل البنية التحتية للمدن الذكية يتطلب مقاربة متكاملة تجمع بين عدة أدوات مالية، وهو ما سيتم تحليله من خلال تجربة سنغافورة الرائدة في الفصل التالي.

الفصل الثاني الإطار التطبيقي



تمهيد

بعد أن استعرضنا في الفصل الأول الإطار المفاهيمي للتمويل المستدام (المبحث الأول) والإطار المفاهيمي للمدن الذكية (المبحث الثاني)، وتمويل البنية التحتية للمدن الذكية (المبحث الثالث)، ننتقل في هذا الفصل إلى تحليل تجربة سنغافورة كنموذج رائد في مجال المدن الذكية والتمويل المستدام، وذلك من خلال مبحثين رئيسيين: الأول يتناول نشأة وتطور تجربة سنغافورة، والثاني يحلل أدوات التمويل المستدام المستخدمة في تمويل بنيتها التحتية الذكية.

المبحث الأول: سنغافورة والمدن الذكية – النشأة والتطور

يتناول هذا المبحث الجانب المتعلق بسنغافورة كمدينة ذكية، من خلال استعراض العوامل التي جعلتها نموذجاً رائداً في هذا المجال، ثم تحليل مبادرة Smart Nation (الأمة الذكية) من حيث إطارها الاستراتيجي (الرؤية والأهداف)، ثم آليات تنفيذها (المكونات والمشاريع).

وسيتم ذلك من خلال ثلاثة مطالب رئيسية: الأول يتناول عوامل نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية، والثاني يستعرض الإطار الاستراتيجي لمبادرة Smart Nation ، والثالث يحلل آليات التنفيذ والمشاريع المرتبطة بها.

المطلب الأول: عوامل نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية

تمكنت سنغافورة من تحقيق قفزة نوعية في مجال التحول إلى مدينة ذكية بفضل مجموعة من العوامل المتكاملة، يمكن إجمالها في خمسة عوامل رئيسية:

أولاً: الموقع الجغرافي والإرادة السياسية

تتمتع سنغافورة بموقع جغرافي فريد كدولة مدينة (City-State)، مما يعني أنها مدينة ودولة في آن واحد. هذا الوضع جعل من السهل تنسيق السياسات وتنفيذ المشاريع على مستوى وطني موحد، دون التعقيدات التي تواجهها الدول الكبيرة التي تضم العديد من المدن والولايات. (العرفان، وعبد المنعم، 2019، صفحة 28)

إلى جانب ذلك، لعبت الإرادة السياسية القوية دوراً محورياً في دفع مسيرة التحول نحو المدينة الذكية. فقد أدركت القيادة السياسية في سنغافورة في وقت مبكر أهمية التكنولوجيا والرقمنة في تحقيق التنمية المستدامة، وأطلقت مبادرات طموحة مثل "مبادرة الأمة الذكية" (Smart Nation) في عام 2014، ووفرت الدعم المالي والتشريعي اللازم لتحقيقها. (رضا، 2022، صفحة 45)

وأن الإرادة السياسية العليا في سنغافورة كانت المحرك الأساسي لجميع مشاريع التحول الرقمي، حيث تم إنشاء وحدة خاصة في مكتب رئيس الوزراء لمتابعة تنفيذ مبادرة (Smart Nation). (العرفان، وعبد المنعم، 2019، صفحة 29)

ثانياً: البنية التحتية المتطورة

تعد البنية التحتية المتطورة أحد أهم عوامل نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية. فقد استثمرت سنغافورة استثمارات ضخمة في بناء بنية تحتية رقمية ومادية على أعلى مستوى. (الشريف، 2022، صفحة 35)

أ. شبكة اتصالات فائقة السرعة:

قامت سنغافورة بمد شبكة واسعة من كابلات الألياف البصرية تغطي كامل أراضي الجزيرة، مما وفر سرعات إنترنت فائقة تصل إلى 1 جيجابت/ثانية لمعظم المنازل والشركات. كما كانت من أوائل الدول التي تبنت تقنية الجيل الخامس (5G)، حيث تم تغطية معظم المناطق الحيوية بهذه التقنية التي تتيح سرعات هائلة وزمن

استجابة منخفض جداً (أقل من 1 مللي ثانية)، وهو أمر ضروري لتطبيقات المدن الذكية مثل القيادة الذاتية والجراحة عن بُعد. (IMDA , 2020)

ب. شبكات نقل ذكية: (LTA ، 2018)

قامت سنغافورة بتطوير نظام نقل ذكي متكامل يشمل:

- إشارات مرور ذكية تتكيف تلقائياً مع كثافة حركة المرور.
- نظام دفع إلكتروني للمواقف ورسوم الازدحام (Electronic Road Pricing – ERP).
- تطبيقات ذكية تمكن المواطنين من تخطيط رحلاتهم وحجز التذاكر.
- نظام مترو أنفاق (MRT) يعد من أكثر أنظمة النقل العام كفاءة في العالم.

ج. مباني ومنشآت ذكية:

تم تجهيز معظم المباني الحكومية والمنشآت العامة بأجهزة استشعار وأنظمة تحكم ذكية تتحكم في الإضاءة والتدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) ، مما يساهم في خفض استهلاك الطاقة بشكل كبير. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 88)

ثالثاً: الاستثمار في رأس المال البشري

أدركت سنغافورة أن التكنولوجيا وحدها لا تكفي لبناء مدينة ذكية، بل هناك حاجة إلى مواطنين ومقيمين يمتلكون المهارات الرقمية اللازمة للتعامل مع هذه التكنولوجيا والاستفادة منها. لذلك، استثمرت سنغافورة بشكل كبير في رأس المال البشري من خلال: (مطير ، 2023، صفحة 55)

أ. التعليم الرقمي منذ الصغر:

تم إدخال مفاهيم البرمجة والتكنولوجيا في المناهج الدراسية بدءاً من المراحل الابتدائية، بهدف إعداد جيل قادر على التعامل مع التكنولوجيا والابتكار فيها.

ب. مبادرة Future Skills مستقبل المهارات:

أطلقت سنغافورة في عام 2015 مبادرة FutureSkills التي تهدف إلى توفير فرص التدريب المستمر للمواطنين من جميع الأعمار والمستويات المهنية. تشمل المبادرة:

- منحاً تدريبية للمواطنين لاكتساب مهارات رقمية جديدة.
- برامج تدريبية متخصصة في مجالات مثل تحليل البيانات، والأمن السيبراني، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء.
- دعم مالي للشركات لتوفير التدريب لموظفيها.

ج. جذب الكفاءات العالمية:

اتبعت سنغافورة سياسات هجرة مرنة لجذب المواهب والكفاءات العالمية في مجالات التكنولوجيا والابتكار، مما ساهم في إثراء بيئتها الرقمية وتسريع وتيرة التحول نحو المدينة الذكية. (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 30)

رابعاً: التشريعات والحوكمة الرشيدة

تمتلك سنغافورة إطاراً تشريعياً وقانونياً داعماً للتحول الرقمي، مع حوكمة رشيدة تضمن الشفافية والمساءلة وكفاءة استخدام الموارد. ومن أبرز هذه التشريعات: (زعتري ، بن العبد، 2019، صفحة 44)

أ. قانون حماية البيانات الشخصية: (Personal Data Protection Act – PDPA)

صدر هذا القانون في عام 2012 (وتم تحديثه لاحقاً) لتنظيم جمع واستخدام والإفصاح عن البيانات الشخصية للمواطنين والمقيمين. يهدف القانون إلى حماية خصوصية الأفراد مع السماح للشركات والحكومة باستخدام البيانات لأغراض مشروعة (مثل تحسين الخدمات).

ب. قانون الأمن السيبراني: (Cybersecurity Act)

صدر هذا القانون في عام 2018 لتعزيز أمن البنية التحتية الحيوية (مثل شبكات الكهرباء والمياه والنقل والاتصالات) وحمايتها من الهجمات الإلكترونية. أنشأ القانون هيئة الأمن السيبراني في سنغافورة (CSA) المسؤولة عن مراقبة وتنسيق جهود الأمن السيبراني على المستوى الوطني.

ج. مكافحة الفساد والشفافية:

تشتهر سنغافورة بمستوياتها المنخفضة جداً من الفساد، بفضل هيئة مكافحة الفساد القوية (CPIB) والقوانين الصارمة. هذا المستوى العالي من الشفافية والنزاهة يشجع الاستثمارات المحلية والأجنبية ويضمن كفاءة استخدام الموارد العامة. (رضا، 2022، صفحة 47)

خامساً: الشراكات مع القطاع الخاص

لم تعتمد سنغافورة على الحكومة فقط في تنفيذ مشاريع المدينة الذكية، بل أقامت شراكات استراتيجية مع القطاع الخاص (الشركات المحلية والعالمية) للاستفادة من خبراتها ومواردها. ومن أبرز هذه الشراكات .

أ. التعاون مع شركات التكنولوجيا العالمية:

وقعت سنغافورة اتفاقيات شراكة مع شركات التكنولوجيا الكبرى مثل:

- **Google** : للتعاون في مجالات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة.
- **Microsoft** : لتطوير حلول الحوسبة السحابية للحكومة والشركات.
- **IBM** : لتطوير تطبيقات إنترنت الأشياء (IoT) في مجالات النقل والصحة.
- **Grab** : شركة سنغافورية لتطوير حلول التنقل الذكي والخدمات اللوجستية.

ب. تشجيع الشركات الناشئة (Startups):

أنشأت سنغافورة حاضنات أعمال ومسرعات تقنية مثل BLOCK71 التابعة لجامعة سنغافورة الوطنية (لدعم الشركات الناشئة في مجالات التكنولوجيا والابتكار، وتوفير التمويل الأولي والإرشاد والمساحات المكتبية.

ج. نماذج الشراكة بين القطاعين العام والخاص (PPP):

تم استخدام نموذج الشراكة بين القطاعين العام والخاص (PPP) في العديد من مشاريع البنية التحتية الذكية في سنغافورة، مثل أنظمة النقل الذكية وشبكات الاتصالات، حيث يتولى القطاع الخاص مسؤولية التمويل والبناء والتشغيل، بينما تقوم الحكومة بالإشراف والتنظيم. (رضا، 2022، صفحة 48)

الشكل رقم (10): عوامل نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (العرفان ، وعبد المنعم، 2019) ، (رضا، 2022)

يوضح الشكل رقم (10) العوامل المتكاملة التي ساهمت في نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية، والتي تبدأ بالإرادة السياسية والموقع الجغرافي، ثم البنية التحتية المتطورة والاستثمار في رأس المال البشري والتشريعات والحوكمة الرشيدة، وأخيراً الشراكات مع القطاع الخاص، وتؤدي مجتمعة إلى نجاح سنغافورة كمدينة ذكية رائدة".

خلصنا في هذا المطلب إلى أن نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية لم يأت بمحض الصدفة، بل كان نتيجة تكامل خمسة عوامل رئيسية:

1. الإرادة السياسية القوية والموقع الجغرافي الفريد كدولة مدينة يسهل تنسيق السياسات وتنفيذ المشاريع.
2. البنية التحتية المتطورة على مستوى شبكات الاتصالات الألياف البصرية (G5)، والنقل الذكي والمباني الذكية.
3. الاستثمار الكبير في رأس المال البشري من خلال التعليم الرقمي، ومبادرة SkillsFuture للتدريب المستمر، وجذب الكفاءات العالمية.
4. الإطار التشريعي الداعم والحوكمة الرشيدة من خلال قوانين حماية البيانات والأمن السيبراني، ومكافحة الفساد.
5. الشراكات الاستراتيجية مع القطاع الخاص (شركات عالمية، شركات ناشئة، نماذج PPP).

هذه العوامل مجتمعة خلقت بيئة تمكينية حفزت الابتكار وجذبت الاستثمارات، ومكنت سنغافورة من تحقيق قفزات نوعية في مؤشرات المدن الذكية العالمية. وهذا ما سنتناوله بالتفصيل في المطلبين الثاني والثالث من هذا المبحث، حيث سنحلل مبادرة Smart Nation من حيث إطارها الاستراتيجي وآليات تنفيذها.

المطلب الثاني: مبادرة Smart Nation الإطار الاستراتيجي (الرؤية والأهداف)

بعد أن استعرضنا في المطلب الأول عوامل نجاح سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية، ننقل في هذا المطلب إلى تحليل مبادرة Smart Nation الأمة الذكية (التي تمثل الركيزة الأساسية لهذا التحول). سنتناول في هذا المطلب مفهوم المبادرة، ورؤيتها الاستراتيجية، وأهدافها العامة، ورؤية سنغافورة 2030، وذلك ضمن الإطار الاستراتيجي للمبادرة.

أولاً: مفهوم مبادرة Smart Nation

أطلقت سنغافورة مبادرة Smart Nation رسمياً في نوفمبر 2014 على يد رئيس الوزراء لي هسين لونج، بهدف تحويل سنغافورة إلى مدينة ذكية متكاملة تستخدم التكنولوجيا والبيانات والابتكار لتحسين حياة المواطنين، وخلق فرص اقتصادية جديدة، وبناء مجتمع أكثر شمولاً وترابطاً. (العرفان ، وعبد المنعم،، 2019، صفحة 26)

تعرف مبادرة Smart Nation بأنها "رؤية استراتيجية شاملة تهدف إلى تسخير قوة التكنولوجيا الرقمية والبيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء لتحسين جودة الحياة، وتعزيز التنافسية الاقتصادية، وبناء مجتمع أكثر مرونة واستدامة". (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 90)

وتتميز المبادرة بأنها ليست مجرد مجموعة من المشاريع التقنية المنعزلة، بل هي إطار استراتيجي متكامل يربط بين التكنولوجيا، والسياسات العامة، والمجتمع، والاقتصاد، والحوكمة. وتقوم المبادرة على مبدأ أن التكنولوجيا هي وسيلة وليست غاية، وأن الهدف النهائي هو تحسين حياة الإنسان. (رضا، 2022، صفحة 50)

ثانياً: الرؤية الاستراتيجية للمبادرة

تستند رؤية مبادرة Smart Nation إلى ثلاثة محاور رئيسية، يمكن توضيحها في الجدول التالي:

الجدول رقم (15): المحاور الرئيسية لرؤية Smart Nation

المحور	الشرح	الأمثلة
المواطن في القلب	تضع المبادرة المواطن في مركز الاهتمام، حيث يتم تصميم الخدمات والحلول التكنولوجية وفقاً لاحتياجاته الفعلية، وليس وفقاً لما هو متاح تقنياً	تصميم تطبيقات سهلة الاستخدام لكبار السن، توفير خدمات حكومية متعددة اللغات

التحول الرقمي الشامل	لا تقتصر المبادرة على الحكومة فقط، بل تشمل القطاع الخاص، والمجتمع المدني، والمواطنين، بهدف خلق نظام بيئي رقمي متكامل	تحول الشركات إلى الرقمنة، تمكين المواطنين من الخدمات الرقمية، تشجيع الابتكار المجتمعي
الاستدامة والمرونة	تهدف المبادرة إلى بناء مدينة قادرة على التكيف مع التغيرات المستقبلية (التكنولوجية، الاقتصادية، البيئية، الصحية) والصمود في وجه الأزمات	أنظمة إنذار مبكر، بنية تحتية مرنة، خطط طوارئ رقمية

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (العرفان ، وعبد المنعم، 2019) و (خنفوسي ،بن صغير، 2020)

ثالثاً: أهداف المبادرة العامة

تسعى مبادرة Smart Nation إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الاستراتيجية العامة، يمكن إجمالها في ستة أهداف رئيسية:

الهدف الأول: تحسين جودة حياة المواطنين

تهدف المبادرة إلى استخدام التكنولوجيا لتحسين الحياة اليومية للمواطنين والمقيمين في سنغافورة، من خلال:

- توفير خدمات صحية عن بُعد (telemedicine) تتيح للمرضى استشارة الأطباء دون الحاجة إلى الذهاب إلى المستشفى. (RSIS , 2017)

- تطوير أنظمة نقل ذكية تقلل الازدحام وتختصر زمن التنقل. (Smart Nation Singapore, 2015)

- توفير خدمات حكومية رقمية متكاملة تتيح للمواطنين إنجاز معاملاتهم من منازلهم. (مطير ، 2023 ، صفحة 56)

الهدف الثاني: تعزيز التنافسية الاقتصادية

تهدف المبادرة إلى جعل سنغافورة مركزاً عالمياً للابتكار والتكنولوجيا، من خلال:

- تشجيع البحث والتطوير في مجالات التكنولوجيا المتقدمة (الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، الأمن السيبراني).

