# مكافحة التصحر باستخدام تقنية انترنت الاشياء

**ناجية ابراهيم الغراري**

**الاكاديمية الليبية**

**najia@academy.edu.ly**

**مستخلص: انترنت الاشياء من التقنيات الحديثة والتي اصبحت تلعب دورا مهما وفعالا في جميع مرافق الحياة وخاصة فيما يخص برامج التنمية المستدامة وذلك لما توفره من سرعة في الانجاز وقلة في التكاليف على المدى الطويل نهايك عن الدقة في التنفيذ. فاصبحت هذه التقنية هي الأداة الفعالة للمساعدة والإسراع في تنفيذ برنامج الامم المتحدة للتنمية المستدامة ومن ضمن هذه البرامج المهمة جدا والتي تلامس الحياة اليومية لكل البشر على الكرة الارضية هو برنامج مكافحة التصحر وكيفية استغلال هذه التقنية لزيادة الانتاج الزراعي والحيواني وتوفير ما يلزم من الغذاء والماء لسكان كثير من المناطق المهددة بالجفاف.**

**وعليه فإن هذا البحث يتطرق إلى كيفية استغلال تقنية انترنت الاشياء لمكافحة ظاهرة التصحر سواء في المناطق الحضرية أو الصحراوية وذلك بالنظر في الحلول المستدامة لهذه الظاهرة مع مراعاة العوامل الاقتصادية والاجتماعية المؤثرة على تنفيذ هذه الحلول. وقد تم التطرق ايضا لبعض الحلول التي طبقتها بعض الدول لمحاربة هذه الظاهرة وكذلك التحديات المتوقعة لتنفيذ هذه الحلول ومتطلبات البنية التحتية اللازمة لتنفيذ هذه الحلول المستدامة. اظهرت نتائج هذ البحث بأن كثير من الدول طبقت هذه التقنية وتحصلت على نتائج مشجعة جدا سواء في المناطق الحضرية أو الصحراوية وهذه الحلول شملت كثير من الدول في كل قارات العالم ولعل ابرز الدول التي لها حلول مبتكرة لمحاربة هذه الظاهرة هي الولايات المتحدة الامريكية , الصين واليابان وكذلك دول الساحل الافريقي.**

**كلمات مفتاحية: انترنت الاشياء , التصحر, التنمية المستدامة, التقنية**

## مقدمة

تعد درجات الحرارة المتزايدة والظروف الجوية القاسية وتدهور جودة الهواء والماء من أكثر المشكلات البيئية شيوعًا وخطورة التي تواجه المجتمعات اليوم. ومن ثم ، فإن تغير المناخ هو عامل ذو مغزى حاسم في تفاقم القضايا البيئية المذكورة أعلاه من خلال تغيير الأنماط الموسمية الشائعة ويؤدي إلى العديد من الكوارث الطبيعية ، بما في ذلك العواصف الشديدة والفيضانات والجفاف وحرائق الغابات وما إلى ذلك. لذلك ، فإن الحاجة إلى أنظمة يمكنها المراقبة المستمرة وتسجيل البيانات في الوقت الحقيقي مع التنبؤ أيضًا بالمخاطر الطبيعية المحتملة أمر حتمي.

إنترنت الأشياء هو اتصال شبكة تم إنشاؤه بين الأشياء المادية المجهزة بمجسات، مثل أجهزة الاستشعار والمشغلات ، والبرمجيات ، وكذلك الاتصال الشبكي ، ويهدف إلى تسهيل جمع ونقل البيانات المقاسة. لذلك ، يُعتبر المجال البيئي مرشحًا مثاليًا لاستخدام حلول إنترنت الأشياء ، حيث يتم تسهيل مسألة التحكم المستمر والمراقبة بكفاءة من خلال اعتماد إنترنت الأشياء.[1]

تقنية انترنت الأشياء (IoT) تسمح بربط الأشياء والأجهزة المختلفة في شبكة واحدة، مما يتيح جمع البيانات وتحليلها لأغراض مختلفة، بما في ذلك محاربة التصحر. هناك العديد من الطرق التي يمكن استخدامها لاستغلال تقنية IoT في محاربة التصحر، حيث هناك عدة طرق للمكافحة مثل مراقبة البيئةحيث استخدام أجهزة IoT لمراقبة البيئة في المناطق الصحراوية وتقييم العوامل التي تؤدي إلى التصحر، مثل درجات الحرارة العالية ونسبة الرطوبة المنخفضة والتغيرات في مستويات المياه في التربة. يمكن استخدام هذه المعلومات لتحسين إدارة الموارد الطبيعية وتحديد الأماكن التي تحتاج إلى إجراءات تصحيحية[2]. رصد المحاصيل حيث يمكن استخدام أجهزة IoT لرصد المحاصيل وتحليل بيانات النمو والإنتاجية. يمكن استخدام هذه المعلومات لتحسين عمليات

الزراعة وتحديد الأنواع النباتية التي تنمو بشكل جيد في البيئات الجافة[3]. رصد المياه وذلك باستخدام أجهزة IoT لرصد مستويات المياه في الأنهار والبحيرات والأحواض المائية الأخرى. يمكن استخدام هذه المعلومات لتحسين إدارة الموارد المائية وتحديد الأماكن التي تحتاج إلى تحسين الري والري بالتنقيط [2] . التنبؤ بالطقس من خلال استخدام أجهزة IoT لجمع البيانات الجوية وتحليلها لتحسين التنبؤ بالطقس وتحديد الأنماط الجوية التي تؤدي إلى التصحر. يمكن استخدام هذه المعلومات لتحسين التخطيط الزراعي وتحديد الأنواع النباتية التي تنمو جيدًا في ظروف جوية معينة[4]. الرعاية البيئية وهي التي يتم فيها استخدام أجهزة IoT لرصد الملوثات البيئية والتلوث الضوضائي وغيرها من العوامل الضارة الأخرى. يمكن استخدام هذه المعلومات لتحسين إدارة المخلفات وتحديد الأماكن التي تحتاج إلى تنظيف وتحسين.

