دور التصنيع الذكي في تحسين ادارة انتاج الدواجن / دراسة حالة

م.د. بلال احمد حسن [١]
قسم الاعمار والمشاريع
الجامعة العراقية
Bilal.a.hassan@aliraqia.edu.iq

أ.د. عامر عبد اللطيف كاظم [٢]
الكلية التقنية الادارية – بغداد
الجامعة التقنية الوسطى
dr.dr.amer٢٠١٧@mtu.edu.iq

المستخلص

تهدف الدراسة الى بيان تأثير التصنيع الذكي في إدارة إنتاج الدواجن من خلال تحليل دور التقنيات الحديثة لأنظمة الأتمتة والروبوتات في تحسين كفاءة الإنتاج، وتقليل الهدر، وتعزيز الاستدامة. تم تطبيق نظام التحكم المنطقي المبرمج (Programmable Logic Controller-PLC)في إحدى شركات إنتاج الدواجن، وأظهرت النتائج تحسنا كبيرا في معدلات النمو، وكفاءة التغذية، وتقليل استهلاك الموارد. اذ انخفض معامل التحويل الغذائي من ٣,٢ إلى ١,٩، وتم تقليل مدة دورة التربية من ٨٤ إلى ٧٠ يوما، مما أدى إلى ارتفاع مؤشر الأداء الإنتاجي من ٠,٥٠ إلى ١,٤٦. تشير النتائج إلى أن التصنيع الذكي يعزز إنتاجية قطاع الدواجن، كما يساهم في تحقيق الاستدامة الاقتصادية والبيئية. وتوصي الدراسة بتوسيع نطاق استخدام هذه التقنيات لتطوير الصناعة الداجنة وتحقيق الأمن الغذائي بشكل أكثر كفاءة واستدامة.

الكلمات المفتاحية: التصنيع الذكي، إدارة إنتاج الدواجن، إنترنت الأشياء، نظام التحكم المنطقي المبرمج (PLC)، الأتمتة، تحليل البيانات.

المقدمة

يعد مجال إنتاج الدواجن من أهم المجالات الحيوية في الثروة الحيوانية، اذ يلعب دورا رئيسا في تلبية الطلب المتزايد على اللحوم البيضاء والبيض كمصادر غذائية رئيسة. ومع التطور التكنولوجي السريع، أصبح من الضروري تطبيق مفاهيم التصنيع الذكي لتعزيز كفاءة الإنتاج، وتحسين جودة المنتجات، وتقليل الهدر في الموارد، مما يسهم في تحقيق استدامة اقتصادية وبيئية لهذا القطاع.

يعرف التصنيع الذكي بأنه نهج حديث يعتمد على التكامل بين التقنيات الرقمية المتقدمة، مثل إنترنت الأشياء(Internet of Things-IoT) ، والذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence-AI)، وتحليل البيانات الضخمة، وأنظمة الأتمتة والروبوتات، وذلك بهدف تحسين عمليات الإنتاج من خلال التحليل الفوري، والمراقبة الذكية، واتخاذ قرارات أكثر دقة تسهم في رفع كفاءة الإدارة الإنتاجية.

يشير هدف الدراسة الى دور التصنيع الذكي في إدارة إنتاج الدواجن من خلال تحليل أهم التقنيات المستخدمة في هذا المجال، واستعراض المنافع التي تحققها هذه الأنظمة، فضلا عن التحديات التي تواجه تطبيقها. كما تقدم دراسة حالة حول تأثير نظام التحكم المنطقي المبرمج (PLC) على أداء إحدى شركات

إنتاج الدواجن، وتحليل مدى تأثيره على تحسين معدلات النمو، وتقليل استهلاك العلف، وتقليل التكاليف التشغيلية.

وسيتم تسليط الضوء على أهمية دمج التكنولوجيا الحديثة في إدارة المزارع الداجنة، وذلك لزيادة الإنتاجية، وتحسين جودة المنتجات، وتعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية في ظل التوجهات العالمية نحو التحول الرقمي في قطاع الزراعة والإنتاج الحيواني.

١- مفهوم التصنيع الذكي

١-١- التصنيع الذكي: التعريف والمفهوم

يشير التصنيع الذكي (Smart Manufacturing) الى استخدام التقنيات الرقمية الحديثة والذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة وجودة العمليات الإنتاجية. يعتمد على التكامل بين الأنظمة الآلية، والبيانات الضخمة، وإنترنت الأشياء(IoT) ، والتحليل الذكي لاتخاذ قرارات دقيقة في الوقت الفعلي. يهدف التصنيع الذكي إلى تحقيق الإنتاجية المثلى مع تقليل الهدر وتحسين الاستدامة.(Sahoo & Lo, ٢٠٢٢) ان مفهوم التصنيع الذكي يعني التكامل التكنولوجي عن طريق استخدام الأنظمة المتصلة التي تدمج بين الأجهزة والمعدات من خلال تقنيات IoT للحصول على بيانات دقيقة في الوقت الفعلي,Logeswaran) et al., ٢٠٢٤). في حين اشار كل من (Zhong, et al., ٢٠١٧) الى انه المرونة المطلوبة في التكيف السريع مع التغيرات في الطلب أو احتياجات الزبائن من دون التأثير على الإنتاجية. ويدخل ايضا في تحسين العمليات عن طريق تطبيق التحليلات التنبؤية لتحسين الكفاءة وتقليل الفاقد والتكاليف (Ren, et al., ٢٠١٩). ويرتبط مفهومه بالاستدامة عن طريق التركيز على تقنيات صديقة للبيئة وتقليل استهلاك الموارد والطاقة (Ma, et al., ٢٠٢٢).

١-٢- عناصر التصنيع الذكي :

أ- إنترنت الأشياء :(IoT) يمثل شبكة من الاجهزة التي تتضمن مستشعرات، وبرمجيات، وتقنيات متصلة بالإنترنت لجمع البيانات عن العمليات والمعدات. وتسهيل الاتصال بين الآلات والبشر لتحسين الكفاءة (Perwej, et al., ٢٠١٩).

ب- الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي :(ML) يهتم بتصميم انظمة وبرامج تقوم بتحليل البيانات الضخمة لاتخاذ قرارات تلقائية وتحسين العمليات. والتنبؤ بالمشكلات قبل وقوعها (Fahle, et al., ٢٠٢٠).