- دعم الشركات الناشئة وريادة الأعمال الرقمية.

- جذب الاستثمارات الأجنبية في قطاعات التكنولوجيا والابتكار.

- تحويل القطاعات الاقتصادية التقليدية (مثل الخدمات المالية، السياحة، الخدمات اللوجستية) إلى قطاعات رقمية. (الشريف، 2022، صفحة 38)

الهدف الثالث: بناء مجتمع أكثر شمولاً وترابطاً

- تهدف المبادرة إلى تضيق الفجوة الرقمية (Digital Divide) وضمان استفادة جميع فئات المجتمع من التحول الرقمي، وخاصة: (العرفان ، وعبد المنعم.، 2019، صفحة 31)
- كبار السن: من خلال تطوير تطبيقات سهلة الاستخدام وبرامج تدريبية.
- ذوي الاحتياجات الخاصة: من خلال توفير تقنيات مساعدة (مثل تطبيقات تحويل النص إلى كلام).
- ذوي الدخل المحدود: من خلال توفير أجهزة وخدمات إنترنت بأسعار مخفضة

الهدف الرابع: تحسين كفاءة الخدمات العامة

- تهدف المبادرة إلى رفع كفاءة وجودة الخدمات التي تقدمها الحكومة للمواطنين، من خلال: (خنفوسي ،بن صغير، 2020، صفحة 91)
- أتمتة الإجراءات الحكومية وتقليل البيروقراطية.
- استخدام تحليلات البيانات الضخمة (Big Data Analytics) لتحسين عملية اتخاذ القرار.
- تطوير منصات رقمية متكاملة مثل منصة (SingPass) تتيح للمواطنين الوصول إلى جميع الخدمات الحكومية من خلال هوية رقمية واحدة.

الهدف الخامس: تعزيز الاستدامة البيئية

- تهدف المبادرة إلى استخدام التكنولوجيا لحماية البيئة وتحقيق الاستدامة، من خلال: (زعتري ، بن العبد، 2019، صفحة 46)
- تطوير شبكات طاقة ذكية (Smart Grids) تدمج مصادر الطاقة المتجددة وتقلل الفاقد.
- تطبيق أنظمة إدارة نفايات ذكية (Smart Waste Management) تعتمد على حاويات مزودة بأجهزة استشعار.
- تشجيع استخدام وسائل النقل العام والمركبات الكهربائية من خلال تطبيقات وتقنيات ذكية .

الهدف السادس: تعزيز الأمن والسلامة العامة

تهدف المبادرة إلى استخدام التكنولوجيا لتعزيز أمن وسلامة المواطنين، من خلال: (رضا، 2022، صفحة 51)

- تطوير أنظمة مراقبة ذكية مزودة بتقنيات التعرف على الوجوه ولوحات السيارات.
- إنشاء أنظمة إنذار مبكر للكوارث الطبيعية (مثل الفيضانات، الزلازل) والطوارئ الصحية (مثل الجوائح).
- تطوير أنظمة استجابة سريعة للطوارئ تقلل أوقات الوصول إلى مواقع الحوادث.

الجدول رقم (16): أهداف مبادرة Smart Nation

الهدف	المحتوى الرئيسي
تحسين جودة حياة المواطنين	خدمات صحية عن بُعد، نقل ذكي، خدمات حكومية رقمية
تعزيز التنافسية الاقتصادية	مركز عالمي للابتكار، دعم الشركات الناشئة، جذب استثمارات أجنبية
بناء مجتمع أكثر شمولاً وترابطاً	تضييق الفجوة الرقمية، دعم كبار السن وذوي الاحتياجات الخاصة
تحسين كفاءة الخدمات العامة	أتمتة الإجراءات، تحليلات البيانات الضخمة، منصات رقمية متكاملة
تعزيز الاستدامة البيئية	شبكات طاقة ذكية، إدارة نفايات ذكية، نقل نظيف
تعزيز الأمن والسلامة العامة	مراقبة ذكية، إنذار مبكر، استجابة سريعة للطوارئ

المصدر: من إعداد الطالبتين: (العرفان، وعبد المنعم، 2019)، (خنفوسي، بن صغير، 2020)،

رابعاً: رؤية سنغافورة 2030

تمتد رؤية مبادرة Smart Nation إلى عام 2030، حيث تطمح سنغافورة إلى تحقيق مجموعة من المستهدفات الطموحة، يمكن إجمالها في النقاط التالية: (الشريف، 2022، صفحة 40)

1- في مجال النقل والتنقل:

- أن يكون 75% من الرحلات اليومية تتم عبر وسائل النقل العام.
- أن تكون جميع محطات مترو الأنفاق (MRT) مزودة بشبكة إنترنت G.5.

- أن يتم تطبيق نظام النقل كخدمة (Mobility-as-a-Service - MaaS) الذي يتيح للمواطنين التخطيط لرحلاتهم وحجز وتذاكر جميع وسائل النقل من خلال تطبيق واحد.

2- في مجال الصحة:

- أن يستخدم 80% من كبار السن (فوق 65 عاماً) خدمات الصحة الرقمية (الاستشارات عن بُعد، التذكير بتناول الأدوية، مراقبة العلامات الحيوية).
- أن يتم إنشاء قاعدة بيانات صحية وطنية موحدة تربط جميع المستشفيات والعيادات لتحسين التشخيص والعلاج.

3- في مجال الحكومة الرقمية:

- أن تكون 100% من الخدمات الحكومية متاحة عبر الإنترنت.
- أن يتم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في 50% من عمليات اتخاذ القرار الحكومية.
- أن تكون سنغافورة ضمن أفضل 3 دول في مؤشر تطور الحكومة الإلكترونية الصادر عن الأمم المتحدة.

4- في مجال الاقتصاد الرقمي:

- أن يساهم القطاع الرقمي بنسبة 25% من الناتج المحلي الإجمالي (مقارنة بحوالي 15% حالياً).
- أن يتم تدريب 80% من القوى العاملة على المهارات الرقمية الأساسية على الأقل.
- أن تحتل سنغافورة المرتبة الأولى عالمياً في مؤشر جاهزية الشبكات (Network Readiness Index).

5- في مجال البيئة والاستدامة:

- أن يتم تقليل انبعاثات الكربون بنسبة 30% مقارنة بعام 2010.
- أن يتم إعادة تدوير 70% من النفايات.
- أن تكون جميع المباني الحكومية الجديدة صديقة للبيئة (محايدة كربونياً).

خلصنا في هذا المطلب إلى أن مبادرة Smart Nation تمثل الإطار الاستراتيجي الشامل الذي تقوم عليه جهود سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية. وتستند المبادرة إلى رؤية واضحة تضع المواطن في القلب، وتسعى إلى تحقيق تحول رقمي شامل ومستدام.

وتتمثل الرؤية الاستراتيجية للمبادرة في ثلاثة محاور رئيسية: المواطن في القلب، والتحول الرقمي الشامل، والاستدامة والمرونة. وتسعى المبادرة إلى تحقيق ستة أهداف عامة: تحسين جودة حياة المواطنين، وتعزيز التنافسية الاقتصادية، وبناء مجتمع أكثر شمولاً وترابطاً، وتحسين كفاءة الخدمات العامة، وتعزيز الاستدامة البيئية، وتعزيز الأمن والسلامة العامة.

وتمتد رؤية المبادرة إلى عام 2030، حيث تطمح سنغافورة إلى تحقيق مستهدفات طموحة في مجالات النقل والصحة والحكومة والاقتصاد والبيئة. وهذا ما سيكون محور المطلب الثالث من هذا المبحث، حيث سنتناول آليات التنفيذ (المكونات الخمسة) والمشاريع والتطبيقات المرتبطة بهذه المبادرة.

المطلب الثالث: مبادرة - Smart Nation آليات التنفيذ والمشاريع (المكونات والتطبيقات)

بعد أن استعرضنا في المطلب الثاني الإطار الاستراتيجي لمبادرة Smart Nation (الرؤية والأهداف)، ننتقل في هذا المطلب إلى تحليل آليات التنفيذ التي اعتمدتها سنغافورة لتحقيق هذه الرؤية والأهداف. وتتمثل آليات التنفيذ في خمس مكونات رئيسية (تُعرف باسم "الركائز الخمس")، تتضمن كل منها مجموعة من المشاريع والتطبيقات الذكية التي تم تنفيذها على أرض الواقع.

أولاً: المكونات الرئيسية للمبادرة (الركائز الخمس)

تقوم مبادرة Smart Nation على خمس مكونات رئيسية متكاملة، يغطي كل منها جانباً مهماً من جوانب الحياة في المدينة الذكية. ويمكن توضيح هذه المكونات في الجدول التالي:

الجدول رقم (17): المكونات الرئيسية لمبادرة Smart Nation

المكون	الاسم بالعربية	الاسم بالإنجليزية	التركيز الرئيسي
الأول	الحياة الذكية	Smart Living	تحسين جودة الحياة اليومية للمواطنين
الثاني	التنقل الذكي	Smart Mobility	تطوير أنظمة نقل فعالة ومستدامة
الثالث	البيئة الذكية	Smart Environment	حماية البيئة وتحقيق الاستدامة
الرابع	الاقتصاد الذكي	Smart Economy	تعزيز الابتكار والتنافسية الاقتصادية
الخامس	الحكومة الذكية	Smart Government	تقديم خدمات حكومية رقمية فعالة

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (العرفان ، وعبد المنعم، 2019)، (خنفوسي ،بن صغير، 2020)

ثانياً: الحياة الذكية (Smart Living)

يركز مكون الحياة الذكية على استخدام التكنولوجيا لتحسين الحياة اليومية للمواطنين، وخاصة في مجالات الصحة والتعليم والإسكان والسلامة العامة.

1- الصحة الذكية (Smart Health)

أ- تطبيق HealthHub

أطلقت سنغافورة تطبيق HealthHub وهو منصة رقمية متكاملة تتيح للمواطنين الوصول إلى سجلاتهم الصحية الشخصية، وحجز مواعيد مع الأطباء، وتجديد الوصفات الطبية، وتلقي نتائج التحاليل المخبرية

إلكترونياً، كما يوفر التطبيق معلومات صحية تثقيفية ونصائح للوقاية من الأمراض (الشريف، 2022، ص 42).

ب- الاستشارات الطبية عن بُعد: (Telehealth)

قامت سنغافورة بتطوير خدمات الاستشارات الطبية عن بُعد، والتي تتيح للمرضى، وخاصة كبار السن وأصحاب الأمراض المزمنة، استشارة الأطباء عبر الفيديو من منازلهم، مما يقلل من الحاجة إلى الذهاب إلى المستشفيات والعيادات ويوفر الوقت والجهد. (مطير ، 2023، صفحة 57)

ج - أجهزة مراقبة صحية ذكية:

تم توزيع أجهزة مراقبة صحية ذكية (مثل أجهزة قياس ضغط الدم والسكري) على كبار السن، حيث ترسل هذه الأجهزة البيانات تلقائياً إلى مقدمي الرعاية الصحية، مما يمكنهم من متابعة الحالة الصحية للمرضى والتدخل المبكر عند الحاجة. (المفوضية الأوروبية، 2018)

2- الإسكان الذكي (Smart Housing)

أ. مشروع: HDB Smart Hub

قامت هيئة الإسكان العام في سنغافورة (HDB) بتطوير مشروع "المركز الذكي" الذي يستخدم أجهزة استشعار موزعة في المباني السكنية لجمع بيانات عن استهلاك الطاقة والمياه، وكثافة الإشغال، وجودة الهواء الداخلي، وتحليل هذه البيانات لتحسين كفاءة المباني وتقليل استهلاك الموارد. (زعتري ، بن العبد، 2019، صفحة 47)

ب. تطبيق: OneService

أطلقت سنغافورة تطبيق OneService الذي يسمح للمواطنين بالإبلاغ عن المشاكل في مجتمعاتهم السكنية (مثل الأعطال، النفايات، الحفر في الطرق) بسهولة عن طريق التقاط صورة وإرسالها عبر التطبيق، ثم يتم توجيه الشكوى تلقائياً إلى الجهة المسؤولة لمتابعتها. (MSO Singapore، 2015)

3- السلامة العامة الذكية (Smart Safety)

أ. نظام الكاميرات الذكية: PolCam

قامت شرطة سنغافورة بتركيب أكثر من 90,000 كاميرا ذكية في الأماكن العامة (الشوارع، مواقف السيارات،

محطات النقل، المجمعات السكنية)، مزودة بتقنيات التعرف على الوجوه ولوحات السيارات، وتساعد هذه الكاميرات في كشف الجرائم وتحسين الاستجابة للحوادث. (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 33)

• ب. تطبيق: MyResponder

أطلقت سنغافورة تطبيق MyResponder الذي ينبه المتطوعين المدربين على الإسعافات الأولية إلى حالات توقف القلب المفاجئ القريبة منهم، مما يساهم في تقديم المساعدة العاجلة قبل وصول سيارات الإسعاف ويزيد من فرص إنقاذ الأرواح (سعيد، عادل حامد، 2023، الصفحات 45-62).

ثالثاً: التنقل الذكي (Smart Mobility)

يركز مكون التنقل الذكي على تطوير نظام نقل متكامل وفعال ومستدام، باستخدام التكنولوجيا لتحسين تجربة التنقل للمواطنين وتقليل الازدحام والانبعاثات.

1- نظام الدفع الإلكتروني للطرق (Electronic Road Pricing – ERP)

قامت سنغافورة بتطوير نظام ERP ، وهو نظام إلكتروني لفرض رسوم على المركبات التي تستخدم الطرق المزدحمة في ساعات الذروة. يعتمد النظام على وحدات إلكترونية مثبتة في المركبات تتواصل مع بوابات إلكترونية موزعة على الطرق، ويتم خصم الرسوم تلقائياً من حساب مسبق الدفع. يساهم هذا النظام في تخفيف الازدحام وتشجيع استخدام وسائل النقل العام. (رضا، 2022، صفحة 53)

2- تطبيق MyTransport.SG

أطلقت سنغافورة تطبيق MyTransport.SG الذي يوفر معلومات حية عن حركة المرور، وأوقات وصول الحافلات ومترو الأنفاق، وتوفر مواقف السيارات، ومسارات الدراجات الهوائية، ويساعد التطبيق المواطنين على تخطيط رحلاتهم واختيار أسرع وأرخص وسيلة نقل.

3- المركبات ذاتية القيادة (Autonomous Vehicles)

قامت سنغافورة بإنشاء منطقة تجريبية للمركبات ذاتية القيادة في منطقة "ون-نورث" التكنولوجية، كما تم تجربة حافلات صغيرة ذاتية القيادة في جامعة سنغافورة الوطنية وفي جزيرة "سينتوسا" السياحية. وتخطط سنغافورة لتعميم استخدام هذه المركبات كجزء من نظام النقل العام في المستقبل. (خنفوسي ،بن صغير، 2020، صفحة 89)

4- نظام مشاركة الدراجات الهوائية (Bike Sharing)

قامت سنغافورة بالتعاون مع شركات خاصة بإطلاق أنظمة مشاركة الدراجات الهوائية (مثل Anywheel ، HelloRide) التي تتيح للمواطنين استئجار دراجات هوائية من محطات موزعة في جميع أنحاء المدينة باستخدام تطبيقات الهواتف الذكية، مما يشجع على استخدام وسائل نقل صديقة للبيئة.