بالتالي، يمكن استغلال تقنية IoT في محاربة التصحر من خلال جمع البيانات وتحليلها لتحسين إدارة الموارد الطبيعية وتحديد الأماكن التي تحتاج إلى إجراءات تصحيحية وتحسين التنبؤ بالطقس ورصد المياه وتحسين الرعاية البيئية بشكل عام. ومع ذلك، يجب أيضًا أن يتم توفير البنية التحتية اللازمة لجمع وتحليل هذه البيانات، بما في ذلك تثبيت أجهزة IoT وتوفير شبكات الاتصالات اللازمة لنقل البيانات. كما يجب أيضًا أن تتم مراعاة العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية في تصميم وتنفيذ حلول IoT لمحاربة التصحر[5].

يمكن تناول مكافحة التصحر في جزأين ، هما مكافحة التصحر في المناطق الحضرية والصحراوية. لذلك ، يجب مراعاة العوامل الاجتماعية والاقتصادية عند تصميم حلول إنترنت الأشياء لضمان تلبية الحلول للاحتياجات والتحديات الفعلية التي يواجهها الناس في المناطق الحضرية أو الصحراوية. من بين العوامل التي يجب مراعاتها الاحتياجات المحلية ، والتي تتطلب حلولًا مناسبة للخصائص البيئية والاقتصادية للمنطقة المستهدفة ومتوافقة مع الثقافات والممارسات المحلية. الاستدامة هي عامل آخر يجب مراعاته ، حيث يجب أن تكون الحلول المقترحة مستدامة بدرجة كافية للحفاظ على الموارد الطبيعية وتحسين ظروف المعيشة على المدى الطويل مع الحفاظ على توازن النظام البيئي المحلي. التمويل أمر حيوي أيضًا ، ويجب إجراء الاستثمارات اللازمة لتنفيذ الحلول وضمان استدامتها على المدى الطويل. ينبغي تشجيع الشراكات بين الحكومات والمنظمات غير الحكومية والقطاع الخاص والمجتمعات المحلية لتحقيق الأهداف المحددة بشكل أسرع ، بينما ينبغي توفير التدريب وإذكاء الوعي للمجتمعات المحلية وأصحاب المصلحة بشأن القضايا المتعلقة بمكافحة التصحر واستخدام التكنولوجيات المتاحة ومنها على وجه الخصوص تقنية انترنت الاشياء [5].

**مشكلة البحث:**

المشكلة التي تطرقت لها هذه الورقة البحثية هي ما مدى الاستفادة من تقنية انترنت الاشياء في مكافحة التصحر داخل وخارج المناطق الحضرية.

**تساؤلات البحث:**

1. ما هو دور انترنت الاشياء في مكافحة التصحر ؟
2. ما الطرق المختلفة التي يمكن الاستفاذة منها لتطبيق هذه التقنية في معالجة ظاهرة التصحر في المناطق الحضرية ؟

3. ما الطرق المختلفة التي يمكن الاستفاذة منها لتطبيق هذه التقنية في معالجة ظاهرة التصحر في المناطق االصحراوية؟
4. ما هو الدور الذي يمكن أن تلعبه هذه التقنية لإيجاد بيئة صحية ونظفية داخل التجمعات الحضرية ؟

**أهمية البحث:**

تكمن اهمية البحث في الاتي:

1. التعريف بتقنية انترنت الاشياء.
2. دور تقنية انترنت الاشياء في تنفيذ معالجة التصحر.
3. مدى الاستفادة من هذه التقنية في التقليل من مخاطر التصحر وخاصة في المناطق الحضرية.
4. الخروج ببعض المقترحات التي ربما تساعد المسئولين على الإسراع في تطبيق هذه التقنية داخل المدن والقرى الليبية للمساهمة في محاربة ظاهرة التصحر.

**أهداف البحث:**

يهدف هذا البحث إلى:

1. معرفة ولو بشكل مبسط تقنية انترنت الاشياء ودورها الفعال في معالجة التصحر.
2. تسليط الضوء على هذه التقنية وما مدى الاستفادة منها في التقليل من خطر التصحر
3. الوقوف على بعض الحلول التي قامت بها بعض الدول لاستغلال هذه التقنية في تنفيذ حلول لمشكة التصحر داخل المناطق الحضرية والصحراوية.
4. امكانية الاستفادة من هذه التقنية في دفع عجلة الاقتصاد عن طريق الاهتمام بالزراعة والرعي والغابات.

**منهجية البحث:**

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي الذي يهدف إلى تجميع البيانات والمعلومات الكافية حول موضوع الدراسة وذلك من خلال وصف الحالة وأهميتها فضلاً عن استخدام المراجع والكتب والمجلات والبحوث المرتبطة بها، والاطلاع على الدراسات والتقارير والمنشورات المشابه، واستخدام شبكة الانترنت في البحث.

## المبحث الأول

**العوامل الاقتصادية**

تلعب العوامل الاقتصادية دوراً حاسماً في تنفيذ الحلول المستدامة لمكافحة التصحر. تتضمن بعض العوامل الاقتصادية الرئيسية التي يجب مراعاتها ما يلي:

1. الفعالية من حيث التكلفة: ينبغي أن تكون الحلول المختارة لمكافحة التصحر فعالة من حيث التكلفة وميسورة التكلفة وتوفر فوائد اقتصادية طويلة الأجل. وهذا يشمل النظر في الاستثمار الأولي المطلوب ، وتكاليف الصيانة المستمرة ، والعوائد الاقتصادية المحتملة من الحل.

