

استخدام التقنيات واجهزة الاستشعار الحديثة في ادارة ماشية الحليب

علي فيصل وشام (1) *

(1). قسم الانتاج الحيواني ، كلية الزراعة ، جامعة الكوفة ، النجف ، العراق .
(* للمراسلة : م. م. علي فيصل وشام. البريد الالكتروني : alif.altai@uokufa.edu.iq ، هاتف : 07803277866 .)

تاريخ القبول: 2024/07/11

تاريخ الاستلام: 2023/12/26

الملخص

ان ادخال الابتكارات العلمية في مجال الانتاج الحيواني ضروري لتحقيق افضل انتاجية ، اذ انها تتيح افضل تعامل مع ماشية الحليب ومنتجاتها ، اذ ان للتقنيات الحديثة مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي تأثير كبير على نجاح عمليات المراقبة والتحليل ، وان تطور أنواع متميزة من أجهزة الاستشعار الحيوية وبروتوكولات الاتصال المتقدمة قد مكن من ادخال التقنيات الحديثة في ادارة ماشية الحليب من خلال المراقبة عن بعد واتخاذ القرارات اعتمادا على البيانات ، كما انها تحقق افضل مراقبة صحية من خلال الكشف المبكر عن الأمراض و مراقبة التغذية و رعاية الحيوانات و مراقبة نظافة الحليب و الكشف عن هجوم الحيوانات المقترسة ، و تسهل من عمليات المراقبة الصحية لماشية الحليب ، اذ ان اجراءات التشخيص التقليدية تتطلب كثير من العمال وتسغرق وقتا طويلا ، ان هذه الدراسة تناقش أهمية تنفيذ نظام بيئي ذكي باستخدام التقنيات الحديثة المتطورة في محطات ماشية الحليب ، لمراقبة صحة ماشية الحليب بأستخدام الأجهزة المتطورة والروبوتات.

الكلمات المفتاحية: تربية الماشية الدقيقة، أجهزة الاستشعار، ماشية الحليب.

المقدمة

إن النمو السكاني السريع وزيادة دخل الفرد يزيدان من الطلب على المنتجات الحيوانية ، ويتطلب العدد المتزايد من سكان العالم منتجات حيوانية ذات جودة عالية ، ويأتي حل هذه المشكلات من دراسات علمية متخصصة في مجالات مختلفة لأستخدام التكنولوجيا الحديثة في تربية وادارة الماشية اذ لا يمكن الحصول على الأداء المتوقع دون استخدام التكنولوجيا الحديثة خاصة الحيوانات ذات القيم الوراثية العالية ، أن لمراقبة البيانات بشكل مستمر في محطات الماشية الحديثة تتيح التحكم المستمر في الإنتاج وصحة الحيوان ورفاهيته (Thornton, 2010) ، ومع زيادة عدد الحيوانات ، تزداد الاخطاء الادارية وسيكون مربوا الماشية قادرين على تكييف المحطات الانتاجية بسرعة لاستغلال التطور في التكنولوجيا من أجل إنتاج أفضل ، وتحقيق الزيادة في إنتاجية الأبقار من خلال الاختيار المستمر وتطبيق تقنيات التربية المختلفة ، وتحسين استراتيجيات التغذية، وتعزيز الرعاية الصحية (Arefaine and Bertilsson, 2015) . ان ماشية الحليب تعد من أهم المجالات التي تمكن من خلالها دعم وتحقيق أهداف التنمية المستدامة مثل القضاء على الفقر ، ويساعد الحليب ومنتجاته على تحسين صحة سكان العالم لاحتوائها على البروتينات والفيتامينات والمعادن المفيدة لنمو وتطور الأطفال والبالغين ، وان عدم تعزيز إنتاجية الحليب ، فان ذلك سيكون له آثار خطيرة على الاستدامة البيئية لإنتاج الحليب ، وفي هذا الصدد، تحتاج المحطات ماشية الحليب الانتاجية إلى ضمان سلامة وجودة الحليب الخام لتلبية طلب الصناعات والمستهلكين ، علاوة على ذلك، يجب أن تضمن الاعمال الادارية إنتاج الحليب من الماشية السليمة في ظروف اقتصادية واجتماعية وبيئية مستدامة ، ولتحقيق ذلك، اقترحت منظمة الأغذية والزراعة ستة

ممارسات يومية لتحقيق انتاج عالي وامن مثل مراعاة صحة الحيوان ؛ الرفق بالحيوان؛ نظافة الحلب؛ التغذية (المياه والأعلاف) ؛ البيئة والادارة الاجتماعية والاقتصادية (Wurtz et al.,2019). ان مربيوا الماشية اليوم يستخدمون بشكل متزايد الروبوتات في الإنتاج أو الخوارزميات لتحسين قراراتهم المتعلقة بادارة محطات ماشية الحليب اذ تعمل التطورات التكنولوجية على خلق نظام حديث يوفر إمكانيات عمل أكثر مرونة وأكثر ذكاءً في الإنتاج الحيواني ، و ذلك من خلال تهيئة ظروف مريحة للأبقار التي تلبى المتطلبات المهمة من السكن والماء والتغذية والتي لا تساهم فقط في زيادة إنتاجية الأبقار، بل تزيد أيضًا من العمر الإنتاجي لاستخدامها الاقتصادي (Antanaitis et al.,2021). لذلك هدفت هذه الدراسة الى مراجعة بعض المصادر المتوفرة عن اهم التقنيات الحديثة المستخدمة في ادارة محطات ماشية الحليب بالاعتماد على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وإنترنت الأشياء ، اذ ان مستقبل تربية الحيوانات سوف يتسم بالدقة والسرعة والاستدامة والذكاء اذ لا يمكن تحقيق إنتاج جيد للماشية إلا من خلال الانتشار السريع للتكنولوجيا الذكية للإنذار المبكر للأمراض، ودقة التغذية، وتشخيص الامراض عن بعد ودراسة سلوكيات الحيوانات.

مراجعة المصادر

ان قطاع ماشية الحليب قد شهد تطور كبير خلال السنوات القليلة الماضية عبر استخدام عدد من التقنيات المختلفة من اجل المراقبة التلقائية لمجموعة متنوعة من المؤشرات السلوكية والفيولوجية ، و أصبح جمع كميات كبيرة من البيانات ممكنًا بفضل استخدام أجهزة الاستشعار والتكنولوجيا ، و تحليل هذه البيانات باستخدام أساليب إحصائية متطورة قبل استخلاص أي استنتاجات حول سلوك الحيوانات أو صحتها أو رفاهيتها (Stangaferro et al.,2016). ان هذه الاجهزة تكون مدمجة ومحمولة وحساسة للغاية وسريعة ونتائجها دقيقة وهي تعمل بعدة طرق بما في ذلك اكتشاف التغيرات في الرقم الهيدروجيني وتركيز الايونات والتفاعل الانزيمي والفقد الوظيفي وتغير الجهد الكهربائي وتغير اللون ودرجة الحرارة وما الى ذلك ، اذ تتمتع اجهزة الاستشعار الحيوية بمزايا واستخدامات كبيرة في ادارة الثروة الحيوانية بما في ذلك عزل الامراض واكتشافها واكتشاف الدورة الانجابية ومراقبة الصحة الفسيولوجية للحيوان من خلال فحص المناطق المحيطة به (Neethirajan,2017) . وتشمل مجالات استخدام التكنولوجيا الحديثة في ادارة ماشية الحليب ماياتي :

1- تكنولوجيا مراقبة الحيوانات

ان الماشية في المحطات الانتاجية والحقول تكون دائما معرضة للهجمات الليلية من قبل الحيوانات الشرسة وللسرقة ، ونتيجة لذلك يجب تركيب نظام في حقول الماشية لتحذير صاحب محطة الماشية في الوقت المناسب من أي نشاط مشبوه ، لقد تم اجراء تجربة بوضع كاميرا رؤية ونظام يدعم التعلم الآلي لحماية الماشية من هجوم الحيوانات الشرسة والسرقة من قبل أفراد مجهولين حيث يتكون التصميم من كاميرا رؤية تعمل بالطاقة الشمسية ، ويتم تثبيت الكاميرا هذه على سطح مأوى الماشية لضمان سلامة الماشية و يتم تغذية كاميرا الرؤية بنموذج تعلم الآلة المُدرَّب مسبقًا، والذي يساعد كاميرا الرؤية في التصنيف الدقيق للحيوانات المفترسة والشخص المشبوه ، حيث اذا اكتشفت الكاميرا حيوانًا شرسًا أو شخصًا مشبوهًا، فإنها ترسل تنبيهًا سريعًا إلى المسؤول عن المحطة (Gargiulo et al.,2018).

2- تتبع موقع الحيوان

تلعب أهمية التتبع جنبًا إلى جنب مع مهمة تحديد الهوية وإحصاء عدد الحيوانات التي تدخل بعد الرعي بالخارج دورًا حاسمًا في رعاية الحيوان ، وتحسين تقنيات التربية (Foris et al.,2019) . اذ يمكن أن تساعد بيانات سلوك الحيوان في تحسين نظام