رابعاً: البيئة الذكية (Smart Environment)

يركز مكون البيئة الذكية على استخدام التكنولوجيا لحماية البيئة وتحقيق الاستدامة، من خلال تحسين إدارة الموارد الطبيعية وتقليل التلوث.

1- شبكات الطاقة الذكية (Smart Grids)

قامت سنغافورة بتطوير شبكات كهرباء ذكية تستخدم عدادات ذكية (Smart Meters) وأجهزة استشعار لقياس استهلاك الكهرباء لحظة بلحظة، وتسمح هذه الشبكات بدمج مصادر الطاقة المتجددة (مثل الطاقة الشمسية) وتوزيع الكهرباء بكفاءة أكبر، وتقديم معلومات للمستهلكين عن استهلاكهم لمساعدتهم على ترشيده. (زعت ، بن العبد، 2019، صفحة 48)

2- إدارة النفايات الذكية (Smart Waste Management)

قامت سنغافورة بتركيب حاويات نفايات ذكية مزودة بأجهزة استشعار تقيس مستوى الامتلاء، وترسل هذه البيانات إلى نظام مركزي يقوم بتحسين مسارات شاحنات جمع النفايات، مما يقلل عدد الرحلات غير الضرورية ويوفر الوقود ويخفض الانبعاثات. (شريب، محمد عبد العزيز، 2023)

3- مراقبة جودة الهواء والمياه

تم نشر أجهزة استشعار لمراقبة جودة الهواء (مستويات التلوث بالجسيمات الدقيقة PM2.5 ، وثاني أكسيد النيتروجين، والأوزون) في جميع أنحاء سنغافورة، كما تم تركيب أجهزة استشعار في شبكات المياه لمراقبة الجودة والكشف عن التسربات، ويتم نشر هذه البيانات على منصات مفتوحة للمواطنين والباحثين. (شريب، محمد عبد العزيز، 2023)

4- المباني الخضراء (Green Buildings)

تتطلب سنغافورة أن تكون جميع المباني الجديدة صديقة للبيئة وتحصل على شهادة Green Mark التي تمنحها هيئة البناء والإنشاء (BCA)، وتشمل متطلبات الشهادة كفاءة استهلاك الطاقة والمياه، واستخدام مواد بناء مستدامة، وتوفير مساحات خضراء. (الشريف، 2022، صفحة 44)

خامساً: الاقتصاد الذكي (Smart Economy)

يركز مكون الاقتصاد الذكي على تحويل سنغافورة إلى مركز عالمي للابتكار والتكنولوجيا، من خلال دعم ريادة الأعمال والتحول الرقمي للقطاعات الاقتصادية.

1- برنامج SG:D سنغافورة الرقمية

أطلقت سنغافورة برنامج SG:D الذي يهدف إلى دفع نمو الاقتصاد الرقمي من خلال:

- دعم الشركات الناشئة في مجال التكنولوجيا. (Startups)
- تشجيع الشركات القائمة على التحول الرقمي.
- تطوير البنية التحتية الرقمية 5G، الحوسبة السحابية، الأمن السيبراني.
- تنمية المواهب والمهارات الرقمية مبادرة SkillsFuture.

2- مبادرة Open Innovation Platform (OIP)

أطلقت سنغافورة منصة الابتكار المفتوح (OIP) التي تربط بين الشركات الكبرى التي تواجه تحديات تقنية والشركات الناشئة والمبتكرين الذين يمكنهم تقديم حلول لها، وتقدم الحكومة تمويلاً جزئياً للمشاريع الفائزة. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 92)

3- مركز الابتكار والرقمنة (Innovation & Digitalisation Hub)

قامت سنغافورة بإنشاء مركز الابتكار والرقمنة (IDH) في منطقة "بون لاب" (Punggol Digital District)، وهو مركز يوفر مساحات عمل مشتركة، ومختبرات تقنية، وبرامج تسريع أعمال، وخدمات استشارية للشركات الناشئة والشركات الصغيرة والمتوسطة. (سلامة، محمد جمال. ، 2022)

سادساً: الحكومة الذكية (Smart Government)

يركز مكون الحكومة الذكية على تحويل الخدمات الحكومية إلى خدمات رقمية متكاملة وسهلة الاستخدام، وتعزيز الشفافية والمشاركة المجتمعية.

1- منصة SingPass

تعد SingPass (رمز المرور السنغافوري) الهوية الرقمية الموحدة للمواطنين والمقيمين في سنغافورة، حيث يمكنهم استخدام حساب واحد للوصول إلى أكثر من 2000 خدمة حكومية عبر الإنترنت، من بينها: تجديد جوازات السفر، دفع الضرائب، التسجيل في المدارس، الحصول على وثائق الميلاد والزواج، كما يمكن استخدام SingPass للتوقيع الإلكتروني على المستندات. (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 34)

2- تطبيق LifeSG

أطلقت سنغافورة تطبيق (LifeSG) (Moments of Life) سابقاً، الذي يجمع جميع الخدمات الحكومية المتعلقة بالأحداث الرئيسية في حياة المواطن (مثل ولادة طفل، بدء العمل، تقاعد، وفاة قريب) في تطبيق واحد، بدلاً من اضطرار المواطن للتعامل مع جهات حكومية متعددة. (GovTech Singapore, 2022)

3- منصة Data.gov.sg

أطلقت سنغافورة منصة البيانات المفتوحة Data.gov.sg التي توفر أكثر من 10,000 مجموعة بيانات من 70 جهة حكومية (بيانات عن السكان، النقل، الصحة، البيئة، الاقتصاد) مجاناً للجمهور، وتهدف المنصة إلى تعزيز الشفافية، وتشجيع الابتكار (حيث يمكن للباحثين والشركات الناشئة استخدام البيانات لتطوير تطبيقات وخدمات جديدة)، ودعم اتخاذ القرار المبني على الأدلة. (رضا، 2022، صفحة 55)

4- مشروع Virtual Singapore

قامت سنغافورة بإنشاء نسخة رقمية ثلاثية الأبعاد للمدينة بأكملها (Digital Twin) تسمى "سنغافورة الافتراضية" (Virtual Singapore)، وهي منصة ديناميكية تحتوي على بيانات في الوقت الحقيقي عن حركة المرور، الطقس، جودة الهواء، كثافة السكان، وتستخدم هذه المنصة من قبل الجهات الحكومية والمخططين الحضريين لاختبار السيناريوهات المختلفة قبل تنفيذها على أرض الواقع (مثل: تأثير بناء مبنى جديد على حركة المرور، أو انتشار حريق في منطقة ما). (آل حمادي، موزة، 2023)

الشكل رقم (11): المكونات الخمسة لمبادرة Smart Nation .



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على : (Smart Nation Singapore, 2015)

يوضح الشكل رقم (11) المكونات الخمسة الرئيسية لمبادرة Smart Nation (الحياة الذكية، التنقل الذكي، البيئة الذكية، الاقتصاد الذكي، الحكومة الذكية).

خلصنا في هذا المطلب إلى أن مبادرة Smart Nation في سنغافورة تعتمد على خمس مكونات رئيسية متكاملة:

1. الحياة الذكية: التي تركز على تحسين جودة حياة المواطنين من خلال تطبيقات الصحة الذكية مثل (HealthHub، والإسكان الذكي) مثل (HDB Smart Hub، والسلامة العامة الذكية) مثل (PolCam).
2. التنقل الذكي: الذي يطور أنظمة نقل فعالة من خلال نظام الدفع الإلكتروني (ERP)، وتطبيق MyTransport.SG، والمركبات ذاتية القيادة.
3. البيئة الذكية: التي تحقق الاستدامة من خلال شبكات الطاقة الذكية، وإدارة النفايات الذكية، ومراقبة جودة الهواء والمياه، والمباني الخضراء.

4. **الاقتصاد الذكي**: الذي يعزز الابتكار والتنافسية من خلال برنامج SG:D ، ومنصة الابتكار المفتوح (OIP)، ومركز الابتكار والرقمنة. (IDH)

5. **الحكومة الذكية**: التي تقدم خدمات حكومية رقمية متكاملة من خلال منصة SingPass ، وتطبيق LifeSG، ومنصة البيانات المفتوحة Data.gov.sg، ومشروع Virtual Singapore.

هذه المكونات والمشاريع تمثل آليات التنفيذ الفعلية التي حولت الرؤية والأهداف الاستراتيجية لمبادرة Smart Nation إلى واقع ملموس على أرض الواقع. وفي المبحث الثاني من هذا الفصل، سننتقل إلى تحليل أدوات التمويل المستدام التي استخدمتها سنغافورة لتمويل هذه البنية التحتية الذكية.

المبحث الثاني: أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية لسنغافورة

بعد أن استعرضنا في المبحث الأول من هذا الفصل نشأة وتطور تجربة سنغافورة كمدينة ذكية، بدءاً من عوامل نجاحها، مروراً بالإطار الاستراتيجي لمبادرة Smart Nation (الرؤية والأهداف)، وانتهاءً بآليات التنفيذ والمشاريع (المكونات الخمسة والتطبيقات)، ننتقل في هذا المبحث إلى تحليل الجانب التمويلي لهذه التجربة الرائدة.

فقد تبين من خلال المباحث السابقة أن التحول إلى مدينة ذكية يتطلب استثمارات ضخمة في البنية التحتية (المادية والرقمية)، وأن سنغافورة استطاعت توفير هذه الاستثمارات من خلال مزيج متنوع من مصادر التمويل. وسنتناول في هذا المبحث، من خلال ثلاثة مطالب، مصادر تمويل البنية التحتية الذكية، ثم أدوات التمويل المستدام التي استخدمتها سنغافورة، وأخيراً الدروس المستفادة والتحديات التي تم تجاوزها.

المطلب الأول: مصادر تمويل البنية التحتية الذكية في سنغافورة

اعتمدت سنغافورة في تمويل مشاريع البنية التحتية الذكية على مزيج متنوع من المصادر، تنوعت بين المصادر المحلية (صناديق الثروة السيادية، الميزانية الحكومية) والمصادر الخارجية (الاستثمار الأجنبي المباشر)، وبين المصادر العامة (الحكومة) والمصادر الخاصة (الشراكات مع القطاع الخاص). وسنستعرض في هذا المطلب أربعة مصادر رئيسية للتمويل.

أولاً: صناديق الثروة السيادية تيماسيك و GIC

تعد صناديق الثروة السيادية من أهم مصادر التمويل في سنغافورة، حيث تدير هذه الصناديق أصولاً ضخمة تستثمرها محلياً ودولياً في مختلف القطاعات، بما في ذلك البنية التحتية والتكنولوجيا.

1. صندوق تيماسيك (Temasek Holdings)

تأسس صندوق تيماسيك في عام 1974، وهو شركة استثمارية مملوكة بالكامل للحكومة السنغافورية، ويدير محفظة استثمارية تبلغ قيمتها حوالي 400 مليار دولار أمريكي (حسب بيانات 2023)، ويستثمر الصندوق في مجموعة متنوعة من القطاعات، منها: الخدمات المالية، الاتصالات، التكنولوجيا، الطاقة، النقل، والعقارات. (رضا، 2022، صفحة 60)

2. دور تيماسيك في تمويل البنية التحتية الذكية:

- الاستثمار المباشر في مشاريع البنية التحتية: يستثمر تيماسيك مباشرة في مشاريع البنية التحتية الذكية في سنغافورة، مثل مشاريع الطاقة المتجددة، وشبكات الاتصالات، وأنظمة النقل الذكية.
- الاستثمار في شركات التكنولوجيا: يستثمر الصندوق في شركات التكنولوجيا العالمية والمحلية التي تطور حلولاً للمدن الذكية (مثل شركات الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، الأمن السيبراني)، مما يساهم في توفير التقنيات اللازمة للبنية التحتية الذكية.
- تمويل البحث والتطوير: يدعم الصندوق مراكز البحث والتطوير في مجالات التكنولوجيا المتقدمة، من خلال التمويل المباشر أو من خلال الشراكات مع الجامعات ومراكز الأبحاث. (Temasek Holdings, 2021)

3. جهاز الاستثمار السنغافوري (GIC – Government Investment Corporation)

تأسس جهاز GIC في عام 1981، وهو أيضاً مملوك بالكامل للحكومة السنغافورية، ويدير أصولاً تقدر بحوالي 800 مليار دولار أمريكي (حسب بيانات 2023)، ويختلف عن تيماسيك في أن GIC يدير احتياطات البلاد

من العملات الأجنبية (أي الأموال الفائضة من الميزانية)، بينما تيماسيك يدير أصولاً تملكها الحكومة بشكل مباشر. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 94)

4. دور GIC في تمويل البنية التحتية الذكية:

- الاستثمار في البنية التحتية العالمية: يستثمر GIC في مشاريع البنية التحتية حول العالم (مثل المطارات والموانئ والطرق)، مما يدر عوائد مالية تعود بالنفع على الاقتصاد السنغافوري وتوفر السيولة اللازمة للاستثمار محلياً. (GIC، 2024-2025)
- الاستثمار طويل الأجل: يتميز GIC باستراتيجية استثمار طويلة الأجل (تصل إلى 20-30 سنة)، مما يتوافق مع طبيعة مشاريع البنية التحتية التي تحتاج إلى فترات طويلة لاسترداد رأس المال.
- الشراكات الدولية: يدخل GIC في شراكات مع صناديق استثمارية وبنوك تنمية دولية لتمويل مشاريع البنية التحتية الكبرى، مما يوزع المخاطر ويزيد من حجم التمويل المتاح (الشريف، 2022، صفحة 47).

ثانياً: الميزانية الحكومية

تلعب الميزانية الحكومية السنوية دوراً مهماً في تمويل مشاريع البنية التحتية الذكية، حيث تخصص الحكومة السنغافورية نسبة محددة من إنفاقها السنوي لمشاريع التحول الرقمي والبنية التحتية.

1- آلية التخصيص في الميزانية

تقوم الحكومة السنغافورية، من خلال وزارة المالية، بتخصيص مبالغ محددة في الميزانية السنوية لمشاريع البنية التحتية الذكية، وذلك بناءً على: (رضا، 2022، صفحة 62)

• الخطط الخمسية للتنمية. (Master Plan)

• أولويات مبادرة Smart Nation.

• تقييم الجدوى الاقتصادية والاجتماعية لكل مشروع.

الجدول رقم (18) أمثلة على التمويل الحكومي المباشر

المشروع	المبلغ (تقديري)	السنة	المصدر
تطوير شبكة الألياف البصرية الوطنية	1.5 مليار دولار	2015-2020	الميزانية الحكومية

الميزانية الحكومية	2015-2020	150 مليون دولار	مشروع (Virtual Singapore) النسخة الرقمية للمدينة
الميزانية الحكومية	2018-2022	50 مليون دولار	تطوير منصة SingPass
الميزانية الحكومية	2017-2022	500 مليون دولار	دعم الشركات الناشئة) برنامج (SG:D)

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (رضا، 2022)، (تقارير حكومية سنغافورية)

2- مزايا التمويل الحكومي المباشر

- السيطرة الكاملة: تحتفظ الحكومة بالسيطرة الكاملة على توجيه المشاريع واتخاذ القرارات.
- عدم تحمل فوائد: لا تتحمل الحكومة أعباء فوائد كما هو الحال مع القروض.
- المرونة: يمكن للحكومة تعديل الأولويات وتخصيص الأموال حسب الاحتياجات المتغيرة. (زعتري، بن العبد، 2019، صفحة 50)

3- حدود التمويل الحكومي المباشر: (مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار بمجلس الوزراء المصري، 2024)

- محدودية الموارد: الموارد الحكومية ليست لانهائية، ولا يمكن للحكومة وحدها تمويل جميع مشاريع البنية التحتية الطموحة.
- المنافسة على الميزانية: هناك العديد من القطاعات (التعليم، الصحة، الدفاع) التي تتنافس على حصص من الميزانية، مما قد يحد من المبالغ المتاحة لمشاريع المدن الذكية.
- الضغط على الدين العام: إذا اعتمدت الحكومة بشكل كبير على الاقتراض لتمويل المشاريع، فقد يرتفع الدين العام بشكل غير مستدام.

