الطائـرات المسيـرة

تكنولوجيـا، خدمـات، بحـوث وتوجهـات

2024

د. موزة بنت محمد الربـان

منظمة المجتمع العلمي العربي
وحدة البحوث والدراسات

Arab Scientific Community Organization
Research and Studies Unit

23 Jan 2024

الطائرات المسيّرة

تكنولوجيا، خدمات، بحوث وتوجهات

اسم المؤلف: د. موزة بنت محمد الربان - رئيسة منظمة المجتمع العلمي العربي

/ أجريت هذه الدراسة في 23 يناير/كانون الثاني 2024

الكلمات المفتاحية

#طائرات_مسيرة #طائرات_بدون_طيار
#إنترنت_الأشياء #الاستشعار_عن_بعد
#UAV #الروبوتات #الطيار_الآلي

البريد الإلكتروني
mmr@arsco.org

الموقع الإلكتروني
www.arsco-nbras.net

الخلاصـــة

خلال العقد الماضي، حظيت الطائرات بدون طيار (المسيّرات) باهتمام كبير بسبب قدراتها المتنوعة للتطبيقات المدنية والعسكرية. وهي إحدى تقنيات المستقبل الواعدة من حيث التطوير البحثي والتقني أو من حيث الاستخدامات والمهمات، وبالتالي هي باب واسع للبحث العلمي والتطبيقات في البلدان العربية.

تسلط هذه الورقة الضوء على الطائرات بدون طيار، أنواعها وتقنياتها وامكانياتها واتجاهات البحث والتحديات التي تواجهها، ودور الباحثين من الدول العربية في هذه البحوث، لعلها ترسم طريقا وتوضح رؤية.

مقدمة

الطائرات بدون طيار يمكن التحكم فيها وتشغيلها بشكل مستقل من خلال أجهزة الاستشعار والمعالجات الدقيقة والأدوات الإلكترونية الأخر وتتفاعل الطائرات بدون طيار مع الأقمار الصناعية وأنظمة التحكم الأرضي (GCS) والهواتف الذكية والحواسيب عبر روابط الاتصال. ويستطيع المشغّل البشري التحكم فيها وتشغيلها عن بعد. ويمكن للمسيّرات أداء المهام بشكل مستقل في المواقف التي يكون فيها التدخل البشري صعبا أو خطيرا.

إن مجال استخدام المسيّرات يتسع بشكل سريع ويدخل في كل مجالات الحياة تقريبا، ومن أمثلة ذلك: قطاع الزراعة، قطاع صناعة البناء والتشييد، والقطاع التجاري حيث اكتسبت الطائرات بدون طيار اهتماما واسعا من كبار تجار التجزئة بسبب الشعبية المتزايدة باستمرار للتسوق عبر الإنترنت، وسرعة التوصيل التي قد يكون لها تأثير كبير على مشتريات العملاء. في مجال اكتشاف الأشياء وتتبعها، والأمن العام، ومراقبة حركة المرور، والعمليات العسكرية واستكشاف المناطق المخفية أو الخطرة، والملاحة الداخلية أو الخارجية والغلاف الجوي، وعمليات ما بعد الكوارث، والرعاية الصحية، ومشاركة البيانات وإدارة البنية التحتية وإدارة الطوارئ والأزمات، والنقل والشحن، ومراقبة حرائق الغابات، والخدمات اللوجستيةمثل البحث والإنقاذ ورصد الكوارث والرصد البيئي وتسليم البريد والمواد الطبية والطرود وغيرها. وتتوسع تطبيقات الطائرات المسيّرة بشكل استثنائي بسبب استخدامها المتقدم في إنترنت الأشياء، ويمكن للطائرات بدون طيار التواصل باستخدام كل من التقنيات اللاسلكية قصيرة المدى وطويلة المدى.

معلوم أن الطائرات المسيّرة قادرة على الطيران والبقاء في الجو دون الحاجة إلى طيّار بشري على متنها، وبالتالي هي قادرة على أداء عمليات أقل تكلفة من الأنظمة المأهولة المكافئة، ويمكنها أداء مهمة حرجة فعّالة دون المخاطرة بحياة الإنسان. فيمكن قيادة الطائرات بدون طيار عن بعد، حيث يتم توفير أوامر التحكم من محطة قاعدة أرضية (BS) من خلال جهاز تحكم عن بعد. والطائرة المسيّرة قادرة أيضا على أداء عمليات التحكم على متن الطائرة من خلال الطيار الآلي وأجهزة الاستشعار المختلفة، بما في ذلك نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، وهي قابلة للتطوير ومرنة، ولديها قدرة التنظيم الذاتي، وتمتلك قدرة عالية على المناورة. ويتم التحكم في الغالب في الطائرات بدون طيار بواسطة أجهزة التحكم عن بعد بمساعدة الإنسان. ولكن لابد من تدريب شاق ومكلف ومكثف لتجريب الطائرات بدون طيار والتدرب على التحكم فيها.