2. التمويل: تمويل الحلول المستدامة أمر حاسم لنجاحها. يجب على الحكومات والمنظمات الدولية والمستثمرين من القطاع الخاص وأصحاب المصلحة الآخرين توفير التمويل لضمان تنفيذ الحلول بفعالية ، وتوافر الموارد اللازمة للحفاظ عليها على المدى الطويل.
3. التنمية الاقتصادية: يمكن أن يساعد تنفيذ حلول مستدامة لمكافحة التصحر في خلق فرص اقتصادية وتحسين سبل عيش المجتمعات المحلية. وهذا يشمل خلق فرص العمل وتعزيز تنمية الصناعات المحلية ، مثل الزراعة المستدامة أو إنتاج الطاقة المتجددة.
4. طلب السوق: من المهم مراعاة طلب السوق على المنتجات أو الخدمات الناتجة عن الحلول المستدامة. وهذا يشمل تحديد الأسواق المحتملة والتأكد من أن المنتجات أو الخدمات تلبي معايير الجودة والسلامة اللازمة.
5. توافر الموارد: إن توفر الموارد ، مثل المياه والأرض والطاقة ، هو عامل اقتصادي حاسم يجب مراعاته عند تنفيذ الحلول المستدامة. يجب أن تستفيد الحلول المختارة بشكل فعال من الموارد المتاحة وتعزز استخدامها لتقليل النفايات.

بشكل عام ، تعتبر العوامل الاقتصادية حاسمة لنجاح الحلول المستدامة لمكافحة التصحر. من خلال النظر في هذه العوامل ، يمكن لأصحاب المصلحة تحديد الحلول الأكثر فعالية وكفاءة من حيث التكلفة والتأكد من تنفيذها بطريقة مستدامة تدعم التنمية الاقتصادية وتحسن سبل عيش المجتمعات المحلية.

## المبحث الثاني

**الحلول المستدامة**

**هناك العديد من الأمثلة على الحلول المستدامة التي تم تنفيذها بنجاح لمكافحة التصحر. ومنها:**

وفقًا لاتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر (UNCCD) لعام 2013 ، هناك 168 دولة متأثرة بالتصحر وبحلول عام 2030 ، سيعيش ما يقرب من نصف سكان العالم في مناطق تعاني من نقص كبير في المياه[6] .

1. السور الأخضر العظيم: السور الأخضر العظيم هو مشروع يهدف إلى زرع جدار من الأشجار والنباتات في جميع أنحاء منطقة الساحل بأفريقيا ، والتي تعاني من تصحر شديد. لقد زرع المشروع بالفعل أكثر من 15 مليار شجرة ويهدف إلى استعادة 100 مليون هكتار من الأراضي المتدهورة بحلول عام 2030. ولا يساعد المشروع في مكافحة التصحر فحسب ، بل يوفر أيضًا فرص عمل وفرص اقتصادية للمجتمعات المحلية[3] .

2. الري بالتنقيط: يعتبر الري بالتنقيط طريقة عالية الكفاءة للري حيث تقوم بتوصيل المياه مباشرة إلى جذور النباتات ، مما يقلل من فقد المياه بسبب التبخر والجريان السطحي. تم تنفيذ طريقة الري هذه بنجاح في المناطق ذات الموارد المائية المحدودة ، مثل الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ، لتحسين غلات المحاصيل والحفاظ على المياه[7] .

3. الحراجة الزراعية: الحراجة الزراعية هو نظام لاستخدام الأراضي يدمج الأشجار مع المحاصيل و / أو الحيوانات ، ويوفر فوائد متعددة ، مثل تحسين صحة التربة ، وزيادة التنوع البيولوجي ، وتقليل تآكل التربة. تم تنفيذ الزراعة الحراجية بنجاح في العديد من المناطق ، بما في ذلك منطقة الساحل ، لمكافحة التصحر وتحسين الأمن الغذائي[8] .

4. الطاقة المتجددة: الطاقة المتجددة ، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، هي حل مستدام يمكن أن يساعد في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتوفير الطاقة النظيفة للمناطق النائية. نفذت العديد من البلدان في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مشاريع الطاقة الشمسية لتزويد المنازل والمجتمعات بالطاقة في المناطق الريفية[9] .

5. تدابير الحفاظ على التربة والمياه: تم تنفيذ تدابير مختلفة للحفاظ على التربة والمياه ، مثل المدرجات والحرث الكنتوري وتثبيت التربة ، للحد من تآكل التربة وتحسين صحة التربة في المناطق التي تعاني من التصحر[3] .

هذه مجرد أمثلة قليلة للحلول المستدامة التي تم تنفيذها بنجاح لمكافحة التصحر. من خلال تنفيذ هذه الحلول وغيرها مثلها ، يمكننا المساعدة في حماية البيئة ، ودعم التنمية الاقتصادية ، وتحسين سبل عيش المجتمعات المحلية.

**بعض الحلول التي تم تطبيقها لمكافح التصحر باستخدام تقنية انترنت الاشياء:**

تستخدم تقنية الإنترنت الأشياء (IoT) لمكافحة التصحر بعض الحلول المبتكرة والفعالة، وتشمل:

1- استخدام أجهزة استشعار الرطوبة: حيث يتم استخدام أجهزة استشعار الرطوبة لقياس مستوى الرطوبة في التربة، وإرسال البيانات إلى السحابة، حيث يتم تحليلها وتحويلها إلى توصيات للمزارعين للتحكم في المياه والتربة[2] .

2- الري الذكي: يتم استخدام أجهزة الاستشعار والتحكم في الري الذكي لضبط كمية المياه المستخدمة في الري بشكل دقيق، حيث يتم تحليل البيانات وتوفير توصيات للمزارعين لتحسين كفاءة استخدام المياه[7] .

