

المخلفات الالكترونية للهواتف المحمولة في سياق التوجه نحو الاقتصاد الدائري في مصر

Mobile phone electronic waste in the context of the trend towards a circular economy in Egypt

د.ريهام عبد الغني متولي

مدرس مساعد-كلية السياسة والاقتصاد-جامعة السويس

الملخص:

مع ازدياد وتيرة استنزاف الموارد في الخمسين عاما الأخيرة، أصبح مصطلح الاقتصاد الدائري (*Circular Economy*) أكثر شوعا وأكثر ارتباطا بالتنمية المستدامة وذلك بهدف الاستفادة من المخلفات. وقد تناول عدد قليل من الادبيات دور المخلفات بصفة عامة ومخلفات المعدات الكهربائية والالكترونية بصفة خاصة في تعزيز قدرة الاقتصاد الدائري. وتهدف الدراسة الي تقييم الوضع الفني والاقتصادي الحالي للمخلفات الالكترونية مع التركيز علي مخلفات الهواتف المحمولة في مصر، وذلك من خلال القيام بإجرائيين. يتلخص الاجراء الأول في مسح وتحليل دور الجهات الفاعلة الرئيسية التي تؤثر على إدارة المخلفات الالكترونية وذلك باستخدام تحليل تدفق المواد. بينما يتعمد الاجراء الثاني علي عمل ميداني مكثف لعدد من شركات إعادة تدوير المخلفات الالكترونية مع التركيز علي أكبر ثلاث شركات في ذلك القطاع وكذلك عدد من مسابك النحاس. وقد أظهرت الدراسة ان القيم الاجمالية لمواد المخلفات الالكترونية للهواتف المحمولة تصل الي حوالي ١٢.٥ مليون دولار وذلك إذا تم استخراج كافة العناصر المعدنية لمركبات لوحات الدوائر المطبوعة (PCB) وتقدر قيمة العناصر المفقودة من مركبات (PCB) والقيمة الضائعة نتيجة عدم استخراج باقي معادن(PCB) نحو ١,٦مليون دولار.

الكلمات الدالة: الاقتصاد الدائري، المخلفات الالكترونية ، إعادة التدوير

Abstract:

With the increase in the rate of depletion of resources in the last 50 years, the term Circular Economy has become more common and more closely related to sustainable development to benefit from waste. A small number of literatures has dealt with the role of waste in general and waste of electrical and electronic equipment in particular in enhancing the capacity of the circular economy. The study aims to evaluate the current technical and economic situation of electronic waste, with a focus on mobile phone waste in Egypt, through two procedures. The first procedure is to survey and analyze the role of the main actors affecting the management of electronic waste, using material flow decomposition. While the second measure is based on intensive field work for a few electronic waste recycling companies, with a focus on the three largest companies in that sector, as well as a number of copper foundries. The study showed that the total values of electronic waste materials for mobile phones reach about \$ 12.5 million if all the metal elements of PCB compounds are extracted and the lost elements value from PCB compounds are estimated and the lost value as a result of not extracting the remaining PCB minerals. About \$ 1.6 million.

Key words: circular economy, electronic waste, recyclin

المقدمة

بدأ الاهتمام بالاقتصاد الدائري في أواخر الستينات بهدف توفير بديل أفضل للنماذج الاقتصادية الخطية المهيمنة على الصناعة، والتي أدت الي استنزاف الموارد الطبيعية وتدهور البيئية، كما يهدف الي تشجيع الاعتماد على ما يسمى ب "أنماط انتاج اغلاق الحلقة^(١) (closed-loop material flows) داخل النظام

الاقتصادي، مما يحقق توازن أفضل بين الإنتاج الصناعي ونظافة البيئة. ويرتكز مفهوم الاقتصاد الدائري على عدة مفاهيم مثل إعادة التدوير، مراعاة الأبعاد البيئية للعمليات الصناعية، التركيز على مبادئ التكامل الصناعي، والاهتمام بالتصميم المتجدد. إلا أن المفهوم الأكثر أهمية واللافت للنظر هو تحول أنماط الاستهلاك وبذلك من خلال ظهور نوع جديد ومختلف من المستهلكين يهتمون بنموذج مبتكر من أنواع الملكية والذي يركز على ملكية الخدمات بدلاً من السلع والمنتجات.

تتفق جميع النظريات المفسرة للاقتصاد الدائري على ترشيد تدفق المواد والطاقة وتقليل تدهور البيئة داخل تدفقات المواد المغلقة في النظام الاقتصادي إلى أدنى حد ممكن، دون الحد من النمو الاقتصادي والاجتماعي والتقني. ويتميز نموذج الاقتصاد الدائري بفكر شمولي ومنهجي فيما يتعلق بتدفق المواد والطاقة؛ حيث يسعى إلى زيادة القيمة الاقتصادية المضافة مع الحد من الآثار السلبية من خلال إغلاق حلقات المواد، وضمان المشاركة المجتمعية. وسينعكس ذلك على تحقيق التآزر بين نموذج الاقتصاد الدائري ومفاهيم التعايش الصناعي، الإنتاج الأنظف، التصميم البيئي، والاستهلاك والإنتاج المستدامين.

وفي عدد من الأبحاث التي قامت بدراسة تطبيق نماذج الاقتصاد الدائري على قطاع المخلفات الإلكترونية وعلاقتها بنمو معدلات النمو، فقد أوضح (Balde & Ghosh) من خلال تقييم عمليات تداول المخلفات الإلكترونية. أن زيادة الناتج المحلي الإجمالي في دولة ما يؤدي إلى زيادة مماثلة في معدلات المخلفات الإلكترونية. وفي دراسة هامة، قام (Balde) بدراسة العلاقة بين كل من المخلفات الإلكترونية والناتج المحلي الإجمالي للدولة، وعدد السكان في عدد ٥٠ دولة عن طريق استخدام نماذج الاقتصاد الدائري. وتوصل البحث ليس فقط لتحديد جدوى الاعتماد على نماذج الاقتصاد الدائري في قطاع المخلفات الإلكترونية، ولكن أيضاً إلى أن الاعتماد على تلك النماذج في توليد وإصلاح وإدارة وإعادة تدوير الأجهزة الإلكترونية يؤدي إلى زيادة للناتج المحلي الإجمالي.

ركزت الكثير من الأدبيات على دراسة إمكانية وجود علاقة رياضية بين الأحجام المتولدة من النفايات الإلكترونية والسلوك البشري في البلدان المتقدمة والنامية على سبيل المثال دراسة (Kumar) التي هدفت بتقييم العلاقة بين أحجام النفايات الإلكترونية المتولدة، والناتج المحلي الإجمالي الوطني (GDP) والسكان. كما قام

(Kusch and Hills) بتطوير تلك العلاقة من خلال التركيز علي معايير القوة الشرائية - (PPS) بدلاً من الناتج المحلي الإجمالي وذلك لتوحيد تأثير القوى الشرائية المختلفة في الدول المختلفة، كما توضح تأثير مستوي معيشة الشخص داخل بلد ما علي توليد تلك المخلفات. وقد هدفت دراسة (Abhishek Kumar Awasthi) الي الوصول للعلاقة الرياضية بين النمو الاقتصادي والسكان وكمية المخلفات الإلكترونية ، فيما يتعلق بـ ٢٨ دولة أوروبية بدراسة ست متغيرات منها إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية، حجم السكان، حجم الناتج المحلي الإجمالي، مستوي معيشة الفرد. وقامت دراسة (Daniela Cordova-Pizarro) بتوصيف العمليات والتي تتطوي على توليد ومعالجة المخلفات الإلكترونية في المكسيك من خلال دراسة العلاقة بين توليد المخلفات الإلكترونية والناتج المحلي الإجمالي وعدد السكان. كشف (Schneider and Enste) في دراستهما ، "النفائات الإلكترونية وتقنيات إعادة التدوير " ان عمليات إعادة التدوير لتلك المخلفات في القطاع الغير رسمي تمثل نسب كبيرة من الناتج المحلي الإجمالي للبلدان النامية والتي لا تدرج ضمن حسابات الناتج المحلي الإجمالي مما تمثل قيمة اقتصادية ضائعة كانت قد تحدث نقلة نوعية في معدلات النمو لهذه البلدان.

وبالنظر الي الوضع في مصر، وعلى الرغم من محدودية البحوث الداعمة لنموذج الاقتصاد الدائري، نجد انه هناك اهتمام من قبل الدولة بالمخلفات الالكترونية ك مجال لتطبيق الاقتصاد الدائري لدراسة سبل تفعيل مشروع صناعات إعادة التدوير في مصر. فقد قامت وزارة البيئة ووزارة الاتصالات بحصر قطاع المخلفات الالكترونية في مصر، وتعزيز كميتها التي تقدر بـ ٨٨ ألف طن، وفي عام ٢٠١٤، قامت وزارة الاتصالات المصرية بمشروع IWEX بغرض دراسة الفرص والتحديات امام إعادة التدوير المخلفات الالكترونية في مصر. وفي عام ٢٠١٦ قامت وزارة الاتصالات بتوقيع مذكرة تفاهم مع دولة سويسرا، بهدف الدعم التكاملي والمشاركة المستدامة للشركات الصغيرة والمتوسطة في إعادة تدوير المخلفات الالكترونية في مصر

وقد جاءت تلك الجهود نتيجة لدراسة وضع المخلفات في مصر. قد بلغت قيمة الإنتاج التام لنشاط جمع ومعالجة وتدوير المخلفات والنفائات بسعر البيع عام ٢٠١٦/٢٠١٥ نحو ٣٢٩٧ الف جنية (تمثل هذه القيمة نحو ٠,٠٠٠٠٠٠٩٣٪ من الناتج المحلي الإجمالي بتكلفة عوامل الإنتاج بالأسعار الجارية لعام ٢٠١٦/٢٠١٥) وهي نسبة ضئيلة جدا بالنسبة لحجم المخلفات في مصر. كما بلغ حجم المخلفات الالكترونية في مصر ٨٨

الف طن في عام ٢٠١٩ وتتراوح نسبة إعادة التدوير للمخلفات الإلكترونية من ٥-٢ % من حجم المخلفات الإلكترونية، %، وهناك الكثير من القيمة الاقتصادية الضائعة للمخلفات الإلكترونية نتيجة لعدم تدويرها ، على وجه الخصوص القيمة الاقتصادية الناتجة عن استخراج مواد مثل الذهب والفضة والنحاس والبلاتين والبلاديوم، ويقدر حجم الذهب الناتج عن تدوير طن من الهواتف المحمولة ١٠٠ مرة أكثر من طن من الذهب الخام.

أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في إلقاء الضوء على أهمية استخدام نموذج الاقتصاد الدائري الذي يهدف إلي استخدام موارد أقل في عمليات التصنيع وتغيير الممارسات السائدة في التخلص من المخلفات بصفة عام والمخلفات الإلكترونية بصفة خاصة. وتحويل المخلفات الإلكترونية من عبء مالي الي مورد اقتصادي، حيث تحتوي المخلفات الإلكترونية على أكثر من ١٠٠٠ نوع من العناصر الكيميائية بما فيها المعادن الثقيلة ومواد بلاستيكية بكميات متفاوتة ومختلطة او ممتزجة بالمكونات المختلفة للأجهزة منها مواد ذات خطورة عند التخلص منها بشكل عشوائي حيث تتسرب هذه المواد الي الموارد الطبيعية من ماء وهواء وتربة وتصل عبر السلسلة الغذائية او عن طريق الاستنشاق الي لإنسان كما تحتوي على مواد اخرى ذات قيمة إذا أمكن تدويرها بالإضافة الي الذهب او الفضة او البلاتين، وهذه عناصر ثمنية تمثل مصدرا لعائد اقتصادي اذا امكن استرجعها).

اهداف الدراسة

يهدف هذا البحث الي دراسة إمكانية تغيير الممارسات السائدة في التخلص من المخلفات الإلكترونية وذلك باستخدام نماذج الاقتصاد الدائري لتحويل تلك المخلفات الي مورد اقتصادي، حيث انها تحتوي على أكثر من ألف نوع من العناصر الكيميائية مثل المعادن الثقيلة ومواد بلاستيكية، بالإضافة الي الذهب او الفضة او البلاتين.

وبالنظر الي قيم تلك المخلفات، نجد انه يمكن تحويلها من عبء مالي الي مورد اقتصادي عن طريق استخدامها كمداخلات لأنشطة اقتصادية اخرى مما يحقق عائد اقتصاد ومنفعة بيئية، إذا أمكن التعامل معها بنظم آمنة سليمة، خاصة مع خطورة التخلص منها دون مراعاة إجراءات السلامة.

ويقوم البحث بداية بعرض شامل لمفهوم ومخاطر وكميات المخلفات الالكترونية في مصر وعلاقتها بأهداف التنمية المستدامة. ثم يقوم بإجراء الدراسة الميدانية على قطاع المخلفات الالكترونية في مصر وربط تلك النتائج بنماذج الاقتصاد الدائري

إشكالية الدراسة

المخلفات الصلبة بشكل عام هي نتاج لأنشطة رئيسة صناعية وصحية وغيرها ولا تعني القمامة او المخلفات البلدية فقط ويمكن ان تحتوي علي مواد تكسبها صفة الخطورة كما تحتوي هذه المخلفات علي العديد من المكونات التي تجعلها موارد او مدخلات لأنشطة اخري يمكن ان تحقق عائد اقتصادي اذا امكن التعامل معها بنظم سليمة متكاملة حلا دورة الحياه الكاملة لها بمراحلها المختلفة بدءا من مرحلة توليد المخلفات وتجميعها حتى التخلص النهائي منها او من متبقيات عمليات المعالجة، وقد بلغت قيمة الإنتاج التام لنشاط جمع ومعالجة وتدوير المخلفات والنفايات بسعر البيع عام ٢٠١٦/٢٠١٥ نحو ٣٢٩٧ الف جنية (تمثل هذه القيمة نحو ٠,٠٠٠٠٠٠٩٣٪ من الناتج المحلي الإجمالي بتكلفة عوامل الإنتاج بالأسعار الجارية لعام ٢٠١٦/٢٠١٥) وهي نسبة ضئيلة جدا بالنسبة لحجم المخلفات في مصر، وبلغ حجم المخلفات الالكترونية في مصر ٨٨ الف طن في عام ٢٠١٩ وتتراوح نسبة إعادة التدوير للمخلفات الالكترونية من ١٥:٢٠ ٪ من حجم المخلفات الالكترونية ، وقد يحقق الاستناد الي منهج الإدارة المتكاملة للمخلفات الصلبة بصفة عامة والمخلفات الالكترونية بصفة خاصة إضافة للاقتصاد القومي وفي ضوء ذلك ، يمكن بلورة مشكلة الدراسة في الإجابة علي التساؤل الرئيسي التالي : هل يمكن الاستفادة من المخلفات الالكترونية في سياق التوجه نحو النمو الاقتصادي في مصر ؟ ويتفرع من هذا التساؤل مجموعة من الأسئلة الفرعية:

١ . كيف تناولت الادبيات الاقتصادية العلاقة بين المخلفات الالكترونية والاقتصاد الدائري في

الادبيات الاقتصادية؟

٢ . ما هو واقع كل من المخلفات الالكترونية والاقتصاد الدائري في مصر؟

٣ . ما هو دور المخلفات الالكترونية في التوجه نحو الاقتصاد الدائري في مصر؟

منهجية البحث ومصادر البيانات:

اعتمد البحث على المنهج الاستقرائي من خلال توصيف المخلفات الالكترونية في مصر وإعادة تدويرها وإمكانية تنفيذ الاقتصاد الدائري في الاقتصاد المصري، كما تم الاعتماد على استخدام بيانات مقطعية لعينة لمصانع إعادة التدوير المخلفات الالكترونية في مصر وبعض من مسابك النحاس خلال عام ٢٠٢٠ بأسلوب الاستبيان المباشر، عمل مقابلات شخصية مع أعضاء مجالس الإدارة لهذه الشركات، وكذلك المهندسين والحرفيين. وكما اعتمد البحث أيضا على البيانات المتوفرة عن المخلفات الالكترونية في جهاز إدارة المخلفات وجهاز الإنتاج الانظف التابع لوزارة البيئة، تم اخذ عينة عشوائية بلغ قوامها ١٠٠ هاتف محمول وبعض الأجهزة الأخرى من الثلاث شركات وذلك لتعرف على مكونات هذه الأجهزة والوقت المستغرق لفك للوصول الي القيمة الاقتصادية لتلك الأجهزة وبلغ متوسط المخلفات الالكترونية المعاد تدويرها حوالي ٥٠٠ طن سنويا.

أ- الإطار النظري للمخلفات الالكترونية:

أولاً: مفهوم المخلفات الإلكترونية^(١)

يقصد بالمخلفات الإلكترونية كل المعدات الإلكترونية والكهربائية التالفة أو التي تعاني من خللاً أو كسر ولم تعد متوافقة مع التقنيات الحديثة. أو بمعنى آخر هي كل ما يتخلف عن إنتاج واستخدام الأجهزة الكهربائية والإلكترونية واجزائها ومستلزماتها وتشمل:

(١) مخلفات عمليات التصنيع والانتاج: وتحتوي على مواد بلاستيكية وزجاجية ومعدنية ومطاط وخلافه بالإضافة الى الزيوت والشحوم والاحبار اللي تحتوي على المعادن الثقيلة مثل (الرصااص والكاديوم، والكروم -النيكل، والزنك) وعناصر ثمنيه مثل (الذهب والفضة) وبالتالي، تمثل المخلفات عمليات التصنيع والانتاج نوعان هاما المخلفات لاحتوائها على مواد خطره.

(٢) مخلفات الاستخدام وتشمل ما يلي:

- أ- مستلزمات استخدام الأجهزة الكهربائية والإلكترونية مثل البطاريات وكروت الشحن والشرائط
الممغنطة واحبار الطباعة والزيوت المستخدم
- ب-الأجهزة المنتهي الصلاحية الغير صالحه للاستخدام
- ت- الأجهزة او بعد اجزائها التي تعرضت للتلف او لكسور او اعطال ويستحيل بعدها استخدامها

٣) تقادم الأجهزة أو بعض أجزائها: جميع الأجهزة الكهربائية والإلكترونية وملحقاتها ومستلزماتها وتشغيلها تصبح مخلفات نتيجة لعدم ومناسبتها ومواكبتها التطور التكنولوجي واحتياجات العصر ظهور أنواع أكثر حداثة وتطورا وبالتالي تضم المخلفات الإلكترونية مجموعة واسعة من المنتجات مثل: تلفزيونات وشاشات الحاسبات، الحاسوب، وغيرها.

ثانياً: كمية ومكونات المخلفات الإلكترونية:

كشفت تقرير للأمم المتحدة، أنه تم إنتاج ٥٢.٧ مليون طن من المخلفات الإلكترونية تتكون من الهواتف وأجهزة التلفزيون والطابعات وفرش الأسنان الكهربائية وغيرها من الأدوات في جميع أنحاء العالم في عام ٢٠١٩، والتي تم إعادة تدوير أقل من خمسها، ويعادل وزن المخلفات ما يصل إلى ٣٥٠ سفينة سياحية بحجم Queen Mary 2، وهو ما يكفي لتشكيل خط يزيد طوله عن ٧٥ ميلاً. وفقاً لما ذكرته صحيفة "ديلي ميل" البريطانية، بلغت كمية القمامة المجتمعة من المخلفات الإلكترونية لعام ٢٠١٩، التي ارتفعت ٩ ملايين طن منذ عام ٢٠١٤، حوالي ٧.٣ كجم (١٦ رطلاً) لكل رجل وامرأة وطفل على وجه الأرض. كان متوسط المملكة المتحدة ثاني أكبر كومة من المخلفات الإلكترونية في العالم، حيث بلغ ٥٢.٦ رطل (٢٣.٩ كجم)، خلف النرويج، التي بلغ متوسطها ٥٧.٣ رطل (٢٦ كجم).