التربية ، مما يؤدي إلى إنتاج حيواني أكثر كفاءة واستدامة للحيوانات بالشكل صحيح ، مما يؤدي إلى تحسين صحة الحيوان ورفاهيته (Leliveld and Provalo, 2020) ، وهناك اهتمام متزايد بتركيب أجهزة استشعار وأنظمة كهربائية لمراقبة أنشطة الحيوانات وكشف الانحرافات السلوكية تلقائياً في العديد من محطات ماشية الحليب ، إذ تعد المراقبة المباشرة والمراقبة بالفيديو من المهام التي تستغرق وقتاً طويلاً (Melzer et al.,2021) ، لذا تم إضافة أجهزة استشعار إضافية يمكن ارتداؤها للماشية لتسجيل سلوك الحيوان ، على سبيل المثال، يتم استخدام مقاييس التسارع ثلاثية المحاور لمراقبة وقت الاستلقاء، إذ تم استبدال العمالة الإداريين بأنظمة تعتمد على الرؤية الحاسوبية والتي تتتبع حركة الحيوانات باستخدام تجزئة الصور ، لقد استخدمت دراسات قليلة كاميرات مزدوجة لفحص سلوك البقرة أثناء الوقوف والاضطجاج بناءً على وضع البقرة، حيث تشير منطقة الراحة إلى الاستلقاء وأوقات التغذية إلى الوقوف (Veissier et al.,2017)، علاوة على ذلك، فإن مجرد استخدام كاميرا RGB في حظيرة ذات إضاءة منخفضة وأجواء مغبرة يمكن أن يضعف أداء تحليل رؤية الكمبيوتر لكن استخدام نظام الرؤية الحاسوبية يسمح بالمراقبة المنتظمة لسلوك الحيوان ، ومن أجل تعظيم مساهمة كل حيوان، يجب أن يكون النظام قادراً على تحديد موقع الحيوان في القطيع (Balducci et al.,2018) . ان الأنظمة المعتمدة على الرؤية تواجه صعوبة في تحديد موقع الأبقار؛ ومع ذلك، يمكن للأنظمة المستندة إلى التعلم الآلي أن تساعد في تحديد موقع الأبقار، ولكنها تتطلب بنية تحتية إضافية لمراقبة ماشية الحليب في المناطق الكبيرة مثل الحظائر ، لذلك في محطات ماشية الحليب ، يتم استخدام تقنيات تحديد الهوية مثل تحديد الترددات الراديوية السلبية (RFIDs) لتسجيل تناول الطعام ، وقد تم استخدام هذه التكنولوجيا تقليدياً لتحديد موقع وهوية الحيوانات في الحظيرة (et al.,2019) . ان نظام تحديد المواقع يوفر إمكانات جديدة لتحديد موضع الحيوانات في الوقت الفعلي و بدقة عالية (Wurtz et al.,2020) . كما يحدد هذا النظام الموجود في كامبريدج، المملكة المتحدة، موقع الأجسام المتحركة في مجموعة متنوعة من المواقع ، وتتراوح دقة النظام بين 30 و100 سم (Curran et al.,2011) ، كما تم استخدام نظام للمراقبة للماشية بمساعدة الطائرات بدون طيار في الحظائر الكبيرة ، وبشكل عام، يجد البشر صعوبة في الدخول إلى المناطق الخطرة ، وبالتالي فإن الطائرات بدون طيار قادرة على دخول المناطق المحظورة عن طريق الجو ، ان استخدام جهاز تعقب LoRaWAN GPS الموصول بقرية البقرة ، قادر على تحديد موقع وحركة البقرة ، إذ يتكون جهاز التعقب هذا من وحدة GPS منخفضة الطاقة ومقياس تسارع ذو 9 محاور، ويتم ربط هذين المكونين بوحدة STM32L072 MCU جنباً إلى جنب مع وحدة LoRa وبطارية Li-on بقوة 1000 مللي أمبير و يساعد المعرف الموجود في جهاز تعقب GPS الطائرة بدون طيار في تصنيف هوية أبقار الحليب المعينة في مجال الرعي إذ يتم تجهيز الطائرة بدون طيار بوحدة LoRa التي تسمح لها بالتواصل مع الماشية لمعرفة الموقع والتتبع أثناء حالة الطوارئ بالإضافة إلى ذلك، يقوم جهاز تعقب LoRaWAN GPS بتوصيل معلومات الموقع والحركة الخاصة بماشية الحليب إلى مسؤول المحطة ، علاوة على ذلك، يمكن إضافة السياج الجغرافي إلى هذا النظام الذي يعتمد على نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ، وشبكة Wi-Fi ، وRFID، والبيانات الخلوية، ويمكن تحقيقه باستخدام النظام الحالي نظراً لتوفر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في رقة البقرة (Saputra et al.,2021) ، إن الاستثمار في هذه الانظمة الحديثة لن يكون دائماً مجدي اقتصادياً ، إذ ترتبط جدوى تطبيق هذه الانظمة على المراعي بالتخفيض الكبير في العمالة، سواء لتمويل شراء هذه الانظمة أو للحصول على فوائد ملموسة من الاستثمار، لكن تتبّع موقع الابقار يستخدم عادة في اماكن الرعي والحظائر الكبيرة التي تتطلب متابعة مباشرة وهذا يجعل من الصعوبة متابعة اعداد الابقار الكبيرة ومراقبة سلوكها وحالتها الصحية لذلك يمكن استبدال العمالة الإداريين بأنظمة تعتمد على الرؤية الحاسوبية والتي تتتبع حركة الحيوانات ، إذ توفر هذه الأنظمة المعتمدة

كمية كبيرة من المعلومات حول سلوك وأنشطة رعي الحيوانات دون إزعاج الإنسان ولفترات طويلة من الزمن ، وكذلك في المواقع النائية التي يصعب على المراقبين البشريين الوصول إليها (بغض النظر عن موقعه ليلاً ونهاراً) هي فائدة لا يمكن إنكارها للمزارع (Waterhouse, 2019) .

3- استخدام الروبوتات لأعداد ونقل الاعلاف

ان نقص الاعلاف يقلل من الإنتاجية وقد يكون له تأثير سلبي على صحة الحيوان ، كما أن الإفراط في تغذية الاعلاف يزيد من تكاليف العلف ، ويزيد من الحمل الغذائي البيئي، ويمكن أن يكون ضاراً أو خطيراً على صحة الفرد ، لذا تتطلب سلالات الأبقار عالية الإنتاجية اليوم إمدادات ثابتة من العلف ، في حين يتم شراء معظم أعلاف الأبقار لإنتاج الحليب من السوق ، إلا أنه يجب زراعة أعلاف مستدامة أو شراؤها محلياً او يمكن شراء العلف الجاف محلياً، ولكن يجب زراعة العلف الأخضر في مكان المحطة (Bloch et al.,2019) . لقد تم استخدام الروبوتات للقيام باعداد الاعلاف لماشية الحليب و يتم وضع هذا العلف في غرفة الروبوت المتقل ، الذي يحمل العلف إلى موقع الماشية المحدد ، كما يضمن تطبيق الروبوتات توفير البيئة الصحية للماشية ، و يوفر المعالج المشترك القدرة الحاسوبية لتحليل البيانات ، علاوة على ذلك، يتم تسجيل المعلومات على المنصة الرقمية ، وقد أدى تكامل الروبوتات وإنترنت الأشياء والأجهزة المتطورة إلى تسهيل تنفيذ الأنظمة الذكية لضمان اتباع نظام غذائي صحي لأبقار الحليب (Bach et al.,2004). ان استخدام هذا النظام فعال وبديل عن الانظمة اليدوية التي ترتفع فيها احتمالات الخطأ بسبب الاخطاء البشرية ، اضافة الى ان هذه الانظمة مزودة بتقنية للتنبيه في حالة حدوث خلل اذ ترتبط بنظام الكروني للمراقبة بشكل مستمر اضافة الى السرعة والدقة (Nabokov et al.,2020).

4 - مراقبة صحة الحيوان

أن الأمراض المعدية يمكن ان تؤدي الى حدوث وباء في أبقار الحليب ، حيث يتم الاحتفاظ بألاف الحيوانات معاً مسبباً في حدوث خسائر كبيرة ، وفي مثل هذه الظروف ، سيكون من الصعب منع تفشي الأمراض المعدية ما لم يتدخل المربين على الفور، اذ عندما تظهر الأعراض ، يكون الوقت قد فات عموماً للتدخل ، إن تقدم أجهزة الاستشعار الحيوية يمكنهم من اكتشاف المرض في مراحله المبكرة ، وبمساعدة بروتوكول الاتصال، يتم إبلاغ مربي ماشية الحليب ، اذ يتم زرع أجهزة الاستشعار والتقنيات القابلة للارتداء في أبقار الحليب لقياس درجة حرارة الجسم (Nogami et al.,2014) ، ومكونات العرق (Garcia et al.,2016) ، واكتشاف الإجهاد (Lee et al.,2015) ، ومراقبة السلوك والحركة (Van Nuffel et al.,2015)، واكتشاف الرقم الهيدروجيني (Clay et al.,2020) ، وتحليل الصوت (Neethirajan,2017)، والوقاية من الأمراض (Beyene et al.,2017) ، واكتشاف التحاليل، واكتشاف وجود الفيروسات ومسببات الأمراض (Mungroo et al.,2016) . وتساعد أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء مربي ماشية الحليب في اكتشاف المرض مبكراً ومنع نفوق الحيوانات و تُستخدم أجهزة الاستشعار والذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي للمراقبة المستمرة لجوانب صحة الحيوان المهمة، مثل الحركة وجودة الهواء واستهلاك العلف والمياه ، بدلاً من الاستجابة للمشكلات عند ظهورها أو الاستعانة بخدمات الأطباء ، مما يمكن المربين من تحديد تفشي الأمراض والتنبؤ بها ومنعها حتى قبل حدوثها على نطاق واسع من خلال جمع البيانات بشكل مستمر وتطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي الحديثة للتنبؤ بالانحرافات ، وان هذا النوع من النظام له ميزتان رئيسيتان ، إحدى مزايا هذا النظام هو أنه يسمح لعدد أقل العمال برعاية عدد أكبر من الحيوانات، مما يقلل من تكاليف الإنتاج ، ثانياً يمكن لمثل هذا النظام أن ينبه المربين إلى احتمالية الإصابة

بالمرض، حتى لو كان لا يزال في مرحلة ما قبل الاعراض السريرية، وهذا بدوره سيساعد المربين على اتخاذ الإجراءات في الوقت المناسب لتجنب الخسائر الكارثية (Van Nuffel et al., 2015). تشمل عمليات مراقبة صحة الماشية من خلال :

4-1: المراقبة والتشخيص المبكر للأمراض

وفقا لمنظمة الأغذية والزراعة، فإن أفضل طريقة للحصول على إنتاج عالي من حليب الأبقار هو مراقبة صحة الحيوان ، اذ تعتمد محطات ماشية الحليب على صحة الحيوانات ورفاهيتها ، وان من اهم خطوات المحافظة على صحة الحيوان هي عملية التشخيص المبكر اذ تعد ادارة صحة الحيوان باستخدام أجهزة الاستشعار الحيوية مجالا جديدا يكتسب زخما في جميع أنحاء العالم ، اذ يتم استخدام أجهزة الاستشعار الحيوية بشكل متزايد في محطات ماشية الحليب لمراقبة صحة الحيوان بشكل أفضل واكتشاف الأمراض في وقت مبكر (Gargiulo et al., 2018) ، ويعد إجراء التشخيص الصحيح خطوة وسيطة حاسمة بين تحديد السبب الحقيقي للمرض ومعالجته وان المراقبة المستمرة للمؤشرات السلوكية والفسيوولوجية قد تجعل من الممكن اكتشاف التغيرات الطفيفة قبل أن تظهر كأعراض سريرية اذ يتم الكشف المبكر عن المرض عن طريق منع تطور المرض وتحسين الاستجابة للعلاج (Foris et al., 2019) ، و يمكن لمديري محطات ماشية الحليب والأطباء البيطريين والمربين أنفسهم استخدام أجهزة الاستشعار لمراقبة تحركات الحيوانات، تناول الطعام، دورات النوم، وحتى جودة الهواء في المحطة ، اذ تقوم أجهزة الكمبيوتر بتخزين ومعالجة البيانات الأولية (Neethirajan, 2017) ، ان الأمراض والعرج ومشاكل الأطراف بالفعل تشكل تحديات كبيرة لصناعة الحليب ، وعادة ما تغير الحيوانات التي تعاني من الألم نشاطها وخطوتها وطعامها ووضعيتها ومظهرها عن سلوكها المعتاد ، لذا فان التشخيص المبكر يساهم في تخفيض النفقات الاقتصادية المرتبطة بالعلاج ، أو انخفاض إنتاج الحليب ، أو انخفاض الخصوبة، أو الوفيات ، أو الإزالة من القطيع إذا تم تشخيص المرض في وقت مبكر (Porto et al., 2014)، ويمكن أن يصبح الاعتماد المبكر لأساليب التدخل ممكناً من خلال التحديد المبكر للأبقار المعرضة لخطر المشكلات الصحية (Neethirajan, 2017). وتشمل ادوات التشخيص المبكر ماياتي :