3- المراقبة الجوية: يتم استخدام أجهزة الاستشعار الجوي لرصد الظروف الجوية والتوقعات، مما يساعد في تحديد أفضل وقت للزراعة والري والحصاد[4] .

4- تتبع المراعي: يتم استخدام أجهزة نظام تحديد المواقع (GPS) لتتبع الحيوانات بالمراعي والتأكد من أنها لا تزيد عن الحد الأقصى للاستخدام المسموح به للمرعى، مما يساعد على الحفاظ على صحة التربة والحفاظ على توازن البيئة[10] .

5- الروبوتات الزراعية: يتم استخدام الروبوتات الزراعية لتحسين كفاءة الزراعة وتقليل العمل البشري، مما يساعد على تحسين كفاءة استخدام المياه وتحسين الإنتاجية[11] .

تعتمد فعالية هذه الحلول على تحليل البيانات والتفاعل بشكل فعال مع البيئة المحيطة وتوفير توصيات ملائمة للمزارعين والجهات المعنية.

**أمثلة على تطبيقات IoT لمكافحة التصحر في بلدان معينة**

هناك العديد من الأمثلة على تطبيقات IoT لمكافحة التصحر في بلدان مختلفة، مثل الولايات المتحدة الامريكية واليابان وكذلك في بعض اجزاء من المنطقة العربية ومن بين هذه الأمثلة:

1. تدعم الولايات المتحدة ، التي تمتلك أكبر اقتصاد للمعلومات الإلكترونية في العالم ، الزراعة الذكية والدقيقة من خلال إنترنت الأشياء. قادت الولايات المتحدة أبحاث ونشر إنترنت الأشياء الزراعي في السنوات الأخيرة. 75٪ أو أكثر من المزارع الأمريكية التي تبلغ مبيعاتها السنوية 450 ألف دولار أو أكثر تستخدم إنترنت الأشياء في الزراعة ، و 41٪ من المزارع الصغيرة تفعل ذلك أيضًا. ساعدت محاكاة نظام الزراعة الأمريكي والتنبؤ به الزراعة الأمريكية على تجنب الآفات والأمراض والكوارث الطبيعية وأمراض الماشية والدواجن. تُظهر حقيقة أن المزارع الأمريكية تستخدم إنترنت الأشياء أكثر فأكثر مدى تفكيرهم المستقبلي حول التكنولوجيا[5] .
2. يتركز نمو تكنولوجيا المعلومات في الصناعة الزراعية في اليابان على زيادة الإنتاجية. أصبحت الزراعة اليابانية نموذجًا للكفاءة والاستدامة بفضل إنترنت الأشياء (IoT). حدث نمو إنترنت الأشياء المرتبط بالزراعة في اليابان في عام 2004 ، كما اقترحت وزارة الشؤون الداخلية والاتصالات اليابانية (JMIAC). الغرض من هذا البحث هو اكتشاف الروابط بين الأشخاص والسلع في شبكات التوريد الزراعي. يمكن للمزارعين الآن بناء شبكات لاسلكية في البيوت البلاستيكية الموزعة ، وربطها بمجسات المراقبة ، والتربة ، وضوء الشمس ، ودرجة حرارة الهواء ، وأجهزة استشعار انبعاثات أول أكسيد الكربون ، وغيرها من المعدات بفضل تقنية إنترنت الأشياء. يستخدم أكثر من نصف المزارعين في اليابان إنترنت الأشياء بالفعل للتعويض عن نقص العمال وزراعة المزيد من المحاصيل[12] .
3. الصين: نفذت الصين مجموعة من الحلول المستدامة لمكافحة التصحر ، بما في ذلك تنفيذ برامج إعادة التحريج ، وبناء المدرجات لمنع تآكل التربة ، واستخدام المحاصيل المقاومة للجفاف. وقد ساعدت هذه المبادرات على استعادة الأراضي المتدهورة وتحسين خصوبة التربة [13].
4. الهند: نفذت الهند مجموعة من الحلول المستدامة لمكافحة التصحر ، بما في ذلك تنفيذ برامج إدارة مستجمعات المياه ، وتطوير محاصيل مقاومة للجفاف ، واستخدام تقنيات الزراعة الدقيقة. وقد ساعدت هذه المبادرات على تحسين إدارة المياه وزيادة الإنتاجية الزراعية في المناطق القاحلة[13] .
5. أستراليا: نفذت أستراليا مجموعة من الحلول المستدامة لمكافحة التصحر ، بما في ذلك استخدام تقنيات إدارة المراعي المستدامة ، وتنفيذ برامج إعادة الغطاء النباتي ، واستخدام تقنيات الزراعة الدقيقة. وقد ساعدت هذه المبادرات على تحسين خصوبة التربة ومنع تآكلها في المناطق القاحلة.[13]
6. ظهر نظام بيئي للتقنيات الزراعية مبني على تحليلات البيانات وإنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي في المنطقة العربية مؤخرًا. نتيجة لجهود كل من الشركات الجديدة والحكومات في منطقة الخليج العربي ، كانت المنطقة في طليعة الثورة التكنولوجية الزراعية. خصصت دولة الإمارات العربية المتحدة ما لا يقل عن 100 مليون دولار أمريكي لتمويل إنشاء شركة تكنولوجيا زراعية كجزء من إستراتيجيتها الوطنية للأمن الغذائي [14]. تقدم المملكة العربية السعودية إعانات

كبيرة لمشاريع الري حتى تتمكن من زراعة المزيد من القمح [15]. في مصر ، تم استخدام فضلات الحيوانات لإنتاج الأسمدة النباتية التي تم استخدامها لاحقًا في الزراعة في محاولة لزيادة الإنتاجية الزراعية وتمشيا مع مبادئ الاقتصاد الدائري [16]. في غضون ذلك ، طبّق لبنان نظام ري يستخدم الأجهزة والبرمجيات للمساعدة في تقليل كمية المياه اللازمة للإنتاج الزراعي [16]. في الآونة الأخيرة ، أصبح الأردن الموطنً لأول الاسرع للتكنولوجيا الزراعية في العالم ، والذي يهدف إلى مساعدة الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم في صناعة التكنولوجيا الزراعية ومن المشاريع التي استخدمت فيها تقنية IoT مشروع تخضير الصحراء"Greening the Desert" حيث يتم استخدام تقنيات IoT لرصد مستويات الرطوبة في التربة ودرجات الحرارة ونوعية التربة، وتحليل البيانات لتحسين فعالية استخدام المياه وتحسين نمو النباتات [18]. من الأهمية بمكان دراسة سبل تعزيز التكنولوجيا الزراعية بسبب تعرض العالم العربي لنقص المياه والتصحر.