على الرغم من دمج ميزات الطيار الآلي في المسيّرات الحالية، إلا أنها لا تزال تواجه تحديات مثل عمر البطارية المحدود، والاستقلالية المحدودة، ودقة الهبوط، ومدة الطيران المحدودة والمسافة التي يمكنها الابتعاد فيها.

مع سماتها المتأصلة مثل التنقل والمرونة والارتفاع التكيفي، يمكن أن تقوم الطائرات بدون طيار بالعديد من التطبيقات الرئيسية المحتملة في الأنظمة اللاسلكية. فمن ناحية، يمكن استخدام الطائرات بدون طيار كمحطات قاعدة جوية لتعزيز التغطية والقدرة والموثوقية وكفاءة استخدام الطاقة للشبكات اللاسلكية.

ومن ناحية أخرى، يمكن للطائرات بدون طيار أن تعمل كمحطات متنقلة طائرة داخل شبكة خلوية، ويمكن لهذه الطائرات المتصلة بالخلية تمكين العديد من التطبيقات التي تتراوح من بث الفيديو في الوقت الفعلي إلى تسليم الطرود.

أنواع الطائرات بدون طيار:

تختلف الطائرات بدون طيار في التكوين والحجم والمدى والوزن ونوع المحرك وخصائص الأداء حسب الغرض منها. وهناك تصنيفات مختلفة، منها على سبيل المثال، التصنيف حسب خصائص الأجنحة، وتنقسم بهذا الاعتبار إلى ثلاثة أقسام:

- الطائرات ذات الأجنحة الثابتة، وتتميز بالسرعة العالية والقدرة على التحمل.
- وذات الأجنحة الدوارة، وتوجد منها أنواع متعددة، حسب عدد الأجنحة والمراوح. وتتميز بالقدرة على التحمل وإمكانية الهبوط والإقلاع العمودي، والقدرة على التحليق.
- الطائرات الهجينة. وتتميز بالقدرة على التحمل وإمكانية الهبوط والإقلاع العمودي.

ولكل نوع منها مزايا وعيوب، ويعتمد اختيار النوع حسب الغرض منها، وذلك بناء على عدة عوامل، مثل حجم واتساع المنطقة المراد تغطيتها، ومقدار الحمولة المطلوبة، والظروف البيئية التي ستعمل فيها الطائرة بدون طيار. وتعتبر الطائرة ذات الأجنحة الثابتة مثالية لتغطية مساحات كبيرةبسرعة عالية، في حين أن الطائرات ذات الأجنحة الدوارة أكثر ملائمة لعمليات التفتيش والكشف من مسافة قريبة في الأماكن الضيقة. بينما توفر الطائرات بدون طيار الهجينة حلاً أكثر تنوعاً وقابلية للتكيف، ولكنها قد تكون أكثر تعقيداً وتكلفة من النوعين السابقين. في النهاية ما يحدد الاختيار هو أكثرها مناسبة للتطبيق والمهمة المطلوبة من الطائرة.

وتتوفر الطائرات بدون طيار بمواصفات ومعدات وأحجام ونطاق وأشكال مختلفة. ويمكن تصنيفها من حيث الحجم على أنها نانو أو صغيرة أو كبيرة. كما أنها تختلف باختلاف مواصفاتها وقدراتها، مثل:

- **السرعة ووقت الطيران:** يمكن للطائرات بدون طيار الصغيرة أن تطير بسرعة أقل من 15 متر/ثانية، بينما يمكن للطائرات الكبيرة أن تطير بسرعة تصل إلى 100 متر/ثانية. واختلاف الحجم والسرعة يتطلب ضبط المسار والانعطاف. زمن الطيران أو مدة الرحلة الذي يمكن للطائرة بدون طيار أن تقوم به يعتمد على شحن البطارية، والذي بدوره يعتمد على الحجم والوزن والظروف الجوية ومدة الرحلة. وبينما يمكن للطائرات بدون طيار الكبيرة أن تسافر لساعات، نجد أن الزمن المتاح للطائرات الصغيرة غالباً ما يتراوح بين 20 و30 دقيقة. كما تتأثر مدة الرحلة بنظام الطيار الآلي ونظام تحديد الموقع العالمي. ومن المؤكد أن مدة الرحلة المتاحة له أهمية قصوى، وهو مجال واسع للبحث العلمي والتطوير.
- **الحمولة:** تختلف قدرة الحمل من بضع جرامات إلى مئات الكيلوغرامات. وتؤثر قيمة وحجم الحمولة على استنزاف البطارية، ويمكن الموازنة بينهما. ومن أنواع الحمولات الشائعة هي أجهزة الاستشعار وكاميرات الفيديو المستخدمة للمراقبة أو الاستطلاع أو التطبيقات التجارية وأنشطة الهواة. يمكن للطائرات بدون طيار أيضا حمل معدات المستخدم الخلوية (UE) بما في ذلك الهواتف المحمولة أو الأجهزة اللوحية التي يقل وزنها عن 1 كيلوجرام، أو أية أجهزة وأدوات حسب المهمة المطلوبة من الطائرة.
- **المدى والارتفاع:** المدى أو المسافة التي يمكن أن تبتعد فيها الطائرة عن مركز التحكم عن بعد، وهي تختلف من بضعة أمتار إلى مئات الكيلومترات للطائرات الكبيرة. أما الارتفاع فيعني الارتفاع الذي يمكن أن تطير الطائرة بدون طيار عنده، ويمكن تقسيمها إلى قسمين: منخفضة الارتفاع وعالية الارتفاع. [1,2]