ثالثاً: الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)

اعتمدت سنغافورة بشكل واسع على نموذج الشراكة بين القطاعين العام والخاص (Public-Private Partnership - PPP) في تمويل وتنفيذ العديد من مشاريع البنية التحتية الذكية.

1- مفهوم الشراكة في سياق سنغافورة

في سنغافورة، تعني الشراكة بين القطاعين العام والخاص "ترتيباً تعاقدياً بين جهة حكومية وقطاع خاص، يتولى بموجبه القطاع الخاص مسؤولية تمويل وتصميم وبناء وتشغيل وصيانة مشروع بنية تحتية لفترة زمنية محددة (عادة 20-30 سنة)، مقابل مدفوعات دورية من الحكومة أو رسوم من المستخدمين" (رضا، 2022، صفحة 65)

الجدول (19): أمثلة على مشاريع PPP في سنغافورة

المشروع	القطاع	المدة	نموذج الشراكة
نظام الدفع الإلكتروني للطرق (ERP)	النقل	20 سنة	BOT بناء، تشغيل، نقل
شبكة الألياف البصرية الوطنية	الاتصالات	25 سنة	BOOT بناء، تملك، تشغيل، نقل
محطة تحلية المياه (Tuas)	المياه	25 سنة	BOT
محطة الطاقة الشمسية (Tengeh)	الطاقة	20 سنة	BOOT

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (رضا، 2022)

2- مزايا نموذج PPP في سنغافورة

- نقل المخاطر إلى القطاع الخاص: تنتقل مخاطر التصميم والبناء والتشغيل إلى القطاع الخاص، مما يحمي الحكومة من تجاوز التكاليف أو التأخير. (مركز الخليج للأبحاث والدراسات، 2024)
- الاستفادة من خبرات القطاع الخاص: يتمتع القطاع الخاص بخبرات وكفاءات في إدارة المشاريع الكبرى قد لا تتوفر في القطاع الحكومي.
- توفير التمويل دون زيادة الدين العام: استثمارات القطاع الخاص لا تظهر في ميزانية الحكومة، مما لا يزيد من الدين العام. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 95)
- كفاءة التشغيل والصيانة: يكون القطاع الخاص أكثر كفاءة في تشغيل وصيانة المشاريع بسبب حوافز الأداء المرتبطة بالدفع.

3- تحديات نموذج PPP في سنغافورة (وكيف تغلبت عليها): (مركز الخليج للأبحاث والدراسات، 2024)

- تعقيد العقود: تغلبت سنغافورة على ذلك من خلال إنشاء وحدة متخصصة للشراكات (PPP Unit) في وزارة المالية لتوحيد العقود وتقليل التعقيد.

• ارتفاع تكاليف المعاملات: قامت الحكومة بتطوير عقود نموذجية وإجراءات موحدة لتقليل تكاليف الاستشارات القانونية والمالية.

• المخاطر السياسية: نظراً للاستقرار السياسي في سنغافورة، فإن هذه المخاطر منخفضة جداً.

رابعاً: الاستثمار الأجنبي المباشر (FDI)

اجتذبت سنغافورة استثمارات أجنبية مباشرة ضخمة من شركات التكنولوجيا العالمية، التي رأت في سنغافورة بوابة لدخول الأسواق الآسيوية ومركزاً إقليمياً للابتكار.

1- مفهوم الاستثمار الأجنبي المباشر

الاستثمار الأجنبي المباشر (Foreign Direct Investment – FDI) هو استثمار تقوم به شركة مقرها في دولة ما لإنشاء مشروع تجاري أو شراء أصول في دولة أخرى، بهدف الحصول على حصة إدارية (عادة أكثر من 10%). (الشريف، 2022، صفحة 50)

الجدول (20) أمثلة على الاستثمار الأجنبي في سنغافورة

الشركة	الجنسية	حجم الاستثمار (تقديري)	المجال
Google	أمريكية	10 مليارات دولار	مراكز بيانات، حوسبة سحابية، ذكاء اصطناعي
Microsoft	أمريكية	5 مليارات دولار	حوسبة سحابية، ذكاء اصطناعي
(Alibaba)	صينية	4 مليارات دولار	تجارة إلكترونية، حوسبة سحابية
Amazon	أمريكية	3 مليارات دولار	حوسبة سحابية (AWS)
Meta (Facebook)	أمريكية	2 مليار دولار	مراكز بيانات، واقع افتراضي

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (تقارير اقتصادية، 2024-2026).

2- الحوافز التي قدمتها سنغافورة لجذب الاستثمار الأجنبي: تتمثل في: (العرفان، وعبد المنعم، 2019،

صفحة 38)

• الإعفاءات الضريبية: تقدم سنغافورة إعفاءات ضريبية للشركات الأجنبية التي تنشئ مراكز إقليمية أو مراكز بحث وتطوير على أراضيها.

• البنية التحتية المتطورة: توفر سنغافورة بنية تحتية رقمية ومادية على أعلى مستوى، مما يقلل من تكاليف التشغيل للشركات الأجنبية.

• **الاستقرار السياسي والقانوني:** تتمتع سنغافورة باستقرار سياسي ونظام قانوني شفاف، مما يطمئن المستثمرين الأجانب.

• **القوى العاملة الماهرة:** توفر سنغافورة قوى عاملة متعلمة وماهرة، تتقن اللغة الإنجليزية، مما يسهل على الشركات الأجنبية توظيف الكفاءات المحلية.

3- دور الاستثمار الأجنبي في تمويل البنية التحتية الذكية

• **تمويل مراكز البيانات:** قامت شركات التكنولوجيا العالمية ببناء مراكز بيانات ضخمة في سنغافورة، وهي جزء أساسي من البنية التحتية الرقمية للمدينة الذكية.

• **تمويل شبكات الاتصالات:** ساهمت استثمارات شركات الاتصالات العالمية في تطوير شبكات الألياف البصرية وتقنيات الجيل الخامس (5G).

• **نقل التكنولوجيا والخبرات:** لم يقتصر دور الاستثمار الأجنبي على التمويل فقط، بل ساهم أيضاً في نقل التكنولوجيا المتقدمة والخبرات الإدارية إلى سنغافورة. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 96)

الشكل رقم (12): مصادر تمويل البنية التحتية الذكية في سنغافورة



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (العرفان، وعبد المنعم، 2019)، (خنفوسي، بن صغير، 2020)، (رضا،

(2022)

يوضح الشكل رقم (12) المصادر الأربعة الرئيسية التي اعتمدت عليها سنغافورة في تمويل بنيتها التحتية الذكية: صناديق الثروة السيادية (تيماسيك)، (GIC)، والميزانية الحكومية، والشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)، والاستثمار الأجنبي المباشر (FDI)، وتعمل هذه المصادر معاً لتوفير التمويل اللازم لمشاريع البنية التحتية الذكية".

خلصنا في هذا المطلب إلى أن سنغافورة اعتمدت على مزيج متنوع من أربعة مصادر رئيسية لتمويل بنيتها التحتية الذكية:

1. صناديق الثروة السيادية تيماسيك و (GIC) وفرتا تمويلاً ضخماً طويلاً من أجل من خلال الاستثمار المباشر في مشاريع البنية التحتية وشركات التكنولوجيا.
 2. الميزانية الحكومية: خصصت الحكومة مبالغ سنوية من الميزانية العامة لمشاريع التحول الرقمي، مما أتاح سيطرة كاملة على توجيه المشاريع.
 3. الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP) ساهمت في نقل المخاطر والاستفادة من كفاءات القطاع الخاص، مع توفير تمويل دون زيادة الدين العام.
 4. الاستثمار الأجنبي المباشر (FDI) جذبت سنغافورة استثمارات ضخمة من شركات التكنولوجيا العالمية، مما وفر تمويلاً إضافياً ونقل التكنولوجيا والخبرات.
- هذه المصادر لم تعمل بشكل منعزل، بل تكاملت مع بعضها البعض لتوفير بيئة تمويلية غنية ومتنوعة، قادرة على تلبية الاحتياجات المالية الضخمة لمشاريع البنية التحتية الذكية. وفي المطلب الثاني من هذا المبحث، سننتقل إلى تحليل أدوات التمويل المستدام التي استخدمتها سنغافورة ضمن هذه المصادر.

المطلب الثاني: أدوات التمويل المستدام المستخدمة في سنغافورة

بعد أن استعرضنا في المطلب الأول المصادر الرئيسية التي اعتمدت عليها سنغافورة في تمويل بنيتها التحتية الذكية (صناديق الثروة السيادية، الميزانية الحكومية، الشراكات بين القطاعين العام والخاص، الاستثمار الأجنبي المباشر)، ننتقل في هذا المطلب إلى تحليل أدوات التمويل المستدام التي استخدمتها سنغافورة بشكل خاص، حيث تمثل هذه الأدوات توجهاً حديثاً يدمج بين العائد المالي والأثر البيئي والاجتماعي.

وسنتناول في هذا المطلب أربع أدوات رئيسية للتمويل المستدام استخدمتها سنغافورة: السندات الخضراء، القروض المستدامة، التمويل المختلط، وصناديق الاستثمار المتخصصة.

أولاً: السندات الخضراء (Green Bonds)

1- إصدارات السندات الخضراء في سنغافورة

أ. السندات الخضراء السيادية:

في عام 2019، أعلنت سنغافورة عن إطار عمل للسندات الخضراء السيادية (Singapore Green Bond Framework)، وفي عام 2021 أصدرت أول سندات خضراء سيادية بقيمة 2.5 مليار دولار سنغافوري (حوالي 1.8 مليار دولار أمريكي) لأجل 10 سنوات، وقد تم تخصيص عائدات هذه السندات لتمويل مشاريع حكومية خضراء. (رضا، 2022، صفحة 70)

ب. السندات الخضراء لشركات القطاع الخاص

كما أصدرت العديد من الشركات السنغافورية سندات خضراء، من بينها: (الشريف، 2022، صفحة 52)

- مجموعة كيبل (Keppel) أصدرت سندات خضراء لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة وإدارة النفايات.
- مجموعة سيتيك (Sembcorp) أصدرت سندات خضراء لتمويل مشاريع الطاقة الشمسية.
- بنك OCBC أصدر سندات خضراء لتمويل مشاريع المباني الخضراء وكفاءة الطاقة.

الجدول (21): المشاريع الممولة عبر السندات الخضراء

المشروع	المجال	قيمة التمويل (تقديري)
---------	--------	-----------------------

محطة الطاقة الشمسية العائمة (Tengeh)	طاقة متجددة	150 مليون دولار
نظام إدارة النفايات الذكية (Smart Waste)	إدارة نفايات	80 مليون دولار
تطوير شبكات النقل النظيف (حافلات كهربائية)	نقل نظيف	200 مليون دولار
برنامج المباني الخضراء (Green Mark)	كفاءة طاقة	50 مليون دولار

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (الشريف، 2022)، (رضا، 2022)

2- مزايا السندات الخضراء في سنغافورة

- جذب مستثمرين جدد: جذبت السندات الخضراء فئة جديدة من المستثمرين المهتمين بالاستدامة، مثل صناديق التقاعد وصناديق الاستثمار المسؤولة اجتماعيًا (SRI).
- تحسين السمعة: عزز إصدار السندات الخضراء سمعة سنغافورة كدولة رائدة في مجال التمويل المستدام.
- تنوع قاعدة التمويل: وفرت السندات الخضراء مصدرًا إضافيًا للتمويل إلى جانب المصادر التقليدية. (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 40)

3- الإطار التنظيمي للسندات الخضراء

قامت سنغافورة بوضع إطار تنظيمي واضح للسندات الخضراء، بناءً على المبادئ الدولية مثل:

- مبادئ السندات الخضراء الصادرة عن ICMA (International Capital Market Association).
- معايير السندات المناخية الصادرة عن Climate Bonds Initiative.

ويتطلب الإطار السنغافوري من جهات الإصدار: (خنفوسي ،بن صغير، 2020، صفحة 98)

- الإفصاح عن كيفية استخدام العائدات.
- تقديم تقارير دورية عن الأثر البيئي للمشاريع الممولة.
- الحصول على مراجعة خارجية مستقلة (تقرير التحقق).

ثانيًا: القروض المستدامة (Sustainable Loans)

1- مفهوم القروض المستدامة في سياق سنغافورة

تعتبر القروض المستدامة "تسهيلات ائتمانية تقدمها البنوك للشركات أو الحكومات، ترتبط شروطها (وخاصة سعر الفائدة) بتحقيق المقترض لأهداف أداء محددة في مجالات الاستدامة (البيئة، المجتمع، الحوكمة)". (رضا، 2022، صفحة 72)

بمعنى آخر، كلما حقق المقترض أهداف الاستدامة المتفق عليها، انخفض سعر الفائدة على القرض (مكافأة)، وكلما ابتعد عن تحقيقها، ارتفع سعر الفائدة (عقاب).

2- أمثلة على القروض المستدامة في سنغافورة

أ. قروض بنك DBS المستدامة

يعد بنك DBS السنغافوري من أبرز البنوك الرائدة في مجال القروض المستدامة، حيث قدم العديد من القروض المستدامة لعملائه من الشركات الكبرى والمتوسطة، وبلغ إجمالي محفظة القروض المستدامة للبنك أكثر من 50 مليار دولار سنغافوري. (DBS Bank، 2024)

ب. قروض بنك OCBC المستدامة

أطلق بنك OCBC برنامجًا للقروض المستدامة للشركات الصغيرة والمتوسطة، حيث ترتبط أسعار الفائدة بتحقيق أهداف مثل تقليل استهلاك الطاقة، زيادة استخدام المواد المعاد تدويرها، وتحسين كفاءة استخدام المياه. (الشريف، 2022، صفحة 54)

ج. قروض بنك UOB المستدامة

قدم بنك UOB قروضًا مستدامة لتمويل مشاريع المباني الخضراء، حيث يحصل المطور العقاري على سعر فائدة مخفض إذا حصل المبنى على شهادة Green Mark الذهبية أو البلاتينية.

3- فوائد القروض المستدامة: (LMA, 2024)

- خفض تكلفة التمويل: يحصل المقترضون على أسعار فائدة أقل عند تحقيق أهداف الاستدامة.
- تحفيز تحسين الأداء الاستدامي: تشجع القروض المستدامة الشركات على تبني ممارسات أكثر استدامة لتحقيق أهدافها والحصول على أسعار فائدة أقل.
- مرونة استخدام العائدات: يمكن استخدام القروض المستدامة لأغراض عامة (وليس فقط لمشاريع محددة)، مما يمنح الشركات مرونة أكبر.

4- التحديات التي واجهتها القروض المستدامة في سنغافورة

- صعوبة قياس الأثر: قياس الأثر البيئي والاجتماعي للمشاريع ليس بالأمر السهل أو الدائمًا دقيقًا. (DBS Bank، 2024)
- مخاطر الغسيل الأخضر: (Greenwashing) قد تدعي بعض الشركات أنها تحقق أهداف الاستدامة دون أن تفعل ذلك فعليًا.
- الحاجة إلى تقارير دورية: تتطلب القروض المستدامة إعداد تقارير دورية عن التقدم المحرز، مما يزيد من الأعباء الإدارية.