وقد ارتفعت المخلفات الإلكترونية العالمية بنسبة ٢١٪ في خمس سنوات فقط، من ٤٣.٦ مليون طن في عام ٢٠١٤ إلى ٥٢.٧ مليون طن في العام الماضي. وتحذر الأمم المتحدة من أن الرقم سيصل إلى ٧٢.٨ مليون طن بحلول عام ٢٠٣٠، وهو ما يقرب من الضعف في غضون ١٦ عاماً فقط. كما أن المخلفات الإلكترونية هي أسرع من المخلفات المنزلية نمواً في العالم، مدفوعة بمعدلات استهلاك أعلى ودورات حياة قصيرة وخيارات قليلة للإصلاح. يكشف تقرير مراقبة المخلفات الإلكترونية لعام ٢٠٢٠ الصادر عن الأمم المتحدة، أن ١٧.٤ ٪ فقط من إجمالي المخلفات الإلكترونية البالغة ٥٢.٧ مليون طن لعام ٢٠١٩ تم توثيقها رسمياً على أنها تم جمعها وإعادة تدويرها بشكل صحيح^(٣).

وفي الاقتصاد المصري، لا يوجد تحديد أو تقدير دقيق لإجمالي كمية أو حجم المخلفات الإلكترونية، وفقاً للدراسات التي أجرتها وزارتي الاتصالات والبيئة تشير الى انها تتراوح من ٨٨ الف طن سنوياً، تتمثل شاشات

الكمبيوتر (CRT) ضمن قائمه المخلفات الاكثر رواجاً بالسوق المصرية ويقدر عددها بملايين الوحدات، وتشير بعض المصادر الى ان كانت هذه المخلفات تمثل نسبه صغيره لا تتجاوز ٥٪ من اجمالي المخلفات المتولده في اي دوله تراوح ما بين (١٪، ٥٪) ولكن تزداد بنسبه من ٣٪ الي ٥٪ سنويا. وذلك بسبب التطور التكنولوجي المتسارع بالإضافة الي انخفاض اسعار بعض المنتجات مما يجعلها في متناول ذوي الدخل المنخفضة.

وباستخدام والتقدير المنخفض وهو افتراض ان نسبة هذه المخلفات ١٪ من اجمالي المخلفات في مصر يمكن تقدير كمية المخلفات الإلكترونية في مصر بنحو ٧٩٠ ألف طن عام ٢٠١٤ ووفقاً لتقرير صادر عن برنامج الامم المتحدة للبيئة (يونيب)، كما بلغ حجم المخلفات الالكترونية في مصر للفرد الواحد ٥.٥ (kg انسمة) وحجم المخلفات الالكترونية المتولدة ٤٩٧ (كيلو طن) في عام ٢٠١٦^(٤) من المنتظر ان ترتفع بحدة المخلفات الإلكترونية من المنتجات منها على سبيل المثال اجهزة الكمبيوتر القديمة والطابعات والهواتف المحمولة واجهزة الاستدعاء اللاسلكية، والصور الرقمية وأجهزة الموسيقى والثلاجات ولعب الاطفال والتلفزيونات والتليفونات.

ثالثاً: القيمة الاقتصادية للمخلفات الإلكترونية:

تشمل المخلفات الإلكترونية مجموعة واسعة من المنتجات الكهربائية والإلكترونية التي تؤثر علي الناتج المحلي الإجمالي. وقد بلغ قيمة الانتاج التام بسعر البيع عام ٢٠١٢-٢٠١٣ لصناعة الحاسبات والمنتجات الإلكترونية والبصرية مكوناتها وصناعة الأجهزة الطبية وصناعة الأجهزة الكهربائية نحو ١٩ مليار جنيه بقيمه مضافه نحو ٧.٦٥ مليار جنيه. وتتضمن القيمة الاقتصادية للمخلفات الإلكترونية عدة عناصر من اهمها المعادن النفسيه مثل الذهب والفضة والنحاس. إذ ينتج طن البورد كيلو و ٧٠٠ جرام ذهب. يتم إنشاء الدخل من إعادة التدوير بشكل أساسي من الأجزاء المعدنية، مثل الحديد والنحاس والألومنيوم والكابلات ولوحات الدوائر المطبوعة (PCB) التي تحتوي على معادن نبيلة مثل الذهب والبلاديوم. تعد لوحات الدوائر المطبوعة، أو PCBs ، من بين أكثر المكونات قيمة للنفايات الإلكترونية، لأنها تحتوي على معادن نبيلة:

ذهب ، نحاس ، فضة ، السيلينيوم ، التيلوريوم ، الرصاص ، البلاديوم ، إلخ، وتتطلب تكنولوجيا عالية لاستعادة هذه المعادن .

تعتمد قيمة لوحات الدوائر المطبوعة على احتواها الكثير من المعادن النبيلة، بحيث يجب فرزها وفقاً لمحتواها من المعادن الثمينة وتصنيفها من الدرجة المنخفضة إلى الدرجة العالية جداً. وفقاً لدليل رواد الأعمال لإعادة تدوير الكمبيوتر فإن مقدار الذهب للطن من مخلفات مركبات لوحات الدوائر المطبوعة هو: أقل من ١٠٠ جم / طن للوحات "منخفضة الدرجة" مثل لوحات تزويد الطاقة واللوحات الإلكترونية الموجودة في الشاشات، ما بين ٤٠٠ و ٥٠٠ جرام / طن للوحات «عالية الجودة» مثل أجهزة الكمبيوتر المحمولة والحوال الهواتف، وأكثر من ٥٠٠ جم / طن لـ "درجة عالية جداً" الموجودة في لوحات الخادم المركزية الكبيرة أو مراكز الهاتف.

اعتماداً على الوقت المطلوب وتكلفة القوى العاملة، قد يكون من المربح استخلاص المعادن من لوحات الدوائر المطبوعة عن طريق إزالة الأجزاء الثقيلة التي لا تحتوي على معادن ثمينة، مثل وحدات التبريد من الألومنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ. وتقدر أسعار لوحات الدوائر المطبوعة حسب جودة كل دائرة، السعر المقدر للوحات الدوائر المطبوعة منخفض الدرجة: ٥٠٠ دولار / طن، والسعر المقدر للوحات الدوائر المطبوعة من الدرجة المتوسطة الي العالية ٤٠٠٠ دولار الي ٨٠٠٠ دولار للطن، السعر المقدر للوحات الدوائر المطبوعة عالي الجودة ١٠٠٠٠ دولار للطن.

ولعل المرء يعتقد ان سعر بيع المعدات الكهربائية والالكترونية الجديدة يعكس القيمة المتأصلة للمواد التي صنعت منها هذه المعدات. ولكن هذا ليس صحيح تماماً. فقد كان مثلاً متوسط سعر بيع الهاتف الذكي الجديد على مستوى العالم حوالي ٢٠٠ يورو، وكان سعر البيع الهاتف الذكي المستعمل في نفس العام ١١٨ يورو) واستنادا الي تقديرات جامعة الأمم المتحدة للمعادن الثمينة واللدائن الموجودة في هاتف متنقل متوسط وزنه ٩٠ جرام تبلغ ٢ يورو لكل هاتف.

وهكذا، فإن قيمة المواد الخام تمثل مبلغاً ضئيلاً نسبياً مقارنة بسعر الهاتف المستعمل أو الجديد. وتولد حوالي ٤٣٥ كيلو طن من الهواتف المتنقلة المهملة بلغت ٩.٤ مليار يورو. لو كان لكل الهواتف عمر

أطول، كان يمكنها ان تدخل سوق السلع المستعملة، ولكانت أعلى قيمة من ذلك . إذا تقدر القيمة الاجمالية لجميع المواد الخام الموجودة في المخلفات الالكترونية بنحو ٥٥ مليار يورو في عام ٢٠١٦ وهو ما يزيد عن الناتج المحلي الإجمالي لعام ٢٠١٦ لدى اغلبية البلدان في العالم . يقدر بعض الخبراء قيمة الموارد الثمينة الى تحويلها للمخلفات الإلكترونية التي تلقى في مكبات المخلفات في الولايات المتحدة الامريكية وحدها في بأكثر من ٦٠ مليون دولار

وهناك إحصائية أوروبية اشارت الى ان الطن من الموبايلات ينتج عنه ارباح بقيمة سبع الاف يورو كما شرحت المصدر الى انه تشير احدى الدراسات انه يمكن استخراجها من إعادة تدوير مليون هاتف ٣٨٠ كيلو جرام الفضة ٣٧ كيلو ذهب و١٦ كيلو جرام بلاتين. وفي مصر للمخلفات الإلكترونية قيمة اقتصادية عالية بحسب البيانات المتاحة عن مصر قدر عدد مشتركى الهاتف المحمول عام ٢٠١٩ بنحو ٩٦.٤٣ مليون مشترك باعتبار ان هذا الرقم يمكن ان يشير الى ان عدد الهواتف المحمولة في مصر لا يقل عن ٩٦ مليون هاتف بعد و بعد سنوات قليلة تحول هذه الأجهزة الى خردة (مخلفات) تضيفت الى الكمية الموجودة بالفعل.

جدول رقم (١)

قيمة المواد الخام في المخلفات الالكترونية في عام ٢٠١٦

المادة	كيلو طن	مليون يورو
Fe	١٦,٢٨٣	٣,٥٨٢
Cu	٢,١٦٤	٩,٥٢٤
Al	٢,٤٧٢	٣,٥٨٥
Ag	١,٦	٨٨٤
Au	٠,٥	١٨,٨٤٠
Pd	٠,٢	٣,٣٦٩
اللدائن	١٢,٢٣٠	١٥,٠٤٣

المصدر: IENE(2017)

رابعاً: مخاطر واضرار المخالفات الإلكترونية واساليب التعامل معها:

مخالفات الأجهزة الإلكترونية تحتوي على أكثر من ١٠٠٠ نوع من العناصر الكيميائية بما فيها المعادن الثقيلة ومواد بلاستيكية بكميات متفاوتة ومختلطة أو ممتزجة بالمكونات المختلفة للأجهزة منها مواد

ذات خطورة عند التخلص منها بشكل عشوائي حيث تتسرب هذه المواد الي الموارد الطبيعية من ماء وهواء وتربه وتصل عبر السلسلة الغذائية او عن طريق الاستنشاق الي لإنسان، كما تستخدم في صناعة المنتجات الالكترونية قطع وموصلات ولوحات دائرية تصبح مصدر خطر عندما تتلف هذه الأجهزة وعندما يحاول المعنيون التخلص منها بشكل عشوائي، مثلا تؤثر عناصر مثل الكاديوم والرصاص والزنبق تأثيرات كبيرة على الجهازين العصبي والتنفسي كما تؤثر أيضا علي جهاز المناعة وعلي الكلي وعلي النمو العقلي للأطفال وتساهم بعض العناصر في حدوث الامراض السرطانية خاصة في الرئة.

