جمهورية مصر العربية

معهد التخطيط القومي

سلسلة قضايا التخطيط والتنمية

الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر

رقم (349) – شهر إبريل 2024

جمهورية مصر العربية

معهد التخطيط القومي

سلسلة قضايا التخطيط والتنمية

رقم (349)

(سلسلة علمية محكمة)

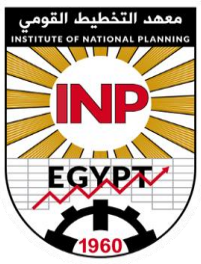
الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر

2024

"لم يسبق نشر هذا البحث أو أية أجزاء منه، ويحظر إعادة نشره في أية جهة أخرى قبل أخذ موافقة المعهد كتابة"

"الآراء في هذا البحث تمثل رأي الباحثين فقط"

سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (349)



رئيس المعهد
أ.د. أشرف العربي

نائب رئيس المعهد
لشئون البحوث والدراسات العليا
أ.د. خالد عطية

الآراء الواردة في هذا البحث لا تعبر بالضرورة عن توجه المعهد بل تعبر عن رأي المؤلف وتوجهه في المقام الأول

عطية، خالد وآخرون

الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر
سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، القاهرة، معهد التخطيط القومي، 2024، 206 ص.
الكلمات الدالة: المخلفات الإلكترونية – الإدارة المستدامة - الاقتصاد الدائري- الدول النامية - نموذج مقترح – مصر.

رقم الإيداع: 2024/20440
ISBN: 978-977-8848-02-1

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمعهد التخطيط القومي، يحظر إعادة النشر أو النسخ أو الاقتباس بأية صورة إلا بإذن كتابي من معهد التخطيط القومي أو بالإشارة إلى المصدر

الطباعة والتنفيذ: معهد التخطيط القومي الطبعة الأولى:
2024

مدينة نصر- طريق صلاح سالم- القاهرة- جمهرية مصر العربية
https://inp.edu.eg
معهد التخطيط القومي
res.unit@inp.edu.eg
الهاتف/22627372-22634040 (202+)
الفاكس/22634747-24011398 (202+)

تقديم

تُعَدُّ سلسلة قضايا التخطيط والتنمية أحد القنوات الرئيسية لنشر نتاج معهد التخطيط القومي من دراسات وبحوث جماعية محكمة في مختلف مجالات التخطيط والتنمية. يضم المعهد مجموعة من الباحثين والخبراء متنوعي ومتعددي التخصصات، مما يضيف قيمة وفائدة إلى مثل هذه الدراسات المختلفة التي يتم إجراؤها، بالإضافة إلى شموليتها، والاهتمام بالأبعاد الاقتصادية، والاجتماعية، والبيئية، والمؤسسية، والمعلوماتية، وغيرها من القضايا محل البحث.

تضمنت الإصدارات المختلفة لسلسلة قضايا التخطيط والتنمية منذ بدئها في عام 1977 عددًا من الدراسات التي تناولت قضايا مختلفة تفيد الباحثين والدارسين، وكذا صانعي السياسات ومتخذي القرارات في مختلف مجالات التخطيط والتنمية، منها على سبيل المثال لا الحصر: السياسات المالية والنقدية، والإنتاجية والأسعار والأجور، والاستهلاك والتجارة الداخلية، والمالية العامة، والتجارة الخارجية، والتكتلات الدولية، وقضايا التشغيل والبطالة وسوق العمل، والتنمية الإقليمية والنمو الاحتوائي، وآفاق الاستثمار وفرصه، والسياسات الصناعية، والسياسات الزراعية والتنمية الريفية، والمشروعات الصغيرة والمتوسطة، ومناهج النمذجة التخطيطية وأساليبها، وقضايا البيئة والموارد الطبيعية، والتنمية المجتمعية، وقضايا التعليم والصحة والمرأة والشباب والأطفال وذوي الإعاقة، ...إلخ وتتنوع مصادر النشر وقنواتها لدى المعهد إلى جانب سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، والمتمثلة في التقارير العلمية، والكتب المرجعية، والمجلة المصرية للتنمية والتخطيط، والتي تصدر بصفة دورية نصف سنوية، وكذلك كتاب المؤتمر الدولي السنوي وسلسلة أوراق السياسات في التخطيط والتنمية المستدامة، وكراسات السياسات، إضافة إلى ما يصدره المعهد من نشرات علمية تعكس ما يعقده المعهد من فعاليات علمية متنوعة.