5- دور البنوك السنغافورية في تعزيز القروض المستدامة

- وحدات متخصصة: أنشأت البنوك السنغافورية الكبرى (DBS، OCBC، UOB) وحدات متخصصة في التمويل المستدام (Enterprise Singapore، 2025).
- تدريب الموظفين: قامت البنوك بتدريب موظفيها على مفاهيم التمويل المستدام لتتمكن من تقييم طلبات القروض المستدامة بشكل صحيح (UOB، 2024).
- شراكات دولية: دخلت البنوك السنغافورية في شراكات مع مؤسسات تمويل دولية (مثل البنك الدولي، IFC) لتطوير منتجات قروض مستدامة جديدة. (IFC & MAS، 2023)

ثالثاً: التمويل المختلط (Blended Finance)

1- مفهوم التمويل المختلط

التمويل المختلط هو "استخدام أموال المنح أو القروض الميسرة من الجهات التنموية (مثل الحكومات، بنوك التنمية، المؤسسات الخيرية) لجذب رؤوس الأموال الخاصة للاستثمار في مشاريع التنمية المستدامة، وخاصة في القطاعات التي قد تعتبر عالية المخاطر أو منخفضة العائد من قبل المستثمرين التقليديين". (رضا، 2022)

2- أمثلة على التمويل المختلط في سنغافورة

أ. صندوق التمويل المختلط لمشاريع الطاقة المتجددة:

أطلقت سنغافورة بالشراكة مع البنك الآسيوي للتنمية (ADB) صندوقاً للتمويل المختلط بقيمة 100 مليون دولار لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة في سنغافورة ودول الآسيان. قدم الصندوق منحاً وجزءاً من التمويل بسعر فائدة مدعوم، مما شجع البنوك التجارية على المشاركة بتمويل إضافي. (ADB , 2025)

ب. مبادرة التمويل المختلط للشركات الناشئة:

أطلقت هيئة تنمية الإعلام والاتصالات (IMDA) في سنغافورة مبادرة للتمويل المختلط بقيمة 50 مليون دولار لدعم الشركات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء (GreenTech)، حيث تقدم الحكومة منحاً تغطي 50% من تكاليف البحث والتطوير، وتساهم البنوك التجارية والباحثين عن رأس المال الجريء (VC) بالباقي. (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 99)

3- آلية عمل التمويل المختلط في سنغافورة

الشكل رقم (13): آلية عمل التمويل المختلط في سنغافورة



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (رضا، 2022)

4- مزايا التمويل المختلط

- **تخفيض المخاطر:** تعمل المنح والقروض الميسرة كمخفف للمخاطر، مما يشجع المستثمرين الخاصين على الدخول في مشاريع قد يعتبرونها عالية المخاطر.
- **توسيع قاعدة التمويل:** يجذب التمويل المختلط مصادر تمويل إضافية (خاصة) إلى جانب المصادر التقليدية (الحكومية).
- **تحسين الجدوى المالية:** يساهم التمويل المختلط في تحسين الجدوى المالية للمشاريع، مما يجعلها أكثر جاذبية للمستثمرين. (الشريف، 2022، صفحة 56)

رابعاً: صناديق الاستثمار المتخصصة

1- مفهوم صناديق الاستثمار المتخصصة

صناديق الاستثمار المتخصصة هي "صناديق استثمارية تركز على قطاع أو مجال معين، مثل البنية التحتية أو التكنولوجيا أو الطاقة المتجددة، وتسمح للمستثمرين (سواء كانوا أفراداً أو مؤسسات) بالاستثمار في هذا القطاع بشكل غير مباشر، من خلال شراء وحدات في الصندوق". (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 100)

2- أمثلة على صناديق الاستثمار المتخصصة في سنغافورة

أ. صندوق البنية التحتية السنغافوري: (Singapore Infrastructure Fund)

أنشأت الحكومة السنغافورية هذا الصندوق بهدف تمويل مشاريع البنية التحتية الكبرى (بما فيها مشاريع المدن الذكية)، ويدير الصندوق أصولاً تزيد عن 5 مليارات دولار سنغافوري، ويستثمر في مشاريع مثل شبكات النقل الذكية، ومحطات الطاقة المتجددة، وشبكات الاتصالات.

ب. صندوق التكنولوجيا الخضراء: (GreenTech Fund)

أطلق مجلس التنمية الاقتصادية (EDB) في سنغافورة صندوق التكنولوجيا الخضراء بقيمة 500 مليون دولار سنغافوري، بهدف دعم الشركات الناشئة والشركات الصغيرة والمتوسطة التي تعمل في مجالات التكنولوجيا الخضراء، مثل: الطاقة المتجددة، كفاءة الطاقة، إدارة النفايات، التنقل الكهربائي. (رضا، 2022، صفحة 78)

ج. صناديق الاستثمار العقاري في البنية التحتية: (Infrastructure REITs)

أصبحت صناديق الاستثمار العقاري المتخصصة في البنية التحتية (Infrastructure REITs) شائعة في سنغافورة، حيث تسمح للمستثمرين الأفراد بالاستثمار في أصول البنية التحتية (مثل أبراج الاتصالات، محطات الطاقة، خطوط الأنابيب) مقابل توزيعات أرباح دورية. من الأمثلة على ذلك: (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 44)

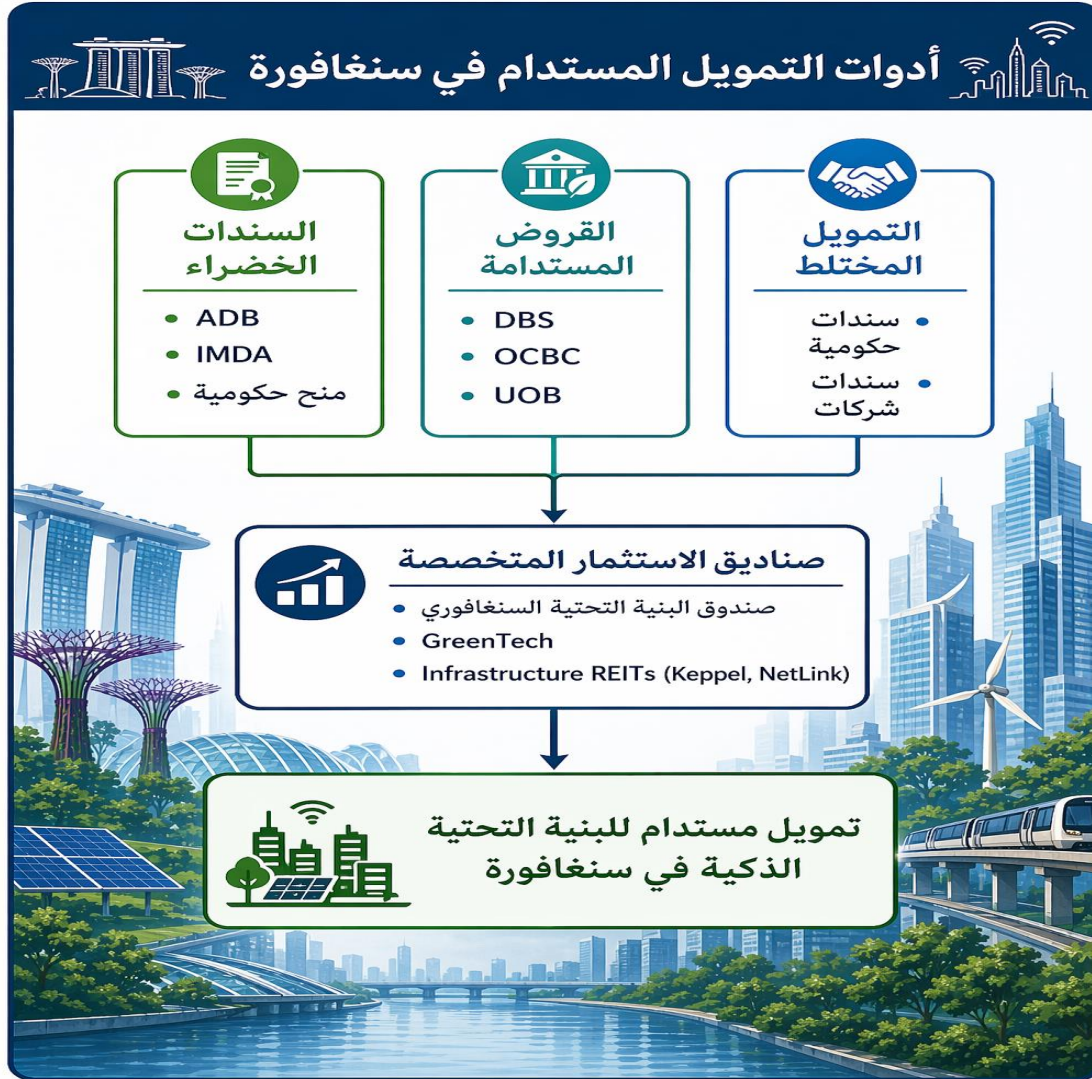
• **Keppel Infrastructure Trust** يستثمر في أصول البنية التحتية للطاقة والنقل.

• **NetLink NBN Trus** يستثمر في شبكة الألياف البصرية الوطنية .

3- مزايا صناديق الاستثمار المتخصصة

- **تنوع المخاطر**: يسمح الصندوق للمستثمرين بتنويع استثماراتهم عبر عدة مشاريع، مما يقلل من المخاطر الفردية لكل مشروع.
- **الوصول إلى مستثمرين جدد**: تتيح الصناديق الاستثمارية للأفراد والمستثمرين الصغار فرصة الاستثمار في مشاريع البنية التحتية الضخمة التي كانت في السابق حكرًا على المؤسسات الكبرى.
- **السيولة**: يمكن تداول وحدات الصناديق الاستثمارية المتداولة في البورصة (ETFs و REITs) بسهولة، مما يوفر سيولة للمستثمرين (على عكس الاستثمار المباشر في أصول البنية التحتية غير السائلة).
- **إدارة احترافية**: تدير الصناديق فرق متخصصة تمتلك الخبرة اللازمة لاختيار وإدارة الاستثمارات.

الشكل رقم (14): أدوات التمويل المستدام في سنغافورة



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (رضا، 2022)، (خنفوسي، بن صغير، 2020)

يوضح الشكل رقم (14) الأدوات الرئيسية للتمويل المستدام التي استخدمتها سنغافورة في تمويل بنيتها التحتية الذكية، وتشمل السندات الخضراء (حكومية وشركات)، والقروض المستدامة من بنوك DBS، OCBC، (UOB)، والتمويل المختلط) بالتعاون مع ADB ومبادرات حكومية، وصناديق الاستثمار المتخصصة صناديق البنية التحتية، صناديق التكنولوجيا الخضراء، REITs.

خلصنا في هذا المطلب إلى أن سنغافورة استخدمت أربع أدوات رئيسية للتمويل المستدام في تمويل بنيتها التحتية الذكية:

1. **السندات الخضراء**: حيث أصدرت سنغافورة سندات خضراء سيادية بقيمة 2.5 مليار دولار سنغافوري، كما أصدرت شركات القطاع الخاص سندات خضراء لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة والنقل النظيف.
 2. **القروض المستدامة**: حيث قامت البنوك السنغافورية الكبرى (DBS ، OCBC ، UOB) بتقديم قروض مستدامة للشركات، ترتبط أسعار الفائدة فيها بتحقيق أهداف محددة في مجالات الاستدامة.
 3. **التمويل المختلط**: حيث استخدمت سنغافورة منحًا وقروضًا ميسرة من جهات مانحة (مثل البنك الآسيوي للتنمية) لجذب رؤوس الأموال الخاصة لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة والتكنولوجيا الخضراء.
 4. **صناديق الاستثمار المتخصصة**: حيث أنشأت سنغافورة صناديق استثمارية تركز على البنية التحتية والتكنولوجيا الخضراء، مما أتاح للمستثمرين الأفراد والمؤسسات فرصة الاستثمار في هذه المشاريع.
- هذه الأدوات الأربعة لم تعمل بشكل منفصل، بل تكاملت مع بعضها البعض ومع مصادر التمويل التي استعرضناها في المطلب الأول (صناديق الثروة السيادية، الميزانية الحكومية، PPP ، FDI) لتوفير بيئة تمويلية غنية ومتنوعة قادرة على تلبية الاحتياجات المالية الضخمة لمشاريع البنية التحتية الذكية في سنغافورة. وفي المطلب الثالث والأخير من هذا المبحث، سنستخلص الدروس المستفادة من تجربة سنغافورة والتحديات التي تم تجاوزها.

المطلب الثالث: الدروس المستفادة والتحديات التي تم تجاوزها

بعد أن استعرضنا في المطلب الأول مصادر تمويل البنية التحتية الذكية في سنغافورة، وفي المطلب الثاني أدوات التمويل المستدام المستخدمة، ننتقل في هذا المطلب إلى استخلاص **الدروس المستفادة** من تجربة سنغافورة الرائدة، وكذلك **التحديات التي واجهتها وكيفية تجاوزها**. فهذه الدروس والتحديات تمثل خلاصة التجربة التي يمكن أن تفيد الدول الأخرى التي تسعى إلى التحول نحو المدن الذكية.

أولاً: التحديات التي واجهتها سنغافورة وكيفية التغلب عليها

على الرغم من النجاح الكبير الذي حققته سنغافورة، إلا أنها واجهت العديد من التحديات خلال رحلة تحولها إلى مدينة ذكية. وسنستعرض أهم هذه التحديات وكيف تمكنت من التغلب عليها.

التحدي الأول: التكلفة العالية للبنية التحتية

تطلبت مشاريع البنية التحتية الذكية شبكات الألياف البصرية، (G5)، مراكز البيانات، أنظمة النقل الذكية استثمارات ضخمة بلغت مليارات الدولارات، مما شكل عبئاً على الميزانية الحكومية، وقد انتهجت سنغافورة الآليات التالية لمجابهة هذا التحدي: (رضا، 2022، صفحة 86)

- تنوع مصادر التمويل: لم تعتمد على الميزانية الحكومية فقط، بل استخدمت صناديق الثروة السيادية تيماسيك (GIC)، والشراكات مع القطاع الخاص (PPP) والاستثمار الأجنبي المباشر (FDI)
- تحديد الأولويات: لم تحاول سنغافورة تنفيذ جميع المشاريع دفعة واحدة، بل حددت أولوياتها (البنية التحتية الرقمية أولاً) ووزعت الاستثمارات على مراحل.
- استخدام أدوات تمويل مبتكرة: مثل السندات الخضراء والتمويل المختلط لجذب مستثمرين جدد وتقليل تكلفة التمويل.

التحدي الثاني: مخاوف الخصوصية والأمن السيبراني

أثارت الكاميرات الذكية وأجهزة الاستشعار المنتشرة في جميع أنحاء المدينة، وجمع البيانات الضخمة عن المواطنين (تحركاتهم، عاداتهم، صحتهم)، مخاوف جدية بشأن خصوصية الأفراد وإمكانية اختراق البيانات ، وقد انتهجت سنغافورة الآليات التالية لمجابهة هذا التحدي: (العرفان ، وعبد المنعم.، 2019، صفحة 48)

- إصدار تشريعات قوية: صدر قانون حماية البيانات الشخصية (PDPA) في عام 2012 (وتم تحديثه لاحقاً) لتنظيم جمع واستخدام والإفصاح عن البيانات الشخصية.
- إنشاء هيئة الأمن السيبراني: (CSA) أنشئت هيئة متخصصة مسؤولة عن مراقبة وتنسيق جهود الأمن السيبراني على المستوى الوطني.
- الشفافية والإفصاح: تلتزم الجهات الحكومية والخاصة بالإفصاح عن كيفية استخدام بيانات المواطنين، والحصول على موافقتهم عند الحاجة.
- توعية المواطنين: أطلقت حملات توعوية للمواطنين حول كيفية حماية بياناتهم الشخصية والتعرف على مخاطر الاحتيال الإلكتروني.