شحن بطارية الطائرات بدون طيار

مما لا شك فيه أن الطائرات بدون طيار تقوم بالكثير من المهام وهي تتزايد باستمرار، ولكي تقوم بالمهام المنوطة بها يتطلب ذلك أن تحمل أنواعا مختلفة من الأحمال مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)والكاميرات الضوئية والتي تعمل بالأشعة دون الحمراء أو غيرها من الكاميرات التي تعمل بأطوال موجية مختلفة، وأجهزة الاستشعار، بالإضافة إلى المواد المنقولة حسب المهمة سواء كانت تجارية أو طبية أو عسكرية أو غيرها، كل هذا بالإضافة إلى البطاريات عالية الطاقة، مثل بطاريات الليثيوم التي تمكّن من الطيران لمدة مناسبة للمهمة قد تتراوح بين 20 و40 دقيقة. والتي تتأثر بحجم ووزن الحمولة. فزيادة حجم البطارية سيكون على حساب الأجهزة التي يمكن للطائرة أن تحملها والعكس صحيح.

من هنا فإن لهذا الموضوع أهمية قصوى، وقد تناولته العديد من الدراسات البحثية وما زال يتطلب المزيد.

بعض تلك الدراسات اقترحت شحن البطاريات بواسطة الخلايا الكهرومغناطيسية التي يزود بها جسم الطائرة، ودراسات أخرى اقترحت نقل الطاقة لاسلكياً، ودراسات أخرى تقترح استخدام شعاع الليزر لشحن بطارية الطائرات بدون طيار. ولكل من هذه الطرق مزايا وعيوب وتحديات مادية وتقنية تتطلب المزيد من البحث. [3, 4]

المسيّرات وشبكات الجيل الخامس

تجرى محاولات بحثية كثيرة لاقتران الطائرات المسيّرة مع الشبكات اللاسلكية، وأظهرت تلك البحوث حلاً واعداً لتعزيز كفاءة الطاقة والطيف للشبكات اللاسلكية من الجيل الخامس G5 [5] . لأنها توفر منصة مرنة عند الطلب لنشر المحطات الأساسية الجوية. ويمكن أن توفر القدرة على المناورة السريعة للطائرات بدون طيار تغطية لاسلكية موثوقة وعريضة النطاق أثناء أحداث البث المباشر والكوارث الطبيعية. وبالتالي، يمكن استخدام الطائرات المسيّرة في شبكات الجيل الخامس لتقديم خدمات على قدر عالي من الأهمية. وعلى ذلك، يتم تنفيذ مساعي بحثية واسعة النطاق على تقنية الجيل الخامس بمساعدة الطائرات بدون طيار من أجل توسيع نطاق التغطية وزيادة القدرة وكفاءة الطاقة. ولكن، هناك أيضاً تحديات لهذا الاقتران يبذل الباحثون جهدهم للتغلب عليها.

الطائرات المسيرة و انترنت الأشياء IoT والمدن الذكية

مع التطوير المستمر للطائرات بدون طيار من حيث القدرة على المناورة وخفة الحركة ودرجة الاستقلالية وسرعة الطيران ومدة الطيران والأداء الميكانيكي، برزت الطائرات بدون طيار كمنصات جذابة لدعم مختلف تطبيقات إنترنت الأشياء (IOT). فعلى سبيل المثال، يمكن دمج الطائرات بدون طيار مع محطات إنترنت الأشياء للحصول على معلومات حول عدادات المياه والغاز والطاقة، مما يوفر فائدة غير مسبوقة لمنظمي إنترنت الأشياء. كما يمكن للطائرات بدون طيار المجهزة بأجهزة استشعار معينة جمع معلومات حول جودة الهواء في مدينة ذكية وتقديم هذه البيانات في الوقت الفعلي، وكذا الحال لأي نوع من البيانات المطلوبة لدعم خدمات المدينة الذكية المختلفة.

إن فعالية الطائرات بدون طيار تجعلها مرشحا واعدا لعمليات الطوارئ عند الحاجة في تطبيقات إنترنت الأشياء والمدن الذكية.