7. مشروع الجدار الاخضر الصحراوي "Green Wall Sahara" في الجزائر: يهدف هذا المشروع إلى إنشاء حائط أخضر طوله 7،000 كيلومتر على طول الحدود الصحراوية للجزائر، ويستخدم تقنيات IoT لرصد مستويات الرطوبة في التربة ودرجات الحرارة ونوعية التربة، وتحليل البيانات لتعزيز نمو النباتات.
8. مشروع السور الاخضر العظيم "The Great Green Wall" في إفريقيا: يهدف هذا المشروع إلى إنشاء خط أخضر يمتد عبر 11 دولة إفريقية من الغرب إلى الشرق لمواجهة التصحر، ويستخدم تقنيات IoT لرصد مستويات الرطوبة والتربة والمياه، وتحليل البيانات لتوفير توصيات للمزارعين.
9. مشروع الزراعة الذكية "Smart Agriculture" في الصين: يستخدم هذا المشروع تقنيات IoT مثل أجهزة الاستشعار وأنظمة الري الذكي لتحسين كفاءة استخدام المياه في الزراعة ومكافحة التصحر.

هذه هي بعض الأمثلة على تطبيقات IoT لمكافحة التصحر في بعض البلدان، وتوضح فعالية هذه التقنيات في مكافحة التصحر وتحسين فعالية الزراعة والحفاظ على البيئة[5].

## المبحث الثالث

### استخدام تقنيات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الحضرية

يمكن استخدام تقنيات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الحضرية، وهذا يعتمد على مدى توافر البيئة الملائمة لتطبيق هذه التقنيات. من بين الحلول التي يمكن استخدامها في المناطق الحضرية باستخدام تقنيات IoT لمكافحة التصحر:

1- الحدائق الذكية: يمكن استخدام أجهزة الاستشعار الذكية لرصد مستوى الرطوبة في التربة ودرجات الحرارة ونوعية الهواء، وتوفير توصيات للمزارعين الحضريين للحفاظ على فعالية الري وتحسين نمو النباتات[2] .

2- الأسطح الخضراء: يمكن استخدام أنظمة الري الذكي وأجهزة الاستشعار الذكية لتحسين كفاءة استخدام المياه في الأسطح الخضراء، وتحسين نمو النباتات وتقليل الحرارة المنبعثة من الأسطح [7].

3- الأشجار الذكية: يمكن استخدام أجهزة الاستشعار الذكية لرصد مستوى الرطوبة في التربة والحالة الصحية للأشجار الحضرية، وتوفير توصيات للعناية بالأشجار وتحسين نموها [2].

4- الزراعة العمودية: يمكن استخدام تقنيات الزراعة العمودية الذكية في المناطق الحضرية لزراعة النباتات في الأماكن المغلقة، وتحسين كفاءة استخدام المياه وتوفير المساحات الخضراء في المناطق الحضرية [7].

تستخدم هذه التقنيات لتحسين جودة الهواء وتحسين الصحة العامة في المناطق الحضرية، وتحسين جودة الحياة للسكان. ومن المهم ملاحظة أن استخدام تقنيات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الحضرية يتطلب توافر البنية التحتية المناسبة وتوافر الموارد اللازمة لتنفيذ هذه الحلول.

**أمثلة على تطبيقات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الحضرية**

هناك العديد من الأمثلة على تطبيقات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الحضرية، ومن بين هذه الأمثلة:

1- مشروع البيت الاخضر الذكي"Smart Greenhouse" في الصين: يستخدم هذا المشروع تقنيات IoT لرصد مستوى الرطوبة ودرجات الحرارة ومستوى الضوء في البيوت الزجاجية، وتحسين فعالية استخدام المياه وتحسين نمو النباتات [19].

2- مشروع الاسطح الخضراء"GreenRoofs" في الولايات المتحدة: يستخدم هذا المشروع تقنيات IoT لتحسين كفاءة استخدام المياه في الأسطح الخضراء، وتحسين نمو النباتات وتقليل الحرارة المنبعثة من الأسطح [20].

3- مشروع الزراعة الحضرية "Urban Farming" في اليابان: يستخدم هذا المشروع تقنيات IoT لتحسين فعالية الزراعة العمودية في المناطق الحضرية، وتحسين كفاءة استخدام المياه وتوفير المساحات الخضراء في المناطق الحضرية [21].

تظهر هذه الأمثلة فعالية تقنيات IoT في مكافحة التصحر في المناطق الحضرية، وتحسين فعالية الزراعة والحفاظ على البيئة في المدن.

## المبحث الرابع

**استخدام تقنية IoT في مكافحة التصحر في المناطق الصحراوية**

يمكن استخدام تقنية IoT في مكافحة التصحر في المناطق الصحراوية، وذلك من خلال استخدام أنظمة الري الذكي والأشجار الذكية والزراعة العمودية الذكية وغيرها من الحلول التي تستخدم أجهزة الاستشعار الذكية والتحليل البياناتي لتحسين كفاءة استخدام المياه وتحسين نمو النباتات في البيئة الصحراوية.

