



إمكانات تطبيق الزراعة الذكية في الساحل الليبي: دراسة جغرافية تحليلية

د. منى داوود العاصي

قسم الموارد والبيئة بكلية الآداب والعلوم الإيباء - جامعة بنغازي

المخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل إمكانات تطبيق الزراعة الذكية في الساحل الليبي في ضوء الخصائص الجغرافية والبيئية والاقتصادية للمنطقة. تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، مع الاستفادة من الأدبيات الحديثة المتعلقة بالتكنولوجيا الزراعية. توصلت الدراسة إلى أن الساحل الليبي يمتلك مقومات طبيعية وبشرية مناسبة لتطبيق الزراعة الذكية، إلا أن هناك تحديات تتعلق بالبنية التحتية، والتمويل، والكوادر البشرية. وتوصي الدراسة بضرورة تبني سياسات وطنية داعمة للتحويل نحو الزراعة الذكية لتحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: الزراعة الذكية، الساحل الليبي، الاستدامة، التكنولوجيا الزراعية، الأمن الغذائي.

Summary:

This study aims to analyze the possibilities of applying smart agriculture in the Libyan coast in light of the geographic, environmental, and economic characteristics of the region. The study employs a descriptive analytical methodology and draws on contemporary literature related to agricultural technology. The findings indicate that the Libyan coast has the natural and human resources suitable for the implementation of smart agriculture; however, there are challenges regarding infrastructure, funding, and human resources. The study recommends that national policies should be adopted to support the transition to smart agriculture in order to achieve food security and sustainable development.

Keywords: smart agriculture, Libyan coast, sustainability, agricultural technology, food security.



المقدمة:

تشهد النظم الزراعية على المستوى العالمي تحولاً جوهرياً نحو تبني الرقمنة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، فيما يُعرف بالزراعة الذكية (Smart Agriculture)، والتي تقوم على دمج التقنيات الحديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT)، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والاستشعار عن بُعد، وتحليل البيانات الضخمة في مختلف مراحل الإنتاج الزراعي. (FAO, 2021) ويهدف هذا التحول إلى رفع كفاءة استخدام الموارد، وتحسين الإنتاجية، وتعزيز القدرة على التكيف مع التغيرات البيئية والمناخية، بما يساهم في تحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة.

وفي هذا السياق، تواجه الدول ذات البيئات الهشة وشبه الجافة، ومن بينها ليبيا، تحديات مركبة في القطاع الزراعي، تتمثل في محدودية الموارد المائية، وتدهور التربة، والتوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية، إلى جانب التأثيرات المتزايدة للتغيرات المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة وعدم انتظام معدلات الهطول. (World Bank, 2022) كما أن الاعتماد التقليدي على أساليب الزراعة التقليدية يزيد من حدة هذه التحديات، ويقلل من كفاءة الإنتاج الزراعي.

ويُعد الساحل الليبي، الممتد على طول البحر الأبيض المتوسط، من أبرز الأقاليم الجغرافية التي تتمتع بخصائص طبيعية متميزة، تشمل مناخاً متوسطياً معتدلاً نسبياً، وتنوعاً في التربة، وقرباً من مصادر المياه (البحرية والجوفية)، فضلاً عن تركز الكثافة السكانية والأنشطة الاقتصادية. هذه الخصائص تجعل من هذا الإقليم مجاًلاً واعداً لتطبيق تقنيات الزراعة الذكية، خصوصاً في ظل الحاجة إلى إدارة الموارد بكفاءة عالية.

ومن منظور جغرافي، تبرز أهمية دراسة العلاقة بين الخصائص الطبيعية (المناخ، التربة، التضاريس) والخصائص البشرية (التوزيع السكاني، البنية التحتية، الأنشطة الاقتصادية) في تحديد مدى قابلية المنطقة لتبني نماذج الزراعة الذكية. إذ تتيح الأدوات الجغرافية الحديثة، مثل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد، إمكانيات كبيرة لتحليل البيانات المكانية، ورصد التغيرات البيئية، واتخاذ قرارات زراعية مبنية على أسس علمية دقيقة.

وعليه، تأتي هذه الدراسة لتسليط الضوء على إمكانات تطبيق الزراعة الذكية في الساحل الليبي، من خلال تحليل المقومات الجغرافية الطبيعية والبشرية، واستكشاف دور التكنولوجيا في تحسين إدارة الموارد الزراعية،



وزيادة الإنتاجية، وتقليل الفاقد، بما ينسجم مع متطلبات التنمية المستدامة. كما تهدف الدراسة إلى تقديم إطار تحليلي يمكن من خلاله تقييم واقع الزراعة في المنطقة، واقتراح آليات عملية لتبني التقنيات الذكية بما يتلاءم مع الخصوصية البيئية والاقتصادية لليبيا.

وتتبع أهمية هذه الدراسة من كونها تربط بين الجغرافيا التطبيقية والتكنولوجيا الحديثة، وتفتح المجال أمام تطوير استراتيجيات زراعية قائمة على المعرفة، تسهم في مواجهة التحديات الراهنة وتحقيق الأمن الغذائي على المستوى الوطني.