ت- الروبوتات وأنظمة الأتمتة: تمثل اجهزة او آلات يمكن برمجتها لتنفيذ المهام المتكررة بدقة وسرعة. وتقليل التدخل البشري في العمليات الخطيرة أو الدقيقة (Javaid, et al., ٢٠٢١).

ث- تحليل البيانات الضخمة :(Big Data) تعمل على جمع ومعالجة كميات هائلة من البيانات المعقدة لاستخراج المعلومات الدقيقة لتحليل الأنماط وتحسين الأداء، وتوقع الطلب وتحليل سلاسل التجهيز (Tiwari, et al., ٢٠١٨).

ج- الطباعة ثلاثية الأبعاد (D Printing٣): هي عملية تكوين اجسام مادية ثلاثية الابعاد عن طريق اضافة طبقات متتالية من المواد، تهدف الى تصنيع مكونات دقيقة ومعقدة بسرعة وبتكلفة منخفضة وتقليل الفاقد من المواد الخام (Jandyal, et al., ٢٠٢٢).

ح- الحوسبة السحابية :(Cloud Computing) تقوم بتخزين البيانات وتحليلها على منصات سحابية لتسهيل الوصول إليها من أي مكان. وتحسين الاتصال بين الفروع المختلفة للمصنع (Velásquez,) . et al., ٢٠١٨

خ- التوأم الرقمي :(Digital Twin) يهتم بإنشاء نسخة رقمية دقيقة للمصانع أو المعدات لمراقبة وتحليل الأداء. واختبار التعديلات على النسخة الرقمية قبل تطبيقها في الواقع (javaid, et al., ٢٠٢٣).

د- تقنيات الواقع الافتراضي (Virtual Reality-VR) والواقع المعزز-Augmented Reality) :(ARيعزز من واقع تدريب العاملين بشكل افتراضي على المعدات. وتوفير إرشادات صيانة فورية أثناء العمل (Yazdi, ٢٠٢٤).

١-٣- منافع التصنيع الذكي:

تؤدي تقنيات التصنيع الذكي الى زيادة انتاجية المنظمة عن طريق تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية وتقليل اوقات التوقف(Namjoshi & Rawat, ٢٠٢٢) . وتخفيض التكاليف عن طريق تقليل الهدر في المواد واستهلاك الطاقة.(Terry, et al.,٢٠٢٠) وتحسين الجودة عن طريق تقليل العيوب وتحسين دقة التصنيع.(Calindo, et al., ٢٠٢٢) وتعزيز المرونة من خلال تمكين المنظمة في القدرة على التكيف بسرعة مع تغييرات الطلب أو ظروف السوق .(Davis, et al., ٢٠١٢) وتحقيق الاستدامة عن طريق تقليل البصمة الكربونية من خلال تحسين استهلاك الموارد.(Tiwari, et al., ٢٠٢٣)

١-٤- التطبيقات العملية للتصنيع الذكي:

تدخل تقنيات التصنيع الذكي في الصناعات الغذائية والزراعية، اذ تسهم في مراقبة الإنتاج الغذائي باستخدام المستشعرات الذكية. وتحسين جودة المنتجات من خلال التحكم الذاتي (Miranda, et al.,) ٢٠١٩. ويدخل في الصناعات الهندسية والميكانيكية، اذ تسهم تقنياته في استخدام الروبوتات ضمن خطوط الإنتاج لتصنيع اجزاء معقدة .(Kusiak, ٢٠١٨) وتحليل البيانات لتحسين دورة حياة المنتجات (Liu, et al., ٢٠٢٠). وتقوم تقنياته بتتبع سلاسل التجهيزعن طريق تتبع المنتجات والمخزون

باستخدام IoT، وتحسين إدارة المستودعات وخدمات الامداد .(Soori, et al., ٢٠٢٣) وتعمل تقنياته على تحسين كفاءة محطات الطاقة وتقليل الانبعاثات(Meng, et al., ٢٠١٨) . ومراقبة الشبكات الذكية لتوزيع الطاقة.(Hidayatullah, et al., ٢٠١٨)

١-٥- التحديات التي تواجه التصنيع الذكي:

بالرغم من المنافع الكثيرة التي يقدمها التصنيع الذكي إلا انه توجد العديد من التحديات التي قد تواجه المنظمات عند تبني هذه التكنولوجيا من اهمها التكاليف الأولية العالية، اذ تحتاج المنظمات إلى استثمارات كبيرة لتطوير الأنظمة والبنية التحتية وتدريب الكوادر البشرية، مما يتطلب وضع استراتيجيات فعالة لتقليل التكاليف الاولية. وكذلك صعوبة تحقيق التكامل مع الأنظمة القديمة، اذ تواجه المنظمات صعوبات في عملية دمج التكنولوجيا الحديثة مع البنية التحتية التقليدية (Narwane, et al., ٢٠٢٢) فضلا عن ذلك حاجة تلك المنظمات إلى مهارات متقدمة، اذ يتطلب من المنظمات توفير القوى العاملة المؤهلة لتشغيل وصيانة الأنظمة الذكية. وتأمين البيانات لغرض توفير الوسائل التي تؤدي الى حماية البيانات من التهديدات السيبرانية(Pradhan & Agwa, ٢٠١٨) .

١-٦- مستقبل التصنيع الذكي:

يتوقع ان يشهد التصنيع الذكي العديد من التطورات في توسيع تطبيقات التكنولوجيا التي تهدف الى تحسين الجودة وتخفيض التكاليف وزيادة الانتاج ومن أهمها:

أ- زيادة الاعتماد على برمجيات الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات بشكل أكثر دقة لغرض اتخاذ قرارات أسرع تؤدي الى تسريع عمليات التصنيع، وتقليل الاخطاء البشرية، وتطوير حلول ذكية للمشكلات المعقدة(Rakholia, et al., ٢٠٢٤).

ب- تطوير طرق التصنيع المخصص لإنتاج منتجات وفقا لاحتياجات الزبائن بكفاءة عالية، وبما يعزز القدرة التنافسية للمنظمات في الاسواق العالمية، فضلا عن تحقيق التخصيص الجماعي من دون التأثير على الكفاءة (Mehrpouya, et al., ٢٠٢٤).