وعلى الرغم من هذه المزايا الجذابة، لا يزال استخدام الطائرات بدون طيار في شبكات إنترنت الأشياء يعاني من العديد من التحديات والتي تتطلب المزيد من البحث والتطوير.

مجالات تطبيقات المسّيرات:

إن التطورات في إمكانيات أجهزة الاستشعار وما يمكن أن تحمله الطائرات بدون طيّار، والتطورات في إمكانيات وقدرات تلك الطائرات، فتح المجال واسعاً للإبداع والابتكار في تطبيقات واسعة الطيف لدمج تلك المسيّرات فيها، ومن التطبيقات البارزة ما يلي:

- **الأمن والمراقبة**

مثل المراقبة العسكرية والأمنية على الحدود، أو أي منطقة محظورة على أي نشاط.

- **إدارة الكوارث والبحث والإنقاذ**

في حالة وقوع كارثة طبيعية أو بشرية، يمكن للطائرات بدون طيار الوصول إلى موقع الكارثة الذي قد يكون الوصول إليه خطيرا؛ إذ قد تتسبب تلك الكوارث بأضرار بالغة بالبنية التحتية للاتصالات السلكية واللاسلكية والنقل والطاقة وشبكات المياه، وتستلزم حلولا سريعة، هنا يمكن للطائرات بدون طيار التنقل بين الحطام والمساعدة في جمع المعلومات الضرورية.

يمكن أن تساعد الرادارات وأجهزة الاستشعار والكاميرات عالية الجودة المدمجة في الطائرات بدون طيار فرق الإنقاذ على تحديد الأضرار من خلال تقديم بيانات الصور في الوقت الفعلي للمواقع المقصودة. وبالتالي، يمكن لفريق البحث والإنقاذ أن يكتشف في الوقت المناسب ويقرر أين تكون المساعدة مطلوبة بشكل عاجل والبدء على الفور في عمليات الإغاثة وإرسال موارد مثل مجموعات الإسعافات الأولية الطبية وطائرات الهليكوبتر المأهولة للأماكن المحددة. حيث تساعد هذه الطائرات في التغطية في الوقت الفعلي للمناطق الكبيرة دون المخاطرة بسلامة وأمن الموظفين المعنيين. كما يمكن أن يساعد الإنذار المبكر من خلال الطائرات بدون طيار في إنقاذ البشر والحياة البرية المعرضة للخطر.

وتعتبر الطائرات المسيّرة ذات أهمية محورية في الحالات الحرجة في عمليات الإنقاذ والسلامة العامة، من خلال بيانات الصور في الوقت الفعلي للمواقع يمكنها تسريع عمليات البحث والإنقاذ في المواقف الكارثية مثل الأشخاص المفقودين والانهيارات الجليدية، وانهيارات المباني، وحرائق الغابات، وغيرها. على سبيل المثال، يمكن استخدام الطائرات بدون طيار لتتبع متسلقي الجبال الذين فقدوا أو حماية الأرواح البشرية المفقودة في أي صحراء أو غابة نائية. وبالتالي، يمكن أن تساعد الطائرات بدون طيار في تتبع الضحايا في أي تضاريس أو ظروف جوية صعبة. كما يمكن للطائرات بدون طيار توفير الإمدادات الطبية اللازمة قبل وصول أي سيارة إسعاف أو فريق طبي، حيث يمكن تجهيز الطائرات بدون طيار بمستلزمات طبية وسترات منقذة للحياة وإمدادات غذائية إلى المناطق المنكوبة بالكوارث والمواقع البعيدة. وتوفير القماش والماء والأشياء الضرورية للبشر الذين تقطعت بهم السبل في المناطق التي يتعذر الوصول إليها قبل وصول طواقم الإنقاذ.

- **الاستشعار عن بعد**

تدعم خصائص الطائرات بدون طيار منخفضة التكلفة وخفيفة الوزن تطبيقات واسعة للاستشعار عن بعد ومراقبة الجودة بدقة زمنية ومكانية عالية. يمكن أن تدعم قدرات الاستشعار عن بعد للطائرات المسيّرة الكشف عن الأمراض، ومراقبة جودة المياه، ومراقبة الجفاف، والنفط والغاز، وتقديرات الغلّة، والنمذجة الهيدرولوجية، والحفاظ على التنوع البيولوجي، ومسح الكوارث الجيولوجية، ومسح التضاريس، ورسم خرائط الغابات، ومراقبة المحاصيل. يمكن أيضا استخدام هذه التكنولوجيا لرسم الخرائط وإنشاء خرائط بيئية ثلاثية الأبعاد، وقد أصبحت جزءا نشطا من علم الآثار. كما يمكن أن تساعد في توفير أحدث البيانات اللازمة لتخطيط الأراضي دون الاعتماد على مصادر رسم الخرائط القديمة، كل ذلك بأسعار وتكلفة مناسبة. بالإضافة إلى ذلك، تستخدم تقنية الطائرات بدون طيار للهواة

للحصول على بيانات صور عالية الدقة للمناطق النائية، والجزر، وقمم الجبال، والسواحل..