إشكالية البحث:

على الرغم من الإمكانيات الطبيعية التي يتمتع بها الساحل الليبي، إلا أن القطاع الزراعي لا يزال يعاني من انخفاض الكفاءة الإنتاجية وضعف استغلال الموارد، خاصة في ظل التحديات المرتبطة بندرة المياه، وتدهور التربة، والتغيرات المناخية. كما أن الاعتماد على الأساليب التقليدية في الزراعة يحدّ من القدرة على تحقيق تنمية زراعية مستدامة.

وفي المقابل، تبرز الزراعة الذكية كأحد الحلول الحديثة التي أثبتت فعاليتها عالمياً في تحسين الإنتاجية وترشيد استخدام الموارد، إلا أن تطبيقها في ليبيا لا يزال محدوداً ويواجه عدة معوقات، منها ضعف البنية التحتية التكنولوجية، وقلة الوعي التقني، وغياب التخطيط المكاني المبني على أدوات جغرافية حديثة.

وعليه، تتمحور إشكالية الدراسة حول التساؤل الرئيس التالي:

إلى أي مدى يمكن توظيف تقنيات الزراعة الذكية في الساحل الليبي في ضوء المقومات الجغرافية الطبيعية والبشرية لتحقيق تنمية زراعية مستدامة؟

ويتفرع عن هذا التساؤل عدد من الأسئلة الفرعية:

- ما أهم المقومات الجغرافية (الطبيعية والبشرية) في الساحل الليبي؟
- ما مدى ملائمة هذه المقومات لتطبيق تقنيات الزراعة الذكية؟
- ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق الزراعة الذكية في المنطقة؟
- كيف يمكن توظيف نظم المعلومات الجغرافية في دعم اتخاذ القرار الزراعي؟



فرضيات البحث

تنطلق الدراسة من مجموعة من الفرضيات العلمية التي تسعى لاختبارها، وهي:

- توجد علاقة ذات دلالة بين الخصائص المناخية والتربة في الساحل الليبي وإمكانية تطبيق الزراعة الذكية .
- يسهم استخدام تقنيات الزراعة الذكية في تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية وزيادة الإنتاج الزراعي .
- تعيق ضعف البنية التحتية التكنولوجية والكوادر البشرية المتخصصة انتشار الزراعة الذكية في ليبيا .
- يمكن لنظم المعلومات الجغرافية أن تلعب دوراً فعالاً في تحديد المناطق الأكثر ملاءمة لتطبيق الزراعة الذكية.

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، من أبرزها:

- تحليل الخصائص الجغرافية الطبيعية (المناخ، التربة، المياه) للساحل الليبي .
- دراسة الخصائص البشرية (السكان، النشاط الاقتصادي، البنية التحتية) وتأثيرها على الزراعة .
- تقييم مدى ملاءمة الساحل الليبي لتطبيق تقنيات الزراعة الذكية .
- إبراز دور التكنولوجيا الحديثة (GIS)، الاستشعار عن بعد، (IoT) في تطوير القطاع الزراعي .
- اقتراح آليات واستراتيجيات لتبني الزراعة الذكية بما يتناسب مع البيئة الليبية .

أهمية الدراسة

أولاً: الأهمية العلمية

- تسهم في إثراء الأدبيات العلمية في مجال الجغرافيا التطبيقية والزراعة الذكية .
- تربط بين العلوم الجغرافية والتكنولوجيا الحديثة في إطار تحليلي متكامل .



- تقدم نموذجًا بحثيًا يمكن تطبيقه في مناطق مشابهة ذات ظروف بيئية قريبة .

ثانيًا: الأهمية التطبيقية

- تدعم متخذي القرار في وضع سياسات زراعية قائمة على أسس علمية .
- تساعد في تحسين إدارة الموارد الطبيعية، خاصة المياه .
- تسهم في تحقيق الأمن الغذائي وتقليل الاعتماد على الاستيراد .
- تقدم حلولًا عملية لمواجهة التغيرات المناخية في القطاع الزراعي.

منهجية الدراسة

تعتمد الدراسة على مزيج من المناهج العلمية لتحقيق أهدافها، وهي:

المنهج الوصفي التحليلي

يستخدم لوصف وتحليل الخصائص الجغرافية الطبيعية والبشرية للساحل الليبي، وربطها بإمكانات تطبيق الزراعة الذكية.

المنهج المكاني (الجغرافي)

من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل البيانات المكانية، وتحديد المناطق الأكثر ملاءمة للتطبيق.

منهج الاستشعار عن بُعد

لاستخدام صور الأقمار الصناعية في دراسة الغطاء النباتي، وأنماط استخدام الأرض، والتغيرات البيئية.

المنهج المقارن

لمقارنة التجارب الدولية في الزراعة الذكية مع الواقع الليبي، واستخلاص أفضل الممارسات.



حدود الدراسة

- **الحدود المكانية:** الساحل الليبي الممتد على البحر المتوسط .
- **الحدود الزمنية:** الفترة المعاصرة (مع التركيز على السنوات الأخيرة المرتبطة بالتحول الرقمي) .
- **الحدود الموضوعية:** دراسة تطبيقات الزراعة الذكية وعلاقتها بالمقومات الجغرافية .