4-1-1: تحليل التنفس والتعرق واللعاب

لقد اهتم الباحثون بالكشف عن الأمراض من خلال تحديد المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) والتي تمثل تقنية غير جراحية ، اذ تقوم الحيوانات بالزفير وإفراز المركبات العضوية المتطايرة في إفرازاتها مع التنفس والدم والبراز والجلد والبول والإفرازات المهبلية (French et al., 2017) ، والغازات مثل الهيدروجين (H₂) والميثان (CH₄) ، وكذلك الجزيئات العضوية المتطايرة مثل الأحماض الدهنية ، والتي يمكن أن تكون بمثابة مؤشرات حيوية للعمليات الأيضية والمرضية ، وهي أمثلة على المستقبلات الموجودة في التنفس ، اذ ترتبط المركبات العضوية المتطايرة مثل أجسام الكيتون والإيتانول والميثانول والمركبات الخارجية عادة بمستويات الجلوكوز في الدم ، وتم استخدام تحليل المركبات العضوية المتطايرة لدراسة أمراض الجهاز التنفسي البقري ، السل البقري ، تم إنشاء غالبية أجهزة الاستشعار الحيوية لتحليل مستقبلات العرق بهدف مراقبة صحة الإنسان ، وقد تم استخدامها لقياس مستويات الملح ، كما تم جعلها محمولة (على شكل حزام) لقياس العرق ، بالإضافة إلى ذلك، يمكن تعديل هذا المستشعر لاستخدامه في قياس العرق الحيواني، خاصة كمؤشر على الإجهاد البدني لدى الحيوانات (Gargiulo et al., 2018) ، كذلك يعد جمع اللعاب بحثا عن الامراض والعلامات البيوكيميائية الأخرى لصحة الفسيولوجية بديلاً غير جراحي لأخذ عينات الدم (Bandodkar and Wang, 2014). نظراً لأن اللعاب يحتوي على مكونات موضعية وجهازية ، فهو مصدر مفيد للمعلومات المتعلقة بالعمليات الجهازية التي تحدث في الجسم، مما يسمح بتقييم الحالة الفسيولوجية أو المرضية للكائن الحي ، ومع ذلك ،

فإن استخدام اللعاب في تشخيص أمراض الحيوان يتطلب فحصًا تفصيليًا لتركيبته البروتينية في حالات مختلفة (et al.,2021) Carvalho-Sombra). ان هذه التقنية تعتبر مفيدة بشكل خاص لمراقبة الحيوانات وتشخيص الأمراض لأنه يُعتقد أن سحب الدم من الحيوانات يشكل ضغطاً ويمكن أن يؤثر على المعلمات البيوكيميائية التي يتم قياسها ، اذ يمكن أن تكون المؤشرات الحيوية للعبية مفيدة لعدة أغراض ، بما في ذلك الكشف المبكر عن المرض وتشخيصه، ودعم اتخاذ القرار لإدارة الحيوانات ، ومراقبة تطور المرض (Malon et al.,2014) ، و هناك تطبيقات تشخيصية أخرى للعباب ، مثل المؤشرات الحيوية من اللعاب التي يتم فحصها للكشف عن سرطان الفم (Kuzuhara et al.,2015) ، كما يمكن أن يكون اللعاب عينة تشخيصية قيمة تتضمن مؤشرات محتملة للحالات الفسيولوجية والمرضية مثل حالة حمل الماشية ، علاوة على ذلك، يمكن أن يكون مفيداً لتطوير اختبارات سريعة من اللعاب (Carvalho-Sombra et al.,2021) ، في الجاموس، هناك محاولات لتحديد وقت الشبق باستخدام المؤشرات الحيوية للعبية لزيادة دقة وقت التلقيح ، اذ تم استكشاف تحليلات اللعاب لعلاقتها بالعرج في تجربة أخرى (et al.,2018) Lansade al يعرض الجدول (1) ملخصاً لتحليل الحليب وسوائل الجسم الأخرى وفوائده.

الجدول(1): تحليل سوائل الجسم وفوائده.

المصادر	فوائد الاستخدام	التكنولوجيا
(Waller et al.,2020)	مؤشراً غير جراحي للحالة الإنجابية في أبقار الحليب	هرمون البروجسترون في الحليب
(Wisnieski et al.,2019)	مؤشر مفيد وغير جراحي لالتهاب الضرع	عدد الخلايا الجسدية SCC
(Gargiulo et al.,2018)	مؤشرات حيوية للعمليات الأيضية والمرضية ، أمثلة على ذلك الأيضات الموجودة في التنفس ، المركبات العضوية المتطايرة مثل أجسام الكيتون ، والإيثانول ، ويرتبط الميثانول والمركبات الخارجية عادة بالدم ، وان جمع اللعاب هو بديل غير جراحي لأخذ عينات الدم.	تحليل التنفس والعرق واللعاب

4-1-2: التحليل الطيفي للحليب بالأشعة تحت الحمراء (NIRS)

تعتمد العمليات الحالية في قطاع الحليب لقياس النسبة المئوية للمواد الصلبة للحليب على جمع عينات الحليب من المزرعة (Hommeida et al.,2004). اذ يتم إرسال عينات الحليب إلى المعامل لفحص جودة الحليب وتحديد نسبة المواد الصلبة في الحليب الوارد ، علاوة على ذلك، نظراً لأنه لا يمكن فصل الحليب ذات الجودة المتنوعة بمجرد خلطها أثناء التجميع ، يتم إرسال خليط من الحليب عالي الجودة ومنخفض الجودة إلى مصانع المعالجة (LeCun et al.,2015). ان التكنولوجيا الحديثة تتمتع بالقدرة على تحسين قطاع الحليب من خلال توفير مراقبة في الوقت الفعلي لجودة الحليب من خلال استخدام أجهزة استشعار مناسبة قادرة على تقييم وفصل الحليب ذي الخصائص المميزة (Saravanan et al.,2021) ، لقد استخدمت عمليات المراقبة التي تقدمها إنترنت الأشياء للتعامل مع ارتفاع الإنتاج ، مما يؤدي إلى تحسين الإنتاجية وجودة المنتج و ستساعد المراقبة في الوقت الفعلي لإمدادات الحليب والظروف التي تؤثر على إنتاج الحليب في تقليل رفض الحليب في مصانع المعالجة ، مما يسمح بتحديد الحليب عالي الجودة والنقاؤه بشكل منفصل للمنتجات المتميزة ، وتحسين التنبؤ بإمدادات الحليب ، والسماح بتحسين إنتاج الحليب و تخطيط الإنتاج (Patil et al.,2021). كما ستوفر المراقبة الحية لأحداث إمدادات الحليب والنقاؤه للمحطات ماشية الحليب تنبيهات بشأن الحليب والنقاؤه، مما يسمح لهم بالتعامل مع صعوبات تبريد الحليب والنقاؤه بشكل غير مناسب، مثل وصول الشاحنات متأخرًا، ونسيان السائق لغسل وعاء الحليب، وما إلى ذلك. وستستفيد هذه البيانات أيضًا من مساعدة الموردين

على التنبؤ بإنتاجهم (Burciaga-Robles et al.,2009). ان التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء هي تقنية سريعة وغير مكلفة وسهلة الاستخدام (Evangelista et al.,2021)، اذ تم استخدام التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة (NIRS) منذ فترة طويلة لقياس كمية مكونات الحليب مثل الدهون والبروتين واللاكتوز (Muncan et al.,2023). لقد ثبتت العديد من الدراسات أن استخدام التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء هو وسيلة قابلة للتطبيق لتقييم مستويات هرمون البروجسترون في الحليب وان مراقبة مستويات البروجسترون في الحليب هي وسيلة فعالة من حيث التكلفة لتحديد الحالة الإنجابية للبقر، الكشف عن الحرارة، تشخيص الحمل، مما يعني أن عينات الحليب توفر معلومات عن الحالة الصحية الحالية للقطيع/الفرد ويمكن جمعها واختبارها على أساس متكرر دون المساس بالحياة اليومية للحيوان (Evangelista et al.,2021)، بالإضافة إلى ذلك، فقد ثبت أن الحالة الفسيولوجية للحيوان تؤثر على التركيب الجزيئي للماء الموجود في الحليب؛ ولذلك، يمكن أن توفر أطيايف الحليب معلومات مفيدة فيما يتعلق بصحة الحيوان ومرضه (Muncan et al.,2023). لقد أظهرت التحقيقات البحثية المختلفة أن التحليل الطيفي المعتمد على الضوء المرئي أو الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) أو الأشعة تحت الحمراء (IR) هي تقنيات مناسبة لتقييم خصائص جودة الحليب (Gastélum-Barrios et al.,2020)، ووفقاً للبحث الذي تم إجراؤه حول NIR والتحليل الطيفي NIR المرئي، يعتمد النجاح التجاري للكشف عن جودة الحليب على مفهوم التحليل الطيفي NIR (Porep et al.,2015). ان أجهزة استشعار جودة الحليب NIR الحالية تعتبر باهظة الثمن، لأنها تحتاج إلى استخدام أدوات معقدة، وبالتالي من غير المرجح أن يكون تركيبها عملياً على نطاق واسع في محطات ماشية الحليب (Munir et al.,2015). علاوة على ذلك، فقد تبين أن التحسينات الأخيرة في أجهزة الاستشعار الحيوية وأجهزة الاستشعار الكهروكيميائية منخفضة التكلفة كانت ناجحة في تقييم جودة الحليب في المختبر (Martin et al.,2021)، ويتم تضمين استخدام التقنيات لتقييم العلامات الفسيولوجية والسلوكية والإنتاجية على الحيوانات من أجل تحديد الأحداث المثيرة للاهتمام في عملية المراقبة الدقيقة لماشية الحليب، اذ يمكن استخدام تحليلات الحليب كمؤشرات حيوية للأمراض أو للكشف عن الحالة الإنجابية، على سبيل المثال فأن شركة (DeLaval Inc)، تومبا، السويد) اصدرت برنامج يكتشف كمية البروجسترون في الحليب، ويوصي بالتوقيت المثالي للتلقيح، ويذكر أسماء الحيوانات التي تحتاج إلى تأكيد الحمل، ويحدد حالات الإجهاض المبكر، ويدرج الأبقار المعرضة لخطر الإصابة بالكيسات والشق المطول، ويمكن لروبوتات الحلب الأخرى تحديد تحليلات الحليب والتوصيل الكهربائي للحليب (Neculai-Valeanu and Ariton, 2022) ان استخدام المؤشرات الحيوية للدم تعتبر مؤشرات مفيدة لصحة الحيوان، على الرغم من أن استخدامها الاقتصادي محدود لزيادة تكاليفها لكنها توفر قدرًا كبيرًا من المعلومات، خاصة وأن المؤشرات الحيوية يمكنها اكتشاف المراحل دون السريرية للمرض حتى عندما تبدو البقرة بصحة جيدة ولا تظهر عليها أي مؤشرات واضحة للمرض، لكن يمكن أن تكون المؤشرات الحيوية للحليب بديلاً للمؤشرات الحيوية للدم (Martins et al.,2019). اذ تُستخدم أجهزة الاستشعار لتحديد محتوى الدهون والبروتين في الحليب على نطاق واسع في المحطات ماشية الحليب في الوقت الحاضر، ووفقاً لنظام الحلب الخاص بكل مزرعة، حيث يتم استخدام نظام استشعار فريد، توفر هذه المستشعرات معلومات عن صحة وخصوبة الماشية، باستخدام أجهزة تحليل الحليب وايضا يمكن تتبع دورة الشبق والأداء الإنجابي في أبقار الحليب (Gargiulo et al.,2018)، وهناك العديد من المحلات التي قد تعمل وفقاً لمبادئ مختلفة، بعضها يستخدم المؤشرات الكيميائية والبعض الآخر يعتمد على التحليل الطيفي (Stone, 2020).