- **فحص البناء والبنية التحتية**

للطائرات بدون طيار دور حيوي في خدمة قطاع البناء والتشييد، حيث تمكن من مراقبة مشاريع البناء من البداية إلى النهاية لضمان الجودة في أعمال الموقع. يمكنها تقديم تقارير تحتوي على الصور والفيديو ورسم الخرائط ثلاثية الأبعاد لأصحاب المصلحة والمهندسين. كما يمكن لهذه التكنولوجيا أن تدعم بشكل كبير تطبيقات فحص البنية التحتية والبناء، وفحص أبراج الطاقة والاتصالات ومراقبة خطوط أنابيب النفط والغاز.[6]

- **الزراعة الدقيقة**

مع الاستشعار عن بعد، يمكن للطائرات بدون طيار جمع البيانات (جودة المياه وخصائص التربة والرطوبة وما إلى ذلك) من أجهزة الاستشعار، واكتشاف أمراض وآفات النبات، والأعشاب الضارة ومراقبة المحاصيل وإدارتها، مما يوفر الوقت والتكلفة ويعزز الربحية والإنتاجية وزيادة الغلّة في الأنظمة الزراعية. كما يمكن للطائرات بدون طيار أن تحدث تأثيرا كبيرا على قطاع الزراعة من خلال إجراء رسم الخرائط الجوية الذكية، والمراقبة متعددة الزوايا للنبات وتقييم حيويته ونموه وحاجته للمغذيات والكشف عن أي إجهاد قد يعاني منه. بالإضافة إلى ذلك، يمكن للطائرات بدون طيار أن تقوم بالرش الكيميائي سواء للمبيدات أو المغذيات، بشكل أكثر فاعلية وأكثر أمناً.[7]

- **مراقبة حركة المرور على الطرق في الوقت الفعلي**

يمكن تحقيق الأتمتة الكاملة لقطاع النقل من خلال الطائرات بدون طيار الموثوقة والذكية. وستشمل أتمتة فرق الإنقاذ ومسّاحي الطرق وشرطة المرور وفرق الدعم الميداني. فمثلاً، على النقيض من أجهزة المراقبة التقليدية مثل أجهزة استشعار الموجات الدقيقة وكاميرات فيديو المراقبة، يمكن للطائرات بدون طيار مراقبة أجزاء الطرق بتكلفة أقل وأكثر دقة، فيمكن للشرطة اكتشاف السرعة الزائدة للمركبات والحوادث، ويمكن أن تساعد في تجنب الاختناقات المرورية والازدحام، أو لملاحقة الأنشطة الإجرامية على الطرق السريعة مثل سرقة السيارات، وتحديد هوية المركبات، والمداهمات على المركبات المشتبه بها، ومطاردة اللصوص المسلحين والخاطفين أو أي شخص ينتهك قواعد المرور. كما يمكن استخدام الطائرات بدون طيار لرصد الظروف والحالة الفنية والهندسية للطرق مثل الإشارة إلى أي شقوق أو حفر وإعطاء إنذار مبكر لتجنب الحوادث المحتملة والحد من الأضرار.

- **المراقبة البيئية**

مسح التنوع الحيوي والمساعدة في عمليات ترميم البنية التحتية واستعادة التنوع الحيوي وإمدادات البذور ومراقبة تغيرات المناخ وآثارها على المواقع قبل وبعد التدخلات وتنفيذ الاستراتيجيات الهادفة لاستعادة البيئات الطبيعية، مثل الغابات والأنهار والمسطحات المائية غيرها.

- **فحص خطوط الطاقة**

حظي قطاع توزيع خطوط الطاقة وسلامة الشبكة بمساعدة الطائرات بدون طيار باهتمام كبير من قبل الباحثين. حيث يُعدّ الكشف عن الأعطال الناجمة في خطوط الطاقة والوقاية منها أمرا بالغ الأهمية لتوفير إمدادات الكهرباء وموثوقيتها. يمكن استخدام الطائرات بدون طيار لتتبع أعطال ومشاكل أبراج الطاقة مثل البراغي التالفة أو التآكل أو الصدأ وضربات البرق، أو أي عيوب يمكن أن تتسبب في انقطاع الكهرباء أو المخاطر. كما يمكن استخدام كل من الطائرات بدون طيار وروبوتات التسلق لتحديد

موقع تلك الأخطاء واصلاحها. وهي بذلك وعلى النقيض من التقنيات التقليدية، أقل كلفة في الجهد والمال وأكثر أمناً. حيث يمكن للطائرات بدون طيار إجراء عمليات التفتيش هذه بتكلفة أقل من طائرات الهليكوبتر والمخاطر المرتبطة بالدوريات الراجلة التقليدية.