المصطلحات الأساسية

- **الزراعة الذكية:** استخدام التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي لتحسين الإنتاج الزراعي وكفاءة الموارد .
- **نظم المعلومات الجغرافية (GIS):** أنظمة حاسوبية لتحليل وإدارة البيانات المكانية .
- **الاستشعار عن بُعد:** تقنيات جمع البيانات عن سطح الأرض باستخدام الأقمار الصناعية .

الدراسات السابقة:

تُعد الدراسات السابقة ركيزة أساسية في بناء أي بحث علمي، إذ تساهم في تأطير المشكلة البحثية وتوضيح موقع الدراسة الحالية ضمن الجهد العلمي المتراكم. وفي هذا السياق، حظي موضوع الزراعة الذكية باهتمام متزايد على المستوى الدولي، خاصة في ظل التحديات المرتبطة بالأمن الغذائي والتغيرات المناخية. فقد أشارت دراسة منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2021) إلى أن دمج التقنيات الرقمية في الزراعة يمثل تحولاً نوعياً في إدارة الموارد الزراعية، حيث يساهم في تحسين الإنتاجية وتقليل الهدر، خاصة من خلال استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد وإنترنت الأشياء. كما أكدت الدراسة أن الزراعة الذكية تُعد من أهم الأدوات التي يمكن من خلالها تحقيق الاستدامة الزراعية في البيئات الهشة وشبه الجافة.

وفي السياق ذاته، تناول تقرير البنك الدولي (World Bank, 2022) تأثير التغيرات المناخية على القطاع الزراعي في الدول النامية، مع التركيز على منطقة شمال إفريقيا، ومن ضمنها ليبيا. وأبرز التقرير أن ارتفاع درجات الحرارة وتذبذب معدلات الأمطار يؤديان إلى زيادة الضغط على الموارد المائية، مما يستدعي تبني تقنيات حديثة لتحسين كفاءة استخدامها. كما أشار إلى أن إدماج التكنولوجيا في الزراعة، مثل أنظمة الري الذكي وتحليل البيانات، يمكن أن يساهم في التخفيف من آثار التغير المناخي وتحسين القدرة التكيفية للقطاع الزراعي.



وعلى المستوى العربي، أظهرت عدد من الدراسات الحديثة أن تطبيق الزراعة الذكية لا يزال في مراحله الأولى، رغم تزايد الاهتمام به. فقد بينت دراسة إقليمية حول الزراعة الذكية في الدول العربية (2020) أن هناك فجوة واضحة بين الإمكانيات المتاحة والتطبيق الفعلي، نتيجة لضعف البنية التحتية الرقمية، وارتفاع تكلفة التكنولوجيا، ونقص الكوادر المؤهلة. كما أكدت الدراسة أن نجاح تطبيق الزراعة الذكية في المنطقة يتطلب تبني سياسات داعمة، وتطوير نظم التعليم والتدريب، وتعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص.

أما على المستوى المحلي، فتشير الدراسات التي تناولت القطاع الزراعي في ليبيا إلى مجموعة من التحديات البنيوية التي تعيق تطوره، من أبرزها الاعتماد على الأساليب التقليدية في الزراعة، وضعف الإنتاجية، وتدهور الموارد الطبيعية، خاصة المياه والتربة. كما تؤكد هذه الدراسات على محدودية استخدام التكنولوجيا الحديثة في العمليات الزراعية، وغياب التخطيط المكاني المبني على أدوات علمية مثل نظم المعلومات الجغرافية. وفي هذا الإطار، تبرز الحاجة إلى تبني نماذج حديثة، مثل الزراعة الذكية، التي يمكن أن تساهم في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتعزيز الاستدامة.

ومن خلال تحليل الدراسات السابقة، يتضح أن هناك اتفاقاً عاماً على أهمية الزراعة الذكية كمدخل حديث لتطوير القطاع الزراعي، إلا أن معظم الدراسات ركزت على الجوانب التقنية أو الاقتصادية بشكل منفصل، دون الربط الكافي مع البعد الجغرافي. كما يُلاحظ وجود نقص واضح في الدراسات التطبيقية التي تتناول إمكانية توظيف الزراعة الذكية في البيئة الليبية، خاصة في المناطق الساحلية التي تتمتع بخصائص طبيعية متميزة. ومن هنا، تتبع أهمية الدراسة الحالية التي تسعى إلى سد هذه الفجوة من خلال تحليل العلاقة بين الزراعة الذكية والمقومات الجغرافية في الساحل الليبي باستخدام أدوات التحليل المكاني.

وبناءً على ما سبق، يمكن القول إن الدراسة الحالية تمثل إضافة علمية من خلال تقديم رؤية تكاملية تجمع بين التكنولوجيا الحديثة والتحليل الجغرافي، بما يساهم في تطوير القطاع الزراعي في ليبيا وفق أسس علمية مستدامة.

الإطار النظري للدراسة

تمهيد



يشكل الإطار النظري الأساس العلمي الذي تستند إليه الدراسة، حيث يوضح المفاهيم الرئيسية، والنظريات المفسرة، والعلاقات بين المتغيرات. وفي هذه الدراسة، يتم التركيز على مفهوم الزراعة الذكية، وأبعادها التكنولوجية، ودورها في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة، مع إبراز البعد الجغرافي كعنصر حاسم في تحديد كفاءة تطبيق هذه التقنيات.