3-1-4: عد الخلايا الجسدية (SCC) في الحليب

تعتبر خسائر إنتاج الحليب المرتبطة بالتهاب الضرع في ماشية الحليب ذات أهمية اقتصادية (Mertoguno, 2019). لذا فإن مراقبة تركيزات عدد الخلايا الجسدية (SCC) في الحليب لها أهمية كبيرة في الكشف عن المرض وهي الطريقة الأكثر استخدامًا للكشف عن التهاب الضرع ، خاصة في أشكاله تحت السريرية ، إذ لوحظ أن قيم SCC عندما تتجاوز الحد الأقصى ، تنخفض قيمة الحليب بشكل كبير ، ونتيجة لذلك ، فإن مستوى SCC يعد معلمة مهمة لتقييم صحة الضرع (Neculai-Valeanu and Arifon, 2022) ، و على الرغم من عدم وجود SCC في العلامات السريرية ، يتميز التهاب الضرع تحت السريري بزيادة في SCC في الحليب ، إذ يعد SCC مؤشرًا مفيدًا لصحة الضرع لأنه يحسب كمية الخلايا الجسدية (الخلايا الظهارية المتقشرة بشكل أساسي ، والبلاعم، والعدلات) في الحليب ، بصرف النظر عن استخدامه كمعيار لاختيار أبقار الحليب الأقل عرضة للإصابة بالتهاب الضرع ، فإن وجود SCC في حليب البقر يعد مؤشرًا على التهاب الغدة الثديية ، إذ أثبت SCC أنه مؤشر مفيد لانخفاض إمدادات الحليب بسبب التهاب الضرع تحت السريري، والذي يوجد عندما يكون عدد الخلايا أكبر من 200000 لكل مليلتر (Stone, 2020).

4-1-4: استخدام التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء لتشخيص الأمراض

ان التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء (IRT) هي وسيلة لتشخيص وتقييم الألم لأنه يشير إلى التغيرات الفسيولوجية (Neethirajan, 2020) ، كما يمكن استخدام التصوير الحراري لتحديد التشنجات الحرارية في الحيوانات من خلال تحديد الارتفاع أو الانخفاض في درجة حرارة سطح الجلد (LokeshBabu et al.,2018) (Zachut et al.,2020). وهي تقنية تستخدم بشكل متكرر في مجال الطب البيطري لتشخيص حالات مثل العدوى ، والعرج في الخيول ، والتهاب الضرع في كل من الأغنام والماشية، ولتحديد درجة حرارة كيس الصفن في الجاموس (Yao et al.,2019). ان التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء هو طريقة غير جراحية تراقب الأشعة تحت الحمراء المنبعثة وتعرض البيانات كمخطط حراري، وهو تمثيل مرئي لدرجة حرارة سطح الجسم ، إذ يمثل كل بكسل في الرسم البياني الحراري درجة حرارة السطح المسجلة لجسم ما ، كما يتم عرض البيانات بالتدرج الرمادي أو بالألوان ، و يتم عرض المناطق الأكثر حرارة باللون الأبيض أو الأحمر على مقياس الألوان، بينما يتم عرض المناطق الأكثر برودة باللون الأسود أو الأزرق ، و عندما يتعرض الحيوان للتوتر، ينشط المحور تحت المهاد والغدة النخامية وقشرة الكظر، وتتساقط الحرارة نتيجة لزيادة تركيزات الكاتيكولامين والكورتيزول، بالإضافة إلى تفاعلات ضخ الدم ، مما يؤدي إلى تغيرات في توليد الحرارة وفقدان الحرارة من الحيوان ، ونتيجة لذلك، قد تكون هذه التقنية مفيدة كمؤشر عام للإجهاد (LokeshBabu et al.,2018) ، و يمكن استخدام التغيرات في أنماط درجة حرارة السطح ، وخاصة تلك الناتجة عن التغيرات في تدفق الدم، للكشف عن الالتهاب أو الضرر المرتبط بالأمراض ، و تمثل الاختلافات الحرارية (اللونية) التدرجات الحرارية ، والتي تمثل التغيرات في درجة حرارة الجلد الناجمة عن الأمراض الكامنة و يتميز التصوير الحراري بقياس انبعاثات الحرارة دون الاتصال الجسدي المباشر بالسطح ، و نظرًا لحساسيته العالية ، فإنه يكون مفيدًا عند مقارنة بيانات دقيقة أخرى (مثل عداد الخطى ونشاط مقياس التسارع)، و بشكل عام، يعمل التصوير الحراري بشكل أفضل بالتنسيق مع طرق أخرى وليس كبديل لها ، إذ يكشف التصوير الحراري في كثير من الأحيان التغيرات الفسيولوجية قبل ظهورها كأعراض سريرية، مما يسمح بالتشخيص والعلاج المبكر (LokeshBabu et al.,2018) ، وفقًا للبحث، لم يكن هناك فرق ذو دلالة إحصائية في درجة حرارة الأرجل بين الأمراض المختلفة ، ولكن كان هناك فرق بين الأبقار المريضة والسليمة (Zachut et al.,2020) ، و للحد من الخسائر الاقتصادية

الناجمة عن العرج، هناك حاجة إلى تدخلات وقائية وتشخيص مبكر للأمراض (Gautam et al.,2022). لقد زاد استخدام التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء للكشف عن العرج في الماشية في السنوات الأخيرة، وذلك بسبب سهولة التشغيل الآلي، وقلة التكاليف (Green et al.,2021)، ومن المعلوم ان العرج في أبقار الحليب له آثار سلبية ليس فقط على رفاهية أبقار الحليب وإنتاج الحليب، ولكن أيضًا على القدرة الإنجابية ومعدلات الوفيات (Gautam et al.,2022)، إذ يمكن أن يساعد التشخيص المبكر لآفة الارجل في تقليل التأثير السلبي للعرج وتعزيز نجاح العلاج، ومن المرجح أن يكون مفيدًا في منع التطور المرضي في المستقبل (LokeshBabu et al.,2018)، كما يمكن أيضًا استخدام التصوير الحراري في البحث عن أمراض مختلفة مثل أمراض العضلات والعظام وتقييم درجة حرارة العين في العجول لتشخيص المرض المبكر، إذ تم استخدام هذه الأداة أيضًا لتحديد التهاب الغدة الثديية (Green et al.,2021)، لقد ثبت أن التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء مفيد في تقييم صحة الضرع واكتشاف الأرباع المصابة بالتهاب الضرع تحت السريري (Neculai-Valeanu and Ariton, 2022). علاوة على ذلك أثبت أن التصوير الحراري للضرع يمكن أن يكون أداة تشخيصية مفيدة للكشف عن التهاب الضرع في أبقار الحليب، ونظرًا لأن درجة الحرارة ترتفع بشكل كبير قبل ثلاثة أيام من الإباضة، فإن استخدام التصوير الحراري لتحديد شبق البقرة يمكن أن يزيد من فرص الحمل في حالة الشبق المنتظم أو الهادئ (Hendriks et al.,2020). كما يمكن أيضًا استخدام التصوير الحراري للكشف عن الشبق في الأغنام والماعز، إذ بحث (Kang et al.,2021) في إمكانات IRT في تشخيص التهاب الضرع في دراستهم واكتشفوا أنه يتوافق جيدًا مع عدد الخلايا الجسدية (Koohestani et al.,2019). لقد ثبت أن التصوير الحراري يميز بين التهاب الضرع السريري وتحت السريري في كل من المجترات الكبيرة والصغيرة، وإن التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء لديه القدرة على أن يصبح أداة مفيدة وعملية للاستخدام في المحطات ماشية الحليب في المستقبل و يمكن إجراء تحديدات فردية لكل غدة ثديية، مع زيادة في درجة الحرارة الغدة مما يشير إلى وجود التهاب (Neculai-Valeanu and Ariton, 2022). لقد وجد بان في حالات الإجهاد والخصوبة والرفاهية والتمثيل الغذائي والصحة والكشف عن المرض، يمكن استخدام درجة حرارة سطح الحيوان كمؤشر لقياس الحالة الفسيولوجية للحيوان بدقة إذ أظهرت أجهزة الاستشعار الحرارية بالأشعة تحت الحمراء أن هناك علاقة قوية بين التغيرات في درجة الحرارة حول العينين والتغيرات في درجة حرارة الجسم الأساسية (et al.,2019). إذ توفر قراءات درجة الحرارة من أجزاء مختلفة من جسم الحيوان معلومات حول صحته وتسمح باتخاذ قرارات سريعة بشأن رفاهيته (على سبيل المثال، عزل الحيوانات ذات درجة حرارة الجسم المرتفعة أو ادارة درجات الحرارة الداخلية لوحداث إيواء الحيوانات) (Neethirajan, 2020).