ت- تطوير الاستدامة البيئية لتقليل استخدام الموارد وتحقيق صفر نفايات، واستمرارية الانتاج من دون الاضرار بالنظام البيئي.(Nižetić, et al., ٢٠١٩)

ث- التوجه نحو التحول الرقمي الكامل لغرض تحويل المصانع التقليدية إلى منظومات ذكية تعتمد بالكامل على التكنولوجيا.(Dabic, et al., ٢٠٢٣)

٢- إدارة إنتاج الدواجن

تعد انتاج الدواجن من أهم القطاعات الإنتاجية في مجال الثروة الحيوانية، اذ توفر اللحوم البيضاء والبيض كمصادر غذائية رئيسة. وتعتمد نجاح هذا الانتاج على الإدارة الفاعلة التي تشمل الجوانب الصحية، والتغذوية، والبيئية، والتسويقية (Nkukwana, ٢٠١٨). وبناء على ذلك تقدم هذه الدراسة نظرة شاملة حول إدارة إنتاج الدواجن وأهم العوامل المؤثرة في نجاحها. تعد إدارة إنتاج الدواجن عملية متكاملة تتطلب التخطيط والتنظيم لضمان تحقيق أفضل إنتاجية بأقل تكلفة. ومن خلال تطبيق أفضل الممارسات في التغذية، والرعاية الصحية، وإدارة البيئة، يمكن تحقيق نجاح مستدام في هذه الصناعة. إن التطور المستمر في تقنيات التربية والتغذية يفتح آفاقا جديدة لتحسين كفاءة الإنتاج وتلبية الطلب المتزايد على منتجات الدواجن (Prabakaran, ٢٠٠٣).

٢-١- مفهوم إدارة إنتاج الدواجن

تتضمن إدارة إنتاج الدواجن مجموعة من الممارسات والتقنيات التي تعنى بتوجيه ومراقبة جميع مراحل ادارة انتاج الدواجن، تهدف إلى تحسين أداء مزارع الدواجن لغرض توفير بيئة مناسبة للنمو، وضمان صحة الطيور، وتحقيق أعلى معدلات الإنتاج بأقل تكلفة ممكنة (George & George, ٢٠٢٣)

٢-٢- عناصر إدارة إنتاج الدواجن

في هذا السياق، يتم عرض اهم عناصر ادارة انتاج الدواجن، ودور كل منها في تحسين الاداء الانتاجي، وضمان استدامة العملية الانتاجية: ((Blake & Hess, ٢٠٢٥

أ- الاختيار الجيد للسلالة: ان اختيار السلالة المناسبة يعتمد على الهدف من الإنتاج، اذ تنقسم سلالات الدواجن الى دجاج لاحم لأنتاج اللحوم، ودجاج بياض لأنتاج البيض (Al-hajo, ٢٠١٦).

ب- ادارة الحضائر والمباني: يتطلب إنشاء الحضائر تخطيطا دقيقا من حيث الموقع، والتهوية، والإضاءة، والتدفئة لضمان راحة الطيور وتحقيق إنتاجية عالية.

ت- التغذية السليمة: تؤثر التغذية الجيدة بشكل مباشر على معدل النمو والإنتاج. اذ ينبغي أن تحتوي العليقة على نسبة متوازنة من البروتينات، والكربوهيدرات، والفيتامينات، والمعادن.

ث- الرعاية الصحية: تشمل الرعاية الصحية في مزارع الدواجن التحصينات الدورية ضد الأمراض. والنظافة والتعقيم المستمر. ومراقبة الطيور لاكتشاف أي أعراض مرضية مبكرا.

ج- إدارة الإنتاج والتسويق: تتطلب إدارة الإنتاج الجيدة التخطيط لتنظيم دورات الإنتاج، وتقدير الكميات المطلوبة من العلف والموارد الأخرى. كما يعد التسويق الفعال عنصرا مهما لضمان تحقيق أرباح مناسبة.

٢-٣- التحديات التي تواجه إدارة إنتاج الدواجن

تشكل الأمراض الفيروسية والبكتيرية مثل إنفلونزا الطيور والتسمم الغذائي تهديدا كبيرا لأنتاج الدواجن، مما يستوجب الالتزام بإجراءات وقائية صارمة. في حين قد يؤثر ارتفاع تكلفة الأعلاف على الربحية، مما يستدعي البحث عن مصادر بديلة أو تحسين كفاءة استخدام العلف. فضلا عن ذلك التغيرات المناخية، اذ تلعب الظروف البيئية مثل درجات الحرارة والرطوبة دورا حاسما في نجاح إدارة المزارع، حيث يجب توفير بيئة مناسبة لضمان راحة الطيور(Smith & Johnson, ٢٠٢٣) .

٣- علاقة التصنيع الذكي بإدارة انتاج الدواجن

يعد التصنيع الذكي أداة قوية لتحسين إدارة إنتاج الدواجن عن طريق تحسين مراقبة البيئة، وزيادة كفاءة التغذية، وتحليل البيانات بفاعلية. وعلى الرغم من التحديات التي تواجه تطبيقه، فإن التطورات التكنولوجية المستمرة تجعل من الممكن تحقيق تكامل ناجح بين التصنيع الذكي وإدارة انتاج الدواجن، مما يساهم في تحقيق إنتاجية أعلى وجودة أفضل. تعد صناعة الدواجن من أهم القطاعات الإنتاجية في مجال الثروة الحيوانية، اذ توفر اللحوم البيضاء والبيض كمصادر غذائية ضرورية. وتعتمد نجاح هذه الصناعة على الإدارة الفعالة للإنتاج، التي تشمل الجوانب الصحية، والتغذوية، والبيئية، والتسويقية (Astill, et al., ٢٠٢٠). وفي ظل التطورات التكنولوجية، أصبح التصنيع الذكي يؤدي دورا مهما في تحسين كفاءة إدارة إنتاج الدواجن. اذ يعتمد التصنيع الذكي على استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، وتحليل البيانات الضخمة لتحسين عمليات الإنتاج. ففي إدارة إنتاج الدواجن يسهم التصنيع الذكي الى تحسين مراقبة الطيور، وزيادة كفاءة الإنتاج، وتقليل الهدر في الموارد .(Abbas, et al., ٢٠٢٢) واشار(Astill, et al., ٢٠٢٠) الى ان دور التصنيع الذكي في إدارة إنتاج الدواجن يشمل ما يلي:

أ- المراقبة الذكية للبيئة والإنتاج: يتم استخدام أجهزة استشعار متقدمة لمراقبة درجة الحرارة، والرطوبة، وجودة الهواء في حظائر الدواجن. مما يتيح ذلك التفاعل الفوري مع أي تغييرات بيئية قد تؤثر على صحة الطيور وإنتاجها.