تستخدم تقنية IoT في مكافحة التصحر في المناطق الصحراوية أجهزة الاستشعار الذكية لرصد مستوى الرطوبة في التربة ودرجات الحرارة ونوعية التربة والهواء وغيرها من المتغيرات البيئية. ويتم جمع هذه البيانات وتحليلها بواسطة الحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي لتحديد الاحتياجات الدقيقة للمياه والموارد الأخرى، وتحديد التغييرات في الظروف البيئية واتخاذ الإجراءات اللازمة للحفاظ على النباتات والأشجار والمحاصيل.

تستخدم أنظمة الري الذكي في المناطق الصحراوية تقنية الري بالتنقيط والري بالرش لتوفير المياه بكفاءة أكبر، ويتم التحكم في هذه الأنظمة بواسطة أجهزة الاستشعار الذكية التي تقيس مستويات الرطوبة في التربة ودرجات الحرارة وغيرها من المتغيرات البيئية.

وتستخدم الأشجار الذكية في المناطق الصحراوية لتحسين الإنتاجية وتحسين البيئة المحيطة، وتستخدم أجهزة الاستشعار الذكية لرصد النمو والصحة والإنتاجية للأشجار وتوفير الرعاية اللازمة لها. وتستخدم الزراعة العمودية الذكية في المناطق الصحراوية لزيادة الإنتاجية في مساحات صغيرة، وتستخدم أجهزة الاستشعار الذكية لتحديد الاحتياجات الدقيقة للنباتات وتوفير الرعاية اللازمة لها.

بالتالي، يمكن استخدام تقنية IoT في مكافحة التصحر في المناطق الصحراوية وتحسين كفاءة استخدام المياه والموارد الأخرى وتحسين الإنتاجية والجودة في الزراعة والغابات في هذه المناطق [2, 7].

**تطبيق هذه الحلول في المناطق الصحراوية**

يمكن تطبيق تقنيات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الصحراوية، ولكنه يتطلب توافر البنية التحتية الملائمة وتوفر الموارد اللازمة لتطبيق هذه الحلول. تطبيق تقنيات IoT في المناطق الصحراوية يتطلب بعض التحديات، من بينها:

1- نقص المياه: تعتبر المياه أحد أهم التحديات في المناطق الصحراوية، ويتطلب استخدام تقنيات IoT لمكافحة التصحر وجود مصادر مياه مستدامة وفعالة للإمداد بالمياه اللازمة للنباتات.

2- البيئة القاسية: تتميز المناطق الصحراوية بالبيئة القاسية والاختلافات الكبيرة في درجات الحرارة، مما يتطلب استخدام أجهزة الاستشعار الذكية التي تتحمل هذه الظروف الصعبة.

3- الطاقة المستدامة: يتطلب تشغيل تقنيات IoT الطاقة المستدامة، وتوفر المصادر الطاقوية المستدامة في المناطق الصحراوية قد يكون تحديًا.

4- التحديات الاجتماعية: قد يواجه مشروع تقنيات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الصحراوية بعض التحديات الاجتماعية، مثل عدم وجود القدرة على تطبيق هذه التقنيات بسبب نقص التمويل أو عدم الرغبة في التغيير.

ومع ذلك، يمكن استخدام تقنيات IoT لمكافحة التصحر في المناطق الصحراوية من خلال استخدام أنظمة الري الذكي والأشجار الذكية والزراعة العمودية الذكية وغيرها من الحلول التي تستخدم أجهزة الاستشعار الذكية والتحليل البياناتي لتحسين كفاءة استخدام المياه وتحسين نمو النباتات في البيئة الصحراوية [2, 7].

## المبحث الخامس

### التحديات للحلول المستدامة لمكافحة التصحر

قد يكون تنفيذ حلول مستدامة لمكافحة التصحر أمرًا صعبًا بسبب عوامل مختلفة. فيما يلي بعض التحديات التي تمت مواجهتها:

1. التمويل: أحد أكبر التحديات هو التمويل. تتطلب العديد من هذه الحلول استثمارات كبيرة لتنفيذها وصيانتها ، والتي قد يكون من الصعب تأمينها ، خاصة في البلدان النامية حيث الموارد محدودة.

2. الافتقار إلى الإرادة السياسية: يعد الافتقار إلى الإرادة السياسية لتنفيذ هذه الحلول تحديًا آخر. قد لا تعطي بعض الحكومات الأولوية للقضايا البيئية وقد لا ترى قيمة في الاستثمار في الحلول المستدامة.

3. المعرفة والوعي المحدودان: المعرفة والوعي المحدود بالحلول المستدامة وفوائدها يمكن أن يمثل تحديًا أيضًا. يمكن أن يؤدي هذا إلى نقص في الفهم والدعم من المجتمعات المحلية ، مما يجعل من الصعب تنفيذ هذه الحلول بفعالية.

4. تغير المناخ: يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم مشكلة التصحر ، مما يزيد من صعوبة تنفيذ الحلول المستدامة. يمكن أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة ، والتغيرات في أنماط هطول الأمطار ، وزيادة تواتر الظواهر الجوية المتطرفة إلى صعوبة زراعة المحاصيل والحفاظ على الغطاء النباتي.

5. قضايا حيازة الأراضي: يمكن أن تشكل قضايا حيازة الأراضي تحديًا أيضًا. في بعض المناطق ، قد تكون هناك نزاعات حول ملكية الأراضي واستخدامها ، مما قد يجعل من الصعب تنفيذ الحلول المستدامة التي تتطلب التعاون والعمل الجماعي.

6. محدودية الوصول إلى التكنولوجيا والموارد: قد يؤدي الوصول المحدود إلى التكنولوجيا والموارد ، مثل أنظمة الري والأسمدة ، إلى صعوبة تنفيذ الحلول المستدامة.