التحدي الثالث: الفجوة الرقمية (Digital Divide)

على الرغم من التقدم التكنولوجي الكبير، إلا أن بعض فئات المجتمع (كبار السن، ذوي الدخل المحدود، ذوي الاحتياجات الخاصة) وجدوا صعوبة في استخدام الخدمات الرقمية، مما خلق فجوة رقمية.

وقد انتهجت سنغافورة الآليات التالية لمجابهة هذا التحدي: (MDDI, 2025)

- **تصميم خدمات شاملة:** تم تصميم التطبيقات والخدمات الرقمية لتكون سهلة الاستخدام وبواجهات مبسطة، وخاصة لكبار السن.
- **برامج تدريبية مجانية:** قدمت الحكومة برامج تدريبية مجانية لكبار السن والمواطنين ذوي المهارات الرقمية المحدودة ضمن مبادرة (Future Skills)
- **توفير أجهزة مدعومة:** قدمت الحكومة أجهزة لوحية وحواسيب بأسعار مخفضة للأسر ذات الدخل المحدود.
- **خدمات بديلة:** لم تلغ الحكومة الخدمات التقليدية (مثل المكاتب البريدية، مراكز الخدمة) بشكل كامل، بل وفرت بدائل رقمية إلى جانب الخدمات التقليدية خلال فترة التحول.

التحدي الرابع: قبول المجتمع للتكنولوجيا الجديدة

واجهت بعض التقنيات الجديدة (مثل نظام الدفع الإلكتروني للطرق ERP، والمركبات ذاتية القيادة) مقاومة من بعض المواطنين الذين كانوا يفضلون الطرق التقليدية. وقد انتهجت سنغافورة الآليات التالية لمجابهة هذا التحدي: (خنفوسي، بن صغير، 2020، صفحة 103)

- **التدرج في التطبيق:** لم يتم فرض التقنيات الجديدة فجأة، بل تم تطبيقها بشكل تدريجي مع فترات تجريبية طويلة.
- **التوعية والشفافية:** تم إطلاق حملات توعية لشرح فوائد التقنيات الجديدة للمواطنين مثل: (كيف يقلل ERP من الازدحام ويوفر الوقت).
- **الحوافز:** قدمت الحكومة حوافز للمواطنين لاستخدام التقنيات الجديدة مثل: (خصومات على رسوم ERP خارج ساعات الذروة، أو دعم لشراء السيارات الكهربائية).
- **الاستماع للمواطنين:** أنشأت الحكومة قنوات لتلقي ملاحظات وشكاوى المواطنين حول التقنيات الجديدة، وأخذها في الاعتبار عند تطوير الأنظمة.

التحدي الخامس: التنسيق بين الجهات الحكومية المختلفة

تتطلب المدينة الذكية تنسيقًا غير مسبوق بين مختلف الجهات الحكومية (البلدية، النقل، الصحة، التعليم، الأمن، الطاقة، المياه، الاتصالات)، وهو أمر صعب في الأنظمة الحكومية التقليدية التي تعمل في صوامع منعزلة، وقد انتهجت سنغافورة الآليات التالية لمجابهة هذا التحدي: (الشريف، 2022، صفحة 62)

- **إنشاء وحدة Smart Nation:** تم إنشاء وحدة متخصصة في مكتب رئيس الوزراء (Smart Nation and Digital Government Group –SNDGG) مسؤولة عن تنسيق جهود جميع الجهات الحكومية.
- **منصات رقمية موحدة:** تم إنشاء منصات رقمية موحدة مثل (SingPass، LifeSG، Data.gov.sg) تستخدمها جميع الجهات الحكومية، مما يسهل تبادل البيانات والتنسيق.
- **تبسيط الإجراءات:** تم تبسيط الإجراءات البيروقراطية وإلغاء المتطلبات غير الضرورية التي تعيق التعاون بين الجهات.
- **التدريب المشترك:** تم تنظيم دورات تدريبية مشتركة لموظفي الجهات الحكومية المختلفة لتعزيز ثقافة العمل الجماعي والتنسيق.

الجدول رقم (22): ملخص التحديات والحلول في سنغافورة

التحدي	كيفية التغلب عليه
التكلفة العالية للبنية التحتية	تنويع مصادر التمويل، تحديد الأولويات، استخدام أدوات مبتكرة (سندات خضراء، تمويل مختلط)
مخاوف الخصوصية والأمن السيبراني	إصدار تشريعات قوية (PDPA)، إنشاء هيئة الأمن السيبراني (CSA)، الشفافية والإفصاح، توعية المواطنين
الفجوة الرقمية	تصميم خدمات شاملة، برامج تدريبية مجانية، توفير أجهزة مدعومة، إبقاء خدمات بديلة
قبول المجتمع للتكنولوجيا الجديدة	التدرج في التطبيق، التوعية والشفافية، تقديم حوافز، الاستماع للمواطنين

التنسيق بين الجهات الحكومية	إنشاء وحدة Smart Nation ، منصات رقمية موحدة، تبسيط الإجراءات، تدريب مشترك
-----------------------------	---

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على: (رضا، 2022)، (العرفان ، وعبد المنعم، 2019)، و (مطير ، 2023).

ثانياً: الدروس المستفادة من تجربة سنغافورة

من خلال تحليل تجربة سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية وتمويل بنيتها التحتية، يمكن استخلاص مجموعة من الدروس المهمة التي يمكن تعميمها على دول أخرى، ويمكن تلخيصها في سبعة دروس رئيسية:

الدرس الأول: أهمية الإرادة السياسية والرؤية طويلة الأجل

تُعد الإرادة السياسية القوية والرؤية طويلة الأجل من أهم عوامل نجاح سنغافورة. فقد أدركت القيادة السياسية في وقت مبكر أهمية التحول الرقمي والاستدامة، وأطلقت مبادرات طموحة مثل Smart Nation في عام 2014، ووفرت الدعم المالي والتشريعي اللازم لتحقيق هذه الرؤية. (العرفان ، وعبد المنعم، 2019، صفحة 46)

تركيباً على ماسبق يمكننا القول ان مسار التحول نحو المدن الذكية يبدأ بـ:

- يجب أن يبدأ التحول نحو المدينة الذكية من أعلى المستويات السياسية، مع توفير الدعم المستمر.
- تحتاج المدن الذكية إلى رؤية وطنية واضحة وطويلة الأجل (10-20 سنة) وليس مجرد مشاريع قصيرة الأجل.
- يجب أن تكون هذه الرؤية مرنة وقابلة للتكيف مع التغيرات التكنولوجية والمستجدات.

الدرس الثاني: تكامل مصادر التمويل وأدواته

لم تعتمد سنغافورة على مصدر تمويل واحد، بل استخدمت مزيجاً متنوعاً من المصادر (صناديق الثروة السيادية، الميزانية الحكومية، PPP، الاستثمار الأجنبي المباشر (والأدوات) (السندات الخضراء، القروض المستدامة، التمويل المختلط، صناديق الاستثمار المتخصصة). (رضا، 2022، صفحة 82)

ومن ماسبق يمكننا القول ان تكامل مصادر التمويل يجب أن يكون كمايلي:

- لا يمكن الاعتماد على مصدر تمويل واحد لتلبية الاحتياجات المالية الضخمة للمدن الذكية.

- يجب تنوع مصادر التمويل بين المحلية والدولية، وبين العامة والخاصة.
- يجب استخدام أدوات تمويل متنوعة تتناسب مع طبيعة كل مشروع (طويل الأجل، قصير الأجل، عالي المخاطر، منخفض المخاطر).

الدرس الثالث: الاستثمار في البنية التحتية الرقمية أولاً

- أدركت سنغافورة أن البنية التحتية الرقمية (شبكات الألياف البصرية، G5، مراكز البيانات (هي الأساس الذي تقوم عليه جميع تطبيقات المدينة الذكية. لذلك، استثمرت استثمارات ضخمة في هذه البنية قبل أي شيء آخر ، ومنه فإن الاستثمار في البنية التحتية الرقمية يكون بـ: (خنفوسي ، بن صغير ، 2020 ، صفحة 102)
- يجب أن تكون البنية التحتية الرقمية أولوية قصوى في أي استراتيجية للمدينة الذكية.
 - الاستثمار في البنية التحتية الرقمية هو استثمار في المستقبل، حيث تمهد الطريق لجميع التطبيقات والخدمات الأخرى.
 - يجب أن تكون شبكات الاتصالات شاملة (تغطي جميع المناطق) وفائقة السرعة 5G ألياف بصرية.

الدرس الرابع: الشراكات مع القطاع الخاص ضرورة وليس خياراً

- استفادت سنغافورة بشكل كبير من الشراكات مع القطاع الخاص، سواء من خلال نماذج PPP لتمويل وتشغيل البنية التحتية، أو من خلال التعاون مع شركات التكنولوجيا العالمية (Google, Microsoft, IBM) لتطوير الحلول التقنية ، من ماسبق نستنتج ان الشراكات مع القطاع الخاص ضرورة حيث: (الشريف، 2022 ، صفحة 60)

- لا تستطيع الحكومات وحدها تمويل وتنفيذ مشاريع المدن الذكية؛ فالقطاع الخاص شريك أساسي.
- يجب إنشاء إطار قانوني وتنظيمي واضح لتشجيع الشراكات مع القطاع الخاص.
- يمكن للقطاع الخاص أن يساهم ليس فقط بالتمويل، بل أيضاً بالخبرات التقنية والإدارية والابتكار.

الدرس الخامس: الاستثمار في رأس المال البشري لا يقل أهمية عن الاستثمار في التكنولوجيا

أدركت سنغافورة أن التكنولوجيا وحدها لا تكفي؛ فهناك حاجة إلى مواطنين ومقيمين يمتلكون المهارات الرقمية اللازمة. لذلك، استثمرت في التعليم الرقمي وفي مبادرة Future Skills للتدريب المستمر (مطير ، 2023، صفحة 60)، تركيباً على ماسبق يمكننا القول الاستثمار في رأس المال البشري كمايلي:

- يجب أن يصاحب الاستثمار في التكنولوجيا استثمار في رأس المال البشري (التعليم، التدريب، تنمية المهارات).
- يجب تصميم الخدمات الرقمية لتكون سهلة الاستخدام لجميع فئات المجتمع، وخاصة كبار السن وذوي الاحتياجات الخاصة.
- يجب توفير برامج تدريبية مستمرة للمواطنين لمواكبة التغيرات التكنولوجية السريعة.

الدرس السادس: الشفافية والحوكمة الرشيدة عاملان أساسيان للنجاح

تتمتع سنغافورة بمستويات عالية من الشفافية ومكافحة الفساد، وإطار تشريعي واضح لحماية البيانات والأمن السيبراني. هذه العوامل شجعت الاستثمارات المحلية والأجنبية وزادت من ثقة المواطنين والمستثمرين، نستنتج منه أن الحوكمة الرشيدة وشفافيتها يجب ان تشمل مايلي: (زعتري ، بن العبد، 2019، صفحة 55)

- يجب وضع تشريعات واضحة لحماية البيانات الشخصية وخصوصية المواطنين.
- يجب تعزيز الأمن السيبراني لحماية البنية التحتية الحيوية من الهجمات الإلكترونية.
- مكافحة الفساد والشفافية في إدارة المشاريع العامة تشجع الاستثمارات وتحسن كفاءة استخدام الموارد.

الدرس السابع: التقييم المستمر والتكيف مع المتغيرات

لم تكتف سنغافورة بإطلاق المبادرة، بل تابعت تنفيذها باستمرار، وقيمت النتائج، وعدلت الخطط بناءً على الدروس المستفادة والتغيرات التكنولوجية والاقتصادية نستفيد منه بمايلي: (رضا، 2022، صفحة 84)

- يجب إنشاء آليات للتقييم المستمر لمشاريع المدينة الذكية (مؤشرات أداء، تقارير دورية).
- يجب أن تكون استراتيجية المدينة الذكية مرنة وقابلة للتعديل بناءً على المستجدات.
- يجب الاستفادة من تجارب الآخرين (الدول والمدن الأخرى) وتبادل المعرفة.

الجدول رقم (23): ملخص الدروس المستفادة من تجربة سنغافورة

الدرس	الخلاصة
أهمية الإرادة السياسية والرؤية طويلة الأجل	دعم قيادي مستمر ورؤية وطنية واضحة تمتد لعقود
تكامل مصادر التمويل وأدواته	تنوع المصادر بين المحلية والدولية والعامة والخاصة
الاستثمار في البنية التحتية الرقمية أولاً	الألياف البصرية، G5، مراكز البيانات هي الأساس
الشراكات مع القطاع الخاص	القطاع الخاص شريك أساسي في التمويل والتشغيل والابتكار
الاستثمار في رأس المال البشري	التعليم الرقمي والتدريب المستمر للمواطنين
الشفافية والحوكمة الرشيدة	قوانين لحماية البيانات، أمن سيبراني، مكافحة فساد
التقييم المستمر والتكيف	متابعة وتقييم مستمر، مرونة في تعديل الخطط

المصدر: من إعداد الطالبتين من (العرفان ، وعبد المنعم،، 2019)، (رضا، 2022)، و (خنفوسي، بن صغير، 2020)

الشكل رقم (15): تجربة سنغافورة في المدن الذكية - من المدخلات إلى المخرجات



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على كل ما سبق.

خلصنا في هذا المطلب إلى أن تجربة سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية تقدم دروساً قيمة يمكن للدول والمدن الأخرى الاستفادة منها، وأبرزها:

1. أهمية الإرادة السياسية والرؤية طويلة الأجل: لا يمكن تحقيق التحول دون دعم قيادي مستمر ورؤية وطنية واضحة.

2. تكامل مصادر التمويل وأدواته: تنوع مصادر التمويل بين المحلية والدولية والعامة والخاصة، واستخدام أدوات مبتكرة مثل السندات الخضراء والتمويل المختلط.

3. الاستثمار في البنية التحتية الرقمية أولاً: فهي الأساس الذي تقوم عليه جميع تطبيقات المدينة الذكية.
 4. الشراكات مع القطاع الخاص: القطاع الخاص شريك أساسي، ليس فقط في التمويل، بل أيضاً في الخبرات والابتكار.
 5. الاستثمار في رأس المال البشري: التكنولوجيا وحدها لا تكفي؛ هناك حاجة إلى مواطنين متمكنين رقمياً.
 6. الشفافية والحوكمة الرشيدة: قوانين لحماية البيانات، أمن سيبراني قوي، مكافحة الفساد.
 7. التقييم المستمر والتكيف: المرونة في تعديل الخطط بناءً على الدروس المستفادة والمستجدات.
- كما تبين أن سنغافورة واجهت تحديات حقيقية (التكلفة العالية، مخاوف الخصوصية، الفجوة الرقمية، قبول المجتمع، التنسيق الحكومي)، لكنها تمكنت من التغلب عليها بفضل مزيج من التشريعات القوية، والشفافية، والتدرج في التطبيق، والحوافز، والاستماع للمواطنين، وإنشاء آليات تنسيق فعالة.
- وهذه الدروس والتجارب تمثل خلاصة الفصل الثاني، وستكون الأساس للخاتمة العامة للمذكرة التي ستجمع بين الفصلين الأول والثاني.

الاستثمار



الخاتمة

بعد استكمال الدراسة النظرية والتطبيقية في فصول هذه المذكرة، التي تناولت دور أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، مع التركيز على تجربة سنغافورة كنموذج رائد، يمكننا استخلاص مجموعة من النتائج الرئيسية التي تلخص أهم ما توصل إليه البحث، وتقدم إجابات عن إشكاليات الدراسة.