التحديات والحلول الأمنية

غالبا ما تتضمن الطائرات بدون طيار وحدات اتصال لاسلكية على متن الطائرة تستخدم قنوات مفتوحة وغير مشفّرة وغير مصادق عليها، مما يجعلها عرضة لمجموعة متنوعة من الهجمات الإلكترونية، ويُعدّ اختراق الطائرات بدون طيار مصدر قلق رئيسي لاستخدامها لجمع البيانات ونقلها اللاسلكي، خاصة في حالة المعلومات الحسّاسة، سواء منها العسكرية أو الشخصية أو التجارية. أيضا وكما هو معلوم يمكن تثبيت كاميرات أو أي جهاز يمكنه التقاط الصور ومقاطع الفيديو على هذه الطائرات التي يمكنها الوصول إلى أماكن مما قد ينتهك خصوصية المجتمعات والأفراد. وهذا يتطلب تدابير قانونية وتقنية.

الفجوة البحثية و اتجاهات البحث المستقبلية:

- **تقنيات التعلم الآلي والتعلم العميق**

تلعب تقنيات التعلم الآلي والتعلم العميق دورا واعدا في التطبيقات المختلفة المتعلقة بالطائرات بدون طيار مثل جدولة البطاريات وتخطيط المسار والتتبع وتجنب العوائق وتخصيص الموارد. ومن خلال تطوير أدوات التعلم الآلي وتعزيز القوة الحسابية على متن الطائرة يمكن تطوير نماذج جديدة من الطائرات بدون طيار أكثر ذكاء وأخف وزناً وأصغر حجما مما يمكنها من الطيران وإنجاز المهام دون التعرض لخطر الاصطدام. وبمساعدة هذه الأدوات، يمكن للطائرات بدون طيار تعديل حركتها واتجاهها وموقعها بشكل مستقل لخدمة المستخدمين على الأرض. علاوة على ذلك، فإن توفر البيانات الدقيقة يمكن أن يدعم الطائرات بدون طيار في التحكم الذكي وتخطيط المسار ومهام الرؤية، وغير ذلك.

بينما تم تنفيذ أساليب التعلم الآلي التقليدية في الطائرات بدون طيار، لم يتم استكشاف أساليب التعلم العميق بسبب محدودية موارد الطاقة وقدرات المعالجة. ولذلك، ينبغي على الباحثين تطوير أساليب التعلم العميق الفعّالة ومنخفضة الطاقة في الطائرات بدون طيار، وخاصة لعمليات البحث والإنقاذ.[8, 9]

- **تقنيات الطاقة**

هناك حاجة إلى تطوير مواد جديدة لبطاريات الطائرات بدون طيار وحلول مبتكرةلحصاد الطاقة، لتطوير قدرات الطائرات المسيرة لإنجاز المهام التي تتطلب التحليق لفترات طويلة، بطاريات تتميز بخفة الوزن وقصر زمن الشحن. يعد التحكم الفعال في استهلاك طاقة البطارية أمرًا بالغ الأهمية لمحطات إنترنت الأشياء الموجودة على الطائرات بدون طيار. ويجب أن تركز الدراسات المستقبلية على تطوير تقنيات مبتكرة لتحسين عمر البطارية وتحسين أداء ووظائف هذه الأجهزة[10]

خوارزميات الاستشعاروالتنقل وتحديد الموقع

لمعالجة المشكلات الناجمة عن ضعف أنظمة تحديد المواقع العالمي (GPS)، يلزم إجراء المزيد من البحث في مجالات الاستشعار والملاحة وتحديد الموقع. قد تؤدي هذه المشكلات إلى خطأ في استهداف موقع، مثلا في عمليات تسليم الطرود والأحمال المطلوبة في مكان معين أو تأخير وصولها، من هنا فإن معالجة هذه المشاكل ضروري لتحسين أداء الطائرات المسّيرة. ولذلك، فمن الضروري دمج أنظمة تحديد الموقع وأجهزة الاستشعار منخفضة التكلفة لتحديد موقع الطائرات بدون طيار بكفاءة.[11]

- **خوارزميات التفريغ**

في العمليات المختلفة، ينبغي إجراء مهام متعددة في وقت واحد. وهناك طلب متزايد على الطائرات بدون طيار القادرة على القيام بالمهام المتعددة. يتم تقسيم وجدولة هذه المهام بين الطائرات بدون طيار المنتشرة بحيث تحصل كل مهمة على التركيز المناسب في الوقت المناسب. ونظرًا لسيناريوهات التنقل العالية، وتطبيقات الطائرات بدون طيار الحساسة للتبديل والحساسة للوقت، فإن تفريغ المهام بكفاءة أمر في منتهى الأهمية من حيث التكلفة. وعليه، يجب على الباحثين تطوير خوارزميات جديدة لتفريغ المهام لتقليل إجمالي استهلاك الطاقة لأداء المهام المحددة مسبقًا بكفاءة أعلى.[12]