ب- تحليل البيانات: تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات المتجمعة من الحضيرة، مثل تحليل معدلات النمو، واستهلاك العلف، ومعدلات البيض. يمكن استخدام هذه البيانات للتنبؤ بالمشكلات المحتملة واتخاذ إجراءات استباقية.

ت- الأتمتة في التغذية والرعاية الصحية: تعتمد حضائر الدواجن الذكية على أنظمة تغذية أوتوماتيكية تضمن توزيع العلف والمياه بشكل دقيق وفقا لاحتياجات الطيور. كما تساهم الروبوتات وتقنيات التلقيح الذاتي في تقليل الحاجة للتدخل البشري، مما يقلل من مخاطر انتشار الأمراض.

ث- تتبع سلسلة الإمداد: توفر تقنيات إنترنت الأشياء أنظمة تتبع متقدمة تتيح مراقبة سلسلة الإنتاج من الحضيرة إلى المستهلك، مما يضمن جودة المنتجات وتحقيق معايير السلامة الغذائية.

٤- الجانب العملي للدراسة

٤-١- نبذة مختصرة عن مجال الدراسة

اختارت الدراسة شركة من الشركات المساهمة في دعم الصناعة الوطنية في العراق، والمختصة بإنتاج العلف، وتربية الدواجن، وتعد من الشركات الرائدة في تبني أحدث تقنيات التصنيع الذكي، تضم الشركة معمل خاص بتصنيع الاعلاف تبلغ مساحته (١٠ دوان)، الامر الذي أسهم في تحقيق ميزة نوعية وكمية في مجال تربية الدواجن، وتسعى الشركة من خلاله الى تحقيق الاكتفاء الذاتي من البيض ولحوم الدواجن، ويمتلك المعمل مواصفات تقنية عالية الجودة يتميز بها عن باقي المعامل الاخرى الموجودة في السوق. فضلا عن اعتماد الشركة على خبرات ملاكها ضمن هذا المجال. ينتج المعمل حاليا (١٠ طن/ ساعة) من الاعلاف الحيوانية ذات مكونات نباتية وبكفاءة عالية. ووفقا لما اظهرته الدراسات العلمية التي نفذتها الشركة، فقد تمكنت من تحسين معدلات نمو الدواجن منذ اليوم الاول وحتى موعد تسويقها.

تعتمد الشركة على نظام تحكم إلكتروني متطور في عمليات تصنيع الأعلاف وتربية الدواجن، اذ تمكنت من تحسين مراقبة جميع المكونات الداخلة في عملية الانتاج من دون حدوث الاخطاء والحد من دخول الشوائب. اذ تقوم الشركة بشكل دوري في عمل فحوصات قبل وبعد الانتاج داخل مختبراتها المتطورة. وبالتالي فقد انعكس ذلك على تحقيق نتائج ايجابية لمنتجاتها من الدواجن. وبفضل التقدم الملحوظ الذي أحرزته الشركة في مجال اختصاصها، شرعت بتسويق أعلافها إلى عدد من الشركات المعنية بتربية الدواجن في شتى محافظات العراق. وفي ادناه أبرز الاهداف التي حققتها الشركة:

أ- تجهيز أعلاف عالية الجودة بمكونات صحية لتلبية احتياجات كافة شركات تربية الدواجن في العراق.

ب- الارتقاء بمنظومة الإنتاج والتربية من خلال توظيف تقنيات التصنيع الذكي المبتكرة.

ت- تعزيز المبادرات المحلية لزراعة المواد الأولية اللازمة لإنتاج الأعلاف محليا.

ث- دعم استخدام التقنيات الحديثة ضمن مجال تصنيع الاعلاف وتربية الدواجن لغرض النهوض بالثروة الحيوانية داخل العراق.

ج- المساهمة في تعزيز استدامة الاقتصاد الوطني وتحقيق التنمية الاقتصادية.

٤-٢- آلية عمل نظام التحكم القابل للبرمجة PLC في انتاج اعلاف الدواجن

تعتمد الشركة على نظام التحكم القابل للبرمجة (PLC) الذي يعد أداة رئيسية في الأتمتة الصناعية، بما في ذلك تصنيع أعلاف الدواجن. يتم استخدامه للتحكم في العمليات وتحسين الكفاءة والدقة. فيما يلي شرح آلية عمل نظام PLC في هذا المجال:

أ- جمع البيانات: يتم توصيل نظام PLC بمجموعة من أجهزة الاستشعار المتخصصة مثل مستشعرات الوزن لقياس الكميات الدقيقة للمواد الخام، ومستشعرات الحرارة والرطوبة لضبط وتحليل ظروف بيئة التصنيع، بالإضافة إلى مستشعرات لمراقبة مستويات المخزون داخل الصوامع والخزانات.

ب- المعالجة والتحكم: يقوم نظام PLC بمعالجة الإشارات الواردة من أجهزة الاستشعار بناء على البرامج المخزنة فيه. يمكن برمجته لتنفيذ خطوات إنتاج أعلاف الدواجن بدقة، مثل: قياس وتحديد الكميات الدقيقة من المكونات (مثل الذرة، فول الصويا، المكملات الغذائية)، والتحكم في عمليات الخلط والتجانس بين المكونات، بالإضافة إلى تشغيل وإيقاف الآلات مثل المطاحن، الخلاطات، وآلات الكبس.

ت- تنفيذ الأوامر: بناء على المعطيات المجمعة والبرامج المبرمجة، يرسل PLC إشارات إلى المحركات لتحريك المواد الخام. والصمامات لفتح أو إغلاق تدفق المكونات. وأنظمة التعبئة لتعبئة المنتج النهائي.

ث- المراقبة وإرسال التنبيهات: يمكن مراقبة العملية بشكل كامل من خلال شاشة تشغيل (HMI) متصلة بنظام PLC. ويرسل النظام تنبيهات عند حدوث مشكلات (مثل نفاد أحد المكونات أو توقف الآلة).

ج- المرونة والقابلية للتطوير: يمكن تعديل البرامج بسهولة لتناسب تغييرات في الإنتاج (مثل تغيير الصيغة الغذائية أو تحسين العمليات).