4-2: تقنية مراقبة سلوك الماشية والتعرف على الوجه

ان مراقبة سلوك الماشية يجعل من التنبؤ بأمراض الماشية وملاحظة السلوك غير الطبيعي بشكل افضل وذلك عن طريق استخدام أنظمة التتبع الآلي إذ يمكن مراقبة الحيوانات بعدة طرق، بعضها يتضمن أجهزة يمكن ارتداؤها، وبعضها يتضمن أنظمة تتبع محوسبة، ومع ذلك، فإن الاعتماد على المراقبين البشريين لمراقبة الحيوانات أمر يتطلب عمالة كثيفة ولا يمكن الاعتماد عليه دائمًا، إذ يمكن تحسين مستوى الادارة الذكية للماشية بشكل كبير بمساعدة تكنولوجيا الرؤية الحاسوبية، التي توفر تقنية غير متصلة ومنخفضة التكلفة لتتبع الماشية، لقد بذل الباحثون الكثير من الوقت والجهد لتحديد كيفية تحقيق مستوى المراقبة المستقلة للحيوانات الموضح في الفيديو، إذ تعد تقنية التعرف على الوجوه تقنية ناشئة أخرى تجتاح العالم، إذ تقارن إحدى الدراسات ثلاث وظائف خسارة مستخدمة في التعرف على الوجه البشري مقترنة بشبكة RetinaFace-mobilenet، وتشير النتائج إلى أن شبكة

CattleFaceNet المقترحة تتفوق على غيرها بدقة تحديد تبلغ 91.3% ووقت معالجة يبلغ 24 إطارًا في الثانية ، و اقترح طريقة للتعرف على أبقار الحليب بناءً على صورة ذيل الحيوان ورأسه ، لقد تم اكتشاف وجه البقرة والتعرف عليه ، وظهرت النتائج التجريبية أن التقنية المقترحة متفوقة ، إذ تبلغ دقة الكشف 98.3%، بينما تصل دقة التعرف على وجه البقرة إلى 94.1% (Lewis Baida et al.,2021) . وأجريت دراسة باستخدام مجموعة بيانات Dairy Goat Dataset (DG-dataset) التي تحتوي على 200 مقطع فيديو لحركة ماعز الحليب مع إجمالي 161000 من الصور التي تم جمعها عشوائيًا من المزرعة ، تظهر الدراسة أن الخوارزمية الخاصة بهم كانت ناجحة في تحديد موقع وتتبع لكل ماعز من القطيع ، إذ يساعد تتبع الحيوانات بالفيديو على التعرف على الحيوانات المريضة أو السلوك الغريب لدى الحيوانات (Stangaferro et al.,2016)، و تعد تعبيرات الوجه والأصوات مؤشرين سلوكيين للعاطفة ذات صلة بتكنولوجيا الاستشعار في حيوانات المزرعة ، نظرًا لأن معظم حيوانات المزرعة هي ثدييات قادرة على تغيير تعبيرات وجهها إلى حد ما، فإن القدرة على ربط وجه الحيوان وأصواته بالحالة العاطفية أمر حيوي للعديد من الاستخدامات العملية ، قد تشعر الحيوانات وتظهر مجموعة واسعة من المشاعر، الإيجابية والسلبية على حد سواء (Samadiani et al.,2019) ، ويتم توضيح الحالات العاطفية الأكثر انتشارًا التي لاحظها الباحثون في حيوانات ماشية الحليب في الجدول (2) إذ يمثل التعبير عن الألم تحديدًا في الحيوانات ، ولا يزال البحث عن استخدام تغييرات الوجه كرد فعل للألم أو التوتر في مراحلها المبكرة (Stangaferro et al.,2016) ، و يمكن أيضًا نقل الحالات العاطفية للحيوانات من خلال الصوت ، حيث ان العديد من أصوات الحيوانات لا إرادية ، خاصة تلك التي تنقل مشاعر سلبية ، ونتيجة لذلك، قد تدل الضوضاء في كثير من الأحيان على استجابات عاطفية أساسية كرد فعل أولي ، لكن القياس المباشر للعاطفة يعد مستحيلًا حاليًا ، حتى بالنسبة للبشر، ومع ذلك، فإن التكنولوجيا الحديثة، من ناحية أخرى، تجعل مراقبة وتحليل سلوك الحيوان إذ يتم تحليل تعبيرات الوجه، وتحليل الصوت، وتقنيات التكنولوجيا المتكاملة متعددة الوسائط كأدوات لمراقبة مشاعر حيوانات المزرعة (Mojsym et al.,2022).

الجدول(2) : الحالة العاطفية لابقار الحليب

المصادر	المؤشرات	الحالة العاطفية
(Mojsym et al.,2022)	وضعية الأذن المستقيمة الطويلة	الإثارة
(Mojsym et al.,2022)	أذان متجهه إلى الأمام	الاحباط
(Mojsym et al.,2022)	أذان متجهه للخلف وعيون نصف مغلقة	الاسترخاء
(Mojsym et al.,2022)	تظهر العيون البيضاء والأذان متجهه للامام	الحماس
(McManus et al.,2016)	انخفاض درجة حرارة الأنف والاطراف	تجربة إيجابية أو زيادة في الإثارة
(Mellor et al.,2020)	الفم مفتوح وارتفاع الصوت	التنبيه وتصاعد التوتر

وتُستخدم تقنية تعبيرات الوجه بالفعل على نطاق واسع في التطبيقات البشرية ولديها القدرة على استخدامها في دراسات المشاعر الحيوانية ، على الرغم من أن سمات الوجه لحيوانات المزرعة ليست مفهومة تمامًا أو مرتبطة بالحالات العاطفية، إلا أن هذا موضوع بحثي ناشئ ، إذ ان كل حركة بسيطة في عيون حيوانات المزرعة وأذنيها وأنفها وخطوطها وفكها يمكن أن تشير إلى شعور مختلف ، فقد تكون التغييرات في وضع الأذن ، بالإضافة إلى التغييرات في حجم العين، من أعراض بعض المشاعر لدى حيوانات المزرعة (Neethirajan, 2020) . ان ادارة الألم تعد أمرًا بالغ الأهمية لتحسين صحة الحيوانات، ويُعتقد الآن أن تعبيرات الوجه هي وسيلة قابلة للتطبيق لتقييم الألم في حيوانات المزرعة و ان أنظمة التسجيل الحالية ، والتي تحلل العديد من أنواع ما يسمى بوحداث عمل الوجه في تحديد مستويات الألم ، ووظيفة الجسم المدمجة ، وردود الفعل الفسيولوجية، ومراقبة السلوك ، بالإضافة

إلى ذلك، في السنوات الأخيرة، تم تطوير أنظمة ترميز حركة الوجه (FACS) للعديد من الحيوانات ، مما يوفر نهجًا موضوعيًا لتحديد جميع مشاعر الوجه المحتملة في الحيوان وإجراء مقارنات بين الأنواع (Contreras-Aguilar et al.,2020).

الأجهزة التي يمكن ارتداؤها للحيوانات

تتمتع أجهزة المراقبة الإلكترونية المحمولة بالقدرة على إحداث تحول في إنتاج الحليب المكثف والواسع النطاق من خلال مراقبة الأبقار وإدارتها على أساس فردي ، و كانت هناك زيادة ملحوظة في عدد الأبحاث المنشورة التي تبحث في تطبيق أجهزة المراقبة الإلكترونية التي يمكن ارتداؤها للاستخدام في البيئات الزراعية التجارية منذ أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين (Salles et al.,2016) ، وتشمل اهم الاجهزة :

1- أجهزة استشعار الرأس وشريط الأنف

ان سلوك رعي الماشية يتطلب مراقبة دقيقة لكل بقرة بناءً على ثلاثة عوامل حاسمة هي : وضع البقرة ، وتحليل وضعها، وحركات البقرة ، وخاصة مشيتها وحركة الفك (Andriamandroso et al.,2016). تتم إضافة مقدار الوقت الذي يقضيه الحيوان ورأسه في وضعية للأسفل إلى بيانات المستشعر المسجلة لحساب وقت الرعي (Raynor et al.,2021)، على سبيل المثال ، يمكن للمراقبة المستمرة لحركات الفك أن تكشف معلومات حول عادات الرعي النهارية ، واضطرابات صحة الحيوان ، ونقص العلف (Pezeshki et al.,2011). ان الحيوانات تقوم بتعديل سلوكها استجابة للضغوط والتغيرات الاجتماعية والتغيرات البيئية التي يمكن أن تسبب الأمراض ، وبسبب العمل اللازم للمراقبة المستمرة لمجموعات كبيرة من الحيوانات ، يصبح تتبع هذا السلوك على نطاق واسع مستحيلًا ، إذ تتيح تقنيات الاستشعار القابلة للارتداء للقياس المتزامن للمعايير الفسيولوجية في الوقت الفعلي في القطيع على نطاق واسع ، ونتيجة لذلك ، توفر تقنيات الاستشعار القابلة للارتداء ميزة على الأنظمة التقليدية القائمة على القطيع حيث يمكن تقييم البيانات الواردة من أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء على الفور، مما يسمح بالتعامل مع الحالات بسرعة على سبيل المثال ، تم تصميم واختبار مستشعر RumiWatch في سويسرا وهو جهاز استشعار لنطاق الأنف يراقب نشاط التغذية والاجترار في أبقار الحليب ، كجهاز مراقبة علمي فعال للقياسات الآلية لسلوك الاجترار (Pezeshki et al.,2011) ، وتكشف الارتباطات بين الملاحظات المباشرة وقرارات المستشعر، حيث أن مستشعر RumiWatch الأنف قد تم تصميمه بشكل فعال والتحقق من صحته كجهاز مراقبة علمي للكشف الآلي عن الاجترار وسلوكيات الأكل في أبقار الحليب التي تتغذى بشكل مستقر (et al.,2021) (Pavkin) ، ويتم عرض أمثلة أخرى لأجهزة الاستشعار التجارية وتحليلاتها المكتشفة وفقا لنتائج الدراسة ، ويعد نظام مراقبة نشاط الاجترار والتغذية أداة فعالة للتنبؤ بزمان الولادة في ظل ظروف المزرعة ، إذ وجد أنه في الأبقار زادت نوبات الاضطجاع (Fadul et al.,2017).

