

## تطبيقات التحول الرقمي في التنمية المستدامة: الزراعة الرقمية

د. غدير الهوشي<sup>1</sup>

## المستخلص

يلعب التحول الرقمي دوراً مهماً في التنمية المستدامة للزراعة من خلال دمج تقنيات تكنولوجيا المعلومات الجديدة، وتعزيز الأداء الاقتصادي، ومعالجة التحديات والفرص في الصناعة. تسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية الرقمنة في الزراعة، مع التأكيد على الحاجة إلى نتائج اقتصادية أفضل لزيادة الاستثمارات لحماية البيئة. تتيح الرقمنة الدقيقة للزراعة تحليل التربة والكيماويات الزراعية، والتنبؤ بالأمراض والأفات، مما يؤدي إلى إدارة أكثر كفاءة للموارد وخفض التكاليف في إنتاج المحاصيل. من خلال استخدام نماذج التعلم الآلي لتحليل بيانات التربة واقتراح المحاصيل المناسبة لحقول محددة، تعمل الأدوات الرقمية على تمكين المزارعين من اتخاذ قرارات مستنيرة وتعزيز نمو النبات وضمان الممارسات الزراعية المستدامة. بشكل عام، لا يؤدي دمج التقنيات الرقمية في الزراعة إلى زيادة المحاصيل فحسب، بل يساهم أيضاً في التنمية طويلة الأجل ومرونة القطاع الزراعي. تلعب أجهزة إنترنت الأشياء دوراً مهماً في زيادة غلة المحاصيل من خلال توفير بيانات في الوقت الفعلي حول العوامل الأساسية مثل رطوبة التربة والمعادن وكثافة الضوء، مما يمكن المزارعين من اتخاذ قرارات استشرافية لتحسين نمو المحاصيل وإنتاجيتها. تستخدم هذه الأجهزة أجهزة استشعار لجمع البيانات عن بُعد ونقلها إلى المنتجين على الفور، مما يسمح بمراقبة وإدارة المناطق الزراعية بكفاءة. يمكن للمزارعين تحسين ممارساتهم الزراعية وتحسين الإنتاج من خلال دمج إنترنت الأشياء مع نماذج التعلم الآلي، مثل تحليل قيم NPK للتربة لاقتراح محاصيل مناسبة لحقول معينة، بالإضافة إلى ذلك، تعمل أجهزة إنترنت الأشياء على تسهيل إنجاز الوظائف تلقائياً ونقل البيانات والاستقبال عبر الإنترنت، مما يوفر عدداً كبيراً من معايير تحليل البيانات التي تساهم في تعزيز الإنتاجية الزراعية والاستدامة.

الكلمات المفتاحية: تحول رقمي، تنمية، استدامة، بيانات ضخمة، استشعار عن بعد

انتساب الباحث  
<sup>1</sup> كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين،  
سوريا، اللاذقية، 35111<sup>1</sup> ghadeerrafikalhoushi@gmail.com<sup>1</sup> المؤلف المراسلمعلومات البحث  
تاريخ النشر: أيلول 2024

## Affiliation of Author

<sup>1</sup> Faculty of Agricultural  
Engineering, Tishreen University,  
University State Syria, University  
City Latakia, University City Zip  
Code 35111<sup>1</sup> ghadeerrafikalhoushi@gmail.com<sup>1</sup> Corresponding Author

## Paper Info.

Published: Sept. 2024

Applications of Digital Transformation in Sustainable Development: Digital  
AgricultureDr. Ghadeer Alhoushi<sup>1</sup>