وفق الله الجميع للعمل لما فيه خير البلاد، والله من وراء القصد...

رئيس المعهد

أ.د. أشرف العربي

فريق البحث

م	فريق الدراسة	الاسم	الدرجة العلمية	التخصص
1	**الباحث الرئيسي**	أ.د. خالد عبد العزيز عطية	أستاذ	محاسبة بيئية
2	**البـــاحثون من داخل المعهد**	أ.د. علاء الدين محمود زهران	أستاذ	محاسبة خاصة
3		أ.د. نفيسة أبو السعود	أستاذ	تخطيط بيئي
4		أ.د. محمد ماجد خشبة	أستاذ	تخطيط استراتيجي
5		د. علي فتحي البجلاتي	مدرس	إقصاد كلي
6		د. شيماء عزب	مدرس	تخطيط بيئي
7		أ. أحمد إبراهيم	مدرس مساعد	اقتصاديات البيئة
8		أ. أيمن إبراهيم الدسوقي	مدرس مساعد	إدارة بيئية
9		م. أسماء حمدي	مدرس مساعد	تخطيط بيئي
10		أ. أية السرسي	مدرس مساعد	اقتصاديات البيئة
11		أ. نيفين عبد الستار	جهاز إداري	جهاز إداري
12	**الباحثون من خارج المعهد**	م. عصام محمد عبد العزيز	مهندس	إدارة المخلفات
13		د. شيماء السيد محمد على	دكتوراه	إدارة المخلفات
14		م. أحمد إبراهيم سالم	مهندس	إدارة المخلفات

موجز البحث

يتناول البحث قضية مهمة من قضايا الاقتصاد الدوار/الدائري، الذي أصبح متطلبًا أساسيًّا لتحقيق خطط وأهداف التنمية المستدامة الوطنية والعالمية، ألا وهي قضية الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية. حيث تُبرز التجارب والخبرات العالمية ضرورة قيام الدول بالتحول نحو تطبيق الاقتصاد الأخضر المعنى بالأنشطة الاقتصادية المرتبطة بإنتاج وتوزيع واستهلاك السلع والخدمات، من خلال التحول إلى نموذج الاقتصاد الدوار/الدائري كاستراتيجية إنمائية تحافظ على القيمة المضافة للمنتجات لأطول فترة ممكنة محققة بذلك النمو الاقتصادي دون زيادة استهلاك الموارد، والحد من التأثيرات السلبية على صحة الإنسان البيئة.

ولهذا فإن الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية على المستوي الوطني سوف تساهم في الحد من هدر الموارد في ظل محدوديتها وندرتها، وكذلك الحد من الآثار السلبية للملوثات الناتجة عن تلك المخلفات على صحة الإنسان والبيئة. وترجع أهمية الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر لعدة أسباب من أهمها: النمو السكاني؛ زيادة الطلب على الأجهزة الإلكترونية والكهربائية نتيجة التطور التقني؛ ضعف البنية الأساسية والتكنولوجية لقطاع المخلفات الإلكترونية؛ ضعف الكفاءات والخبرات الفنية والبشرية العاملة بالقطاع؛ محدودية التمويل العام والخاص المتاح للقطاع؛ التغيرات التي حدثت في أنماط الاستهلاك والإنتاج؛ التأثيرات السلبية للمخلفات الإلكترونية على البيئة والسكان والعاملين بالقطاع، والتغيرات في المنظومة القيمية لدى أفراد المجتمع. وتأسيسًا على ما تقدم، تستهدف الدراسة الحالية بناء وتطبيق نموذج يمكن متخذ القرار المصري من تطبيق الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية من منظور أصحاب المصالح، وبالتالي تحقيق متطلبات أهداف التنمية المستدامة وطنيًّا وعالميًّا. ولتحقيق هذا الهدف تم تقسيم الدراسة إلى **ثلاثة أقسام** هي:

القسم الأول الذي اختص بعرض الإطار النظري للدراسة وتم فيه تناول القضايا التالية: التعرف على ماهية المخلفات الإلكترونية وآثارها السلبية على البيئة وصحة الإنسان؛ وتحديد مقومات الإدارة المتكاملة للمخلفات الإلكترونية وأسسها؛ ودراسة العلاقة بين المخلفات الإلكترونية والتنمية المستدامة (الاقتصاد الأخضر– الاقتصاد الدائري– أهداف التنمية المستدامة)؛ الدراسات السابقة: تجارب وخبرات بعض الدول (المتقدمة والنامية) في تطبيق الإدارة المستدامة المخلفات الإلكترونية، وذلك بهدف استخلاص الدروس المستفادة منها، وبما يساهم في بناء النموذج المقترح، وتقييم الوضع الراهن لإدارة المخلفات الإلكترونية في مصر بُغية الوقوف على أهم المشكلات والتحديات التي تواجه الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية

في مصر؛ وأخيرًا، تقديم نموذج مقترح يمكن من تطبيق الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر من منظور أصحاب المصالح؛ **بينما اختص القسم الثاني بالدراسة الميدانية** التي استهدفت اختبار تطبيق النموذج المقترح من خلال استطلاع آراء أصحاب المصالح المرتبطة قراراتها بتطبيق الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر؛ وأخيرًا، **اختص القسم الثالث بتقديم النتائج والتوصيات والمرشدات** العملية التي تُمكن متخذ القرار من تطبيق الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر.

الكلمات الدالة:

المخلفات الإلكترونية – الإدارة المستدامة – الاقتصاد الدائري– الدول النامية – أصحاب المصالح– نموذج مقترح – مصر.

قائمة المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	1
طبيعة المشكلة	3
أهداف الدراسة	5
منهج الدراسة	5
أهمية الدراسة	6
مخطط تنفيذ الدراسة	7
القسم الأول: الإطار النظري للدراسة	
أولًا: المخلفات الإلكترونية وآثارها على صحة الإنسان والبيئة	**10**
• ماهية المخلفات الإلكترونية	10
• المخلفات الإلكترونية وآثارها على صحة الإنسان والبيئة	14
ثانيًا: الإدارة المتكاملة المخلفات الإلكترونية والتنمية المستدامة	**20**
• المخلفات الإلكترونية والاقتصاد الدوار/ الدائري	20
• المخلفات الإلكترونية وأهداف التنمية المستدامة	23
ثالثًا: الإدارة المتكاملة للمخلفات الإلكترونية	**28**
• ماهية الإدارة المتكاملة للمخلفات الإلكترونية	28
• مراحل التعامل مع المخلفات الإلكترونية	32
رابعًا: الدراسات السابقة – تجارب بعض الدول المتقدمة والنامية	**36**
• تجارب الدول المتقدمة	36
• تجارب الدول النامية	43
خامسًا: المخلفات الإلكترونية في مصر	**56**
• واقع قطاع المخلفات الإلكترونية في مصر	56
• مشكلات قطاع المخلفات الإلكترونية في مصر وتحدياته	64
سادسا: النموذج المقترح من منظور أصحاب المصالح	**66**
• نظام الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	66
• سلسلة القيمة للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	69
• أصحاب المصالح في تطبيق نظام الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	72
• تحديات أصحاب المصالح للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	80
• السياسات المقترحة للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	83

• الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية.	85
• النموذج المقترح للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	86
القسم الثاني: الدراسة الميدانية	**91**
• أولًا: مجتمع وعينة الدراسة وخصائصها الوصفية	92
• ثانيًا: الأساليب الإحصائية المستخدمة في الدراسة	93
• ثالثًا: أنواع المخلفات الإلكترونية وطرق التخلص منها	95
• رابعًا: تحديات تطبيق الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	96
• خامسًا: السياسات (الاقتصادية والاجتماعية والبيئية) لأصحاب المصالح	112
• سادسًا: مدى تحقيق أهداف الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	130
• سابعًا: المتغيرات الوصفية والإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	135
القسم الثالث: النتائج والتوصيات	**138**
• **النتائج**	138
• **التوصيات**	145
• **المراجع العربية والإنجليزية**	153
• **الملاحق**	163