2: أجهزة استشعار الحركة والسلوك

لقد تم استخدام الكثير من التقنيات الخاصة بالحركة وتحليل السلوك ، مثل مقياس التسارع وعداد الخطى ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ، إذ تم استخدام مقاييس التسارع في أنظمة محطات ماشية الحليب للكشف عن أمراض مثل التهاب الضرع وللكشف عن مشاكل الشبق ، و يمكن أيضًا استخدام تغييرات قراءة مقياس التسارع لإنشاء مستوى قياسي للنشاط ، والذي يمكن تسجيله لاحقًا كعدد خطوات محسوبة أو مؤشرات حركة أخرى مثل نسب النشاط ، لان من العادة ان يقل نشاط الماشية المصابة بالعرج أو الأمراض مثل أمراض الجهاز التنفسي في الأبقار ، لذلك فقد اكتسبت مقاييس التسارع شعبية في أبحاث الأبقار لأنها تسمح بالدراسة المستمرة وطويلة الأمد لحركة الحيوان وسلوكه ، علاوة على ذلك، حددت أجهزة الاستشعار المثبتة على الأذن بدقة

الرعي والوقوف والمشي في الأغنام بدقة 94% و95% و99% على التوالي ، وتشتمل أجهزة قياس التسارع المتوفرة تجارياً على منتجات التي تصنعها شركة IceTag وIceQube والتي تم تصميمها والتحقق من صحتها للاستخدام في الماشية (Zheng al et .,2020). إن فهم كيفية هجرة حيوانات الرعي عبر المراعي وما تفعله في كل منطقة أمر ضروري لتطوير خطط الإدارة التي من شأنها تعظيم الإنتاجية المحتملة لأنظمة الرعي والحد من آثارها السلبية على البيئة مثل فقدان المغذيات في المياه والانبعاثات الغازية وذلك باستخدام تقنيات تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) والتسجيل البيولوجي ، اذ من الممكن إجراء مراقبة عن بعد للحيوانات للبحث عن أي مؤشرات على المرض أو مخاوف بشأن سلامتهم (Pereira, 2014)، و يمكن مراقبة الحيوانات في محطات ماشية الحليب لمعرفة مستويات نشاطها ، مما يمكن أن يوفر معلومات مفيدة حول الصحة العامة للحيوانات ومستوى الرعاية (Cabezas et al.,2022) ، لذا يعد نظام تحديد المواقع العالمي ، والتتبع اللاسلكي، والشبكة المحلية اللاسلكية الآن من أهم التقنيات لمراقبة الثروة الحيوانية في الميدان ؛ ومع ذلك ، هناك عدد قليل من الأدوات الأخرى (مثل البلوتوث والموجات فوق الصوتية) التي يمكن استخدامها للمراقبة الداخلية (Pereira, 2014) . يتيح نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) المجهزة بأجهزة استشعار للنشاط التمييز بين مواقع البحث عن الطعام وتلك المستخدمة في أنشطة أخرى مثل النوم أو السفر (et al.,2021). اذ أثبتت الدراسات المتنوعة التي أجريت على مدى العقد الماضي فائدة أجهزة القياس عن بعد بنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في تحليل سلوك الماشية عند دمجها مع أجهزة استشعار أخرى ، و يؤدي الجمع بين نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وأجهزة استشعار النشاط إلى طريقة فعالة لتتبع مكان وجود حيوانات الرعي وتحديد سلوك الحيوانات في وقت واحد ، اذ تم إنشاء أنظمة تحديد الموقع في الوقت الفعلي لتحديد موضع كائن ما داخل منطقة معينة (LokeshBabu et al.,2018). لقد لوحظ بان الأبقار العرجاء تقضي وقتاً أقل في الرعي بمقدار 4.5 مرات وحوالي ضعف الوقت في الراحة في وضع الاستلقاء مقارنة بنظيراتها السليمة (Riaboff et al.,2021) بالإضافة إلى ذلك، يتم استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) للتحقق بسلوك الحيوانات المجترة وتحديد مواقعها في المراعي ، و تعد السلوكيات المحددة جغرافياً مثيرة للاهتمام بشكل خاص للتحقيق في التغيرات في السلوك المرتبط بالأحداث الصعبة اذ يعد استخدام البيانات من أجهزة قياس التسارع وأجهزة تحديد المواقع معاً طريقة يمكن أن تكون مثيرة للاهتمام ومفيدة في عملية البحث عن كيفية تفاعل الأبقار مع محيطها ، و يمكن أن تشمل هذه السيناريوهات الصعبة الإجهاد الحراري، والإجهاد البدني، واستنزاف الموارد، وتقييد الوصول إلى المراعي، وغيرها من المواقف المماثلة (Riaboff et al.,2020) ، ويمكن استخدام هذه الخصائص لتحسين فعالية أجهزة استشعار الكشف عن العرج الموجودة في الأنظمة القائمة على المراعي (Riaboff et al.,2021) ، وهناك أنظمة GPS تسمح للمستخدمين بتتبع الحيوانات وحصرها ، وقد تم إيلاء اهتمام خاص لنظام السياج الافتراضي القائم على نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الذي يعمل بالطاقة الشمسية ، اذ يتم عرض بيانات موقع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) التي تم جمعها بواسطة الطوق على تطبيق يستخدمه المربين في انشاء خريطة حدود الرعي للماشية أو الأغنام أو الماعز و عندما يقترب الحيوان من الحدود الافتراضية ، سيبدأ الطوق في إصدار محفزات صوتية تحذيرية بحجم 40 ديسيبل وتردد متزايد يتراوح بين 2000 و4000 هرتز، وهذا سيعطي الحيوان الوقت الكافي لتغيير مساره لتجنب مثل هذه المحفزات ، حيث عندما يتجاوز الحيوان الحاجز الافتراضي، يعتبر أنه "هرب"، ويتم تشغيل محفز السمع والصدمة الكهربائية ، بالإضافة إلى ذلك، يتم ارسال إشعار إلى تطبيق الهاتف المحمول الخاص بمحطات ماشية الحليب عندما يعبر الحيوان الحدود (Kang et al.,2021) ،كما يمكن لنظام تحديد المواقع أيضاً أن يكون واعداً في الكشف عن الحرارة ،

اذ يمكن اكتشاف شبق الأغنام باستخدام أنظمة الملاحة عبر الأقمار الصناعية العالمية (GNSS) من خلال مراقبة الزيادة في مستويات النشاط تليها العودة إلى أنماط السلوك "العادية" (Yao et al., 2019).

3: حساب عدد الخطوات

يعد حساب عد الخطى في الحيوانات طريقة تسجيل مثبتة لتحديد نشاط الحركة ، في السابق، كان يستخدم في الغالب للكشف عن الشبق (Gargiulo et al., 2018)، وتقاس عدادات الخطى بشكل موضوعي من إجمالي عدد خطوات الحيوان وإجمالي المسافة المقطوعة باستخدام خوارزمية تحسب الخطوات ، في حين أن عدادات الخطى سهلة التشغيل نسبياً ، فإن عدد الخطوات التي يتخذها كل مجتر يختلف بشكل كبير حسب اليوم والظروف المحيطة اذ من الممكن أن يكون هناك رابط بين المسافة المقطوعة للماشية والإجراءات المجهد ، ووجدت إحدى الدراسات أن العجول قطعت خطوات أقل لمدة أربعة أيام بعد الإخصاء ، بينما وجدت دراسة أخرى صلة بين إجهاد العجول وعدد الخطوات التي اتخذتها بعد الإخصاء يتم إجراء ملاحظات أخرى أثناء تسجيل السلوك النشط وان هذه الطريقة مفيدة في الكشف المبكر عن العرج في قطعان الماشية (Neethirajan, 2020) . لقد تم استخدام عدادات الخطى للكشف عن العجول العرجاء قبل ظهور المؤشرات السريرية ، اذ تم فحص ومراقبة الأبقار ، وتبين أن 92% من الأبقار أصيبت بالعرج الواضح ، عندما تمت مراقبة الماشية باستخدام عداد الخطى، انخفض نشاط حوافرها بنسبة 15% على الأقل قبل عدة أيام من بدء العرج السريري ، وخلص الباحثون إلى أن عدادات الخطى هي أداة مفيدة للكشف المبكر وعلاج الغالبية العظمى من حالات العرج النامية (Gautam et al., 2022).

4: اجهزة استشعار البلعة (مجسات بولس)

تهدف أجهزة استشعار البلعة في المقام الأول إلى اكتشاف التغيرات في درجة حرارة الكرش ، والتي يمكن أن تشير إلى تغير في الحالات الفسيولوجية الحيوانية ، اذ تتخفف درجة حرارة الكرش استجابة للشرب والأكل ، وترتفع استجابة لارتفاع درجة حرارة الجسم، و يمكن أن تساعد مراقبة التغيرات في درجة حرارة الكرش ونشاطه في اكتشاف السلوك الشاذ والدورة الشبقية والالتهابات مبكراً (Ramadan et al., 2021) . ان الأمراض الأيضية (احماض الكرش، نقص كلس الدم) وغيرها من الأمراض التي تسبب الحمى والألم لها تأثير على سعة وتواتر تقلصات الكرش في الماشية (Neethirajan, 2020) ، اذ تم تطوير أجهزة استشعار البلعة اللاسلكية داخل الكرش ، تقوم هذه الجرعات بنقل معلومات الرقم الهيدروجيني لاسلكياً إلى موقع معالجة مركزي على أساس منتظم ، مما يبسط إجراء التقييم ، ويعد مستوى الرقم الهيدروجيني لسائل الكرش أحد المؤشرات الأكثر وضوحاً على وجود حمض الكرش ، كما يمكن قياس درجة الحموضة في الكرش في الوقت الحقيقي بواسطة مجسات درجة الحموضة اللاسلكية التي يتم وضعها في جرعات داخل الكرش ، بالإضافة إلى الرقم الهيدروجيني للكرش ، يمكن تحديد علامات مختلفة إما لاحماض الكرش أو احماض الكرش تحت الحاد في الدم أو البول أو البراز أو الحليب اذ يمكن استخدامها لتشخيص أي من الحالتين (Waller et al., 2020) . لقد أظهرت الدراسات ان أثناء استخدام مجسات البلعة ، فان الابقار ذات درجة الحموضة العالية في الكرش (6.22-6.42) يمكن أن تتبعث منها غاز الميثان بنسبة 46.18% أكثر من الأبقار ذات درجة الحموضة المنخفضة في الكرش (Pavkin et al., 2021) .

5 : درجة حالة الجسم (BCS)

ان درجة حالة الجسم هي تقييم لمخزون الدهون في البقرة وتشير إلى توازن الطاقة الإجمالي للبقرة اذ لوحظ بان كمية الدهون في الأبقار ذات مستوى BCS العالي تكون أعلى (Wisnieski et al., 2019) ، وان هناك علاقة كبيرة بين درجة حالة الجسم

(BCS) والأداء الإيجابي والرضاعي في المجترات الصغيرة ، مما يجعل BCS مؤشرا هاما على رفايتهم (et al.,2021) (Kang). لقد وجد أن BCS عند الولادة وتقلباته أثناء الرضاعة لها تأثير على صحة وخصوبة أبقار الحليب عالية الإنتاجية ، إذ عندما تتحرف حالة البقرة عن معايير BCS المقبولة ، يزداد حدوث الاضطرابات الأيضية والعقم والعرج (Foris et al.,2019) ، ويمكن أن يكون لوجود BCS المرتفع أو المنخفض آثار سلبية على إنتاج الحليب والمرض والتكاثر ، ومع ذلك، بسبب البطء، نادراً ما يتم استخدام تقييم BCS اليدوي خارج البيئات التجريبية أو المحطات ماشية الحليب الكبيرة التي تحتوي على العديد من الحيوانات المجتر (Kang et al.,2021). جدول (3) يمثل اهم اجهزة الاستشعار الحديثة.