كما تحتوي على مواد اخرى ذات قيمه إذا أمكن تدورها واسترجاعها وتحتوي المخلفات الأجهزة الالكترونية على^(٥): الزنيخ ، الكاديوم ، الرصاص ، النيكل، والنحاس، البطاريات المحتوى على النيكل والكروم المعادن ثقيلة أخرى، بالإضافة الي الذهب او الفضة او البلاتين، وهذه عناصر ثمنيه تمثل مصدرا لعائد اقتصادي اذا امكن استرجعها.

ولا يوجد في مصر نظام متكامل مستدام للتعامل مع المخلفات الصلبة بشكل عام فانه عادة ما يتم التعامل مع هذه المخلفات بإحدى الأساليب التالية: بيع الموديلات القديمة، محاولات إعادة تدوير بعض المكونات مثل الأجزاء المعدنية، الاستفادة ببعض كقطع غيار لأجهزة مماثلة والتخلص من باقي الأجزاء في مقابل القمامة، الاحتفاظ بالأجهزة القديمة وتخزينها في الأماكن المتاحة، الحرق او الدفن في الأرض وفي كلتا الحالتين يؤثر بالضرر على البيئة حتى في حالة استخدام المدافن الصحية.

إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية تعني عملية تدوير المخلفات الالكترونية معالجة هذه المخالفات لإنتاج سلع الجديدة لما يحقق عوائد اقتصاديه كما يؤدي الي تقليل حجم المخلفات التي تلقى في المقابل المخلفات وبالتالي انخفاض تخفيض انبعاثات والتسربات الي باطن الارض وتتضمن عمليات إعادة التدوير:

١. استخراج المواد الخطرة مثل (الرصاص في البطاريات البلاستيك المعالج بمضاد اللهب والزنبق والكاديوم).

٢. تفكيك وتقسيم المواد الي اجزاء وحفظها ما هو قابل للإصلاح

٣. التقطيع والمعالجة الكيميائية والمعالجات الأخرى

وقد يتم تجميع القطع الغير صالحة لتصديرها لإحدى الدول التي لديها امكانيات التعامل مع هذه المخلفات. تعتبر الهند والصين وغانا أكبر الدول المستوردة لمخلفات الالكترونية. بحسب تقرير اممي في ان حوالي ٢٢٠ ألف طن من المخلفات الالكترونية تم تصديرها الى دول افريقيا الجنوبية عام ٢٠٠٩. رغم ان عمليات اعاده التدوير لها تكلفه الى انه يمكن تحقق فوائد كثيره منها:

١. الاسهام بالحفاظ على الطاقة حسين ان تكاليف الطاقة المستخدمة في عمليه اعاده تدوير المخلفات الإلكترونية بحثا عن المعادن تكون اقل بكثير من تكاليف الطاقة المستخدمة في عمليات التنقيب عن المعادن الخام، فمثلا:

• في اعاده تدوير الالومنيوم تحتاج الى اقل من ٩٥ % من الطاقة المستخدمة لتصنيع الالومنيوم من المادة الخام

• إعادة تدوير الحديد يوفر حوالي ٦٠ % من الطاقة المستخدمة للتنقيب عن الحديد الخام.

• اعاده تدوير البلاستيك يوفر حوالي ٧٠ % من الطاقة المستخدمة في حاله استخدام خامات اساسيه.

• إعادة تدوير الزجاج يوفر حوالي ٤٠ % من الطاقة المستخدمة في حاله استخدام خدمات اساسيه.

٢. الاسهام بالحفاظ على الموارد الثمينه والشحيحة ايضا كالماء والمعادن الثمينه مثل لذهب والفضة والنحاس وغيرها.

٣. الحد من المخاطر الصحية والبيئية المخلفات الإلكترونية نظرا لاحتوائها على مواد سامه غير متحللة مثل الزئبق والزرنيخ، عندما تلقي في مقابل المخلفات يمكن ان تسبب في تلوث بيئي.

٤. المساهمة في خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المسببة لظاهرة التغيرات المناخية المحتمل حدوثها.

كما يوجد نوعان من مرافق إعادة التدوير في جميع أنحاء العالم لإعادة تدوير المخلفات الإلكترونية:

- مرافق شبه أوتوماتيكية بالكامل تشتمل على آلات تمزيق ميكانيكية وفيزيائية-عمليات فصل المواد الميكانيكية. يتم تكييف هذه المرافق للمهمة كميات من المخلفات الإلكترونية (بحد أدنى ٥٠٠٠ طن في السنة وأكثر) وتولد استثمارات كبيرة
- مرافق التفكيك اليدوي كثيفة العمالة مع العمال المدربين، أي أكثر تكييف مع الكميات الصغيرة والمتوسطة (عادة من ٢٠٠ إلى ٢٠٠٠ طن في السنة). عند بدء نظام إعادة التدوير، كما هو متوقع في مصر، فإن أحجام المخلفات الإلكترونية التي تم جمعها ويجب ضمان توجيهها إلى المنشأة من أجل الاستخدام الكامل لقدرة الميكانيكي معالجة. علاوة على ذلك، فإن تكاليف الاستثمار لمثل هذه المرافق مرتفعة للغاية (تقديرية من 10:15 مليون دولار أمريكي).

خامسا: المخلفات الإلكترونية وعلاقتها بأهداف التنمية المستدامة (١)

في سبتمبر ٢٠١٥، اعتمدت الأمم المتحدة وجميع الدول الأعضاء خطة طموحة هي خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠. وقد حددت هذه الخطة الجديدة ١٧ هدفا من أهداف التنمية المستدامة و١٦٩ غاية لإنهاء الفقر وحماية الكوكب وضمان الرخاء للجميع على مدى السنوات الخمس عشرة المقبلة. ويشكل ارتفاع مستويات المخلفات الإلكترونية والمعالجة الغير السليمة والغير امنة والتخلص منها عن طريق الحرق أو في مكبات القمامة، تحديات كبيرة بالنسبة للبيئة وصحة الإنسان ولتحقيق أهداف التنمية المستدامة. ويرتبط فهم إدارة المخلفات الإلكترونية على نحو أفضل بالهدف ٣(الصحة الجيدة والرفاه) والهدف ٦(المياه النظيفة والنظافة الصحية) والهدف ١١(مدن ومجتمعات محلية مستدامة) والهدف ١٢ (الاستهلاك والإنتاج المسؤولان) والهدف ١٤ (الحياة تحت الماء) والهدف ٨ (العمل اللائق نمو الاقتصاد).

مدن ومجتمعات محلية مستدامة وترمي الغاية ١١.٦ الي الحد من الأثر البيئي السلبي للفرد في المدن، بإيلاء اهتمام خاص لنوعية الهواء وإدارة المخلفات على المستوى البلديات وغيرها. وبما ان أكثر من نصف سكان العالم يعيشون في المدن، فإن التوسع الحضري السريع يتطلب حولا جديدة للتصدي للمخاطر المتزايدة التي تهدد البيئية وصحة الانسان، ولا سيما في المناطق المكتظة بالسكان. وسوف يتولد معظم المخلفات الإلكترونية في المدن، ولذا من المهم بشكل خاص إدارة المخلفات الإلكترونية بشكل صحيح في المناطق

الحضرية، وتحسين أساليب التجميع ومعدلات إعادة التدوير، وتقليل كمية المخلفات الالكترونية التي تنتهي في مكبات القمامة. ويتيح التحرك نحو المدن الذكية واستخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لإدارة المخلفات فرصا جديدة ومثيرة.

الاستهلاك والإنتاج المسؤولين وكذلك ترمي الغاية ٢١.٤ الي تحقيق الإدارة السليمة للمواد وجمع المخلفات طول دورة حياتها، وفقا للأطر الدولية المتفق عليها، والي الحد بدرجة كبيرة من اطلاقها في الهواء والماء والتربة، من اجل التقليل الي ادني حد من اثارها الضارة على صحة الانسان والبيئة. وترمي الغاية ٢١.٥ الي الحد بشكل كبير من توليد النفايات، وذلك من خلال تدابير الوقاية والحد من استخدام الموارد والإصلاح وإعادة التدوير وإعادة الاستخدام. ويستهلك عدد متزايد من الناس على الكوكب الأرض وكميات متزايدة من السلع، ولذا من الأهمية بمكان جعل الإنتاج والاستهلاك أكثر استدامة من خلال رفع مستوي الوعي لدي المنتجين والمستهلكين ولاسيما في مجال المعدات الكهربائية والإلكترونية.

العمل اللائق والنمو الاقتصادي وترمي الغاية ٨.٣ الي تعزيز السياسات الموجهة نحو التنمية والتي تدعم الأنشطة الإنتاجية، وفرص العمل اللائق، وروح المبادرة والقدرة على الابداع والابتكار وتشجيع إضفاء الطابع الرسمي على المشاريع الصغيرة والمتوسطة ونموها.