## Abstract

Digital transformation plays an important role in the sustainable development of agriculture by integrating new IT technologies, enhancing economic performance, and addressing challenges and opportunities in the industry. This study highlights the importance of digitalization in agriculture, emphasizing the need for better economic outcomes for increased investments to protect the environment. Precision digitalization of agriculture enables analysis of soil and agrochemicals, and prediction of diseases and pests, leading to more efficient resource management and reduced costs in crop production. By using machine learning models to analyze soil data and suggest suitable crops for specific fields, digital tools are empowering farmers to make informed decisions, enhance plant growth and ensure sustainable agricultural practices. Overall, integrating digital technologies into agriculture not only increases yields, but also contributes to the long-term development and resilience of the agricultural sector. IoT devices play an important role in increasing crop yields by providing real-time data on key factors such as soil moisture, minerals and light intensity, enabling farmers to make forward-looking decisions to improve crop growth and productivity. These devices use sensors to collect data remotely and transmit it to producers instantly, allowing agricultural areas to be monitored and managed efficiently. By integrating IoT with machine learning models, such as analyzing soil NPK values to suggest suitable crops for specific fields, farmers can improve their

agricultural practices and improve production. In addition, IoT devices facilitate automated job completion, data transmission and reception over the Internet, providing a plethora of data analysis standards that contribute to enhancing agricultural productivity and sustainability.

**Keywords:** Digital Transformation, Development, Sustainability, Big Data, Remote Sensing, Technologies

## المقدمة

برزت أهمية تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التنمية الزراعية المستدامة، حيث توفر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات للمزارعين أحدث المعلومات عن الطقس وخصائص التربة ووضع المحاصيل الحالي والتنبؤ بالإنتاج المتوقع، مما يتيح إدارة حكيمة للموارد لتمكين المزارعين من اتخاذ قرارات أكثر دقة واستخدام الموارد بشكل أفضل وزيادة الغلات الزراعية. تعزز التكنولوجيا الممارسات المستدامة والوصول إلى الأسواق وتبادل المعرفة، مما يساعد على الازدهار الاقتصادي [1].

في ظل تزايد التأثيرات العالمية غير المستدامة مثل الفقر والجوع والتلوث يعد بناء الزراعة المستدامة (SA) في العصر الرقمي عاملاً جوهرياً لبقاء البشرية. أظهرت نتائج الأبحاث أن التكنولوجيا تلعب دوراً مهماً في تطوير الزراعة المستدامة، حيث يمكن للتكنولوجيا الرقمية أن تنقل البلدان النامية إلى مراكز متقدمة [2].

أصبح اللجوء إلى استخدام المدخلات الكيماوية الزراعية مثل الأسمدة والمبيدات الحشرية بشكل مكثف حلاً شائعاً لزيادة إنتاج الغذاء ومواجهة التحديات التي قد تطرأ نتيجة للنمو السكاني على المدى الطويل [3] ومع ذلك، فإن الأزمة الزراعية الحالية واستراتيجيات التصدي لها قصيرة النظر لا تسهم في تحقيق التنمية البشرية المستدامة [4].

وقد خلصت منظمة الأغذية والزراعة إلى حلول رئيسية للتناقضات الحالية في الإنتاج الزراعي في ثلاثة مجالات رئيسية، وهي القضاء على الفقر وتوفير الدخل للقضاء على جميع أشكال الفقر، وضمان الأمن الغذائي للقضاء على جميع أشكال الجوع، وتبني الزراعة الخضراء منخفضة الكربون وصديقة للبيئة [5].

## استخدام التكنولوجيا الرقمية لزيادة الإنتاجية الزراعية:

لقد كان الأمن الغذائي الزراعي إحدى المشاكل الأكثر إلحاحاً في العالم منذ عقود. توفر التقنيات الزراعية المستدامة أملاً كبيراً في مكافحة الفقر العالمي. لقد أدى استخدام التكنولوجيا الزراعية

الزراعية إلى تغيير الحالة الغذائية في جميع أنحاء العالم نحو الأفضل، فالزراعة الرقمية (DA) هي أول تقنية تساعد في تلبية احتياجات العالم من الإنتاج الغذائي المستدام، حيث أن دمج فروع مختلفة من تكنولوجيا DA مثل الذكاء الاصطناعي والأتمتة والروبوتات وأجهزة الاستشعار وإنترنت الأشياء (IoT) وتحليلات البيانات في العمليات الزراعية لتقليل النفايات وزيادة الإنتاجية الزراعية وزيادة إنتاجية المحاصيل [6].