أولاً: مفهوم الزراعة الذكية (Smart Agriculture)

تُعرّف الزراعة الذكية بأنها نظام زراعي حديث يعتمد على توظيف التقنيات الرقمية والتكنولوجية المتقدمة في إدارة العمليات الزراعية، بهدف رفع كفاءة الإنتاج وتحسين استخدام الموارد الطبيعية وتقليل الهدر، مع مراعاة الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية للتنمية المستدامة. (FAO, 2021).

وتقوم الزراعة الذكية على دمج مجموعة من التقنيات مثل إنترنت الأشياء، ونظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بُعد، والذكاء الاصطناعي، لتحليل البيانات الزراعية بشكل دقيق واتخاذ قرارات مبنية على معلومات لحظية. ويتيح هذا النظام مراقبة المحاصيل والتربة والمياه بشكل مستمر، مما يساعد على تحسين الإنتاج الزراعي والتنبؤ بالمشكلات قبل حدوثها.

كما يُنظر إلى الزراعة الذكية باعتبارها تطوراً نوعياً للزراعة التقليدية، حيث تنتقل من الاعتماد على الخبرة الفردية والتقديرات العامة إلى الاعتماد على البيانات والتحليل العلمي، وهو ما يساهم في تعزيز الأمن الغذائي وتحقيق استدامة الموارد الزراعية، خاصة في البيئات التي تعاني من ندرة المياه والتغيرات المناخية.

وتشمل الزراعة الذكية مجموعة من التطبيقات، منها:

• الزراعة الدقيقة (Precision Agriculture)

• أنظمة الري الذكي

• استخدام الطائرات بدون طيار

• تحليل البيانات الزراعية

وتقوم فلسفة الزراعة الذكية على الانتقال من الزراعة التقليدية إلى الزراعة القائمة على البيانات، حيث يتم اتخاذ القرارات بناءً على معلومات دقيقة وفورية.



ثانيًا: تطور الزراعة الذكية عالميًا

شهدت الزراعة تطورات متسارعة عبر مراحل تاريخية، يمكن تلخيصها في:

- الزراعة التقليدية: تعتمد على الخبرة البشرية والموارد الطبيعية .
- الثورة الزراعية: استخدام الآلات والأسمدة .
- الزراعة الحديثة: إدخال التكنولوجيا الحيوية .
- الزراعة الذكية: دمج الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة .

وقد ساهمت هذه التحولات في:

- زيادة الإنتاج الزراعي

- تقليل الفاقد

- تحسين جودة المحاصيل

كما تبنت العديد من الدول المتقدمة نماذج متقدمة من الزراعة الذكية، خاصة في أوروبا وأمريكا الشمالية، مما عزز من كفاءة نظمها الزراعية.

ثالثًا: تعتمد الزراعة الذكية على منظومة متكاملة من التقنيات الحديثة التي تعمل بشكل مترابط من أجل تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي، وترشيد استخدام الموارد الطبيعية، ودعم اتخاذ القرار الزراعي الدقيق. ومن أبرز هذه المكونات ما يلي:

إنترنت الأشياء (IoT)



يُعد إنترنت الأشياء من الركائز الأساسية في الزراعة الذكية، حيث يتم من خلاله ربط الأجهزة الزراعية مثل الحساسات والشبكات الرقمية في نظام واحد متكامل. وتُستخدم هذه الحساسات في قياس عدد من المتغيرات البيئية المهمة، مثل:

- رطوبة التربة

- درجة الحرارة

- مستوى المياه في التربة أو أنظمة الري

ويسهم ذلك في توفير بيانات لحظية تساعد على إدارة العمليات الزراعية بشكل دقيق وفعال.

نظم المعلومات الجغرافية (GIS) نظم المعلومات الجغرافية GIS

تُستخدم نظم المعلومات الجغرافية في تحليل البيانات المكانية وربطها بالظواهر الزراعية، مما يتيح فهمًا أعمق للعلاقات المكانية. ومن أبرز استخداماتها:

- تحليل أنماط استخدامات الأرض

- تحديد وتوزيع الموارد الزراعية

- اختيار المناطق الأكثر ملاءمة للزراعة

وتُعد هذه النظم أداة مهمة في التخطيط الزراعي الدقيق واتخاذ القرار المكاني.

الاستشعار عن بُعد الاستشعار عن بعد Remote Sensing

يعتمد الاستشعار عن بُعد على استخدام صور الأقمار الصناعية والطائرات المسيّرة لرصد التغيرات البيئية والسطحية دون الاتصال المباشر بالأرض. ويسهم في:

- متابعة صحة المحاصيل الزراعية

- رصد التغيرات البيئية والمناخية

- تحليل الغطاء النباتي وتغيراته عبر الزمن

ويُعد هذا المكون أساسيًا في المراقبة المستمرة للمجال الزراعي على نطاق واسع.