ب- الدراسة الميدانية للمخلفات الالكترونية في مصر:

تعتمد الدراسة الميدانية على تحليل لأنشطة أكبر ثلاث شركات لإعادة تدوير المخلفات الالكترونية في مصر وهي Egyptian Recycling Electronic Waste و RecycloBekia و Bariq Factory وكذلك وعدد من مسابك النحاس. تقوم الدراسة علي: أ- عقد مقابلات مع عدد من رؤساء مجلس الإدارة للشركات وبعض من المهندسين والفنيين والعاملين في تلك لشركات. ب-دراسة التقارير الفنية لتلك الشركات حول نشاط إعادة التدوير والمكونات المستخلصة من لوحات الدوائر المطبوعة. ج-دراسة عدد من التقارير المالية لتحليل أسعار المواد المستخلصة من إعادة التدوير والمنفعة المالية المتحققة لتلك الشركات. د-تحليل اقتصادي وفني للمقابلات الشخصية والتقارير المالية والفنية الواردة من تلك الشركات. هـ-مقارنة نتائج تلك

الدراسة مع عدد من الأدبيات السابقة في نفس الموضوع. وسوف يتم عرض الخمس نقاط السابقة في النقاط التالية:

أ- التقدير المتعلق بالنتائج المحلي الإجمالي لتوليد المخلفات الإلكترونية في مصر. التأثير الاقتصادي لمواد المخلفات الإلكترونية في لوحات الدوائر المطبوعة في سياق الاقتصاد الدائري

أظهرت الدراسة الميدانية لمصانع إعادة التدوير في مصر أن فصل المكونات كان قائماً على كل من العمليات اليدوية والأنظمة الميكانيكية، لم يكن أي من هذه المصانع لديه معالجة نهائية تقنيات استعادة المواد. أظهرت المقابلات أنه يمكن إعادة استخدام 30% من المخلفات الإلكترونية ودخولها إلى سوق السلع المستعملة، بينما تمر نسبة 70% المتبقية من خلال الفصل اليدوي.

ومن خلال دراسة التقارير الفنية لتلك الشركات توصلت الدراسة ان جميع المصانع لديه الفصل اليدوي، ولكن 67% فقط منها لديها عمليات فصل ميكانيكي، والتي تضمنت الكسارات، والفواصل المغناطيسية، وضغطات المعادن. في جميع شركات إعادة التدوير، يتم فحص الأجزاء المفككة لقطعة من المعدات الكهربائية والإلكترونية (مثل البلاستيك والفولاذ والمعادن) لإعادة استخدامها لاحقاً أو التجارة المحلية أو البيع في الأسواق الدولية لاستعادة المعادن الثمينة. ولكن لم تستطع هذه المصانع استخلاص جميع مركبات لوحات الدوائر المطبوعة.

ونظراً لأن مصانع إعادة التدوير المصرية لم يكن لديها تقنيات المعالجة النهائية لاستعادة المعادن الثمينة، كانت لوحات الدوائر المطبوعة هي المكون الرئيسي الذي يمثل أكبر قيمة اقتصادية للمخلفات الإلكترونية، حيث تم بيعها إلى دول مثل الصين واليابان وبلجيكا. يقوم مصنع recycling Egyptian electronic waste بعمليات إعادة التدوير المتوسطة والكبيرة التي تتعامل مع أحجام المخلفات الإلكترونية التي تزيد عن ٥٠٠ طن سنوياً ويوضح الجدول التالي اوزان العناصر المستخرجة من تدوير المخلفات الإلكترونية حسب نوع كل جهاز .

جدول (٢)

اوزان العناصر المستخرجة من تدوير المخلفات الإلكترونية حسب نوع كل جهاز.

المخلفات الإلكترونية	Fe (wt%)	Cu (wt%)	Al (wt%)	Pb (wt%)	Ni (wt%)	Ag (ppm)	Au (ppm)	Pd (ppm)
خردة لوحة التلفزيون	28	10	10	1	0.3	280	20	10
خردة لوحة الكمبيوتر	7	20	5	1.5	1	1000	250	110
خردة الهاتف المحمول	5	13	1	0.3	0.1	1380	350	210
قصاصات الصوت المحمولة	23	21	1	0.14	0.03	150	10	4
مشغل أقراص DVD	62	5	2	0.3	0.05	115	15	4
خردة الآلة الحاسبة	4	3	5	0.1	0.5	260	50	5
خردة اللوحة الأم للكمبيوتر الشخصي	4.5	14.3	2.8	2.2	1.1	639	566	124
خردة لوحات الدوائر المطبوعة	12	10	7	1.2	0.85	280	110	-
الخردة التلفزيونية (تمت إزالة CRT)	-	3.4	1.2	0.2	0.038	20	<10	<10
الخردة الإلكترونية	8.3	8.5	0.71	3.15	2	29	12	-
خردة الكمبيوتر	20	7	14	6	0.85	189	16	3
الخردة الإلكترونية النموذجية	8	20	2	2	2	2000	1000	50
عينة الخردة الإلكترونية ١	37.4	18.2	19	1.6	-	6	12	-
عينة الخردة الإلكترونية ٢	27.3	16.4	11	1.4	-	210	150	20
لوحات الدوائر المطبوعة	5.3	26.8	1.9	-	0.47	3300	80	-
E-scape (26.2	18.6	-	-	-	1800	220	30
خليط النفايات الإلكترونية	36	4.1	4.9	0.29	1	-	-	-

المصدر : حسبت البيانات متوسط العناصر في الثلاث شركات

التحليل الاقتصادي والفني لنتائج الدراسة

أ- التقدير المتعلق بالنتائج المحلي الإجمالي لتوليد المخلفات الإلكترونية في مصر:

أظهر (Balde) أن توليد المخلفات الإلكترونية يرتبط ارتباطاً مباشراً بإجمالي الناتج المحلي وحجم

السكان في بلد ما^(٧) ، في حين أن (Yu) أظهر أن استهلاك نفايات الهواتف المحمولة يتراوح بين ١ و ١.١

من الهواتف المحمولة لكل شخص وأن إنتاج المخلفات الإلكترونية في بلد ما يزيد بنسبة مماثلة للزيادة في الناتج المحلي الإجمالي. بناءً على هذه النتائج^(٨)، وبالنظر إلى أن آخر مجموعة بيانات متاحة تعود إلى عام 2017 ونظراً أنه لا توجد بيانات دقيقة عن حجم تلك المخلفات في مصر، لذلك قد شرعنا في تقدير المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة في مصر باستخدام الناتج المحلي الإجمالي وعدد السكان. تم تقدير وزن توليد المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة بناءً على المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة المتولدة في الصين لعام ٢٠٠٨ (NCH-2008) كما ورد في تقرير Yu. (٧٧ مليون وحدة) ومتوسط وزن الهواتف المحمولة التي تم تحليلها في البحث الميداني (WCH: 150 جرام / وحدة). قدرنا أن ١١٥٥٠ طنًا من المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة تم إنتاجها في الصين لعام ٢٠٠٨ (CWCH-2008)، كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$A = \pi r^2$$

$$CW_{CH_2008} = W_{CH_NCH_2008}(\text{cellphone e_waste generation in China 2008, [ton/y]} \quad (1)$$

من المفترض أن يكون نمو المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة متناسبًا مع الناتج المحلي الإجمالي. لذلك، قدرنا أن المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة زادت من 550 ، CWCH-2008 ، طنًا في عام ٢٠٠٨ إلى 50794 CWCH-2019 طنًا في عام ٢٠١٩ ، كما هو موضح في المعادلة (١) من خلال اعتبار أن الناتج المحلي الإجمالي CH-2008 = 4598 مليار دولار أمريكي و إجمالي الناتج المحلي لعام ٢٠١٩ حوالي ١٤.٣٨ تريليون دولار

$$CW_{CH_2015} = CW_{CH-2008} \times \frac{GDP_{CH-2015}}{GDP_{CH-2008}} \quad (\text{cellphone e_waste generation in China 2015, [ton/y]} \quad (2)$$

باتباع نفس المنطق ، قمنا بعد ذلك بتقدير توليد المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة في مصر كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي بين الصين ومصر. البيانات المرجعية هي إجمالي الناتج المحلي ١١٠٦٥ مليار دولار أمريكي ، إجمالي الناتج المحلي لعام ٢٠٠٨ = ١١٧٣ مليار دولار أمريكي (مصر) ،

و٥٠٧٩٥ طنًا من المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة في الصين لعام ٢٠١٩ (CWCH-2015) ، كما هو موضح في المعادلة (٣)

$$CWEG_2020 = CWEG-2020 \times \frac{GDPEG-2020}{GDP_{CH-2015}} \quad (\text{cellphone e_waste generation in Egypt2019, [ton/y]} \quad (3)$$

وفقًا للدراسات التي أجرتها الباحثة فإن سوق إعادة التدوير في مصر تستحوذ على ١٥٪ فقط في المتوسط من المخلفات الإلكترونية. وقد قدرت حجم المخلفات في المتوسط لكل مصنع من مصانع إعادة التدوير في مصر ٥٠٠ طن سنويًا، وكانت نسبة إعادة تدوير مخلفات الهواتف المحمولة في مصر في عام ٢٠١٩ حسب استمارات الاستبيان للمصانع عينة البحث تقدر بنسبة ٨٠٪ من إجمالي حجم مخلفات الهواتف المحمولة في كل مصنع مخلفات الهواتف المحمولة تتراوح ما بين ١٠٪ الي ٢٠٪ سنويًا من إجمالي المخلفات الإلكترونية المتولدة في مصر.