يمكن أن يساعد ذلك في التحول من العمليات الشاقة إلى العمليات الآلية بشكل مستمر، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج الزراعي من خلال تمكين إمكانية تتبع المنتجات والعمليات. يوفر تطبيق الزراعة الرقمية لمنتجات الأغذية الزراعية ملاحظات دقيقة وفي الوقت الحقيقي فيما يتعلق بالميزات المختلفة التي تؤثر على إنتاجيتهم، مثل صحة النبات وجودة التربة والظروف الجوية والآفات والأمراض، ويمكن أن يساعد تحليل النتائج التي حققتها DA المنتجين الزراعيين والعلماء على اتخاذ قرارات أفضل لزيادة الإنتاجية وتحسين الكفاءة وخفض التكاليف وإدارة الموارد [6].

بشكل عام، تعني الزراعة الرقمية (DA) استخدام الأدوات والحلول الحديثة القائمة على مراقبة البيانات والتحليل والإحصاءات في الزراعة لتحسين النظام الزراعي، وزيادة الجودة والكفاءة، وتقليل النفايات، والحد من الآفات والأمراض. السرعة، إذ أن استخدام التقنيات الرقمية يمكن أن يقدم مجموعة متنوعة من التقنيات التي من شأنها إحداث تحول في إنتاج الغذاء في العديد من المناطق الأحيائية حول العالم [7].

وبمساعدة DA يمكن للمزارعين والباحثين استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) لجمع البيانات من الأقمار الصناعية وأجهزة الاستشعار والأشياء المتصلة والهواتف المحمولة وتخزين البيانات وتوزيعها، عبر الشبكات الأرضية أو الفضائية عالية السرعة، السحابية، ويمكن استخدام DA في أنواع مختلفة من النظم الإيكولوجية الزراعية وفي مراحل مختلفة من إنتاجها، في الميدان (تحسين الأنشطة الزراعية)، في خدمات الدعم

تهدف أنظمة الإدارة الزراعية القائمة على السحابة مثل Smart Farm و AgriVi إلى دمج هذه المعلومات من مصادر مختلفة في عمليات صنع القرار. يوفر الجمع بين هذه العوامل للمزارعين معلومات لإدارة التخطيط بشكل أفضل، وهو ما لم يكن متاحًا في السابق إلا للمزارع الكبيرة [11]. تم تجهيز هذه التقنية بأنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار مثل أجهزة الاستشعار الرادارية والحرارية والمتعددة الأطياف التي تسهل التقاط بيانات عالية الدقة من المسطحات المائية والغطاء النباتي والأرض والأشياء التي من صنع الإنسان بالإضافة إلى المعالم الطبيعية. ومقارنة بالصور التي تم الحصول عليها من الأقمار الصناعية، فإن مجموعات البيانات التي تم جمعها بواسطة طائرات بدون طيار والمدمجة مع أجهزة استشعار التصوير عالية الدقة يمكن أن توفر للمزارعين دقة أعلى. يستخدم الاستشعار عن بعد المعتمد على الطائرات بدون طيار في المقام الأول لمراقبة خصائص التربة وإجهاد المحاصيل، وهذا يوفر معلومات مفيدة يمكن استخدامها لتحسين عمليات صنع القرار فيما يتعلق بمكافحة الآفات والتسميد والري. هناك طائرات كبيرة بدون طيار مثل الطائرات الأحادية، والطائرات الأحادية (المروحيات)، والأنظمة الهجينة (الإقلاع والهبوط)، والمروحيات متعددة المروحيات (الدرون) [12].

● **الإنتاج الزراعي باستخدام الآلات الإلكترونية والروبوتات**  
إن تطوير أنظمة الطاقة مدفوع بشكل أساسي بالحاجة المتزايدة لتقليل الضوضاء والانبعاثات. يتم تشغيل الروبوتات والآلات الكهربائية بمصادر الطاقة التي يمكن استخدامها كآلات حديثة في DA لزيادة الإنتاجية وتقليل تكاليف المدخلات. وبمساعدة هذه الآلات أو الروبوتات البالغ عددها، يمكن للعديد من المزارع توليد الكهرباء من مصادر متجددة [13].