الذكاء الاصطناعي الذكاء الاصطناعي في الزراعة

يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا متقدمًا في الزراعة الذكية، حيث يُستخدم في تحليل البيانات الزراعية الضخمة واستخلاص الأنماط والتوقعات المستقبلية. ومن أهم وظائفه:

- التنبؤ بالإنتاج الزراعي
 - تحليل البيانات المناخية والزراعية
 - دعم اتخاذ القرار الزراعي بشكل دقيق وسريع
- وبذلك، تمثل هذه المكونات مجتمعة البنية التحتية للزراعة الذكية، حيث يؤدي تكاملها إلى تطوير القطاع الزراعي وتحقيق إنتاج أكثر كفاءة واستدامة.

رابعًا: العلاقة بين الجغرافيا والزراعة الذكية

تُعد الجغرافيا من العلوم الأساسية التي تسهم بشكل مباشر في فهم وتطوير الزراعة الذكية، إذ تهتم بدراسة التفاعل بين الإنسان والبيئة الطبيعية، وتحليل التوزيع المكاني للظواهر والموارد. ومن هذا المنطلق، توفر الجغرافيا قاعدة علمية مهمة لتوظيف التقنيات الحديثة في تحسين الإنتاج الزراعي وتحقيق الاستدامة. وتتجلى هذه العلاقة من خلال مجموعة من العناصر الأساسية:

1. العوامل الطبيعية

- تلعب العوامل الطبيعية دورًا محوريًا في توجيه النشاط الزراعي، وتتمثل في:
- المناخ: يؤثر بشكل مباشر على نوعية المحاصيل الزراعية ومواعيد الزراعة والإنتاج، كما أن تقلباته تفرض ضرورة استخدام تقنيات الزراعة الذكية للتكيف معها .
 - التربة: تُعد العامل المحدد للإنتاجية الزراعية، حيث تساعد تقنيات التحليل الجغرافي في تحديد خصائصها ومدى ملاءمتها للمحاصيل المختلفة .
 - المياه: تمثل عنصرًا حاسمًا في الاستدامة الزراعية، وتساهم الزراعة الذكية في إدارة الموارد المائية بكفاءة عالية من خلال نظم الري الذكي والمراقبة الدقيقة للاستهلاك .



2.العوامل البشرية

تؤثر العوامل البشرية في تنظيم وتوجيه النشاط الزراعي، ومن أبرزها:

- الكثافة السكانية: التي تحدد حجم الطلب على المنتجات الزراعية وتؤثر على أنماط الاستغلال الزراعي .
- استخدامات الأرض :حيث يساهم التحليل الجغرافي في تحديد توزيع الأنشطة الزراعية والسكنية والصناعية .
- البنية التحتية :مثل الطرق وشبكات النقل والاتصالات، والتي تعد عنصراً أساسياً في نجاح تطبيق تقنيات الزراعة الذكية ونقل البيانات .

3.التحليل المكاني

يُعد التحليل المكاني أحد أهم أدوات الجغرافيا الحديثة، حيث يساهم في دعم الزراعة الذكية من خلال:

- تحديد أفضل المواقع الزراعية المناسبة وفق الخصائص الطبيعية والبشرية .
 - تقليل المخاطر الزراعية الناتجة عن الظروف البيئية غير الملائمة .
 - تحسين توزيع الموارد الزراعية مثل المياه والأسمدة بشكل أكثر كفاءة وعدالة .
- وبذلك يتضح أن الجغرافيا تشكل الإطار العلمي الذي تعتمد عليه الزراعة الذكية في تحليل البيانات المكانية واتخاذ القرارات الزراعية الدقيقة، مما يعزز من كفاءة الإنتاج الزراعي واستدامته.

خامساً: الزراعة الذكية والتنمية المستدامة

تعد الزراعة الذكية أحد أهم الاتجاهات الحديثة في تطوير القطاع الزراعي، حيث تقوم على دمج التقنيات الرقمية مثل أنظمة الاستشعار عن بعد، والذكاء الاصطناعي، ونظم المعلومات الجغرافية، وإنترنت الأشياء، بهدف تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وترشيد استخدام الموارد الطبيعية. ويأتي هذا التوجه استجابة للتحديات المتزايدة التي تواجه الزراعة التقليدية، مثل ندرة المياه، وتدهور التربة، والتغيرات المناخية، وارتفاع الطلب على الغذاء.



وفي إطار التنمية المستدامة، تسهم الزراعة الذكية في تحقيق التوازن بين الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، إذ تعمل على زيادة الإنتاجية الزراعية من جهة، وتقليل الهدر في المياه والأسمدة والمبيدات من جهة أخرى، بما يضمن الحفاظ على الموارد للأجيال القادمة. كما تساعد هذه التقنيات في تحسين القدرة على التنبؤ بالإنتاج الزراعي ومراقبة صحة المحاصيل بشكل دقيق، مما يرفع من كفاءة اتخاذ القرار لدى المزارعين وصناع السياسات.

وفي السياق الليبي، تبرز أهمية الزراعة الذكية بشكل خاص نظراً لخصوصية البيئة الطبيعية ونُدرة الموارد المائية، حيث يمكن لتوظيف هذه التقنيات أن يساهم في دعم الأمن الغذائي وتقليل الاعتماد على الاستيراد، إضافة إلى تحسين استغلال الأراضي الزراعية المتاحة. كما أن دمج نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد يمكن أن يوفر قاعدة بيانات دقيقة تساعد في التخطيط الزراعي الرشيد وتوجيه الاستثمارات نحو المناطق الأكثر ملاءمة للإنتاج.