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1	الآثار الصحية للمواد الخطرة في المخلفات الإلكترونية	18
2	الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة العالمية	25
3	أطراف نظام إدارة المخلفات الإلكترونية في سويسرا	37
4	أسس نظام الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية بدولة غانا	49
5	مشكلات قطاع المخلفات الإلكترونية في مصر وتحدياته	65
6	أدوار ومسئوليات أصحاب المصالح في سلسلة القيمة للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	71
7	تحليل نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات لقطاعات إعادة التدوير الرسمية وغير الرسمية	78
8	الخصائص الوصفية لعينة الدراسة	93
9	أنواع المخلفات الإلكترونية وطرق التخلص منها	95
10	التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للمنتجين/المستوردين	98
11	التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للمستهلكين	101
12	التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للقطاع الخاص الرسمي	104
13	التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للقطاع غير الرسمي	107
14	التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للقطاعات الحكومية الإلكترونية	109
15	التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لمنظمات المجتمع المدني	111
16	السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للمنتجين/المستوردين	114
17	السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للمستهلكين	117
18	السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للقطاع الرسمي	120
19	السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للقطاع غير الرسمي	123
20	السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للقطاع الحكومي	125
21	السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لمنظمات المجتمع المدني	129
22	مدى تحقيق الأهداف الاقتصادية للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	131
23	مدى تحقيق الأهداف الاجتماعية للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	133
24	مدى تحقيق الأهداف البيئية للإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	134
25	تحليل العلاقة بين المتغيرات الوصفية لعينة الدراسة وتطبيق الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية	136

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1	التوزيع النسبي لمساهمة مجموعات الأجهزة في المخلفات الإلكترونية عالميًا	12
2	المخلفات الإلكترونية وآثارها على البيئة وصحة الإنسان	14
3	تطور تولد حجم المخلفات الإلكترونية عالميًا خلال الفترة من (2014–2030م)	23
4	متوسط نصيب الفرد عالميًا من المخلفات الإلكترونية خلال الفترة من (2014–2030)	24
5	مراحل الإدارة المتكاملة للمخلفات الإلكترونية	29
6	نموذج السلم التنازلي (Rs 10) لتطبيق الاقتصاد الدائري للمخلفات الإلكترونية	31
7	الخطوات التفصيلية للتعامل مع المخلفات الإلكترونية	33
8	التوزيع النسبي لمخلفات أجهزة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في مصر	56
9	المخلفات الأجهزة الإلكترونية المتولدة والمجمعة بالفترة من (2015–2050)	58
10	تطور متوسط نصيب الفرد من الأجهزة ونسبة التجميع خلال الفترة من 2015–2050م	59
11	الشركات الحاصلة على ترخيص لتدوير المخلفات الإلكترونية خلال الفترة من (2014–2024م)	60
12	توزيع الشركات المرخصة حسب المحافظات في العام 2024م	61
13	النموذج المقترح لتطبيق الإدارة المستدامة للمخلفات الإلكترونية في مصر	89

مقدمة

تعد المخلفات الإلكترونية مشكلة عالمية، لكونها تشكل خطرًا على صحة الإنسان والبيئة، إذا تم التصرف فيها بطريقة غير صحيحة وتم دفنها بشكل عشوائي مع المخلفات العضوية وغير العضوية الأخرى، في مراكز دفن المخلفات غير المهيأة لاستقبال هذا النوع من المخلفات؛ وتنشأ المخاطر الرئيسية من تلك النوعية من المخلفات على صحة الإنسان والبيئة من وجود المعادن الثقيلة والملوثات العضوية الثابتة ومثبطات اللهب وغيرها من المواد الخطرة المحتملة بها. وهناك ثلاث مجموعات رئيسية من المواد التي يمكن أن تنطلق أو تنبعث في أثناء إعادة تدويرها واستعادة الطاقة والمواد منها، وتتمثل في كل من: المواد التي تشكل المكونات الأصلية للمعدات والأجهزة الإلكترونية والكهربائية مثل الرصاص والزئبق، والمواد التي يتم إضافتها في أثناء القيام بعمليات التدوير مثل السيانيد، والمواد التي يمكن تشكيلها في أثناء القيام بعمليات إعادة التدوير مثل الديوكسينات، حيث إن عدم التعامل السليم مع تلك المواد بأنواعها المختلفة يشكل مخاطر صحية وبيئية كبيرة (راجع: Forti et. al. 2020).