ونتيجة لتلك الاجراءات فإن فوائد استخدام PLC في تصنيع الأعلاف توفر الدقة العالية في تحديد الكميات وضبط العملية. وزيادة الإنتاجية من خلال تقليل وقت التشغيل وتحسين كفاءة العمليات. وتخفيض التكاليف عبر تقليل الفاقد في المواد وتحسين استخدام الموارد. والتشغيل الآمن من خلال مراقبة الأخطاء والتعامل معها بشكل فوري.

٤-٣- آلية عمل نظام التحكم القابل للبرمجة PLC في بيئة تربية الدواجن

تعتمد الشركة على نظام التحكم القابل للبرمجة (PLC) الذي يلعب دورا حيويا في تحسين بيئة تربية الدواجن من خلال توفير ظروف مثالية تساعد في زيادة إنتاجية الطيور والحفاظ على صحتها. يعتمد النظام على مجموعة من الحساسات (Sensors) والبرمجيات للتحكم في البيئة داخل المزارع بشكل دقيق ومتكامل.

أ- جمع البيانات من البيئة: يتم ربط نظام PLC بمجموعة من الحساسات المتخصصة مثل حساسات الحرارة لقياس درجة حرارة الهواء داخل الحظائر، وحساسات الرطوبة لمراقبة مستويات الرطوبة وضمان راحة الطيور. كما يتم استخدام حساسات الغازات لقياس مستويات ثاني أكسيد الكربون والأمونيا، وحساسات الإضاءة للتحكم في شدة ومدة الإضاءة. بالإضافة إلى حساسات مستوى المياه والأعلاف لضمان التوافر المستمر.

ب- المعالجة والتحكم: يقوم PLC بمعالجة البيانات المستلمة من الحساسات ومقارنتها بالمعايير المبرمجة مسبقا، مثل درجة الحرارة المثلى، مستويات الرطوبة المناسبة، ومستويات الأكسجين المسموح بها. بناء على هذه المعطيات، يتخذ النظام قرارات تلقائية، مثل تشغيل أو إيقاف أجهزة التدفئة أو التبريد، تشغيل أنظمة التهوية لزيادة تدفق الهواء، وضبط الإضاءة وفقا لبرنامج إضاءة محدد (مثل دورة الإضاءة الطبيعية التي تتناسب مع احتياجات الطيور).

ت- تنفيذ الأوامر: يقوم PLC بإرسال إشارات التحكم إلى مختلف المعدات مثل المراوح لضبط مستوى التهوية، وأجهزة التدفئة أو التبريد لتعديل درجة الحرارة داخل الحظائر، بالإضافة إلى أنظمة الري بالرش لضبط الرطوبة، وأنظمة الإضاءة لضبط شدة الإضاءة وتشغيل أو إيقاف الأضواء بناء على متطلبات البيئة.

ث- المراقبة وإرسال التنبيهات: يعرض النظام جميع البيانات التشغيلية على شاشة (HMI)، مما يسمح للمشغل بمراقبة البيئة في الوقت الفعلي. ويتم إرسال تنبيهات أو إنذارات عند حدوث خلل كارتفاع غير طبيعي في درجة الحرارة. او نقص في مستويات المياه أو الأعلاف. او زيادة تركيز الغازات الضارة.

ج- التحكم عن بعد: في الأنظمة الحديثة، يمكن ربط نظام PLC بشبكة الإنترنت لتمكين التحكم عن بعد باستخدام تطبيقات الهاتف الذكي أو الحاسوب، مما يسهل مراقبة وإدارة العمليات عن بعد.

وبناء على الاجراءات اعلاه فإن منافع استخدام PLC في تحسين بيئة الدواجن ادت الى تحسين صحة الطيور، وان التحكم في الظروف البيئية يقلل من الإجهاد على الطيور ويقلل احتمالية الإصابة بالأمراض. وزيادة الإنتاجية عن طريق تكوين بيئة مستقرة تساهم في تحسين معدل النمو وإنتاج البيض. وتقليل استهلاك الموارد عن طريق التشغيل الأمثل للأجهزة التي تقلل من استهلاك الطاقة والمياه. والكشف المبكر عن المشكلات الذي يتيح المراقبة الفورية وإطلاق التنبيهات والتعامل السريع مع المشاكل. وأتمتة العمليات مما سيقلل الحاجة إلى التدخل البشري ويضمن استمرارية العمليات بكفاءة. ويمكن برمجة PLC ليعمل وفقا لدورات بيولوجية معينة، مثل تغيير ظروف الإضاءة والحرارة حسب عمر الطيور. والتكامل مع أنظمة تحليل البيانات لاكتشاف الأنماط وتحسين الأداء بشكل مستمر.

٤-٤- تقييم ادارة الانتاج لشركة حظائر الدواجن قبل وبعد استخدام الشركة نظام PLC

يهدف هذا القسم إلى تحليل تأثير تطبيق نظام التحكم القابل للبرمجة (PLC) على أداء وإنتاجية شركة حظائر الدواجن، من خلال مقارنة البيانات التشغيلية قبل وبعد التطبيق، باستخدام مؤشرات أداء رئيسية تشمل: معدل البقاء على قيد الحياة، متوسط الوزن النهائي، معامل التحويل الغذائي، ومؤشر الأداء الإنتاجي (PPI).

$$\text{معدل البقاء على قيد الحياة (Livability Ratio)} = \frac{\text{عدد الطيور التي تم تسويقها}}{\text{اجمالي الطيور المستلمة}} \times ١٠٠ \quad ... (١)$$

$$\text{اجمالي الوزن المسوق (Live Weight Marketed)} = \text{عدد الطيور المسوقة} \times \text{متوسط الوزن النهائي لكل طائر} \quad ... (٢)$$

$$\text{معامل التحويل الغذائي (FCR - Food Conversion Ratio)} = \frac{\text{كمية العلف المستهلكة}}{\text{اجمالي الوزن المسوق}} \quad ... (٣)$$

$$\text{مؤشر الاداء الانتاجي} = \frac{\text{معدل البقاء} \times \text{متوسط الوزن النهائي لكل طائر}}{\text{عدد ايام دورة التربية} \times \text{معامل التحويل الغذائي}} \times ١٠ \quad ... (٤)$$

يشير متوسط وزن الجسم بالغرام الى الوزن النهائي الذي تصل إليه الدواجن عند نهاية دورة التربية. وكلما زاد متوسط وزن الجسم، كان الأداء الإنتاجي أفضل. اما نسبة الحيوية (Livability) فهي تمثل النسبة المئوية للدواجن التي بقيت حية حتى نهاية دورة التربية. اذ تشير عدد الأيام اللازمة للتربية الى المدة الزمنية التي استغرقتها الدورة الإنتاجية للوصول إلى الوزن المستهدف. واما معامل التحويل الغذائي (Feed Conversion Ratio - FCR) فيمثل كمية العلف المستهلكة لإنتاج كيلوغرام واحد من الوزن الحي للدواجن. ويعتبر مؤشرا مهما للكفاءة، وكلما كان أقل، كان ذلك أفضل. ويمثل الثابت (١٠) بأنه ثابت يستخدم لتوحيد وحدة القياس وتبسيط الناتج.