الجدول (3): أجهزة الاستشعار لصحة الحيوان (Mellor et al.,2020)

المستشعر	المزايا	سلبيات
تخطيط كهربائية القلب	تعد مراقبة معدل ضربات القلب علامة موثوقة على وجود تأثير إيجابي	تسبب التحف المتحركة صعوبات في النشر؛ ليس من الممكن المراقبة في الوقت الفعلي أو في الموقع
نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)	نظام طويل الأمد واقتصادي على المدى البعيد	مكلفة في البداية، وعمر البطارية، وصعوبات الدقة، والضوضاء
تخطيط كهربائية الدماغ	قياس نشاط الدماغ بشكل دقيق	صعوبة الحصول عليها ، مكلف اقتصاديا
التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء	مقياس دقيق لدرجة الحرارة	قد تتسبب مصادر الحرارة الخارجية في حدوث تداخل
مخطط كهربائية العضل	مفيد بشكل خاص لأغراض التشخيص	من الصعب تطبيقه، لأنه يتأثر بمجموعة متنوعة من الأشياء، بما في ذلك التنقل

الاستنتاجات:

تستنتج من هذه الدراسة ادخال التكنولوجيا الحديثة في ادارة ماشية الحليب تساعد في الحصول على بيانات موثوقة باستخدام أجهزة الاستشعار الحيوية وتشغيلها من خلال أنظمة برمجية ذكية تساعد في ادارة ماشية الحليب والبيئة في شكل تحسين صحة الحيوان ورفاهيته، وزيادة الإنتاجية والعائدات، و تقليل التكاليف مع تقليل التأثير البيئي. وقد قدمت التكنولوجيا القائمة على أجهزة الاستشعار مساهمات مهمة في خفض الإجهاد الحيواني ، وتحسين رفاية الحيوان، وبالتالي القضاء على الخسائر الاقتصادية من خلال التنبؤ بتقشي الأمراض في المستقبل. ولكي نتمكن من تطبيق هذه الانظمة على نطاق واسع يتطلب المزيد من الابحاث في الاجهزة ذات الطاقة والتكلفة المنخفضة للغاية ، وخوارزميات اكثر كفاءة لجمع وتخزين كميات كبيرة من البيانات لتمكين مشاركة المعلومات والتنبهات وانعكاسها على التعامل مع الحيوانات على ارض الواقع .

شكر وتقدير

اتقدم بالشكر لقسم الانتاج الحيواني / كلية الزراعة / جامعة الكوفة لأتاحة الفرصة لأكمال هذه الدراسة

المراجع

- Andriamandroso, A., Bindelle, J., Mercatoris, B., & Lebeau, F. (2016). A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20.
- Antanaitis, R., Juozaitienė, V., Malašauskienė, D., Televičius, M., Urbutis, M., & Baumgartner, W. (2021). Relation of Automated Body Condition Scoring System and Inline Biomarkers (Milk Yield, β -Hydroxybutyrate, Lactate Dehydrogenase and Progesterone in Milk) with Cow's Pregnancy Success. *Sensors*, 21(4), 1414.
- Arefaine, H., & Bertilsson, J. (2015). Feeding of high forage diet to enhance conjugated linoleic acid (CLA) in cow's milk interest of human health: A review. *J. Nat. Sci. Res*, 5, 17.
- Bach, A., Iglesias, C., & Busto, I. (2004). A computerized system for monitoring feeding behavior and individual feed intake of dairy cattle. *Journal of dairy science*, 87(12), 4207-4209.

- Balducci, F., Impedovo, D., & Pirlo, G. (2018). Machine learning applications on agricultural datasets for smart farm enhancement. *Machines*, 6(3), 38.
- Bandodkar, A. J., & Wang, J. (2014). Non-invasive wearable electrochemical sensors: a review. *Trends in biotechnology*, 32(7), 363-371.
- Beyene, T. J., Eshetu, A., Abdu, A., Wondimu, E., Beyi, A. F., Tufa, T. B., ... & Revie, C. W. (2017). Assisting differential clinical diagnosis of cattle diseases using smartphone-based technology in low resource settings: a pilot study. *BMC veterinary research*, 13(1), 1-11.
- Bloch, V., Levit, H., & Halachmi, I. (2019). Assessing the potential of photogrammetry to monitor feed intake of dairy cows. *Journal of dairy research*, 86(1), 34-39.
- Burciaga-Robles, L. O., Holland, B. P., Step, D. L., Krehbiel, C. R., McMillen, G. L., Richards, C. J., ... & McCann, P. J. (2009). Evaluation of breath biomarkers and serum haptoglobin concentration for diagnosis of bovine respiratory disease in heifers newly arrived at a feedlot. *American journal of veterinary research*, 70(10), 1291-1298.
- Cabezas, J., Yubero, R., Visitación, B., Navarro-García, J., Algar, M. J., Cano, E. L., & Ortega, F. (2022). Analysis of accelerometer and GPS data for cattle behaviour identification and anomalous events detection. *Entropy*, 24(3), 336.
- Carvalho-Sombra, T. C. F., Fernandes, D. D., Bezerra, B. M. O., & Nunes-Pinheiro, D. C. S. (2021). Systemic inflammatory biomarkers and somatic cell count in dairy cows with subclinical mastitis. *Veterinary and Animal Science*, 11, 100165.
- Clay, N., Garnett, T., & Lorimer, J. (2020). Dairy intensification: Drivers, impacts and alternatives. *Ambio*, 49(1), 35-48.
- Contreras-Aguilar, M. D., Vallejo-Mateo, P. J., Želvytė, R., Tecles, F., & Rubio, C. P. (2020). Changes in Saliva Analytes Associated with Lameness in Cows: A Pilot Study. *Animals*, 10(11), 2078.
- Curran, K., Furey, E., Lunney, T., Santos, J., Woods, D., & McCaughey, A. (2011). An evaluation of indoor location determination technologies. *Journal of Location Based Services*, 5(2), 61-78.
- Evangelista, C., Basiricò, L., & Bernabucci, U. (2021). An overview on the use of near infrared spectroscopy (NIRS) on farms for the management of dairy cows. *Agriculture*, 11(4), 296.
- Fadul, M., Bogdahn, C., Alsaad, M., Hüsler, J., Starke, A., Steiner, A., & Hirsbrunner, G. (2017). Prediction of calving time in dairy cattle. *Animal reproduction science*, 187, 37-46.
- Foris, B., Zebunke, M., Langbein, J., & Melzer, N. (2019). Comprehensive analysis of affiliative and agonistic social networks in lactating dairy cattle groups. *Applied Animal Behaviour Science*, 210, 60-67.
- French, F., Baskin, S., Wallace, B., Cheok, A. D., Zamanzy, A., & Nannoni, E. (2017, November). Farmjam 2017: designing enrichment for farm animals. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Animal-Computer Interaction* (pp. 1-6).
- Garcia, S. O., Ulyanova, Y. V., Figueroa-Teran, R., Bhatt, K. H., Singhal, S., & Atanassov, P. (2016). Wearable sensor system powered by a biofuel cell for detection of lactate levels in sweat. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 5(8), M3075.
- Gargiulo, J. I., Eastwood, C. R., Garcia, S. C., & Lyons, N. A. (2018). Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. *Journal of dairy science*, 101(6), 5466-5473.
- Gastélum-Barrios, A., Soto-Zarazúa, G. M., Escamilla-García, A., Toledano-Ayala, M., Macías-Bobadilla, G., & Jauregui-Vazquez, D. (2020). Optical methods based on ultraviolet, visible, and near-infrared spectra to estimate fat and protein in raw milk: A review. *Sensors*, 20(12), 3356.
- Gautam, S. S., Singh, R. P., Karsauliya, K., Sonker, A. K., Reddy, P. J., Mehrotra, D., ... & Singh, S. P. (2022). Label-free plasma proteomics for the identification of the putative biomarkers of oral squamous cell carcinoma. *Journal of proteomics*, 259, 104541.
- Green, A. C., Lidfors, L. M., Lomax, S., Favaro, L., & Clark, C. E. (2021). Vocal production in postpartum dairy cows: Temporal organization and association with maternal and stress behaviors. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 826-838.

- Hendriks, S. J., Phyn, C. V. C., Huzzey, J. M., Mueller, K. R., Turner, S. A., Donaghy, D. J., & Roche, J. R. (2020). Graduate Student Literature Review: Evaluating the appropriate use of wearable accelerometers in research to monitor lying behaviors of dairy cows. *Journal of dairy science*, 103(12), 12140-12157.
- Hommeida, A., Nakao, T., & Kubota, H. (2004). Luteal function and conception in lactating cows and some factors influencing luteal function after first insemination. *Theriogenology*, 62(1-2), 217-225.
- Kang, X., Zhang, X. D., & Liu, G. (2021). A review: development of computer vision-based lameness detection for dairy cows and discussion of the practical applications. *Sensors*, 21(3), 753.
- Koohestani, A., Abdar, M., Khosravi, A., Nahavandi, S., & Koohestani, M. (2019). Integration of ensemble and evolutionary machine learning algorithms for monitoring diver behavior using physiological signals. *IEEE access*, 7, 98971-98992.
- Kuzuhara, Y., Kawamura, K., Yoshitoshi, R., Tamaki, T., Sugai, S., Ikegami, M., ... & Yasuda, T. (2015). A preliminarily study for predicting body weight and milk properties in lactating Holstein cows using a three-dimensional camera system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 111, 186-193.
- Lansade, L., Nowak, R., Lainé, A. L., Leterrier, C., Bonneau, C., Parias, C., & Bertin, A. (2018). Facial expression and oxytocin as possible markers of positive emotions in horses. *Scientific reports*, 8(1), 14680.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.
- Lee, J., Noh, B., Jang, S., Park, D., Chung, Y., & Chang, H. H. (2015). Stress detection and classification of laying hens by sound analysis. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 28(4), 592.
- Leliveld, L. M., & Provalo, G. (2020). A review of welfare indicators of indoor-housed dairy cow as a basis for integrated automatic welfare assessment systems. *Animals*, 10(8), 1430.
- Lewis Baida, B. E., Swinbourne, A. M., Barwick, J., Leu, S. T., & van Wettere, W. H. (2021). Technologies for the automated collection of heat stress data in sheep. *Animal Biotelemetry*, 9(1), 1-15.
- LokeshBabu, D. S., Jeyakumar, S., Vasant, P. J., Sathiyabarathi, M., Manimaran, A., Kumaresan, A., ... & Kataktalware, M. A. (2018). Monitoring foot surface temperature using infrared thermal imaging for assessment of hoof health status in cattle: A review. *Journal of thermal biology*, 78, 10-21.
- Malon, R. S., Sadir, S., Balakrishnan, M., & Córcoles, E. P. (2014). Saliva-based biosensors: noninvasive monitoring tool for clinical diagnostics. *BioMed research international*, 2014.
- Martin, T., Gasselin, P., Hostiou, N., Feron, G., Laurens, L., & Purseigle, F. (2021, March). Robots and transformations of work on farms: A systematic review. In *The 2nd International Symposium on Work in Agriculture*.
- Martins, S. A., Martins, V. C., Cardoso, F. A., Germano, J., Rodrigues, M., Duarte, C., ... & Freitas, P. P. (2019). Biosensors for on-farm diagnosis of mastitis. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 7, 186.
- McManus, C., Tanure, C. B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A. M., ... & Costa Jr, J. B. G. (2016). Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 10-16.
- Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). The 2020 five domains model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*, 10(10), 1870.
- Melzer, N., Foris, B., & Langbein, J. (2021). Validation of a real-time location system for zone assignment and neighbor detection in dairy cow groups. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106280.