وتوجد مجموعة كبيرة ومتنوعة من المواد الثمينة في الأجهزة الكهربائية والإلكترونية، قد يصل عددها إلى 60 عنصرًا في الإلكترونيات المعقدة، حيث يمكن استعادة العديد من تلك العناصر واستردادها عند إعادة تدويرها تقنيًا، كما أن المخلفات الإلكترونية تحتوي على العديد من المعادن الثمينة مثل الذهب والفضة والنحاس والبلاتين والبلاديوم، وتحتوي أيضًا على مواد ثمينة ضخمة مثل الحديد والألمنيوم، هذا إلى جانب احتوائها علي المواد البلاستيكية التي يمكن إعادة تدويرها، كما تحتوي المخلفات الإلكترونية أيضًا على بعض المواد الخطيرة من المعادن الثقيلة (مثل الزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها) والمواد الكيميائية (مثل مركبات الكربون الكلورية).

وقد يظن بعضهم أن سعر بيع المعدات الكهربائية والإلكترونية الجديدة يعكس القيمة الجوهرية للمواد التي تصنع منها، وهذا ليس صحيحًا تمامًا، فعلى سبيل المثال، أصبح متوسط سعر بيع الهاتف الذكي الجديد في جميع أنحاء العالم في عام 2021م نحو 100 يورو، وبلغ متوسط سعر الهاتف الذكي المستعمل في نفس العام نحو 18 يورو، ومع ذلك، فإن القيمة الجوهرية للمعادن النفيسة والبلاستيكية الموجودة في الهاتف المحمول الذي يبلغ متوسط وزنه نحو 90 جرامًا هي نحو 2 يورو للجهاز، وبالتالي فإن السعر السوقي لقيمة المادة الخام المستردة من مخلفات الهاتف تمثل قيمة صغيرة نسبيًّا مقارنة بسعر الهاتف عندما يكون جديدًا أو حتي عندما يكون مستعملاً؛ ومع ذلك تشير التقديرات إلى أن قيمة المواد الخام في

الهواتف المحمولة المهدرة تبلغ نحو 9.4 مليار يورو في العام 2016م (راجع: Abushammala, 2023; ITU, 2018).

وتشكل المخلفات الإلكترونية عالميًا نحو 10–15% من إجمالي أنواع المخلفات الصلبة بالدول المختلفة؛ كما أن معدلات تدوير المخلفات الإلكترونية منخفضة عالميًّا؛ فعلى سبيل المثال، في دول الاتحاد الأوروبي، التي تتصدر دول العالم في معدلات إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية، يتم تجميع وتدوير ما نسبته 35٪ فقط من إجمالي المخلفات الإلكترونية التي يتم توليدها سنويًّا في تلك البلدان؛ أما على الصعيد العالمي، يبلغ المتوسط نحو 20٪ فقط. أما نسبة الـ 80٪ المتبقية غير الموثقة وغير المعلوم كيفية التعامل معها، ينتهي بها الأمر بالدفن تحت الأرض لعدة قرون. والمخلفات الإلكترونية غير قابلة للتحلل وينتج عنها العديد من الآثار السلبية على الإنسان والبيئة؛ وأن عمليات إعادة التدوير غير السليمة للمخلفات الإلكترونية ينتج عنها انبعاثات سامة في الهواء والماء والتربة هذا بالإضافة إلى مخاطرها الصحية على حياة البشر؛ وأن المواد المكونة للمخلفات الإلكترونية متنوعة، حيث إنها قد تحتوي على أكثر من 1000 مادة مختلفة في الفئتين «الخطرة» و «غير الخطرة».

وبشكل عام، فإن أشهر المواد التي تتكون منها المخلفات الإلكترونية هي: الفلزات الحديدية وغير الحديدية (48%)، والبلاستيك (21%)، والزجاج (5%)، الألمونيوم (5%)، النحاس (7%) والخشب، والمطاط ومواد أخري (14%)؛ ويدفع الانخفاض الواضح في معدلات إعادة التدوير للمخلفات الإلكترونية والآثار السلبية الناتجة عنها، كل دول العالم، إلي ضرورة البدء فورًا في تأسيس وتطبيق نظم إدارة مستدامة تمكن تلك الدول من التدوير السليم لها والتخلص الآمن من بقاياها، وفي ذات الوقت استعادة الموارد الثمينة والصالحة منها وإعادة استخدامها في الإنتاج مرة أخرى (راجع: Blade et. al., (2022; Forti et. al., 2020; Islam et.al., 2020).