جدول (٣)

التقدير المتعلق بالناتج المحلي الإجمالي لتوليد المخلفات الإلكترونية في مصر العلاقة بين الناتج المحلي الإجمالي وتوليد المخلفات الهواتف المحمولة في مصر والصين في عام ٢٠١٩

المؤشر / وحدة البيانات المحسوبة	وحدات	الصين	مصر
عدد السكان	مليون نسمة	١,٤	٩٨.١
الناتج المحلي الإجمالي	مليار دولار امريكي	١٤٣٨.٠٠٠	٢٣٠
اجمالي المخلفات الالكترونية المتولدة	طن/السنة	***٥٠٧٩٤	٨٣٤٠٠
إجمالي توليد المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة	طن /السنة	غير متاح	١٦٦٨٠
إعادة تدوير للمخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة رسميًا	طن /السنة	غير متاح	١٣٣٤٤
النسبة المئوية لمخلفات الهواتف المحمولة من إجمالي المخلفات الإلكترونية	%	غير متاح	تتراوح ما بين ١٠٪ الي ٢٠٪
مسح ميداني لمخلفات الهواتف المحمولة المعاد تدويرها رسميًا		غير متاح	١٢٠٠٠

المصدر: ***** بيانات تقديرية والباقي البيانات من اعداد الباحثة بالاستعانة ببيانات من البنك الدولي

استخدامات الدراسة عينة عشوائية تبلغ ١٠٠ هاتف محمول من ماركات مختلفة، تبين من تحليل تلك العينة ما يلي: أ- ان كفاءة عملية الفصل اليدوي تمثل نحو (٩٨-٩٩%) في جميع الماركات، وكانت ماركة NOKIA صاحبة أعلى نسبة لكفاءة الفصل اليدوي بلغت ٩٩%. بينما بلغت كفاءة جميع العلامات التجارية الأخرى نحو ٩٨%. ب- استغرقت مدة الفصل من 3 إلي 4دقيقة في المتوسط، مع علامة Nokia التجارية التي تتطلب أقصر وقت للفصل، وتتطلب علامة التجارية Samsung أكبر مدة لعملية الفصل تصل الي ٥ دقائق. ج- يختلف وزن بعض المكونات من هاتف الي آخر، وتعتبر أهم مكونات الهواتف المحمولة هو PCB أو اللوحة الأم. وفي جميع أنحاء العالم تحتوي PCB على أعلى قيمة اقتصادية حي انها تحتوي على عدد من المعادن الثمينة، أظهرت الدراسة أن لوحة الدوائر المطبوعة في المتوسط تمثل ٩ % من الوزن الإجمالي للهواتف المحمولة، و PCB لها الوزن الأكبر في Nokia (24جراماً) أقل وزن في Samsung (١١ جراماً) ، و Huawei (١٦ جراماً)، ولكن معظمها المكونات لها أوزان متشابهة في جميع العلامات التجارية الأخرى.

يوضح الجدول رقم (٤) متوسط النسبة المئوية لتركيزات المعادن والمواد التي تتكون منها (PCB) كما أظهرتها الأدبيات التي اعتمدت عليها الدراسة، التي تحتوي على ١٠ مواد ذات قيمة تجارية عالية. بلغ تركيزات المعادن الثمينة >٠.١٪، كما توجد تركيزات أعلى من المعادن مثل النحاس ٤٠.٣٤٪ والصلب (٣.٥٪). توجد أيضاً معادن وأتربة اخري تعتبر حيوية لتكامل جميع مكونات PCB هي موجود بتركيزات منخفضة، مثل الغاليوم (٠.٠٢٢٪) الذي يعمل كأشباه الموصلات يستخدم في دوائر الشبكة المتكاملة، كما تحتوي علي النيوديميوم وهي عناصر نادرة تعمل كمغناطيس^(٩).

يظهر التحليل الاقتصادي أنه على الرغم من وجود بعض هذه العناصر فقط في تركيبات صغيرة، ومع ذلك لديهم اهتمام تجاري كبير في جميع أنحاء العالم بسبب تكلفة وحدتهم. ورغم أن PCB تحتوي علي ثمانية معدنية الا ان مصانع إعادة التدوير في مصر تستخرج خمسة معادن فقط وباقي المعادن تضيع هباء.

جدول (٤)

القيمة الاقتصادية للمواد في لوحات الدوائر المطبوعة للهواتف المحمولة في مصر عام ٢٠١٩

الوحدة	العنصر (المركب)	PCB الوزن (%)	سعر (دولار امريكي)	الوحدة	العنصر (المركب)	PCB الوزن (%)	سعر (دولار امريكي)
١	نحاس	40.340	5490	٦	ذهب	0.0488	40,919,295
٢	قصدير	4.118	16,000	٧	فضة	0.028	553,086
٣	فولاذ	3.494	361	٨	غاليوم	0.022	317,000
٤	نيكل	2.598	11,788	٩	نيوديوميوم	0.028٠	54,614
٥	تيتانيوم	0.350	55,556	١٠	بالاديوم	0.00564	24,395,944

المصدر: من اعداد الباحثين بالاستعانة بالحرفين وأعضاء هيئة تدريس في كلية هندسة البترول قسم فلزات ومعادن وكلية العلوم قسم جيولوجيا

التأثير الاقتصادي لمواد المخلفات الإلكترونية PCB للهواتف المحمولة، يتمثل في قيمة المواد التي يمكن استعادتها من المخلفات للهواتف المحمولة وذات قيمة تجارية تم حساب الفائدة من وزن كل هاتف محمول ومكوناته. يوضح الجدول (٥) متوسط النسبة المئوية للمواد الموجودة في PCB وكذلك التكلفة المقدرة للطن لكل من هذه المواد. تم حساب وزن كل مادة من مخلفات الهواتف المحمولة بواسطة دراسة التقارير الفنية لـ ٣ منشآت لإعادة التدوير لعام ٢٠٢٠ ودراسة (Daniela Cordova-Pizarroet).

جدول (٥)

القيمة الاقتصادية للمواد في لوحات الدوائر المطبوعة للهواتف المحمولة في مصر عام ٢٠١٩

السل	المواد المكونة pcp	تكوين (%)	سعر السوق	الهاتف المحمول		الهاتف المحمول طن السن	
				طن السن	١٣٣٤٤	طن السن	١١٩٦
			دولار امريكي \الطن***	الوزن	القيمة	الوزن	القيمة
				(ton/y)	(USD)	(ton/y)	(USD)
المعادن							
1	النحاس	40.34	5490	181.53	996600	5382.080	29552512
2	نيكل	2.598	11788	11.69	137814	345.956	4086723.56

3	صلب	3.49 4	361	15.7 2	5676	464.56 9	168529.78
4	تين	4.11 8	16000	18.5 3	296496	548.58 7	8792213.33
5	التيتانيوم	0.35	55556	1.58	87501	44.480	2594666.67
6	الجاليوم	0.02 2	317000	0.1	31383	4.942	930620.44
المعادن الثمينة							
7	البلاديوم	0.00 6	24395944	0.02 7	658690	0.988	19532156.4 4
8	فضة	0.02 8	553086	0.12 6	69689	3.954	2066343.11
9	ذهب	0.04 88	40919295	0.22 1	898587 7	6.425	266461393. 78
الأتربة النادرة							
10	نيوديميوم	0.02 8	54614	0.12 6	6881	3.954	204113.78
	مجموع				112766 07		334389273

المصدر : من اعداد الباحثين بناء على الدراسات الميدانية والمراجعات الأدبية بالاستعانة بالخبراء في هذا المجال اوضحت الدراسة أنه تم إنتاج ٤٥٠ طن من مركبات PCB للهواتف المحمولة في مصر في عام ٢٠١٩ - تمثل ٩.٧٪ من إجمالي ٥٠٠٠ طنًا من المخلفات الإلكترونية - بإجمالي تقديري بقيمة ١٢.٤٤٤ مليون دولار أمريكي تقريبًا. هذا على أساس انه تم استخراج جميع المعادن من PCB وتقدر القيمة الضائع من نتيجة عدم استخراج باقي معادن pcb ١٦٥٤٢٥٩ دولار امريكي.

وتتكون الهواتف المحمولة بشكل عام من ١٨ عنصرًا كيميائيًا ومواد أخرى لا يمكن استعادتها، مثل الخزف ، والمثنيات ، والأجزاء البلاستيكية ، والغراء. تم تصنيف العناصر الثمانية عشر التي تتكون منها الهواتف المحمولة إلى معادن ومعادن ثمينة والأتربة النادرة ومواد أخرى. كان هناك ١١ عنصرًا في فئة المعادن، من بينها النحاس الذي كان أعلى نسبة (٩.٩٤٪) ، يليه الصلب (٩.٧٤٪) والكوبالت (٥٪) ، والألمنيوم (٢.٣٥٪) ، والنيكل (1.6٪) ، والزنك (٠.٤٪) والليثيوم (٠.٣٥٪) كانت موجودة في المستويات

الأدنى. المعادن النفيسة مثل الذهب (0.02%)، البلاديوم (٠.٠٠٠٨%) والفضة (٠.٢٤%)، وجدت بشكل رئيسي في PCB، وتمثل هذه العناصر أهمية تجارية كبيرة إذا تم إعادة استعادتها بشكل صحيح، كما يوجد بعض العناصر الأرضية النادرة، مثل النيوديميوم (٠.٠٠٤%) والبراسيوديميوم (٠.٠٠٠٧٩%)، بمثابة مغناطيس في الهواتف المحمولة. أخيرًا، يتمتع البلاستيك بأعلى تمثيل في الهواتف المحمولة (٤٢.٠٣%).

ب - التأثير الاقتصادي لمواد المخلفات الإلكترونية في لوحات الدوائر المطبوعة في سياق التوجه نحو الاقتصاد الدائري

يتم تمثيل CE عادةً بأربع حلقات هي تمديد عمر المنتج، إعادة التوزيع وإعادة الاستخدام، إعادة التصنيع (الإصلاح)، إعادة التدوير. النتائج الموضحة في هذا القسم توضح الحلقات الأربعة (مرافق إعادة التدوير وتحليل تدفق المواد). بالإضافة إلى ذلك، قياس الأثر البيئي والاقتصادي لتطبيق الاقتصاد الدائري على صناعة إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية للهواتف المحمولة في مصر. لتحليل قيمة المواد الموجودة في PCB للهواتف المحمولة وسيوفر قسم المناقشة التالي المزيد عن وضع إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية في مصر.