على الرغم من هذه التحديات ، تم تنفيذ العديد من الحلول المستدامة بنجاح في مناطق مختلفة حول العالم. تتطلب مواجهة هذه التحديات جهودًا تعاونية من الحكومات والمنظمات الدولية والمجتمعات المحلية وأصحاب المصلحة الآخرين لخلق التمويل والإرادة السياسية والمعرفة والموارد اللازمة لتنفيذ الحلول المستدامة بفعالية.

**البنية التحتية المطلوبة لهذه الحلول:**

تتطلب تطبيقات IoT لمكافحة التصحر البنية التحتية المناسبة لتشغيل هذه الحلول بشكل فعال، وتشمل:

1- شبكة اتصالات قوية ومستقرة: حيث تتطلب تطبيقات IoT شبكات اتصال قوية ومستقرة لنقل البيانات بشكل سلس وفعال.

2- أجهزة الاستشعار المتطورة: حيث تتطلب تقنيات IoT أنظمة استشعار متطورة ودقيقة لرصد مستويات الرطوبة ودرجات الحرارة ونوعية التربة والهواء وغيرها من المتغيرات البيئية.

3- السحابة: حيث يتم تخزين البيانات المجمعة من أجهزة الاستشعار في السحابة، وتحليلها وتفسيرها باستخدام تقنيات التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي.

4- البرمجيات الذكية: حيث تتطلب تقنيات IoT استخدام برمجيات ذكية لتحليل البيانات وإدارة الأجهزة وتحسين فعالية الحلول.

5- الطاقة المستدامة: حيث يتطلب تشغيل أجهزة IoT الطاقة المستدامة كالطاقة الشمسية أو الرياح أو الهيدروجين، وذلك لتحسين الاستدامة البيئية وتقليل تكاليف التشغيل.

6- الخبراء والمتخصصين: حيث يتطلب تطبيقات IoT وجود مهندسين وخبراء في مجال التقنيات الحديثة والزراعة والبيئة والمياه لإدارة وتشغيل هذه الحلول بشكل فعال.

بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تتوافر الموارد اللازمة لتنفيذ هذه الحلول بشكل كامل، ومن بين هذه الموارد التمويل والتدريب والدعم المجتمعي.

## الاستنتاج

من خلال هذه الدراسة يمكن استنتاج الأتي:

1. أن تقنية انترنت الاشياء لها دور فعال وهام جدا في المساعدة على مكافحة التصحر.
2. من الواضح أن هذه التقنية يمكن تطبيقها في المناطق الحضرية والصحراوية.
3. أن العوامل الاقتصادية والاجتماعية تلعب دور مهم مما يساهم في استغلال هذه التقنية في الحلول المستدامة لمكافحة التصحر.
4. أن كثير من الدول استفاذة من هذه التقنية لإيجاد حلول مستدامة لمكافحة التصحر والجفاف مثل الري الذكي, الاسطح الخضراء , الزراعة العمودية , مراقبة المراعي وغيرها.
5. هذه التقنية تحتاج إلى بنية تحثية مناسبة لاستخدامها بطريق فعالة وهذا يتمثل في توفير اجهزة الاستشعار, البرمجيات الذكية وكذلك الخبراء المتخصصون.
6. التوعية والتدريب عنصران مهمان جدا لتطبيق وتطوير هذه التقنية.

## التوصيات

للمساهمة في مكافحة ظاهرة التصحر وخاصة في دولة مثل ليبيا والتي تعتبر من الدول المهددة بالجفاف يجب اخذ في الاعتبار النقاط التالية:

1. على المسئولين في الدولة توفير الموارد اللازمة لاستغلال هذه التقنية سواء في المناطق الحضرية أو الصحراية.
2. الاهتمام بالتدريب على مثل هذه التقنيات لكي يتم استغلالها بالطريقة المثلى.
3. الاستفادة من تجارب الدول الاخرى والتي لها ظروف بيئية مشابهة ونفدت بعض الحلول المستدامة باستخدام هذه التقنية.

4. توفير البنية التحتية اللازمة لتنفيد الحلول المستدامة والتي بدورها تساهم في التغلب على ظاهرة التصحر والجفاف وتوفر فرص عمل لكثير من الشباب وخاصة في مجال الزراعة والرعي.
5. في الحالة الليبية يمكن الاستفادة من عدة طرق باستخدام تقنية انترنت الاشياء لمكافحة التصحر مثل :

أ. أنظمة الري الذكية: تستخدم أنظمة الري الذكية أجهزة استشعار لمراقبة مستويات رطوبة التربة والظروف الجوية وعوامل أخرى لتحسين جداول الري وتقليل هدر المياه. يمكن أن يساعد ذلك في الحفاظ على موارد المياه ومنع تدهور التربة.

ب. أنظمة مراقبة الطقس: تستخدم أنظمة مراقبة الطقس أجهزة استشعار وتقنيات أخرى لجمع البيانات حول درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وأحوال الطقس الأخرى. يمكن استخدام هذه البيانات لتحسين الممارسات الزراعية ومنع تدهور التربة.

ت. ، الزراعة الدقيقة وذلك تحسين الممارسات الزراعية مثل الزراعة والتسميد والحصاد. يمكن أن يساعد ذلك في تقليل استخدام المياه ، ومنع تدهور التربة ، وزيادة المحاصيل .

ث. أنظمة مراقبة التربة: تستخدم أنظمة مراقبة التربة أجهزة استشعار وتقنيات أخرى لجمع البيانات عن رطوبة التربة ومستويات المغذيات وعوامل أخرى. يمكن استخدام هذه البيانات لتحسين الممارسات الزراعية ومنع تدهور التربة.