ومن الأمثلة على هذه الاستراتيجية قيد التنفيذ هو مشروع SunBot التابع للشراكة الأوروبية للابتكار في الزراعة والزراعة المستدامة. بدأ هذا المشروع في أواخر عام 2018 وركز على استخدام مولدات للطاقة الشمسية وجزازات العشب للاستفادة بشكل أفضل من موارد المساحات الخضراء [14].

تساهم الآلات الكهربائية والروبوتات المتنقلة في التحول الرقمي للزراعة من خلال استبدال السائقين والبشر بالذكاء الاصطناعي، وعلى الرغم من إمكانية تقديم هذه المساهمة، إلا أن التكنولوجيا لا تزال في المرحلة التجريبية من التطوير وتنتظر التنفيذ في شركة أو عملية كبيرة [15].

خدمات استشارية زراعية جديدة تعتمد على البيانات المدمجة) أو على مستوى إقليمي (إدارة المياه)، ويمكن استخدامها أيضًا في سلسلة القيمة (تحسين المدخلات مثل البذور، وتحسين التوازن بين الإنتاج والأسواق) [8].

تكمُن أهمية البحث في الأهمية المحتملة للتكنولوجيات الرقمية في النظم الزراعية، والتي يمكن أن توفر حلولاً استراتيجية لتحسين كفاءة وفعالية الإنتاج الزراعي، ويمكن أن تتيح الاعتماد على تقنيات إنتاج الغذاء الحديثة مثل الزراعة المائية، والزراعة الهوائية، والزراعة المائية، بما في ذلك الزراعة العمودية، لذلك هدف البحث للإجابة عن الأسئلة التالية:

- ما هي التقنيات المستخدمة في الزراعة؟
  - ما هو الأثر الذي يمكن أن تحدثه هذه التكنولوجيا على القطاع الزراعي من حيث الإنتاج الغذائي المستدام؟
  - ما هي تطبيقات هذه التقنية؟
- تعتمد خطة التنمية على أدوات العمل الخمس التالية التي تؤدي عند جمعها معاً إلى الابتكار: (1) وفرة البيانات الناتجة عن تطوير أجهزة الاستشعار (من أجهزة الاستشعار النانوية إلى الأقمار الصناعية) وتبسيط الاتصالات والتخزين، (2) الزيادة في قوة الحوسبة، وتطبيق الذكاء الاصطناعي وطرق النمذجة الجديدة التي تقدمها، (3) شبكات الاتصالات وتبادل البيانات، (4) تقنيات إدارة المعلومات وصنع القرار في الزراعة، (5) الأتمتة والتحكم والروبوتات [9].

#### تطبيقات التكنولوجيا الرقمية في الزراعة:

يُتيح التحول الرقمي للمزارعين إدارة حقولهم وأنشطتهم الزراعية بكفاءة أكبر. وفي المستقبل القريب، سيتم ربط جميع الآلات والمعدات الزراعية بإنترنت الأشياء، مما سيمكن من الاتصال التلقائي والتحكم واتخاذ القرار في الوقت الفعلي. هذا يمكن أن يقلل من الحاجة إلى العمالة البشرية، مما يزيد من الإنتاجية والدخل [10]، وذلك من خلال التطبيقات التالية:

- **الاستشعار عن بعد باستخدام الطائرات بدون طيار**  
يعتبر الاستشعار عن بعد المعتمد على الطائرات بدون طيار بمثابة تطبيق للمركبات الجوية بدون طيار (UAVs)، لجمع الصور والمعلومات عن سطح الأرض (في هذا التقرير يشير إلى مجال الزراعة) من الجو [10].