- Mertoguno, J. S. (2019, December). Toward autonomy: symbiotic formal and statistical machine reasoning. In 2019 IEEE First International Conference on Cognitive Machine Intelligence (CogMI) (pp. 210-215). IEEE.
- Mojsym, W., Wawrzykowski, J., Jamioł, M., Chrobak, Ł., & Kankofer, M. (2022). Comparative Analysis of Saliva and Plasma Proteins Patterns in Pregnant Cows—Preliminary Studies. *Animals*, 12(20), 2850.
- Muncan, J., Miyazaki, M., Kuroki, S., Ikuta, K., & Tsenkova, R. (2023). Adaptive Spectral Model for abnormality detection based on physiological status monitoring of dairy cows. *Talanta*, 253, 123893.
- Mungroo, N. A., Oliveira, G., & Neethirajan, S. (2016). SERS based point-of-care detection of food-borne pathogens. *Microchimica acta*, 183, 697-707.
- Munir, M. T., Yu, W., Young, B. R., Wilson, D. I., Information, I., & Centre, C. (2015). The current status of process analytical technologies in the dairy industry. *Trends in Food Science & Technology*, 43(2), 205-218.
- Nabokov, V. I., Novopashin, L. A., Denyozhko, L. V., Sadov, A. A., Ziablitckaia, N. V., Volkova, S. A., & Speshilova, I. V. (2020). Applications of feed pusher robots on cattle farmings and its economic efficiency. *Int. Trans. J. Eng. Manag. Appl. Sci. Technol*, 11(14), 1-7.
- Neculai-Valeanu, A. S., & Arton, A. M. (2022). Udder health monitoring for prevention of bovine mastitis and improvement of milk quality. *Bioengineering*, 9(11), 608.
- Neethirajan, S. (2017). Recent advances in wearable sensors for animal health management. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 12, 15-29.
- Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 29, 100367.
- Nogami, H., Okada, H., Miyamoto, T., Maeda, R., & Itoh, T. (2014). Wearable wireless temperature sensor nodes appressed to base of a calf's tail. *Sens. Mater*, 26, 539-545.
- Patil, A. A. H., Jakatdar, E. G., Bhadrashwarmath, S. C., Kumbhar, V. R., Mitragotri, P. P., Deshmukh, B. B., & Mistry, R. D. (2021, July). Design of a low cost system for determination of fat using IOT and ML. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1969, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Pavkin, D. Y., Shilin, D. V., Nikitin, E. A., & Kiryushin, I. A. (2021). Designing and simulating the control process of a feed pusher robot used on a dairy farm. *Applied Sciences*, 11(22), 10665.
- Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619-627.
- Pezeshki, A., Stordeur, P., Wallemacq, H., Schynts, F., Stevens, M., Boutet, P., ... & Burvenich, C. (2011). Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. *Veterinary research*, 42(1), 1-10.
- Porep, J. U., Kammerer, D. R., & Carle, R. (2015). On-line application of near infrared (NIR) spectroscopy in food production. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2), 211-230.
- Porto, S. M. C., Arcidiacono, C., Giummarra, A., Anguzza, U., & Cascone, G. (2014). Localisation and identification performances of a real-time location system based on ultra wide band technology for monitoring and tracking dairy cow behaviour in a semi-open free-stall barn. *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, 221-229.
- Ramadan, R. A., Emara, A. H., Al-Sarem, M., & Elhamahmy, M. (2021). Internet of drones intrusion detection using deep learning. *Electronics*, 10(21), 2633.
- Raynor, E. J., Derner, J. D., Soder, K. J., & Augustine, D. J. (2021). Noseband sensor validation and behavioural indicators for assessing beef cattle grazing on extensive pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 242, 105402.
- Riaboff, L., Couvreur, S., Madouasse, A., Roig-Pons, M., Aubin, S., Massabie, P., ... & Plantier, G. (2020). Use of predicted behavior from accelerometer data combined with GPS data to explore the relationship between dairy cow behavior and pasture characteristics. *Sensors*, 20(17), 4741.
- Riaboff, L., Relun, A., Petiot, C. E., Feuillo, M., Couvreur, S., & Madouasse, A. (2021). Identification of discriminating behavioural and movement variables in lameness scores of

- dairy cows at pasture from accelerometer and GPS sensors using a Partial Least Squares Discriminant Analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 193, 105383.
- Salles, M. S. V., da Silva, S. C., Salles, F. A., Roma Jr, L. C., El Faro, L., Mac Lean, P. A. B., ... & Martello, L. S. (2016). Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 62, 63-69.
- Samadiani, N., Huang, G., Cai, B., Luo, W., Chi, C. H., Xiang, Y., & He, J. (2019). A review on automatic facial expression recognition systems assisted by multimodal sensor data. *Sensors*, 19(8), 1863.
- Saputra, K., Kamelia, L., & Zaki, E. A. (2021, March). Integration of animal tracking and health monitoring systems. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1098, No. 4, p. 042075). IOP Publishing.
- Saravanan, S., Kavinkumar, M., Kokul, N. S., Krishna, N. S., & Nitheeshkumar, V. I. (2021, May). Smart milk quality analysis and grading using IoT. In *2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)* (pp. 378-383). IEEE.
- Stangaferro, M. L., Wijma, R., Caixeta, L. S., Al-Abri, M. A., & Giordano, J. O. (2016). Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part III. Metritis. *Journal of dairy science*, 99(9), 7422-7433.
- Stone, A. E. (2020). Symposium review: The most important factors affecting adoption of precision dairy monitoring technologies. *Journal of dairy science*, 103(6), 5740-5745.
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2853-2867.
- Van Nuffel, A., Zwervaegher, I., Van Weyenberg, S., Pastell, M., Thorup, V. M., Bahr, C., ... & Saeys, W. (2015). Lameness detection in dairy cows: Part 2. Use of sensors to automatically register changes in locomotion or behavior. *Animals*, 5(3), 861-885.
- Veissier, I., Mialon, M. M., & Sloth, K. H. (2017). Early modification of the circadian organization of cow activity in relation to disease or estrus. *Journal of dairy science*, 100(5), 3969-3974.
- Waterhouse, A., O'Brien, B., Hennessy, D., & Shalloo, L. (2019). PLF technology and real-time monitoring should improve welfare in extensive systems, but does it change the duty of care and require modification of welfare guidelines for livestock keepers. In *Proceedings of the European Conference in Precision Livestock Farming* (pp. 26-29).
- Waller, B. M., Julle-Daniere, E., & Micheletta, J. (2020). Measuring the evolution of facial 'expression' using multi-species FACS. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 113, 1-11.
- Wisnieski, L., Norby, B., Pierce, S. J., Becker, T., Gandy, J. C., & Sordillo, L. M. (2019). Predictive models for early lactation diseases in transition dairy cattle at dry-off. *Preventive veterinary medicine*, 163, 68-78.
- Wurtz, K., Camerlink, I., D'Eath, R. B., Fernández, A. P., Norton, T., Steibel, J., & Siegford, J. (2019). Recording behaviour of indoor-housed farm animals automatically using machine vision technology: A systematic review. *PloS one*, 14(12), e0226669.
- Yao, L., Hu, Z., Liu, C., Liu, H., Kuang, Y., & Gao, Y. (2019, May). Cow face detection and recognition based on automatic feature extraction algorithm. In *Proceedings of the ACM turing celebration conference-china* (pp. 1-5).
- Zachut, M., Šperanda, M., de Almeida, A. M., Gabai, G., Mobasheri, A., & Hernández-Castellano, L. E. (2020). Biomarkers of fitness and welfare in dairy cattle: healthy productivity. *Journal of Dairy Research*, 87(1), 4-13.
- Zheng, J., Lu, C., Hao, C., Chen, D., & Guo, D. (2020). Improving the generalization ability of deep neural networks for cross-domain visual recognition. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 13(3), 607-620.
- Zhuang, S., Maselyne, J., Van Nuffel, A., Vangeyte, J., & Sonck, B. (2020). Tracking group housed sows with an ultra-wideband indoor positioning system: A feasibility study. *Biosystems Engineering*, 200, 176-187.

Using modern technologies and sensors in managing dairy cattle

Ali F. Washam^{(1)*}

(1). Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, University of Kufa, Al Najaf, Iraq.

(*corresponding author: Ali F. Washam Email: alif.altai@uokufa.edu.iq).

Received: 26/12/2023

Accepted:11/07/2024

Abstract

The introduction of scientific innovations in the field of animal production is necessary to achieve the best productivity, as it allows the best dealing with dairy cattle and their products, as modern technologies such as the Internet of Things and artificial intelligence have a significant impact on the success of monitoring and analysis processes, and the development of distinct types of biosensors and communication protocols. Advanced technology has enabled the introduction of modern technologies in the management of dairy cattle through remote monitoring and decision-making based on data. It also achieves the best health monitoring through early detection of diseases, monitoring nutrition, animal care, monitoring milk cleanliness, and detecting predator attacks. It facilitates health monitoring of dairy cattle, as traditional diagnostic procedures require many workers and take a long time. This study discusses the importance of implementing a smart environmental system using advanced modern technologies in dairy cattle stations, to monitor the health of dairy cattle using advanced devices and robots.

Keywords: precision livestock farming, sensors, dairy cattle