وتشير دلالات المعادلة الى ان ارتفاع المؤشر يدل على وجود كفاءة عالية في إنتاج الدواجن، مع زيادة الوزن، وانخفاض عدد أيام التربية، أو تقليل معامل التحويل الغذائي. واما انخفاض المؤشر فيعكس أداء أقل كفاءة نتيجة لزيادة استهلاك العلف، وانخفاض الوزن، أو زيادة أيام التربية.

أ- **حساب مؤشرات الاداء قبل تطبيق نظام PLC**: تشير بيانات الشركة خلال عام ٢٠١٥، والخاصة بوجبات احدى القطيع بأن عدد الفراخ التي تم استلامها لغرض تربيتها (٨٠٠٠) فرخا، وكانت اقصى مدة لتربيها (١٢) اسبوع، اي (٨٤) يوم، وبلغ متوسط الزيادة الوزنية المسوقة (١٨٠٠) غرام / طير، وكان عدد الهلاكات خلال تربية هذه الدواجن (١٢٠٠) طير، وبلغت كمية العلف المستخدمة لهذه الوجبة (٤٠) طن، وفيما يلي سيتم تقييم هذا الاداء وفقا للمؤشرات الموضحة في اعلاه:

معدل البقاء على قيد الحياة = $\frac{٦٨٠٠}{٨٠٠٠} \times ١٠٠ = ٠,٨٥$

اجمالي الوزن المسوق = ٦٨٠٠× ١٨٠٠ = **١٢٢٤٠٠٠٠غ** = **١٢٢٤٠كغم** = **١٢,٢٤ طن**

معامل التحويل الغذائي = $\frac{٤٠}{١٢.٢٤}$ = ٣,٢ كغم واحد من العلف لكل كغم من الوزن الحي المسوق

مؤشر الاداء الانتاجي = $\frac{٠.٨٥ \times ١٦٠٠}{١٠ \times ٣.٢ \times ٨٤} = \frac{١٣٦٠}{٢٦٨٨} = ٠,٥٠$

ب- **حساب مؤشرات الاداء بعد تطبيق نظام PLC**: تشير بيانات الشركة خلال عام ٢٠٢١ بعد تطبيق نظام PlC، والخاصة بوجبات احدى القطيع بأن عدد الفراخ التي تم استلامها لغرض تربيتها (٨٠٠٠) فرخا، وكانت اقصى مدة لتربيها (١٠) اسابيع، اي (٧٠) يوم، وبلغ متوسط الزيادة الوزنية المسوقة (٢١٠٠) غرام / داجن، وكان عدد الهلاكات خلال تربية هذه الدواجن (٥٠٠) فرخ، وبلغت كمية العلف المستخدمة لهذه الوجبة (٣٠) طن، وفيما يلي سيتم تقييم هذا الاداء وفقا للمؤشرات الموضحة في اعلاه:

معدل البقاء على قيد الحياة = $\frac{٧٥٠٠}{٨٠٠٠} \times ١٠٠ = ٠,٩٣$

اجمالي الوزن المسوق = ٧٥٠٠× ٢١٠٠ = **١٥٧٥٠٠٠٠ غرام** = **١٥٧٥٠ كغم** = **١٥,٧٥ طن**

معامل التحويل الغذائي = $\frac{٣٠}{١٥.٧٥}$ = ١,٩ كغم واحد من العلف لكل كغم من الوزن الحي المسوق

مؤشر الاداء الانتاجي = $\frac{٠.٩٣ \times ٢١٠٠}{١٠ \times ١.٩ \times ١٠} = \frac{١٩٥٣}{١٠٦٤} = ١,٤٦$

٤-٥- تحليل النتائج والتأثير الإيجابي لنظام PLC

أ- قبل تطبيق نظام PLC:

- كان مؤشر الأداء الإنتاجي منخفضا (٠,٥٠) بسبب ارتفاع معامل التحويل الغذائي (٣,٢) وزيادة نسبة الهلاكات (١٥٪).
- استغرقت دورة التربية ١٢ أسبوعا، مما أدى إلى زيادة استهلاك العلف وارتفاع التكاليف التشغيلية.

ب- بعد تطبيق نظامPLC :

- تحسنت نسبة البقاء من ٨٥٪ إلى ٩٣٪، مما يدل على انخفاض معدل الوفيات بسبب تحسين البيئة الإنتاجية.
- ارتفع الوزن النهائي للطائر من ١٨٠٠ غرام إلى ٢١٠٠ غرام بفضل التحكم الذكي في التغذية والبيئة.
- انخفض معامل التحويل الغذائي من ٣,٢ إلى ١,٩، مما يعكس كفاءة أعلى في استهلاك العلف.
- تقلصت مدة دورة التربية من ٨٤ إلى ٧٠ يوما، مما ساهم في زيادة الإنتاجية وخفض التكاليف.
- ارتفع مؤشر الأداء الإنتاجي (PPI) من ٠,٥٠ إلى ١,٤٦، مما يعكس تحسنا كبيرا في الكفاءة التشغيلية.

٥- الاستنتاجات

أ- تحسين الأداء الإنتاجي: أظهر تطبيق نظام التحكم القابل للبرمجة (PLC) تحسنا كبيرا في مؤشرات الأداء، حيث ارتفع مؤشر الأداء الإنتاجي من ٠,٥٠ إلى ١,٤٦، مما يدل على كفاءة أعلى في إدارة عمليات إنتاج الدواجن.

ب- تقليل استهلاك الموارد: أدى استخدام التقنيات الذكية إلى تقليل معامل التحويل الغذائي من ٣,٢ إلى ١,٩، مما يعكس كفاءة أكبر في استهلاك العلف، وبالتالي خفض تكاليف الإنتاج.