شكل (١)

دورة حياة المعدات الكهربائية والإلكترونية

وزن ٩٦ مليون هاتف محمول = $96 \times (1000/150) = 1000 / 1000 = 1000$ طن ٤٤٠٠

فضة = $36.48 = 1000 / (380 \times 96)$ طن تقريبا

ذهب = $3.55 = 1000 / (37 \times 96)$ طن تقريبا

بلاتينيوم = $1.536 = 1000 / (16 \times 96)$ طن تقريبا

وفقا لأسعار هذه العناصر في مصر كأسعار استرشاديه:

فضة ٩٢٣٩٤٨ جنية لكيلو = ٢٥.٠٦٠ دولار

ذهب ٩٢٠٤٤٠٦٥ جنية للكيلو = ١٩٢٠.٨٥ دولار

بلاتينيوم ٤١٨٠٦٧٧٤ جنية للكيلو = ٨٨١.٠٣ دولار

يقدر سعر هذه بحوالي ٤ مليار جنية. ويشير ذلك الي ان استرجاع عناصر الذهب والفضة والبلاتينيوم من ٣٠٪ فقط من عدد الهواتف المحمولة يقدر سعرها بأكثر من مليار جنية بأسعار عام ٢٠٢٠. وإذا اخذنا في الاعتبار قيمة الإنتاج التام بسعر البيع لأجهزة الحاسبات والمنتجات الالكترونية والأجهزة الطبية والكهربائية والبصرية ككل وهو حوالي ٩.٧٧٣ مليار جنية عام ٢٠١٧ فان قيمة بعض المواد الثمينة في نوع واحد من المخلفات الالكترونية (الهواتف المحمولة) يمثل نسبة لا يستهان بها (حوالي ١٩٪). وبالمقارنة تلك النتائج مع نتائج الدراسة الميدانية يتضح ان تعاني صناعة إعادة التدوير للمخلفات الالكترونية بصفة عامة والمخلفات الالكترونية للهواتف المحمولة بصفة خاصة من خلل واضح واهدار للقيمة اقتصادية عالية اذا تم ادارتها بأسلوب صحيح وعلي الجانب الاخر فهي تمثل تحدي كبير في تحديد كمياتها والتعامل معها، وبالتالي هناك صعوبة في تقدير دقيق لقيمتها الاقتصادية. وتسلط هذه النظرة الضوء على الحاجة إلى حوافز السياسة العامة والمزيد من اللوائح من أجل الحصول على نسبة أعلى من الهواتف المحمولة المخلفات الإلكترونية من خلال القنوات الرسمية، وبالتالي الاستفادة من الفوائد الاقتصادية المحتملة المستمدة من قيمة المواد.

كما أظهرت نتائج العمل الميداني في مصر أن عمليات إعادة التدوير تتكون بشكل أساسي من العمليات اليدوية والأنظمة الميكانيكية. تظهر هذه النتيجة أن عمليات إعادة التدوير في مصر وفي الاقتصادات الناشئة عناصر بسيطة ولا تشمل تقنيات المعالجة النهائية. في شركات إعادة التدوير المتوسطة والصغيرة تستخدم أدوات ومعدات بدائية، والتي تشكل مخاطر كبيرة على صحة وسلامة العمال. ومع ذلك، فإن المواد المستعادة من التفكيك اليدوي عالي النقاء والنظافة، ويسمح باستعادة حتى ولو كانت صغيرة.

وبعد تحليل تدفق المواد، أكد العمل الميداني هنا أن شركات إعادة التدوير في مصر، يتم تصدير جميع مركبات لوحات الدوائر المطبوعة المستخرجة من الهواتف المحمولة. هذه النتائج متوافقة مع تلك النتائج التي توصل إليها Ghosh, B^(١٠) الذي حدد الطرق المختلفة لإعادة التدوير وتقنيات المعالجة النهائية من خلال تحليل أكثر من ١٥٠ مقالة؛ كما أكدوا أن قلة من البلدان لديها هذا النوع من الانتعاش التكنولوجي، وأن هذه المواد يتم شحنها بشكل عام إلى الدول الآسيوية والأوروبية. وبالمثل قرر Cucchiella أن أوروبا لديها قضايا لم يتم حلها تتعلق بعمليات إعادة التدوير، خاصة فيما يتعلق بالمواد المستعادة من مكونات لوحات الدوائر المطبوعة بسبب التفكيك غير الصحيح^(١١).

ويرجع ذلك إلى عدد من المعوقات أ) معوقات مالية تتمثل في التكلفة الرأسمالية العالية لإنشاء وحدات المعالجة النهائية ووحدات الفصل الميكانيكي للمخلفات الالكترونية. ب) معوقات خاصة بخصائص المستهلكين الهواتف المحمولة في مصر وتتمثل تلك الخصائص بالعادات الاستهلاكية الخاطئة حيث تبين من الدراسة ان نسبة مخلفات الهواتف المحمولة من المخلفات الالكترونية تتراوح بين ١٠ الى ٢٠٪ فقط وهي نسبة ضئيلة جدا مقارنة بعدد مستخدمي الهواتف المحمولة في مصر الذي بلغ ٩٦.٤٣ مليون مشترك أي ما يقدر بحوالي ١٥٠ مليون طن ومن مخلفات الهواتف المحمولة ويرجع ذلك إلى ان مستخدمي الهواتف المحمولة في حالة تلف الهاتف المحمول يفضلون الاحتفاظ به علي ان يتم بيعه او التخلص منه باي طريقة أخرى. ج) معوقات خاصة بالعملية التنظيمية تتمثل في غياب او عدم وجود سياسات واضحة ومعلنة لجمع واعدة التدوير المخلفات الالكترونية، غياب المسؤولية الممتدة وتشير إلى قيام الجهات المسؤولة عن انتاج الأجهزة الالكترونية او موزعو الأجهزة بتحمل مسؤولية التخلص من هذه الأجهزة ومخلفاتها بع انتهاء عمرها

الافتراضي او عندما يريد مستخدمو هذه الاجهزة التخلص منها، عدم وجود اطار تشريعي ملائم، عدم الاستفادة بالخبرات المتوفرة في مصر وعدم وضع الشخص المناسب في المكان المناسب، (د) معوقات خاص بالعاملين في إعادة التدوير وتتمثل ذلك في عدم وجود العمالة المدربة وعلي درجة عالية من المهارة المطلوبة لهذا النوع من المخلفات، هذا بالإضافة الي عدم وجود البرامج التدريبية والتعليمية الكافية والمستمرة لرفع كفاءة وتنمية قدرات العاملين في مجالات إعادة التدوير، كما ان القائمين علي إدارة المخلفات في جهاز إدارة المخلفات في مصر تخصصاتهم العلمية لا تتناسب مع العمل الموكل لهم.

توضح الدراسة ان القيمة النسبية لمواد لوحات الدوائر المطبوعة للهواتف المحمولة بناءً على البيانات الميدانية المقدمة في الجدول (٦). من الواضح أن أهم فرصة لزيادة القيمة المضافة من صناعة إعادة تدوير هذه المخلفات تتمثل استعادة المواد من خلال تقنيات المعالجة النهائية التي تعمل على استعادة الذهب بنسبة ٧٩.٧% من القيمة الإجمالية في الهاتف المحمول لمواد PCB، من حيث قيمة المواد يتم إعطاء ٩٧.٠% للذهب والنحاس، البلاديوم والقصدير من خلال الاسترداد المحلي المحتمل .

جدول (٦)

تقدير وزن المواد في النفايات الإلكترونية للهواتف المحمولة في مصر عام ٢٠٢٠

التسلسل	مواد	تكوين الهاتف المحمول (***) (%)	وزن المواد في نفايات الهاتف المحمول (بيانات تقديرية) (طن / سنة)	إعادة التدوير النفايات الإلكترونية في مصر طن / سنة 13344
			إجمالي المخلفات الإلكترونية في مصر: طن / سنة (م) 5000	١٣٣٤٤ ton/y
المعادن				
1	الألومنيوم	2.35	117.5	313.43
2	كوبالت	5	250	667.20
3	النحاس	9.94	497	1326.42
4	إنديوم	0.00006	0.003	0.00
5	قيادة	0.004	0.2	0.44
6	الليثيوم	0.35	17.5	46.55

7	نيكل	1.6	80	213.68
8	صلب	9.74	487	1299.82
9	التنتالوم	0.018	0.9	2.217
10	التنغستن	0.31	15.5	41.23
11	الزنك	0.4	20	53.20
المعادن الثمينة				
12	ذهب	0.02	1	2.660
13	البلاديوم	0.008	0.4	0.887
14	فضة	0.24	12	31.919
الأتربة النادرة				
15	نيوديميوم	0.04	2	5.320
16	البراسيوديميوم	0.0079	0.4	0.887
اللافلزات				
17	زجاج	3.8	190	507.16
18	بلاستيك	45.03	2251.5	6008.79
19	آخر	21.15	1057.5	2822.19
	مجموع	100	5000	13344

المصدر : من اعداد الباحثين بناء على الدراسات الميدانية والمراجعات الأدبية وبالتعاون بالخبراء في هذا المجال

على الرغم من أن القيمة السوقية للنحاس والقصدير ليست عالية مثل قيمة الذهب والبلاديوم (٤٠.٩ دولار و ٢٤.٤ مليون دولار للطن ، على التوالي) ، النسبة الكبيرة نسبياً من هذه المعادن في مركبات لوحات الدوائر المطبوعة للهواتف المحمولة يجعلها جذابة من حيث القيمة. لذلك، الاستثمار المحتمل في يجب أن تركز تقنيات المعالجة النهائية للاسترداد على تلك العناصر الكيميائية.

أظهر (Yu) في الصين ، الفوائد الاقتصادية لإعادة تدوير طن واحد من مخلفات الهواتف المحمولة سنوياً ١٠٨٦٠ دولارًا أمريكيًا ، بينما كان Baldé قرر أن القيمة الاقتصادية للذهب ، و الفضة والبلاديوم في

المخلفات الإلكترونية ١٥.١٢ مليون دولار أمريكي سنويًا في أمريكا اللاتينية. علاوة على ذلك، أكد Cucchiella ان استعادة المعادن الثمينة (خاصة الذهب) سترد نصف الأرباح في اقتصاد ما إذا تم إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية بشكل صحيح ، وتم استعادة المواد محليًا، فسيكون هناك فائدة اقتصادية فورية لبلد ما. واستعادة المواد في أوروبا علي سبيل المثال تبلغ قيمة الذهب والنحاس والفضة والبلاديوم حوالي ٤٨ مليار دولار أمريكي. علاوة على ذلك، توصل Cucchiella إلى أن إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية قد يدر دخلًا يعادل ٢.٥٠ مليار دولار أمريكي في عام ٢٠١٥.