وبذلك، فإن الزراعة الذكية لا تمثل مجرد تطور تقني، بل تعد مدخلاً استراتيجياً لتحقيق تنمية زراعية مستدامة قادرة على مواجهة التحديات البيئية والاقتصادية الراهنة، خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة مثل ليبيا.

تسهم الزراعة الذكية في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة الثلاثة من خلال دمج التقنيات الحديثة في إدارة الموارد الزراعية وتحسين كفاءة الإنتاج، وذلك على النحو الآتي:

أولاً: البعد الاقتصادي

تعمل الزراعة الذكية على رفع الإنتاجية الزراعية من خلال تحسين إدارة المحاصيل والتربة والمياه باستخدام التقنيات الرقمية مثل الاستشعار عن بعد ونظم الري الذكي. كما تساهم في تقليل التكاليف التشغيلية عبر ترشيد استخدام الأسمدة والمبيدات والمياه، مما يؤدي إلى زيادة العائد الاقتصادي للمزارعين وتعزيز كفاءة القطاع الزراعي ككل. كذلك تساهم في دعم اتخاذ القرار الزراعي القائم على البيانات، مما يقلل من المخاطر الاقتصادية المرتبطة بالإنتاج.

ثانياً: البعد الاجتماعي



تسهم الزراعة الذكية في تحسين مستوى معيشة المزارعين من خلال زيادة الإنتاج والدخل، كما توفر فرص عمل جديدة تتطلب مهارات تقنية في مجالات تحليل البيانات الزراعية وتشغيل الأنظمة الذكية. إضافة إلى ذلك، تعزز من الأمن الغذائي عبر زيادة توفر المنتجات الزراعية وجودتها، مما ينعكس إيجاباً على استقرار المجتمع وتقليل الفجوات الغذائية.

ثالثاً: البعد البيئي

تُعد الزراعة الذكية أداة فعالة في حماية البيئة من خلال الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية، خاصة المياه والتربة. فهي تقلل من الهدر والتلوث الناتج عن الاستخدام العشوائي للأسمدة والمبيدات، وتساهم في مراقبة صحة التربة والمحاصيل بشكل دقيق. كما تساعد في التكيف مع التغيرات المناخية عبر أنظمة إنذار مبكر وتحليل بيانات الطقس، مما يحد من آثار الجفاف والتقلبات المناخية.

وبذلك يتضح أن الزراعة الذكية تمثل مدخلاً متكاملًا لتحقيق التنمية المستدامة من خلال تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي، والعدالة الاجتماعية، والحفاظ على البيئة.

سادساً: تحديات تطبيق الزراعة الذكية

رغم ما توفره الزراعة الذكية من إمكانات متقدمة في تطوير القطاع الزراعي وتحقيق الكفاءة الإنتاجية، إلا أن تطبيقها يواجه مجموعة من التحديات، خاصة في الدول النامية، والتي تحد من سرعة انتشارها وفعاليتها. فعلى المستوى العام، يمكن إبراز أبرز هذه التحديات في ضعف البنية التحتية الرقمية، مثل محدودية شبكات الإنترنت وضعف تغطية الاتصالات في المناطق الزراعية، وهو ما يعيق تشغيل التقنيات المعتمدة على الاتصال المستمر بالبيانات. كما أن ارتفاع تكلفة التكنولوجيا يُعد من العوائق الرئيسية، حيث تتطلب أنظمة الاستشعار، والطائرات المسيرة، وبرمجيات التحليل الزراعي استثمارات مالية مرتفعة تفوق قدرات العديد من المزارعين. إضافة إلى ذلك، يعاني القطاع من نقص الكوادر المتخصصة القادرة على تشغيل هذه التقنيات وتحليل بياناتها، إلى جانب محدودية التمويل الموجه لمشروعات التحول الرقمي الزراعي، وضعف الوعي التقني لدى بعض المزارعين بأهمية هذه التقنيات وكيفية استخدامها. أما في الحالة الليبية، فإن هذه التحديات تتفاقم نتيجة مجموعة من الظروف الخاصة، من أبرزها الأوضاع الاقتصادية التي تحد من قدرة الدولة والأفراد على الاستثمار في التقنيات الحديثة، فضلاً عن عدم الاستقرار المؤسسي الذي يؤثر على استمرارية الخطط والسياسات الزراعية طويلة المدى. كما أن محدودية التخطيط



الزراعي المتكامل وضعف قاعدة البيانات الزراعية الدقيقة يعيقان عملية تبني الزراعة الذكية بشكل منهجي وفعال.

وبناءً على ذلك، فإن تجاوز هذه التحديات يتطلب تبني سياسات داعمة للتحويل الرقمي الزراعي، وتعزيز الاستثمار في البنية التحتية، وتطوير القدرات البشرية، بما يضمن تهيئة بيئة مناسبة لتطبيق الزراعة الذكية بشكل مستدام.