- **نماذج التنقل**

تتميز الطائرات المسيرة بزيادة الحركة والتنقل وهذا يمكن أن يضر بجودة التواصل وبالتالي التعاون بين الطائرات المسيّرة الأخرى. وقد تم اقتراح العديد من نماذج التنقل لمعالجة هذه المشكلة، إلا إنها غير كافية، فيجب تصميم هذه النماذج مع مراعاة خواص ومتطلبات الشبكة. [13]

- **سلسلة الكتل (البلوكشين) الجوية**

توفر تقنية البلوكشين Blockchain حلاً لا مركزيًا يمكنه توفير حماية خصوصية آمنة وقابلة للتكيف لأنظمة الطائرات بدون طيار. حيث توفر تقنية البلوكشين الجوية وسيلة لحماية خصوصية الاتصال للطائرات المسيّرة وضمان سلامة البيانات التي تحصل عليها هذه الطائرات. علاوة على ذلك، تتميز برامج الطائرات بدون طيار التي تدعم تقنية البلوكشين بالقدرة على تقديم خدمات اتصالات تتمتع بقدرات ديناميكية ومرنة وسريعة لاتخاذ القرار. ولكن، على الرغم من المحاولات المختلفة لدراسة تقنية البلوكشين في شبكات الطائرات بدون طيار، لم يستكشف الباحثون بعد إمكانات البرامج التي تدعم هذه التقنية لشبكات الطائرات بدون طيار، وبالتالي فهذا باب مهم للبحث[14]

- **تقنيات تصميمات الهوائي جديدة**

من أجل تحقيق اتصالات بمعدل بيانات مرتفع، لابد من ابتكار تصميمات جديدة للهوائيات. بالنسبة للمسيّرات التي تطير بسرعات أعلى، يوصى باستخدام هوائيات صغيرة الحجم لضمان أداء أفضل. يمكن أيضًا استخدام الهوائيات الاتجاهية للطائرات بدون طيار صغيرة الحجم للتغلب على قيود المساحة والطاقة. تعتبر الهوائيات المستقطبة دائرية الشعاع المائل خيارًا شائعًا نظرًا لقدرتها على تحسين نمط الإشعاع والنسبة المحورية وخسارة الإرجاع مع توفير المساحة. ولإطالة عمر الشبكة، يمكن استخدام تقنيات نقل الطاقة اللاسلكيWPT والهوائيات المتناثرة. علاوة على ذلك، فإن دمج هوائيات تكيفية متعددة يمكن أن يدعم الاتصال في الطائرات بدون طيار عالية الحركة.[15]

.

اتجاهات البحث والإسهام العربي في بحوث الطائرات المسيّرة

من أجل تسليط الضوء على النشاط البحثي من الدول العربية في مجالات الطائرات المسيّرة والاستدلال على اتجاهات البحث، أجرينا احصائيات استخدمنا فيها بيانات قاعدة بيانات شبكة العلوم WoS فقط .وقارنا بين بيانات الدول العربية نسبة للعالم.

خلال فترة الدراسة (2019 – 2023) نُشرت 32,642 ورقة من جميع أنحاء العالم. تصدّرتها الصين (12,375) ورقة والتي تمثل حوالي 38 ٪ من الإنتاج العالمي، تليها الولايات المتحدة (4,953) ثم كوريا الجنوبية (1,968) ثم إنجلترا (1,840) وإيطاليا (1,505). الدول العربية مجتمعة نشرت خلال نفس الفترة (1,965) ورقة، تقريبا نفس عدد ما نشرته كوريا الجنوبية، أي ما يقارب 6 ٪ من الإنتاج العالمي، وهي نسبة تقترب من نسبة عدد سكان الدول العربية بالنسبة لعدد سكان العالم.

الجدول رقم (1) يستعرض أعداد الأوراق المنشورة من الدول العربية مجتمعة ونسبتها للعالم، ونسبة اسهام كل دولة منها ونسبتها للعالم أيضاً. ويظهر أن السعودية تسهم بالحصة الأكبر من مجموع الدول العربية بنسبة 2.61٪ من الإنتاج العالمي، تليها الامارات بحوال 1٪ من الإنتاج العالمي.

الجدول رقم (1): أعداد الأوراق المنشورة خلال الفترة (2019 -2023) من جميع دول العالم مجتمعة، وجميع الدول العربية مجتمعة ومتفرقة، ونسبة العدد للمجموع العالمي.