فإذا كانت أهداف إعادة التدوير تركز على استعادة المواد القيمة والثمينة المدمجة في المعدات والأجهزة الكهربائية والإلكترونية المهملة، فإن ذلك من شأنه أن يؤدي بسهولة إلى وجود آليات سوقية تُسهل من إجراء تحسينات على نظم إدارة المخلفات الإلكترونية في جميع دول العالم. ويمكن تحقيق ذلك باعتماد نظام الاقتصاد الدوار الذي يهدف إلى الحفاظ على القيمة في المنتجات لأطول فترة ممكنة وتقليل حجم المخلفات الناتجة عنها، وفي هذا الصدد ينبغي أن تقوم الدول بوضع التشريعات والقوانين التي تساعد على إنشاء نظم إدارة مستدامة للمخلفات الإلكترونية وتمكن من تطبيق متطلبات الاقتصاد الدوار/الدائري، الذي يجب أن يتعامل مع المخلفات الإلكترونية كموارد يمكن استخدامها في إعادة التصنيع قبل إعادة

تدويرها، وهذا بدوره يستلزم وجود نظم إدارة فعالة للمخلفات الإلكترونية تمكن من تقليل استخدامها، والتشجيع على إعادة استخدام الصالح منها، وإعادة التدوير لغير الصالح منها، وذلك بدلًا من التخلص منها بطرق غير آمنه تضر بالإنسان والبيئة.

ومن الجدير بالذكر هنا، أنه في الكثير من الأحيان قد نجد أن تكلفة إصلاح الأجهزة الإلكترونية أعلى من تكلفة شرائها جديدة، وأن المواد المستخدمة في صناعة تلك الأجهزة قد تجعل عمليات إعادة التدوير لها أمرًا صعبًا، حيث يدخل في صناعة تلك الأجهزة مركبات خطرة مثل مصابيح الزئبق في شاشاتPVC، LCD، ومثبطات اللهب، وغيرها من المواد الخطرة المضافة للمكونات البلاستيكية بتلك الأجهزة. ولهذا فإن النظم الاقتصادية الدوارة/الدائرية يجب أن تعمل على تعظيم القيمة الاقتصادية للمخلفات الإلكترونية، مع الحد من الضغوط البيئية المرتبطة باستعادة الموارد والانبعاثات منها، وبالتالي تقليل الحاجة إلى المواد الخام والطاقة المستخدمة في إنتاج المعدات والأجهزة الجديدة، وتحقيق زيادة النمو الاقتصادي، وخلق الوظائف "الخضراء" الجديدة، وفرص الأعمال الواعدة (راجع: Ottoni et.al., 2020; Islam et. al., 2021).

وهناك العديد من العوامل التي ساعدت على زيادة كميات المخلفات الإلكترونية المتولدة سنويًا، نذكر منها ما يلي (راجع:Ismail and Hanafiah, 2020; USEPA, 2018; Balde et.al., 2017): ارتفاع معدل التقنية والتقدم الذي يطرأ على هندسة البرامج كل 12-18 شهر تقريبًا؛ الزيادة السكانية وظهور أنماط وسلوكيات استهلاكية ومعيشية جديدة، والسير نحو التحضر بخطي متسارعة؛ ارتفاع معدلات الدخل في بعض الدول ساهم في تنمية السلوك الاستهلاكي غير المستدام لدى مواطنيها؛ عدم متانة المواد المستخدمة في صناعة الأجهزة الإلكترونية وانخفاض أسعارها جعلت المستهلكين أمام واقع مفاده أن استبدال هذه الأجهزة بات أفضل اقتصاديًا من إصلاحها.

1- طبيعة المشكلة:

وبناء على ما تقدم، يمكن القول بأن المخلفات الإلكترونية أصبحت تمثل ضريبة العصر التي يتم دفعها من قبل كل المستويات، وذلك نتيجة التسارع والتطور العلمي والتكنولوجي التي أصبحت تعيشه البشرية، خاصة في مجال تكنولوجيا الاتصالات والمعلومات؛ لذا يعد التطور التكنولوجي أحد أهم الأسباب التي ساعدت على تنامي وزيادة كميات المخلفات من الأجهزة والمعدات الكهربائية والإلكترونية، حيث إن التكنولوجيا المستخدمة في الصناعات الكهربائية والإلكترونية أصبح لها آثار سلبية على الأنماط الاستهلاكية للمجتمعات، مما جعلهم ينقادون بشكل تلقائي- ودون وعي- إلى اقتناء كل ما هو جديد والتخلي عن كل ما هو قديم، كما أن مفهوم القديم والجديد في الأجهزة الإلكترونية لدى المستهلكين قد