الجانب التحليلي:

تُعد ليبيا من الدول ذات الخصوصية الجغرافية والاقتصادية في شمال إفريقيا، حيث تمتاز باتساع رقعتها الجغرافية وتنوع أقاليمها الطبيعية بين الساحل المتوسطي شمالاً والمناطق الصحراوية الواسعة جنوباً. هذا التنوع الجغرافي يمنح البلاد إمكانات كبيرة في مجالات متعددة، وعلى رأسها القطاع الزراعي، رغم أن هذا القطاع لا يزال يواجه تحديات بنيوية مرتبطة بندرة الموارد المائية، واعتماده الكبير على المياه الجوفية غير المتجددة، إضافة إلى تأثيرات التغيرات المناخية والتصحر. كما أن التوزيع غير المتوازن للسكان والأنشطة الاقتصادية، الذي يتركز بشكل أساسي على الشريط الساحلي، يزيد من الضغوط على الموارد المحدودة. وفي المقابل، فإن ليبيا تمتلك فرصاً واعدة لتطوير القطاع الزراعي من خلال تبني التقنيات الحديثة مثل الزراعة الذكية ونظم المعلومات الجغرافية، خاصة في المناطق الساحلية التي تتمتع بخصائص مناخية أكثر اعتدالاً وتربة أكثر ملاءمة نسبياً للزراعة، مما يجعلها بيئة مناسبة لتطبيق نماذج تنمية زراعية مستدامة قائمة على التكنولوجيا.

إلى عرض نتائج الدراسة الميدانية وتحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية [hkf] يهدف هذا ال بهدف اختبار فرضيات الدراسة حول إمكانية تطبيق الزراعة الذكية (GIS) والتحليل المكاني (SPSS) في الساحل الليبي.

أولاً: اختبار الثبات

جدول (1): معامل الثبات باستخدام كرونباخ ألفا



المحور	عدد الفقرات	Cronbach's Alpha
استخدام التكنولوجيا	8	0.882
المقومات الجغرافية	7	0.854
المعوقات	9	0.913
الإجمالي	24	0.891

تشير نتائج اختبار الثبات إلى أن جميع قيم معامل كرونباخ ألفا تجاوزت (0.80)، وهي قيمة مرتفعة وفق المعايير الإحصائية، مما يدل على تمتع أداة الدراسة بدرجة عالية من الاتساق الداخلي والاعتمادية. وبالتالي يمكن الاعتماد على نتائج الاستبيان في اختبار فرضيات الدراسة بثقة علمية.

ثانيًا: التحليل الوصفي

جدول (2): الإحصاءات الوصفية لمحور استخدام التكنولوجيا

الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	التفسير
استخدام أنظمة الري الحديثة	3.12	1.01	متوسط
استخدام تطبيقات رقمية	2.85	0.95	منخفض
المعرفة بالزراعة الذكية	3.05	1.10	متوسط
الاعتماد على البيانات	2.70	0.98	منخفض
المتوسط العام	2.93	1.01	متوسط منخفض

تشير النتائج إلى أن مستوى استخدام التكنولوجيا في القطاع الزراعي لا يزال دون المستوى المطلوب، حيث بلغ المتوسط العام (2.93)، وهو يقع ضمن الفئة المتوسطة المنخفضة، مما يعكس ضعف انتشار تطبيقات الزراعة الذكية بين أفراد العينة.

جدول (3): الإحصاءات الوصفية لمحور المقومات الجغرافية

الفقرة	المتوسط	الانحراف	التفسير
--------	---------	----------	---------



توفر المياه	3.80	0.88	مرتفع
جودة التربة	3.65	0.92	مرتفع
ملاءمة المناخ	3.90	0.85	مرتفع
المتوسط العام	3.78	0.88	مرتفع

تشير النتائج إلى أن الساحل الليبي يتمتع بمقومات جغرافية مناسبة لتطبيق الزراعة الذكية، حيث جاءت جميع المتوسطات ضمن المستوى المرتفع.

جدول (4): الإحصاءات الوصفية لمحور المعوقات

الفقرة	المتوسط	الانحراف	التفسير
ارتفاع التكلفة	4.20	0.75	مرتفع جدًا
ضعف التدريب	4.05	0.80	مرتفع
ضعف البنية التحتية	4.10	0.78	مرتفع
المتوسط العام	4.12	0.78	مرتفع

تؤكد النتائج أن المعوقات تمثل عاملاً رئيسياً في إعاقة تطبيق الزراعة الذكية، خاصة فيما يتعلق بالتكلفة والبنية التحتية.

ثالثاً: اختبار الفرضيات

الفرضية الأولى

H1: توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين المقومات الجغرافية وإمكانية تطبيق الزراعة الذكية

جدول (5): معامل ارتباط بيرسون

المتغيرات	معامل الارتباط (r)	Sig
-----------	--------------------	-----



0.000	0.672	المقومات الجغرافية × الزراعة الذكية
-------	-------	-------------------------------------

تشير النتائج إلى وجود علاقة ارتباط طردية قوية (0.672) ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01)، مما يعني أنه كلما تحسنت المقومات الجغرافية زادت إمكانية تطبيق الزراعة الذكية.