أولاً: نتائج الدراسة:

1. النتائج المتعلقة بالتمويل المستدام (الفصل الأول)

من خلال تحليل الإطار المفاهيمي للتمويل المستدام في المبحث الأول من الفصل الأول، توصلنا إلى النتائج التالية:

➤ **التمويل المستدام يمثل نقلة نوعية في النظام المالي:** حيث لم يعد القرار الاستثماري والائتماني يُبنى على أساس معايير العائد والمخاطرة فقط، بل أصبح يدمج بشكل متزايد الاعتبارات البيئية والاجتماعية ومبادئ الحوكمة الرشيدة (ESG). وهذا التحول يعكس إدراكًا متزايدًا بأن الاستدامة لم تعد خيارًا أخلاقيًا فقط، بل أصبحت ضرورة اقتصادية ومالية.

➤ **للتمويل المستدام أهمية على مستويين رئيسيين:** مستوى البنك المركزي (تعزيز الاستثمار الأجنبي، دعم إصدار السندات الخضراء، تحقيق أهداف التنمية المستدامة الوطنية) ومستوى القطاع المصرفي (تقديم منتجات مبتكرة، خفض مخاطر الائتمان، تحسين السمعة المحلية والدولية).

➤ **تتعدد أدوات التمويل المستدام:** وتشمل السندات الخضراء (لتمويل المشاريع البيئية والمناخية)، والقروض المستدامة (المرتبطة بتحقيق أهداف أداء في مجالات الاستدامة)، والشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)، والمنح الحكومية، ولكل أداة خصائصها ومزاياها وحدودها.

➤ **يواجه التمويل المستدام تحديات جوهرية:** أبرزها المخاطر الانتقالية والمناخية، ومخاطر الغسيل الأخضر (Greenwashing)، وغياب الشرعية التنظيمية والتوحيد القياسي، والتحديات السياسية والاقتصادية، بالإضافة إلى تحديات خاصة ببعض الأدوات (مثل ندرة إصدارات السندات الخضراء وطول فترة إعداد عقود PPP).

2. النتائج المتعلقة بالمدن الذكية والبنية التحتية (الفصل الأول)

من خلال تحليل الإطار المفاهيمي للمدن الذكية في المبحث الثاني من الفصل الأول، وتمويل البنية التحتية في المبحث الثالث، توصلنا إلى النتائج التالية:

- **المدن الذكية تتجاوز مجرد استخدام التكنولوجيا:** فهي تقوم على أبعاد ثلاثة مترابطة: البعد التكنولوجي (البنية التحتية الرقمية، إنترنت الأشياء، البيانات الضخمة، الذكاء الاصطناعي)، والبعد المؤسسي (الحوكمة، الشفافية، التشريعات)، والبعد الإنساني (جودة حياة المواطن، مشاركته في صنع القرار).
- **البنية التحتية هي العمود الفقري للمدن الذكية:** وتنقسم إلى بنية تحتية تقليدية ذكية (النقل، الطاقة، المياه، المباني) وبنية تحتية رقمية (الاتصالات فائقة السرعة، إنترنت الأشياء، مراكز البيانات، الأمن السيبراني).
- **للمدن الذكية مزايا متعددة:** اقتصادية (كفاءة الموارد، جذب الاستثمارات)، واجتماعية (تحسين جودة الحياة، تطوير الخدمات الصحية، تعزيز الشفافية)، وبيئية (تقليل الانبعاثات الكربونية بنسبة 10-15% سنوياً، تحسين جودة الهواء).

➤ **تمويل البنية التحتية يتميز بخصائص فريدة:** ضخامة الاستثمار، انعدام السيولة وطول عمر المشروع (20-50 سنة)، ارتفاع المخاطر وتعدد مصادرها، والآثار العابرة والحدودية. هذه الخصائص تفرض حاجة ملحة إلى أدوات تمويل مبتكرة وطويلة الأجل.

3. النتائج المتعلقة بتجربة سنغافورة (الفصل الثاني)

- من خلال تحليل تجربة سنغافورة في التحول إلى مدينة ذكية وتمويل بنيتها التحتية، توصلنا إلى النتائج التالية:
- عوامل نجاح سنغافورة الإرادة السياسية القوية والرؤية طويلة الأجل، البنية التحتية المتطورة، الاستثمار في رأس المال البشري، التشريعات والحوكمة الرشيدة، الشراكات مع القطاع الخاص.
 - مصادر وأدوات التمويل المستدام في سنغافورة التي تنوعت بين صناديق الثروة السيادية، والميزانية الحكومية، والشراكات مع القطاع الخاص (PPP)، والاستثمار الأجنبي المباشر (FDI).
 - استخدمت سنغافورة أربع أدوات رئيسية للتمويل المستدام وهي السندات الخضراء، القروض المستدامة التمويل المختلط، صناديق الاستثمار المتخصصة.

➤

ثانياً: اختبار الفرضيات

انطلاقاً من النتائج التي توصلت إليها هذه المذكرة، يمكن اختبار الفرضيات التي تم صياغتها في المقدمة على النحو التالي:

1. الفرضية الرئيسية

تنص الفرضية الرئيسية على أن أدوات التمويل المستدام تساهم بشكل فعال في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، من خلال توفير مصادر تمويل طويلة الأجل تدعم تحقيق التنمية المستدامة.

وقد أظهرت نتائج المذكرة أن أدوات التمويل المستدام (السندات الخضراء، القروض المستدامة، الشراكات بين القطاعين العام والخاص، التمويل المختلط) توفر بالفعل حلولاً تمويلية مبتكرة تتناسب مع خصائص مشاريع البنية التحتية للمدن الذكية، مثل ضخامة الاستثمار وطول عمر المشروع وارتفاع المخاطر. كما أكدت تجربة سنغافورة أن هذه الأدوات تساهم بشكل فعال في تمويل مشاريع البنية التحتية الذكية.

وبناءً على ذلك، يتم قبول الفرضية الرئيسية. وبناءً على ذلك، يتم قبول الفرضية الرئيسية.

2. الفرضيات الفرعية

الفرضية الفرعية الأولى: تنص على أن التمويل المستدام يركز على دمج المعايير البيئية والاجتماعية ومبادئ الحوكمة (ESG) في القرارات الائتمانية والاستثمارية، ويهدف إلى تحقيق التنمية المستدامة من خلال دعم الاقتصاد الأخضر والعدالة الاجتماعية. وقد أكدت نتائج المذكرة أن التمويل المستدام يمثل نقلة نوعية في النظام المالي من خلال دمج معايير ESG، وله أهمية على مستوى البنك المركزي والقطاع المصرفي. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية.

الفرضية الفرعية الثانية: تنص على أن أهم أدوات التمويل المستدام المستخدمة في تمويل المشاريع تشمل السندات الخضراء، والقروض المستدامة، والشراكات بين القطاعين العام والخاص، والمنح الحكومية. وقد استعرضت المذكرة هذه الأدوات الأربعة بالتفصيل، وتم تحليل خصائص كل منها ومزاياها وحدودها، مع أمثلة تطبيقية من تجربة سنغافورة. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية.

الفرضية الفرعية الثالثة: تنص على أن المدن الذكية تعتمد على بنية تحتية متطورة تشمل شبكات النقل والطاقة والمياه والاتصالات الرقمية، وتتميز هذه البنية بكونها مزودة بأجهزة استشعار وأنظمة تحكم ذكية. وقد

أكدت المذكرة أن البنية التحتية هي العمود الفقري للمدن الذكية، وتنقسم إلى بنية تحتية تقليدية ذكية وأخرى رقمية، وتتميز بوجود أجهزة استشعار وأنظمة تحكم ذكية. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية.

الفرضية الفرعية الرابعة: تنص على أن أدوات التمويل المستدام تساهم بشكل فعال في تمويل مشاريع البنية التحتية للمدن الذكية من خلال توفير مصادر تمويل طويلة الأجل ومنخفضة التكلفة، مع حوافز مرتبطة بتحقيق أهداف الاستدامة. وقد بينت المذكرة أن أدوات التمويل المستدام مثل القروض المستدامة ترتبط بأسعار فائدة محفزة مرتبطة بتحقيق أهداف الاستدامة، وأن السندات الخضراء توفر تمويلاً طويلاً الأجل. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية.

الفرضية الفرعية الخامسة: تنص على أن سنغافورة اعتمدت على مزيج من أدوات التمويل المستدام في تمويل بنيتها التحتية الذكية، وأبرزها السندات الخضراء والقروض المستدامة والتمويل المختلط، بالإضافة إلى صناديق الثروة السيادية. وقد أكدت نتائج المذكرة أن سنغافورة استخدمت السندات الخضراء (بقيمة 2.5 مليار دولار سنغافوري)، والقروض المستدامة عبر بنوك (DBS، OCBC، UOB)، والتمويل المختلط (بالتعاون مع البنك الآسيوي للتنمية)، بالإضافة إلى صناديق الثروة السيادية تيماسيك، (GIC) وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية.

الفرضية الفرعية السادسة: تنص على أن تجربة سنغافورة تُعتبر نموذجاً ناجحاً في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية باستخدام أدوات التمويل المستدام، وذلك بفضل توفر الإرادة السياسية والبنية التحتية المتطورة والتشريعات الداعمة والشراكات مع القطاع الخاص. وقد استخلصت المذكرة سبعة دروس رئيسية من تجربة سنغافورة، وأكدت أنها نموذج رائد عالمياً بفضل تكامل عدة عوامل، من بينها الإرادة السياسية، والبنية التحتية المتطورة، والتشريعات الداعمة، والشراكات مع القطاع الخاص. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية. وبناءً عليه، يتم قبول هذه الفرضية.

ثالثاً: الإجابة على إشكالية المذكرة

انطلقت هذه المذكرة من الإشكالية الرئيسية التالية:

ما دور أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية؟ وما الدروس المستفادة من تجربة سنغافورة في هذا المجال؟

ويمكن الإجابة على هذه الإشكالية من خلال النقاط التالية:

1. تلعب أدوات التمويل المستدام دوراً محورياً في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، حيث توفر حلولاً تمويلية مبتكرة تتناسب مع خصائص هذه المشاريع (ضخامة الاستثمار، طول العمر، ارتفاع المخاطر). فالسندات الخضراء توفر تمويلًا طويل الأجل للمشاريع البيئية، والقروض المستدامة تحفز الشركات على تحسين أدائها الاستدامي، والشراكات مع القطاع الخاص تنقل المخاطر وتستفيد من كفاءاته، والتمويل المختلط يخفض المخاطر ويجذب رؤوس الأموال الخاصة.
2. تجربة سنغافورة تقدم نموذجاً ناجحاً في استخدام أدوات التمويل المستدام، حيث استطاعت تنويع مصادر تمويلها بين صناديق الثروة السيادية، والميزانية الحكومية، والشراكات مع القطاع الخاص، والاستثمار الأجنبي المباشر، واستخدام أدوات مبتكرة مثل السندات الخضراء والقروض المستدامة والتمويل المختلط.
3. يمكن استخلاص سبعة دروس رئيسية من تجربة سنغافورة يمكن للدول والمدن الأخرى الاستفادة منها في مسيرتها نحو التحول إلى مدن ذكية.
4. التحديات التي واجهتها سنغافورة ليست مستعصية، ويمكن التغلب عليها من خلال مزيج من التشريعات القوية، والشفافية، والتدرج في التطبيق، والحوافز، والاستماع للمواطنين، وإنشاء آليات تنسيق فعالة.

رابعاً: التوصيات

بناءً على النتائج التي توصل إليها هذا البحث، يمكن تقديم التوصيات التالية:

1. تبني رؤية وطنية واضحة وطويلة الأجل للمدن الذكية، مع توفير الدعم السياسي المستمر.
2. تنويع مصادر تمويل البنية التحتية بين المحلية والدولية، وبين العامة والخاصة، وعدم الاعتماد على مصدر واحد.
3. الاستثمار في البنية التحتية الرقمية أولاً (شبكات الألياف البصرية، G5، مراكز البيانات) باعتبارها الأساس لجميع تطبيقات المدينة الذكية.
4. إقامة شراكات استراتيجية مع القطاع الخاص (شركات عالمية، شركات ناشئة، بنوك) للاستفادة من خبراتها ومواردها.

5. الاستثمار في رأس المال البشري من خلال التعليم الرقمي والتدريب المستمر، وخاصة للفئات المهمشة (كبار السن، ذوي الدخل المحدود).
6. وضع إطار تشريعي وقانوني داعم لحماية البيانات الشخصية، وتعزيز الأمن السيبراني، ومكافحة الفساد.
7. استخدام أدوات التمويل المستدام (السندات الخضراء، القروض المستدامة، التمويل المختلط) إلى جانب الأدوات التقليدية.
8. الاستفادة من تجربة سنغافورة كنموذج ناجح، مع مراعاة الخصوصيات المحلية (الاقتصادية، الاجتماعية، الثقافية).
9. تطوير أسواق رأس المال المحلية لتشجيع إصدار السندات الخضراء وتوفير بيئة جاذبة للمستثمرين.
10. تعزيز التعاون الإقليمي بين الدول العربية في مجال تمويل مشاريع البنية التحتية العابرة للحدود.
11. إنشاء وحدات متخصصة في الحكومات لمتابعة ملف المدن الذكية والتمويل المستدام، على غرار وحدة Smart Nation في سنغافورة.
12. إطلاق مبادرات وطنية للتدريب الرقمي للمواطنين، بالتعاون مع القطاع الخاص والجامعات.

خامسا: مقترحات لبحوث مستقبلية

يمكن للباحثين المهتمين بهذا المجال التوسع في الدراسات المستقبلية من خلال:

1. دراسة مقارنة بين تجربة سنغافورة وتجارب دول أخرى (مثل الإمارات، قطر، اليابان، كوريا الجنوبية) في مجال تمويل البنية التحتية للمدن الذكية.
2. قياس الأثر الاقتصادي والاجتماعي والبيئي للسندات الخضراء في تمويل مشاريع البنية التحتية.
3. تحليل دور التكنولوجيا المالية (FinTech) في تعزيز التمويل المستدام للمدن الذكية.
4. دراسة تحديات تطبيق أدوات التمويل المستدام في الدول النامية والمقترحات للتغلب عليها.
5. تقييم فعالية نماذج PPP في تمويل وتشغيل البنية التحتية للمدن الذكية.

في نهاية هذه المذكرة، نؤكد أن التحول نحو المدن الذكية لم يعد رفاهية أو خيارًا، بل أصبح ضرورة حتمية لمواجهة التحديات الحضرية المتزايدة (التوسع السكاني، الازدحام، التلوث، نضوب الموارد). وهذا التحول يتطلب استثمارات ضخمة في البنية التحتية، وهو ما يستدعي البحث عن آليات تمويل مبتكرة ومستدامة.

بحيث تقدم تجربة سنغافورة نموذجًا رائدًا في هذا المجال، حيث استطاعت، من خلال مزيج من الإرادة السياسية، والبنية التحتية المتطورة، والاستثمار في رأس المال البشري، والتشريعات الداعمة، والشراكات مع القطاع الخاص، وتنويع مصادر التمويل واستخدام أدوات مبتكرة، أن تصبح واحدة من أكثر المدن ذكاءً واستدامة في العالم.

وفي الأخير نأمل أن تساهم هذه المذكرة في إثراء المعرفة حول دور أدوات التمويل المستدام في تمويل البنية التحتية للمدن الذكية، وأن تكون مرجعًا مفيدًا للباحثين وصناع القرار والمهتمين بهذا المجال الحيوي.