وتأسيسا على ما سبق، تظهر الدراسة أن هناك إمكانات كبيرة في مصر وفائدة اقتصادية من إعادة التدوير السليم والمعالجة المحلية لمواد لوحات الدوائر المطبوعة من الهواتف المحمولة. ويتم استرداد قيمة تقديرية قدرها ٠.٦٧٧ مليار دولار أمريكي من المواد ومع ذلك، تشير التقديرات إلى أن القيمة الإجمالية لمواد لوحات الدوائر المطبوعة للهواتف المحمولة تتراوح بين ١١.٢٧٧ دولارًا و ١٢.٤٤٤ مليون دولار أمريكي سنويًا (انظر الجدول). هذه النتائج تسلط الضوء على أهمية الاستثمار في تقنيات المعالجة النهائية لاستعادة المواد وكذلك تطوير استراتيجيات لتحسين وجمع المخلفات الإلكترونية بشكل أكثر كفاءة

الاستنتاجات:

توصل البحث إلى مجموعة من الاستنتاجات يمكن بلورتها في النقاط التالية:

(١) الاقتصاد الدائري هو مفهوم جديد نسبيًا لقطاع المنتجات الإلكترونية في مصر ولكن لديه إمكانية عالية للتأثير. هناك تحقيقات محدودة حول المخلفات الإلكترونية في هذا البلد، حتى الآن توفر الدراسة رؤى مفيدة وضرورية للتخطيط ووضع الاستراتيجيات التي ستفيد المجتمع والبيئة والصناعة والاقتصاد في مصر. يجب أن تركز بعض هذه الاستراتيجيات على تحسين القدرات التكنولوجية للقائمين بإعادة تدوير المخلفات الإلكترونية، وتعزيز الإصلاح وإعادة الاستخدام، والاستثمار في تقنيات المعالجة النهائية لاستعادة المواد.

(٢) يشير تحليل تدفق المواد إلى أن مصر تلتقط قيمة ٠.٦٧٩ مليون دولار من المواد لمركبات لوحات الدوائر المطبوعة للهواتف المحمولة من خلال إعادة التدوير الرسمية. يتم تقدير القيمة الإجمالية لهذه

المواد في النطاق ١٢.٤٨٥ مليون دولار أمريكي سنويًا. في ظل هذه الظروف، من وجهة نظر الصناعة، قضية عائد الاستثمار لتقنيات المعالجة النهائية صعبة. لذلك، من المحتمل ان يستمر التصدير لمركبات لوحات الدوائر المطبوعة ، مع ما يقابل ذلك من خسارة في المنفعة الاقتصادية الوطنية.

(٣) يمكن أن يؤدي بتطبيق الاقتصاد الدائري إلى تحسين كفاءة استخدام الموارد والطاقة و إنتاجية الأنظمة الصناعية عن طريق تقليل استهلاك الموارد وإعادة تدوير المخلفات ، إنشاء نظام مفيد لتطوير CE يحسن من إنتاجية الموارد للحصول علي نفس الناتج الاقتصادي بواسطة استهلاك موارد أقل.

(٤) حتى الآن، لم تدرك الدول الصناعية والدول الناشئة وكذلك مصر بعد الفصل بين استهلاك الموارد والنمو الاقتصادي والنمو الصناعي، يعتمد الاقتصاد على الاستهلاك المفرط للموارد والطاقة في العديد من المجالات وخاصة للمجمعات الصناعية. في حين يمكن الحصول علي نفس الناتج الصناعي مع الحفاظ علي البيئة باستخدام نموذج الاقتصاد الدائري الذي يوضح كيفية الحد من الاستهلاك المفرط للموارد والطاقة ، وتحسين أداء الصناعات المختلفة، والذي أصبح من القضايا الملحة للعالم والتنمية الصناعية. وهي أيضًا أحد الأهداف المهمة لتطوير الصناعة في مصر وتحقيق التنمية المستدامة.

(٥) إعادة تدوير المخلفات الالكترونية يعمل علي تقليل الأثر البيئي السلبي لتلك المخلفات من خلال منع تسرب المواد الخطرة مثل الزرنيخ ، الكاديوم ، الرصاص الي الموارد الطبيعية من ماء وهواء وترتبه لمنع وصولها عبر السلسلة الغذائية او عن طريق الاستنشاق الي لإنسان، والتخلص منها بطريقة امانه عن طريق دفنها في الأماكن المخصص لها او إعادة تدوير واستعمال ما يمكن استرداده من تلك المواد وتحقيق قيمة منفعة بيئية وقيمة اقتصادية.

الخلاصة:

تشير نتائج الدراسة خاصة من خلال النظر في "تحليل تدفق المواد" لقطاع مخلفات الهواتف المحمولة في مصر من انه يتم استخلاص من المعادن الثمينة والمواد من لوحات الدوائر المطبوعة PCB ما يقدر بحوالي ٧٠٠ الف دولار، بينما تشير تقديرات البحث ان القيمة الاجمالية للمواد في تلك المخلفات قد تصل الي حوالي ١٢,٥ مليون دولار. وقد لا تكون النتائج صادمة مع انخفاض لقيمة الدولار لما يمكن

استرجاعه مقارنة بالنواتج الصناعي. ولكن بالنظر الي ان اجمالي ما تم استخلاصه لا يصل الي ٥,٥% من اجمالي ما يمكن استرجاعه، فإن ذلك قد يكون صادما إذا ما تشابهت باقي قطاعات المخلفات الالكترونية مع ذلك القطاع.

ونجد ان المستثمرين في ذلك القطاع يواجهون عدة صعوبات مثل التعقيدات التكنولوجية في استرجاع تلك المواد وارتفاع تكاليف استيراد المعدات والتقنيات اللازمة لذلك، مما يجعل العائد الاقتصادي ضعيفا من الاستثمار في ذلك القطاع ويشجع علي تصدير تلك المخلفات الي الدول القادرة علي اسرجاع لمواد والمعادن من تلك المخلفات.

وتوفر هذه الدراسة بداية لدراسة إمكانيات مصر في إعادة التدوير واسترجاع المواد في العديد من القطاعات ووضع الخطط والاستراتيجيات المناسبة لزيادة العائد الاقتصادي من الاستثمار في تلك المجالات. وفي العموم نجد ان تطبيقات الاقتصاد الدائري تعمل بالأساس علي تحسين كفاءة استخدام الموارد والطاقة عن طريق تخفيض استخدام مدخلات جديدة، واستخلاص مواد ومعادن من المخلفات، وإعادة التدوير، وتشجيع أنماط حديثة في الاستهلاك الرشيد مما يحقق عائدا اقتصاديا مرتفعا للمستثمرين بوجه خاص وكذلك عائد بيئي وتنموي للمجتمع بوجه عام.

هوامش الدراسة:

(١) هو نظام جديد للإنتاج يتم إعادة استخدام الموارد في حلقة انتاج واستهلاك مغلقة وتقليل كمية المخلفات، مما يسمح بتوليد قيمة مضافة اعلي وتمديد عمر المنتج.

(٢) سلسلة قضايا التخطيط والتنمية (٢٧٦)، الإدارة المتكاملة للمخلفات الصلبة ودورها في دعم الاقتصاد القومي، معهد التخطيط القومي، القاهرة، يوليو ٢٠١٧.

(3) IENE(2017):<http://www.iene.eu/serbia-e-reciklaza-recycled-nearly-13000-tons-of-electric-and-electronic-waste-2292-.html>.

(٤) ج.م.ع. شبكة المعرفة البيئية المصرية بوزارة البيئة ، جهاز الإنتاج الانظف.

(٥) سلسلة قضايا التخطيط والتنمية (٢٧٦) مرجع سبق ذكره.

(6) C.p.Baldé. forti, V.gray, R.Kuehr, P Stegmann: The Global E-wast -2017, United NationsUniversity (UNU), international Telecommunication nion (ITU)& International Solid Waste Association (ISWA), /Bonn.\ Geneva\Vienna.

(7) Baldé, C.P.; Kuehr, R.; Blumenthal, K.; Fondeur, G.; Kern, M.; Micheli, P.; Magpantay, E.; Huisman, J. E.,(.2015)-waste Statistics—Guidelines on Classification, Reporting and Indicators. United Nations University. IAS—SCYCLE: Bonn, Germany, 51

- (8) Yu, J.; Williams, E.; Meiting, (2010)J. Analysis of material and energy consumption of mobile phones in China. J. Energy Pol., 38.
- (9) Daniela Cordova-Pizarro 1 , Ismael Aguilar-Barajas 2 , David Romero 1 and Ciro A. Rodriguez 1 (2019) , Circular Economy in the Electronic Products Sector: Material Flow Analysis and Economic Impact of Cellphone E-Waste in Mexico, Sustainability5-9.
- (10) Ghosh, B.; Ghosh, M.K.; Parhi, P.; Mukherjee, P.S.; Mishra, B.K. . (2015)Waste Printed Circuit Boards recycling: An extensive assessment of current status. J. Clean. Prod, 94, 5–19.
- (11) Cucchiella, F.; D'Adamo, I.; Lenny Koh, S.C.; Rosa, P(2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. J. Renew. Sustain. Energy, 51, 263–272

المراجع:

Schneiderand Enstc.DH,,2003 "E-Waste and Recycling Techniques", Environmental Science and,Technology, Vol.27.No.8,2003,pp.9–15.

Abhishek Kumar Awasthi, Federica Cucchiella, Idiano D'Adamo, Jinhui Li, Paolo Rosa,Sergio Terzi وGuoyinWei, Xianlai Zeng ,2018, Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase, Science of the Total Environment 613–614 46–53

Kumar, A., Holuszko, M., Espinosa, D.C.R., 2017. E-waste: an overview on generation, collection, legislation and recycling practices. Resour. Conserv. Recycl. 122, 32–42.

Kusch, S., Hills, C.D., 2017. [The link between e-waste and GDP—new insights from data from the Pan-European region. Resources 6, 15](#)