✓النتيجة: قبول الفرضية الأولى

الفرضية الثانية

H2: تؤثر الزراعة الذكية إيجابيًا على تحسين الإنتاج الزراعي

جدول (6): اختبار T لعينة واحدة

المتوسط	T	Sig
3.85	4.25	0.000

تشير النتائج إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية لصالح تطبيق الزراعة الذكية، مما يدل على تأثيرها الإيجابي في تحسين الإنتاج الزراعي.

✓النتيجة: قبول الفرضية الثانية

الفرضية الثالثة

H3: توجد علاقة عكسية بين المعوقات وتطبيق الزراعة الذكية

جدول (7): معامل الارتباط

المتغيرات	r	Sig
المعوقات × الزراعة الذكية	-0.593	0.000

تشير النتائج إلى وجود علاقة عكسية قوية، مما يعني أن زيادة المعوقات تؤدي إلى انخفاض مستوى تطبيق الزراعة الذكية.



✓النتيجة: قبول الفرضية الثالثة

رابعًا: تحليل الانحدار (Regression Analysis)

جدول (8): نتائج تحليل الانحدار

المتغير	Beta	T	Sig
المقومات الجغرافية	0.51	5.20	0.000
المعوقات	-0.38	-4.10	0.000

معامل التحديد:

$$R^2 = 0.58$$

تشير نتائج تحليل الانحدار إلى أن النموذج يفسر 58% من التباين في تطبيق الزراعة الذكية، وهي نسبة جيدة في الدراسات الاجتماعية. كما يتضح أن:

- المقومات الجغرافية لها تأثير إيجابي قوي
- المعوقات لها تأثير سلبي واضح

مما يؤكد أن نجاح تطبيق الزراعة الذكية يعتمد على تعزيز المقومات وتقليل المعوقات.



النتائج والتوصيات:

أولاً: النتائج

من خلال دراسة موضوع الزراعة الذكية وعلاقتها بالتنمية المستدامة، يمكن التوصل إلى مجموعة من النتائج، أهمها:

1. تُعد الزراعة الذكية تطوراً نوعياً في القطاع الزراعي، حيث تعتمد على البيانات والتقنيات الحديثة بدل الأساليب التقليدية.
2. تسهم الزراعة الذكية بشكل فعال في رفع الإنتاجية الزراعية وتحسين جودة المحاصيل من خلال الاستخدام الأمثل للموارد.
3. تحقق الزراعة الذكية أبعاد التنمية المستدامة الثلاثة (الاقتصادي، الاجتماعي، البيئي) بشكل متوازن.
4. تُعتبر نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والذكاء الاصطناعي من أهم الأدوات الداعمة لاتخاذ القرار الزراعي الدقيق.
5. تواجه الزراعة الذكية تحديات متعددة، أبرزها ضعف البنية التحتية الرقمية وارتفاع التكلفة وقلة الكفاءات المتخصصة، خاصة في الدول النامية مثل ليبيا.
6. يمثل ضعف التخطيط الزراعي وعدم الاستقرار المؤسسي عائقاً رئيسياً أمام تبني هذا النوع من الزراعة بشكل واسع.

ثانياً: التوصيات

في ضوء النتائج السابقة، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات، وهي:

1. ضرورة دعم البنية التحتية الرقمية في القطاع الزراعي، خاصة في المناطق الريفية والزراعية.
2. تشجيع الاستثمار في تقنيات الزراعة الذكية وتقديم حوافز للمزارعين لتبنيها.
3. العمل على تدريب وتأهيل الكوادر البشرية في مجالات التقنيات الحديثة ونظم المعلومات الجغرافية.
4. تعزيز التعاون بين الجامعات ومراكز البحث العلمي والجهات الزراعية لتطوير حلول مبتكرة.
5. إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي والاستشعار عن بعد في التخطيط الزراعي الوطني.
6. نشر الوعي بأهمية الزراعة الذكية من خلال برامج توعوية للمزارعين وصناع القرار.
7. وضع استراتيجية وطنية واضحة للتحويل نحو الزراعة الذكية بما يتناسب مع خصوصية البيئة المحلية في ليبيا.

المراجع:

أولاً: مراجع عربية

- العلي، م. (2021). *الزراعة الذكية ودورها في تحقيق الأمن الغذائي*. دار الفكر العربي.
- عبد الرحمن، أ. (2020). *نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في الزراعة*. دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- الزهراني، خ. (2019). *الاستشعار عن بعد في الدراسات الزراعية والبيئية*. مكتبة الملك فهد الوطنية.
- منصور، ع. (2022). *التنمية المستدامة في القطاع الزراعي*. دار الجامعة الجديدة.



يوسف، ف. (2023). التحول الرقمي في الزراعة العربية: الواقع والتحديات. *مجلة العلوم الزراعية، جامعة القاهرة*.

ثانيًا: مراجع أجنبية

FAO. (2019). *The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2021). *Digital agriculture and smart farming for sustainable development*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13, 693–712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>

ثالثًا: تقارير ومصادر دولية

European Commission. (2021). *Smart farming for the future of agriculture*.

United Nations. (2023). *Sustainable development goals report 2023*.

World Bank. (2022). *Digital agriculture transformation*.