قائمة المراجع

- ACCIONA .(2024) .*ACCIONA secures €300 million green loan for GCC projects* .Madrid: ACCIONA.
- ACWA Power. (2018). *Noor Energy 1 CSP-PV Project*. Riyadh: ACWA Power.
- ADB . (2025). *ADB* . Manila: Asian Development Bank.
- ADB. (2023). *Markets Development and Public-Private Partnership in Asia and the Pacific*. Manila: Asian Development Bank (ADB).
- ADB. (2023). *Public-Private Partnership (PPP)*. Manila: Asian Development Bank.
- Annamalai, T. R., & Hari, S. (2016). *Innovative financial intermediation and long-term capital pools for infrastructure: A case study of infrastructure debt funds*. Journal of Financial Management of Property and Construction, 21(3).
- APMG . (2024). *Reasons Claimed: PPPs as a Financial Mechanism for Governments to Develop Infrastructure Projects*. APMG PPP Certification Program.
- Balakumar, C & ,Vydehi, S .(2025) .*A real-time data processing to empower urban smart city planning using big data analytics* .Lecture Notes in Networks and Systems, 1293.
- Bibri, S. E., Visvizi, A., & Troisi, O. (2024). *Advancing Smart Cities: Sustainable Practices, Digital Transformation, and IoT Innovations. (Part 4)*.
- CFA Institute .(2025) .*Unlocking India's multi-billion-dollar infrastructure investment opportunity* .Charlottesville, VA: CFA Institute.
- Commission, E. (2024). *Smart cities: Definitions and frameworks*. Brussels: European Commission.
- Commission-European. (2018). *Action Plan on Financing Sustainable Growth*. Brussels: European Commission.
- DBS Bank .(2024) .*Annual Report 2023 Forging a Sustainable Future*. Singapore .DBS Bank.
- Dempere, J. et al .(2024) .*Unveiling the truth: greenwashing in sustainable finance* .Frontiers in Sustainability, 5, 1362051.
- Diehl Metering .(2025) .*شبكة هجينة: القراءة الآلية بالكامل لإمدادات مياه الشرب في مدينة نورمبرغ الذكية* .ألمانيا . نورمبرغ : مجموعة ديال.
- Ehlers. T.& Packer.F. (2018). *Green bond finance and certification*. Vienna: SUERF - The European Money and Finance Forum.Policy Note, Issue 3.
- Enterprise Singapore .(2021) .*Enterprise Financing Scheme – Green* .Enterprise Singapore.

- Enterprise Singapore. (2025). *Enterprise Financing Scheme – Green*. Singapore: Enterprise Singapore.
- GEF .(2024) . *GEF* . Washington: Global Environment Facility.
- GIC .(2025-2024) .*Government Portfolio Management Report* .
- Giffinger, R., Fertner, C .(2007) .*Smart cities: Ranking of European medium-sized cities* .Vienna: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology.
- GovTech Singapore. (2022). *LifeSG Fact Sheet*. Government Technology Agency.
- Hassan-et-al. (2026). *Revolutionizing air quality monitoring: advanced sensors, IoT integration, and public engagement*.
- Ibrahim .(2025) .*The role of IoT-driven smart traffic systems in reducing economic loss from congestion in Milan* . Italy: University of Pavia (Master's thesis).
- ICMA. (2021). *Green Bond Principles*. Paris: International Capital Market Association.
- ICMA. (2023). *Social Bond Principles*. Paris: ICMA (International Capital Market Association).
- ICMA LMA . (2024). *Sustainability-Linked Loans financing Bonds Guidelines*. Paris/London: ICMA (International Capital Market Association) & LMA (Loan Market Association).
- IEC. (2025). *Framework for the Needs Analysis of the City*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- IFC .(2026) . *upporting Infrastructure Development in Emerging Markets* .Washington: IFC, World Bank Group.
- IFC & MAS. (2023). *Fintech Innovation Network in ASEAN*. Singapore. Monetary Authority of Singapore .
- IMDA . (2020). *5G Proposals to Accelerate Adoption of 5G Technologies in Key Industry Sectors*. Infocomm Media Development Authority.
- IMF. (2004). *Public-Private Partnerships*. Washington: International Monetary Fund.
- IRENA. (2019). *Renewable Energy Auctions: Status and Trends Beyond Price*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency Abu Dhabi.
- ISO. (2021). *Environmental management - Environmental performance evaluation*. Genève: ISO (International Organization for Standardization).
- ITU .(2023) .*Common requirements and capabilities of smart cities and communities from IoT and ICT perspectives* .Geneva: International Telecommunication Union.
- JE Dunn Construction .(2026) .*Sustainability as a Financing Criteria* .Kansas: MO: JE Dunn Construction.

- Kizlyar. (2024). *Methodological toolkit for the efficiency of smart city projects. Modeling the Development of the Economic Systems*.
- LMA. (2024). *Sustainability-Linked Loan Principles (SLLP)*. London: Loan Market Association.
- LMA APLMA LSTA . (2023). *Green Loan Principles: Supporting environmentally sustainable economic activity*. London: LMA (Loan Market Association), APLMA (Asia Pacific Loan Market Association) & LSTA (Loan Syndications and Trading Association).
- LTA .(2018) . *Electronic Road Pricing (ERP)* .Land Transport Authority.
- McKinsey & Company .(2025) .*The infrastructure moment* .New York.
- MDDI. (2025). *MDDI's response to PQ on Enhancing Digital Accessibility for Seniors and Persons with Disabilities to Navigate Essential Public Digital Services*. Singapore: MDDI.
- Ministry of Finance, Republic of Poland. (2016). *Pricing of Green Bond*. Warsaw: Ministry of Finance, Republic of Poland.
- MSO Singapore .(2015) .*OneService App* .Municipal Services Office, Ministry of National Development.
- New America .(2026) .*What are we protecting? In Smart Not Enough (Chapter 5)* .Washington: New America Foundation.
- Obenberger .(2024) .*Synthesis Report Evaluating Safety Impacts and Deployment Practices of Queue Detection and Warning Systems* .U.S. Department of Transportation.
- OECD .(2021) . *Grants for Sustainable Development* .Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- RSIS . (2017). *Do We Need A Broader Smart Nation Narrative?* Singapore: Nanyang Technological University.
- RTA. (2024) . *مترو دبي. دبي: هيئة الطرق والمواصلات*.
- Salaj, A.T., Torp, O., & Andalib, E. . (2024). *Competencies For Smart City Challenges*. IFAC-PapersOnLine 58(3).
- S-C-M .(2025) .*Cities explore financing pathways for a climate-neutral future at Smart Cities Marketplace Masterclass* .Smart Cities Marketplace . European Commission.
- SEPPI MCID .(2025) .*Joint Technical Note: Guidelines for Smart Cities* .Brazil: Special Secretariat for the Investment Partnerships Programme & Ministry of Cities.
- Smart Nation Singapore. (2015). *Smart Nation: The Future of Singapore's Wired City*. Singapore. Smart Nation Programme Office.
- Sustainability Journal. (2025). *Smart Skills for Smart Cities: Developing and Validating an AI Soft Skills Scale*. Sustainability Journal.

- Temasek Holdings. (2021). *Temasek Review 2021: A Generational Commitment*. Singapore: Temasek Holdings.
- The infrastructure moment& Company. (2025). *The infrastructure moment*. New York: The infrastructure moment.
- UNEP. (2016). *Definitions and Concepts: Background Note*. Geneva: UNEP Inquiry into the Design of a Sustainable Financial System. United Nations Environment Programme.
- UNEP. (2025). *Protocol on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context under the Tehran Convention*. Geneva: United Nations Environment Programme.
- UOB. (2024). *UOB Sustainability Report 2024*. UOB Sustainability Report 2024.
- U-S-Congress .(2024) .*Smart Cities and Communities Act -2024* .Washington: Government Publishing Office.
- Withanage, K.T., Kajewski, S & ,.Teo, M .(2025) .*Integrated Governance Model for Smart City PPPs; A Conceptual Framework* .International Conference of Green + Digital + Intelligent Built Environments (GDI 2025).
- World Bank .(2024) .*World Bank Annual Report 2024: Promoting Sustainable Finance and Capital Markets* .Washington: World Bank Group.
- WORLD-BANK. (2019). *Infrastructure Finance: A Guide for Developing Countries*. Washington. Washington: World Bank Group.
- Yu, J & ,.Santoso, D. S .(2025) .*Fuzzy Comprehensive Risk Evaluation of China's Metro Transportation Public-Private Partnership Projects* .Civil and Environmental Engineering.
- Zaffagnini-M .(2025) .*Civil liability in the age of smart cities: New legal challenges* .Revue Lexsociété.
- أبتهاج، ع.، رشوان، م.، وعباس، س. (2021). *السندات الخضراء كآلية لتمويل التنمية المستدامة*. ورقة بحثية مقدمة في المؤتمر السنوي لكلية الاقتصاد، القاهرة: جامعة القاهرة.
- أبتهاج-رشوان-عباس. (2021). *السندات الخضراء كآلية لتمويل التنمية المستدامة*. القاهرة: ورقة بحثية مقدمة في المؤتمر السنوي لكلية الاقتصاد، جامعة القاهرة.
- أحمد، خ.، بشير، م.، وحمدي، ن. (2017). *مؤشرات الحوكمة العالمية وعلاقتها بالتنمية الاقتصادية*. مجلة الاقتصاد والتنمية.
- إسراء. (2025). *أدوات التمويل المستدام ودورها في دعم الاستثمار الأخضر*. الجزائر: جامعة الجزائر.
- أكوا باور. (2019). *مشروع الشعبية 2 لتحلية المياه*.
- آل حمادي، موزة. (2023). *تطوير نموذج للمدينة الذكية في أبوظبي بناءً على تحليل أفضل الممارسات*. أبوظبي: رسالة ماجستير، جامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا.
- الإسكوا. (2019). *التكنولوجيا من أجل التنمية في المنطقة العربية، 2019 المنظورات العالمية والاتجاهات الإقليمية*. بيروت: لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا.

- البنك الدولي. (2025). *البنك الدولي يدعم مشاريع حيوية في ثلاث دول في الشرق الأوسط*. واشنطن: مجموعة البنك الدولي.
- البنك المركزي المصري. (2021). *المبادئ الاستراتيجية للتمويل المستدام*. القاهرة: البنك المركزي المصري.
- البنك-الدولي. (2008). *السندات الخضراء: تمويل المناخ والتنمية المستدامة*. واشنطن: مجموعة البنك الدولي.
- البنك-المركزي-المصري. (2026). *التمويل المستدام*. القاهرة.
- الحريري. (2019). *الشبكات الذكية ودورها في تطوير البنية التحتية للطاقة في المدن الذكية*. مجلة الدراسات الهندسية، 12(3).
- الشريف. (2022). *المدن الذكية المستدامة وتطبيقاتها وفق رؤية المملكة العربية السعودية 2030 (رسالة ماجستير)*. مكة المكرمة: جامعة أم القرى.
- العرفان ، وعبد المنعم. (2019). *المدن الذكية في الدول العربية: دروس مستفادة من التجارب العالمية*. أبوظبي: صندوق النقد العربي.
- القاضي ، العراقي. (2018). *خصائص المدن الذكية ودورها في التحول إلى استدامة المدينة المصرية*. القاضي، أحمد نجيب عبد الحكيم، والعراقي، محمد إبراهيم. . *خصائص المدن الذكية ودورها في التحول إلى استدامة المدينة المصرية*.
- المفوضية الأوروبية. (2018). *خدمات الصحة عن بعد في سنغافورة*. بروكسل: المفوضية الأوروبية.
- بن نذير ، وبلعش. (2018). *عولمة التكنولوجيا ودورها في المدن الذكية*. مجلة الاقتصاد الجديد.
- Google. (2024). *Google Data Centers in Singapore*. Google. (2024). *Google Data Centers in Singapore*. Google. (2024). *Google Data Centers in Singapore*. Meta Platforms. (2026). *AI Infrastructure Expansion* .
- Smart Nation Singapore. (2015). *Smart Nation Singapore*. (بلا تاريخ).
- Singpass. (2025). *IMDA (Infocomm Media Development Authority)* . (2025).
- ثابت وأحمد. (2020). *تجربة المدن الذكية المستدامة في دولة الإمارات العربية المتحدة*. مجلة البناء والتعمير، خليفة-بودخن. (2026). *التمويل المستدام والاستثمار المسؤول عن الاستقرار المالي في القطاع المصرفي*.
- خنفوسي ،بن صغير. (2020). *استراتيجيات وأركان التحول نحو المدن الذكية المستدامة*. مجلة البناء والتعمير.
- دبي الذكية. (2020). *تقرير "أثر جائحة كوفيد-19 في مرونة تجربة المدينة الذكية*. دبي: مبادرات أجندة السعادة.
- دنيا. (2023). *السندات الخضراء كأداة للتمويل المستدام*. مجلة الدراسات المالية والمصرفية، 12(2)، 80-105.
- رضا. (2022). *الشراكة بين القطاعين العام والخاص في تمويل مشاريع البنية التحتية*. القاهرة: (رسالة ماجستير). جامعة عين شمس.
- رواجي، سناء وعوفي، مصطفى. (2023). *المدن الذكية: المفهوم، الأبعاد والمكونات*. مجلة العلوم الاجتماعية جامعة خنشة - جامعة باتنة 1.
- رئاسة مجلس الوزراء المصري. (2015). *طريق القاهرة - الإسكندرية الصحراوي*. القاهرة: رئاسة مجلس الوزراء المصري.

- زعتري، بن العبد. (2019). المدن الذكية: وجه جديد للتنمية المستدامة. ورقة مقدمة في المؤتمر الدولي: المدن الذكية في مواجهة المتغيرات الراهنة (الواقع والآفاق). البلدة: جامعة البلدة 2.
- سعيد، عادل حامد. (2023). فعالية تطبيقات الهواتف الذكية في تحسين الاستجابة لحالات توقف القلب المفاجئ: دراسة حالة. مجلة العلوم الصحية والطبية، المجلد 12، العدد 3، MyResponder تطبيق.
- سلامة، محمد جمال. (2022). الابتكار في المدن الذكية: دراسة حالة سنغافورة. عمان: مجلة الهندسة والتكنولوجيا، الجامعة الأردنية.
- شريب، محمد عبد العزيز. (2023). دراسة مقارنة لأنظمة إدارة النفايات الذكية في الدوحة وأمستردام وسنغافورة. مجلة العلوم الهندسية، جامعة الملك سعود.
- شريب، محمد عبد العزيز. (2023). أنظمة المراقبة البيئية الذكية في المدن المستدامة: دراسة حالة سنغافورة. القاهرة: مجلة العلوم البيئية، المركز القومي للبحوث، القاهرة.
- صليحة، فاطمة، كلثوم. (2020). استراتيجيات دعم التحول إلى المدن الذكية في الوطن العربي - مع الإشارة إلى تجربة دولة الإمارات العربية المتحدة. الجزائر: المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية.
- كريمة حيدل. (2021). قود الشراكة بين القطاع العام والخاص. الجزائر: مجلة الدراسات القانونية المجلد 7، العدد 2.
- لقاضي، أحمد نجيب عبد الحكيم، والعراقي، محمد إبراهيم. (2018). خصائص المدن الذكية ودورها في التحول إلى استدامة المدينة المصرية. المجلة الدولية للعمارة والهندسة والتكنولوجيا.
- مركز الخليج للأبحاث والدراسات. (2024). الشراكات بين القطاعين العام والخاص في سنغافورة: نموذج للتنمية المستدامة. دبي: مركز الخليج للأبحاث والدراسات ورقة سياسات رقم 15-24.
- مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار بمجلس الوزراء المصري. (2024). تجارب دولية في تحقيق التوازن بين الإنفاق على القطاعات المختلفة: سنغافورة نموذجاً. القاهرة: النشرة الدورية للسياسات المالية، العدد 17.
- مطير. (2023). نحو إطار لتحول المدن إلى مدن ذكية ومرنة على طريق التعافي من (كوفيد-19). مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية.
- نجا-نسيمي. (2023). التمويل المستدام في القطاع المصرفي: المفهوم والأهمية. مجلة الاقتصاد والمالية، الصفحات 103-104.
- وزارة المالية المصرية. (2020). إطار عمل مصر للسندات الخضراء السيادية. القاهرة: وزارة المالية المصرية.
- وكالة الأناضول. (2018). إسطنبول تفتتح أكبر مطار في العالم بتكلفة 12 مليار دولار.