ت- تقليل مدة دورة التربية: ساهم تطبيق التصنيع الذكي في تقليل مدة دورة التربية من ٨٤ يوما إلى ٧٠ يوما، مما أدى إلى زيادة الإنتاجية وتحقيق عوائد أسرع.

ث- تحسين صحة الطيور وتقليل نسبة النفوق: ارتفعت نسبة البقاء على قيد الحياة من ٨٥٪ إلى ٩٣٪ بفضل أنظمة التحكم البيئي الذكية، مما قلل من الوفيات وساهم في تحسين جودة الإنتاج.

ج- تعزيز الاستدامة الاقتصادية والبيئية: من خلال تقليل استهلاك الموارد والطاقة، وتحسين كفاءة الإنتاج، ساعدت تقنيات التصنيع الذكي في تحقيق استدامة أفضل في قطاع إنتاج الدواجن.

ح- أتمتة العمليات وتحسين المراقبة: ساعدت أنظمة إنترنت الأشياء (IoT) وأجهزة الاستشعار المتقدمة في تحسين مراقبة البيئة داخل الحظائر، مما أدى إلى اتخاذ قرارات دقيقة وزيادة.

References

١- Sahoo, S., & Lo, C. Y. (٢٠٢٢). Smart manufacturing powered by recent technological advancements: A review. Journal of Manufacturing Systems, ٦٤, ٢٣٦-٢٥٠. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jmsy.٢٠٢٢,٠٦,٠٠٨

٢- Logeswaran, K., Savitha, S., Suresh, P., Prasanna Kumar, K. R., Gunasekar, M., Rajaei, R., ... & Jayasurya, A. S. (٢٠٢٤). Unifying Technologies in Industry ٤,٠: Harnessing the Synergy of Internet of Things, Big Data, Augmented Reality/Virtual Reality, and Blockchain Technologies. Topics in Artificial Intelligence Applied to Industry ٤,٠, ١٢٧-١٤٧. https://doi.org/١٠,١٠٠٢/٩٧٨١٣٩٤٢١٦١٤٧.ch٧

٣- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (٢٠١٧). Intelligent manufacturing in the context of industry ٤,٠: a review. Engineering, ٣(٥), ٦١٦-٦٣٠. https://doi.org/١٠,١٠١٦/J.ENG.٢٠١٧,٠٥,٠١٥

٤- Ren, S., Zhang, Y., Liu, Y., Sakao, T., Huisingh, D., & Almeida, C. M. (٢٠١٩). A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions. Journal of cleaner production, ٢١٠, ١٣٤٣-١٣٦٥. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jclepro.٢٠١٨,١١,٠٢٥

٥- Ma, S., Ding, W., Liu, Y., Ren, S., & Yang, H. (٢٠٢٢). Digital twin and big data-driven sustainable smart manufacturing based on information management systems for energy-intensive industries. Applied energy, ٣٢٦, ١١٩٩٨٦. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.apenergy.٢٠٢٢,١١٩٩٨٦

٦- Perwej, Y., Haq, K., Parwej, F., Mumdouh, M., & Hassan, M. (٢٠١٩). The internet of things (IoT) and its application domains. International Journal of Computer Applications, ٩٧٥(٨٨٨٧), ١٨٢.

٧- Fahle, S., Prinz, C., & Kuhlenkötter, B. (٢٠٢٠). Systematic review on machine learning (ML) methods for manufacturing processes–Identifying artificial intelligence (AI) methods for field application. Procedia CIRP, ٩٣, ٤١٣-٤١٨. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.procir.٢٠٢٠,٠٤,١٠٩

٨- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (٢٠٢١). Substantial capabilities of robotics in enhancing industry ٤,٠ implementation. Cognitive Robotics, ١, ٥٨-٧٥. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.cogr.٢٠٢١,٠٦,٠٠١

٩- Tiwari, S., Wee, H. M., & Daryanto, Y. (٢٠١٨). Big data analytics in supply chain management between ٢٠١٠ and ٢٠١٦: Insights to industries. Computers & Industrial Engineering, ١١٥, ٣١٩-٣٣٠. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.cie.٢٠١٧,١١,٠١٧

١٠-Jandyal, A., Chaturvedi, I., Wazir, I., Raina, A., & Haq, M. I. U. (٢٠٢٢). ٣D printing–A review of processes, materials and applications in industry ٤,٠. Sustainable Operations and Computers, ٣, ٣٣-٤٢. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.susoc.٢٠٢١,٠٩,٠٠٤

١١-Velásquez, N., Estevez, E. C., & Pesado, P. M. (٢٠١٨). Cloud computing, big data and the industry ٤,٠ reference architectures. Journal of Computer Science & Technology, ١٨.

١٢-Javaid, M., Haleem, A., & Suman, R. (٢٠٢٣). Digital twin applications toward industry ٤,٠: A review. Cognitive Robotics, ٣, ٧١-٩٢. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.cogr.٢٠٢٣,٠٤,٠٠٣

١٣-Yazdi, M. (٢٠٢٤). Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in Maintenance Training. In Advances in Computational Mathematics for Industrial System Reliability and Maintainability (pp. ١٦٩-١٨٣). Cham: Springer Nature Switzerland.

١٤-Namjoshi, J., & Rawat, M. (٢٠٢٢). Role of smart manufacturing in industry ٤,٠. Materials Today: Proceedings, ٦٣, ٤٧٥-٤٧٨. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.matpr.٢٠٢٢,٠٣,٦٢٠

١٥-Terry, S., Lu, H., Fidan, I., Zhang, Y., Tantawi, K., Guo, T., & Asiabanpour, B. (٢٠٢٠). The influence of smart manufacturing towards energy conservation: a review. Technologies, ٨(٢), ٣١.

١٦-Galindo-Salcedo, M., Pertúz-Moreno, A., Guzmán-Castillo, S., Gómez-Charris, Y., & Romero-Conrado, A. R. (٢٠٢٢). Smart manufacturing applications for inspection and quality assurance processes. Procedia Computer Science, ١٩٨, ٥٣٦-٥٤١. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.procs.٢٠٢١,١٢,٢٨٢

١٧-Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J., & Sarli, M. (٢٠١٢). Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. Computers & Chemical Engineering, ٤٧, ١٤٥-١٥٦. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.compchemeng.٢٠١٢,٠٦,٠٣٧

١٨-Tiwari, S., Bahuguna, P. C., & Srivastava, R. (٢٠٢٣). Smart manufacturing and sustainability: a bibliometric analysis. Benchmarking: An International Journal, ٣٠(٩), ٣٢٨١-٣٣٠١.