كاميرات وأجهزة استشعار خاصة من الهيئات الحكومية في شكل تقارير ولوائح، ومن المنظمات الخاصة من خلال خدمات الويب عبر الإنترنت، من المزارعين في شكل معرفة من خلال الدراسات الاستقصائية، أو من وسائل التواصل الاجتماعي [21].

#### الاستنتاجات

1. تُعد الزراعة الرقمية عنصراً هاماً في تحقيق التنمية المستدامة من خلال التغلب على التحديات والاستفادة من الفرص المتاحة.
2. تمثل تطبيقات الزراعة الرقمية في إنتاج المحاصيل تقدماً كبيراً في الطريقة التي نتعامل بها مع الزراعة اليوم.
3. أدى استخدام الزراعة الدقيقة، وتحليلات البيانات، والاستشعار عن بعد، إلى تحويل الممارسات التقليدية إلى نظام حديث وفعال قادر على تلبية متطلبات العدد المتزايد من سكان العالم.

#### التوصيات

مع استمرار تطور التكنولوجيا، ستزداد إمكانية حدوث المزيد من الابتكارات في إنتاج النباتات. يعد تبني هذه الحلول الرقمية أمراً ضرورياً لتحسين الممارسات الزراعية في المستقبل وضمان الأمن الغذائي بشكل مستدام ومسؤول. علاوة على ذلك، فإن تنفيذ المزارعين حول هذه الأدوات سيكون أمراً حيوياً في إنشاء قطاع زراعي مرن للأجيال القادمة.

#### المصادر

- [1]. SHAKTAWAT, Pallavi; SWAYMPRAVA, Sharmistha. Digital Agriculture: Exploring the Role of Information and Communication Technology for Sustainable Development. Ed. Biswajit Mallick and Jyotishree Anshuman published by PMW, New Delhi, 2024, 31.
- [2]. LIU, Liqun; LIU, Kai. Can digital technology promote sustainable agriculture? Empirical evidence from urban China. *Cogent Food & Agriculture*, 2023, 9.2: 2282234.

#### • العمليات الآلية باستخدام الاتصال اللاسلكي وإنترنت الأشياء:

يشتمل نظام الأتمتة القائم على إنترنت الأشياء على عقد استشعار والعديد من أجهزة إعادة الإرسال وأجهزة الاستقبال المترابطة عبر الحقل لزيادة إنتاجية وربحية الزراعة الرقمية من خلال فهم أفضل للتفاعلات بين التربة والمحاصيل والطقس [16].

يعد الوصول إلى البيانات في نظام المراقبة اللاسلكية محدود لأن عقدة الاستقبال تحفظ البيانات على مضيف محلي. في المقابل، تقوم عقدة الاستقبال في أنظمة المراقبة القائمة على إنترنت الأشياء بتحميل البيانات إلى خادم الويب حتى يتمكن أي جهاز عميل متصل بالإنترنت من الوصول إليها [17].

يتم إدخال القياسات التي يتم الحصول عليها من العديد من أجهزة الاتصال اللاسلكية في نظام دعم القرار التقليدي أو نموذج نمو المحاصيل المدعوم بخوارزميات الذكاء الاصطناعي من خلال استخدام اتصالات الإنترنت وأنظمة التدفق السحابية في الزراعة واسعة النطاق، مع النهاية هدف تعظيم كفاءة الإنتاج والربحية [18].

#### • تحليل البيانات الضخمة Big Data:

أدت التطورات السريعة في تقنيات إنترنت الأشياء والحوسبة السحابية إلى زيادة حجم البيانات بشكل لا يقاس. تتضمن هذه البيانات، والتي يشار إليها أيضاً باسم البيانات الضخمة (BD)، محتوى نصياً (أي منظم وشبه منظم وغير منظم)، ومحتوى الوسائط المتعددة (مثل مقاطع الفيديو والصور والصوت) [19].

ويشار إلى عملية فحص هذه البيانات للكشف عن الأنماط المخفية، والعلاقات غير المعروفة، واتجاهات السوق، وتفضيلات العملاء، وغيرها من المعلومات المفيدة باسم تحليلات البيانات الضخمة (BDA). تتميز البيانات الضخمة عادةً وفقاً لخمسة أبعاد محددة بخمسة أبعاد، وهي: القيمة، الحجم، السرعة، التنوع، والصدق [20].