ج. أنظمة مراقبة الثروة الحيوانية: تستخدم أنظمة مراقبة الثروة الحيوانية أجهزة استشعار وتقنيات أخرى لتتبع صحة وسلوك الثروة الحيوانية. يمكن أن يساعد ذلك في منع الرعي الجائر والأنشطة الأخرى التي يمكن أن تؤدي إلى تدهور التربة.

ح. أنظمة مراقبة جودة الهواء: تستخدم أنظمة مراقبة جودة الهواء أجهزة استشعار لقياس مستويات الملوثات مثل الغبار والجسيمات. يمكن استخدام هذه البيانات لتطوير استراتيجيات للحد من تلوث الهواء ومنع تدهور التربة.

**المراجع**


1. Sofia Polymeni, Evangelos Athanasakis, Georgios Spanos, Konstantinos Votis, Dimitrios Tzovaras, “IoT-based prediction models in the environmental context: A systematic Literature Review”, SinceDirect Internet of Things Volume 20, November 2022, 100612
2. Partha Pratim Ray, “Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction”, Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments 9 (2017) 395–420
3. UN environment program, “A green wall to promote peace and restore nature in Africa’s Sahel region”, 2023.
4. Liu, Y., Zhang, X., Wang, X., & Li, H. (2020). IoT-based monitoring and early warning system for desertification. Journal of Sensors, 2020.

5. Ahmed Tawfiq Jamil, " A Systematic Literature Review of Internet of Things Applications in Agriculture" Journal of Research Technology & Engineering, JRTE, October 2022
6. Shivam Pathak , Shivam , Tarun Yadav , Ashish Gupta, "Remote monitoring of Agriculture sector using IOT", International Journal of Aquatic Science ISSN: 2008-8019 Vol 12, Issue 02, 2021
7. Pei Yang , Lifeng Wu , , Minghui Cheng , Junliang Fan , Sien Li , Haidong Wang and Long Qian," Review on Drip Irrigation: Impact on Crop Yield, Quality, and Water Productivity in China", Water 2023, 15, 1733. https://doi.org/10.3390/w15091733
8. Shah Fahad , Sangram Bhanudas Chavan , Akash Ravindra Chichaghare , Appanderanda Ramani Uthappa , Manish Kumar , Vijaysinha Kakade , Aliza Pradhan , Dinesh Jinger , Gauri Rawale , Dinesh Kumar Yadav , Vikas Kumar , Taimoor Hassan Farooq , Baber Ali , Akshay Vijay Sawant , Shah Saud , Shouyue Chen and Peter Poczai ," Agroforestry Systems for Soil Health Improvement and Maintenance", Sustainability 2022, 14, 14877. https://doi.org/10.3390/su142214877
9. Saeed H Aldulaimi and Marwan M Abdeldayem, "Examining the impact of renewable energy technologies on sustainability development in the middle east and north Africa region", International Journal of Engineering Business Management, Volume 14: 1–13, 2022
10. Bernard Ijesunor Akhigbe , Kamran Munir , Olugbenga Akinade , Lukman Akanbi and Lukumon O. Oyedele, "IoT Technologies for Livestock Management: A Review of Present Status, Opportunities, and Future Trends. Big Data Cogn. Comput. 2021, 5, 10. https://doi.org/10.3390/bdcc5010010
11. Chrysanthos Maraveas, "Incorporating Artificial Intelligence Technology in Smart Greenhouses: Current State of the Art", Appl. Sci. 2023, 13, 14. https://doi.org/10.3390/app13010014
12. D. Li, T. Nanseki, Y. Chomei, and J. Kuang, "A Review of Smart Agriculture and Production Practices in Japanese Large-Scale Rice Farming," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–31, 2022.

13. UNITED NATIONS, "Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Thematic assessment of land degradation and restoration", Medellin, Colombia, 18–24 March 2018
14. S. Paul, B. Sunil, and A. A. A. M. Ali, "Green IoT and sustainability in the UAE post pandemic for an eco-friendly and sustainable smart agriculture," in *2022 8th International Conference on Information Technology Trends (ITT)*, 2022, pp. 124–129.
15. N. Alrobah and N. Khan, "Proposing Guideline for Conclusive use of Smart Agriculture Application in KSA," in *2020 International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT-1441)*, 2020, pp. 1–5.
16. K. E. Abd El Mowla and H. H. Abd El Aziz, "Economic analysis of climate-smart Agriculture in Egypt," *Egypt. J. Agric. Res.*, vol. 98, no. 1, pp. 52–63, 2020.
17. S. El-Shawa, M. Alzurikat, J. Alsaadi, G. Al Sona, and Z. A. Shaar, "Jordan Space Research Initiative: Societal Benefits of Lunar Exploration and Analog Research," *Acta Astronaut.*, vol. 200, no. 2, pp. 574–585, 2022.
18. S. Note, "The role of food and agriculture for job creation and poverty reduction in Jordan and Lebanon," *World Bank Agric. Sect. Note*, vol. 1, no. 1, pp. 11–20, 2018.
19. Pinar Kirci *, Erdinc Ozturk and Yavuz Celik, "A Novel Approach for Monitoring of Smart Greenhouse and Flowerpot Parameters and Detection of Plant Growth with Sensors", Agriculture 2022, 12, 1705. https://doi.org/10.3390/agriculture12101705
20. Giouli Mihalakakou , Manolis Souliotis , Maria Papadaki , Penelope Menounou , Panayotis Dimopoulos , Dionysia Kolokotsa , John A. Paravantis , Aris Tsangrassoulis , Giorgos Panaras , Evangelos Giannakopoulos , Spiros Papaefthimiou," Green roofs as a nature-based solution for improving urban sustainability:Progress and perspectives", Renewable and Sustainable Energy Reviews ,Volume 180, July 2023, 113306
21. Soojin Oh and Chungui Lu, "Vertical farming - smart urban agriculture for enhancing resilience and sustainability in food security", The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 2023, Vol. 98, No. 2, 133–140