١٩-Miranda, J., Ponce, P., Molina, A., & Wright, P. (٢٠١٩). Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food ٤,٠. Computers in Industry, ١٠٨, ٢١-٣٦. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.compind.٢٠١٩,٠٢,٠٠٢

٢٠-Kusiak, A. (٢٠١٨). Smart manufacturing. International journal of production Research, ٥٦(١-٢), ٥٠٨-٥١٧. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/٠٠٢٠٧٥٤٣,٢٠١٧,١٣٥١٦٤٤

٢١-Liu, Y., Zhang, Y., Ren, S., Yang, M., Wang, Y., & Huisingh, D. (٢٠٢٠). How can smart technologies contribute to sustainable product lifecycle management? Journal of Cleaner Production, ٢٤٩, ١١٩٤٢٣. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jclepro.٢٠١٩,١١٩٤٢٣

٢٢-Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (٢٠٢٣). Internet of things for smart factories in industry ٤,٠, a review. Internet of Things and Cyber-Physical Systems, ٣, ١٩٢-٢٠٤. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.iotcps.٢٠٢٣,٠٤,٠٠٦

٢٣-Meng, Y., Yang, Y., Chung, H., Lee, P. H., & Shao, C. (٢٠١٨). Enhancing sustainability and energy efficiency in smart factories: A review. Sustainability, ١٠(١٢), ٤٧٧٩ https://doi.org/١٠,٣٣٩٠/su١٠١٢٤٧٧٩.

٢٤-Hidayatullah, N., Kurniawan, A. C., & Kalam, A. (٢٠١٨, July). Power transmission and distribution monitoring using Internet of Things (IoT) for smart grid. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. ٣٨٤, No. ١, p. ٠١٢٠٣٩). IOP Publishing. DOI ١٠,١٠٨٨/١٧٥٧-٨٩٩X/٣٨٤/١/٠١٢٠٣٩

٢٥-Narwane, V. S., Raut, R. D., Gardas, B. B., Narkhede, B. E., & Awasthi, A. (٢٠٢٢). Examining smart manufacturing challenges in the context of micro, small and medium enterprises. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, ٣٥(١٢), ١٣٩٥-١٤١٢. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/٠٩٥١١٩٢X.٢٠٢٢,٢٠٧٨٥٠٨

٢٦-Pradhan, A., & Agwa-Ejon, J. (٢٠١٨, August). Opportunities and challenges of embracing smart factory in South Africa. In ٢٠١٨ Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET) (pp. ١-٨). IEEE. DOI: ١٠,٢٣٩١٩/PICMET.٢٠١٨,٨٤٨١٩٦٨

٢٧-Rakholia, R., Suárez-Cetrulo, A. L., Singh, M., & Carbajo, R. S. (٢٠٢٤). Advancing Manufacturing Through Artificial Intelligence: Current Landscape, Perspectives, Best Practices, Challenges and Future Direction. IEEE Access. DOI: ١٠,١١٠٩/ACCESS.٢٠٢٤,٣٤٥٨٨٣٠

٢٨-Nižetić, S., Djilali, N., Papadopoulos, A., & Rodrigues, J. J. (٢٠١٩). Smart technologies for promotion of energy efficiency, utilization of sustainable resources and waste management. Journal of cleaner production, ٢٣١, ٥٦٥-٥٩١. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jclepro.٢٠١٩,٠٤,٣٩٧

٢٩-Mehrpouya, M., Dehghanghadikolaei, A., Fotovvati, B., Vosooghnia, A., Emamian, S. S., & Gisario, A. (٢٠١٩). The potential of additive manufacturing in the smart factory industrial ٤,٠: A review. Applied Sciences, ٩(١٨), ٣٨٦٥. https://doi.org/١٠,٣٣٩٠/app٩١٨٣٨٦٥

٣٠-Dabic-Miletic, S. (٢٠٢٣). Advanced technologies in smart factories: A cornerstone of industry ٤,٠. Journal of Industrial Intelligence, ١(٣), ١٤٨-١٥٧. https://doi.org/١٠,٥٦٥٧٨/jii٠١٠٣٠٢ .

٣١-Nkukwana, T. T. (٢٠١٨). Global poultry production: Current impact and future outlook on the South African poultry industry. South African Journal of Animal Science, ٤٨(٥), ٨٦٩-٨٨٤. DOI: ١٠,٤٣١٤/sajas. v٤٨i٥,٧ .

٣٢-Prabakaran, R. (٢٠٠٣). Good practices in planning and management of integrated commercial poultry production in South Asia.

٣٣-George, A. Shaji & George, A.s ,٢٠٢٣, Optimizing Poultry Production Through Advanced Monitoring and Control Systems, DO - ١٠,٥٢٨١/zenodo.١٠٠٥٠٣٥٢

٣٤-Al-Hajo, N. (٢٠١٦). "Poultry Product Technology Part One: Egg Production and Technology." ResearchGate.

٣٥-Blake, J.P., & Hess, J.B. (٢٠٢٥). "Uses and management of poultry litter." ResearchGate.

٣٦-Smith, J.A., & Johnson, M. (٢٠٢٣). "Challenges in Poultry Production Management." Journal of Poultry Science, ١٥(٣), ٤٥-٥٩.

٣٧-Astill, J., Dara, R. A., Fraser, E. D., Roberts, B., & Sharif, S. (٢٠٢٠). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. Computers and Electronics in Agriculture, ١٧٠, ١٠٥٢٩١. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.compag.٢٠٢٠,١٠٥٢٩١

٣٨-Abbas, G., Jaffery, S., Hashmi, A. H., Tanveer, A. J., Arshad, M., Amin, Q. A., ... & Mahboob, U. (٢٠٢٢). Prospects and challenges of adopting and implementing smart technologies in poultry production. Pakistan Journal of Science, ٧٤(٢).

٣٩-Astill, J., Dara, R. A., Fraser, E. D., Roberts, B., & Sharif, S. (٢٠٢٠). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. Computers and Electronics in Agriculture, ١٧٠, ١٠٥٢٩١. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.compag.٢٠٢٠,١٠٥٢٩١