يعد نموذج الزراعة الذكية القائمة على التنوع البيولوجي جديداً نسبياً، ولكن اتجاه هذا التطبيق إيجابي لأنه يتمتع بالقدرة على إحداث تغيير ثوري في سلسلة الإمدادات الغذائية والأمن الغذائي من خلال زيادة الإنتاج، وعادة ما يتم توليد البيانات الضخمة الزراعية من مختلف القطاعات والمراحل الزراعية، والتي يمكن جمعها إما من الحقول الزراعية من خلال أجهزة الاستشعار الأرضية، والمركبات الجوية، والمركبات الأرضية باستخدام

- documents. *Ecosystem Services*, 2020, 45: 101183.
- [11]. KHANNA, Abhishek; KAUR, Sanmeet. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and electronics in agriculture*, 2019, 157: 218-231.
- [12]. COMBA, Lorenzo, et al. Leaf Area Index evaluation in vineyards using 3D point clouds from UAV imagery. *Precision Agriculture*, 2020, 21: 881-896.
- [13] GORJIAN, Shiva, et al. The advent of modern solar-powered electric agricultural machinery: A solution for sustainable farm operations. *Journal of cleaner production*, 2021, 292: 126030.
- [14]. MOCERA, Francesco; MARTINI, Valerio; SOMÀ, Aurelio. Comparative analysis of hybrid electric architectures for specialized agricultural tractors. *Energies*, 2022, 15.5: 1944.
- [15]. DAS, Gautham P., et al. Applications of robotic and solar energy in precision agriculture and smart farming. In: *Solar energy advancements in agriculture and food production systems*. Academic Press, 2022. p. 351-390.
- [16]. ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of economic perspectives*, 2019, 33.2: 3-30.
- [17]. SANJEEVI, P., et al. Precision agriculture and farming using Internet of Things based on wireless sensor network. *Transactions on*
- [3]. ROUSSAKI, Ioanna, et al. Building an interoperable space for smart agriculture. *Digital Communications and Networks*, 2023, 9.1: 183-193.
- [4]. CHANDIO, Abbas Ali, et al. Does internet technology usage improve food production? Recent evidence from major rice-producing provinces of China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2023, 211: 108053.
- [5]. CAPUTO, Paola, et al. Energy-environmental assessment of the UIA-OpenAgri case study as urban regeneration project through agriculture. *Science of the Total Environment*, 2020, 729: 138819.
- [6]. ABIRI, Rambod, et al. Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. *Heliyon*, 2023.
- [7]. SCHOLZ, Roland W., et al. Unintended side effects of the digital transition: European scientists' messages from a proposition-based expert round table. *Sustainability*, 2018, 10.6: 2001.
- [8]. SARKAR, Sara F., et al. Enabling a sustainable and prosperous future through science and innovation in the bioeconomy at Agriculture and Agri-Food Canada. *New biotechnology*, 2018, 40: 70-75.
- [9]. BANHAZI, Thomas M., et al. Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2012, 5.3: 1-9.
- [10]. LAJOIE-O'MALLEY, Alana, et al. The future (s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy

- [20]. CHI, Mingmin, et al. Big data for remote sensing: Challenges and opportunities. *Proceedings of the IEEE*, 2016, 104.11: 2207-2219.
- [21]. TESFAYE, Kindie, et al. Targeting drought-tolerant maize varieties in southern Africa: a geospatial crop modeling approach using big data. 2016.
- Emerging Telecommunications Technologies*, 2020, 31.12: e3978.
- [18]. POPESCU, Dan, et al. Advanced UAV-WSN system for intelligent monitoring in precision agriculture. *Sensors*, 2020, 20.3: 817.
- [19]. SIVARAJAH, Uthayasankar, et al. Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. *Journal of business research*, 2017, 70: 263-286.