الترتيب	الدولة	العدد الكلي	نسبة عدد الأوراق إلى العالم ٪
	العالم	32,642	1
	الدول العربية	1,965	6.02
1	السعودية	851	2.61
2	الامارات	341	1.04

3	مصر	276	0.85
4	الجزائر	151	0.46
5	قطر	142	0.44
6	العراق	121	0.37
7	تونس	107	0.33
8	المغرب	103	0.32
9	الأردن	96	0.29
10	لبنان	77	0.24
11	عمان	43	0.13
12	الكويت	40	0.12
13	اليمن	35	0.11
14	فلسطين	8	0.02
15	السودان	7	0.02
16	سوريا	6	0.02
17	البحرين	5	0.02
18	ليبيا	3	0.01

اتجاهات البحث:

كما رأينا في القسم الأول من هذه الدراسة، هناك تطبيقات واسعة ومتزايدة للطائرات المسيّرة، وتمثل باباً جديداً في التقنيات، ورأينا أيضاً، التحديات التقنية والبحوث المطلوبة لتطوير هذه التقنية بما يناسب التطبيقات والمهمات المتنوعة والمطلوبة.

حاولنا مسح مجالات البحث عالمياً وعربياً. اخترنا أعلى خمس دول عربية بحسب عدد الأوراق المنشورة. وقد لاحظنا اختلافا في الاهتمامات البحثية بين الدول العربية بصورة عامة والاتجاهات العالمية، كما هناك اختلاف بين كل دولة على حدة، **والجدول رقم (2)** يبين ذلك.

الجدول رقم (2): عدد ونسبة الأوراق البحثية في مجالات البحث العلمي المتعلقة بالمسيّرات عالمياً وعربيا.

الترتيب	التصنيف	العالم	السعودية	الامارات	مصر	الجزائر	قطر
1	الاتصالات Telecommunication	6,521 (19.98) %	401 (47.12) %	126 (36.95) %	107 (38.77) %	49 (32.45) %	83 (58.45) %
2	الاستشعار عن بعد Remote Sensing	4,717 (14.45) %	48 (5.64) %	15 (4.40) %	22 (7.97) %	0	5 (3.52) %
3	أنظمة الأتمتة والتحكم Automation & Control Systems	3,758 (11.51) %	92 (10.8) %	38 (11.14) %	35 (12.68) %	45 (29.8) %	8 (5.63) %
4	رؤية الكمبيوتر والرسومات	2,208	50	17	15	7	8

	Computer Vision & Graphics	(6.76) %	(5.88) %	(4.99) %	(5.44) %	(4.64) %	(5.63) %
5	علم الروبوتات Robotics	1,213 (3.72) %	5 (0.59) %	13 (3.81) %	7 (2.54) %	7 (4.64) %	0
6	التوريد والخدمات اللوجستية Supply Chain & Logistics	764 (2.34) %	12 (1.41) %	10 (2.93) %	3 (1.09) %	3 (1.99) %	7 (4.93) %
7	النمذجة والمحاكاة Modelling & Simulation	706 (2.16) %	4 (0.47) %	6 (1.76) %	5 (1.81) %	5 (3.31) %	0
8	علم المحيطات والأرصاد الجوية وعلوم الغلاف الجوي Oceanography, Meteorology & Atmospheric Sciences	487 (1.49) %	1 (0.12) %	0	1 (0.36) %	0	0
9	علم الحيوان والبيئة الحيوانية Zoology & Animal Ecology	444 (1.36) %	0	1 (0.29) %	0	0	0
10	حماية المحاصيل Crop Protection	433 (1.36) %	2 (0.24) %	0	0	0	0
11	الهندسة الجيوتقنية Geotechnical Engineering	425 (1.30) %	0	0	0	0	0
12	علم الغابات Forestry	423 (1.30) %	10 (1.18) %	2 (0.58) %	2 (0.73) %	2 (1.33) %	1 (0.70) %
13	علم التربة Soil Science	422 (1.29) %	1 (0.12) %	0	1 (0.36) %	0	1 (0.70) %
14	التكنولوجيا اللاسلكية Wireless Technology	412 (1.26) %	15 (1.76) %	4 (1.17) %	5 (1.81) %	0	3 (2.11) %
15	حركات المحيطات Ocean Dynamics	399 (1.22) %	0	0	1 (0.36) %	0	0
16	الجيوكيمياء والجيوفيزياء والجيولوجيا Geochemistry, Geophysics & Geology	373 (1.14) %	8 (0.94) %	0	1 (0,36) %	0	1 (0.70) %
17	علم الحشرات Entomology	360 (1.10) %	14 (1.65) %	0	7 (2.54) %	5 (3.31) %	0
18	المواصلات والنقل Transportation	314 (0.96) %	8 (0.94) %	3 (0.88) %	4 (1.45) %	0	0
19	علم الأحياء البحرية Marine Biology	313 (0.96) %	5 (0.59) %	0	0	0	0
20	أنظمة الحماية والأمن Security Systems	240 (0.74) %	38 (4.47) %	13 (3.81) %	5 (1.81) %	6 (3.97) %	7 (4.93) %

يمثل حقل الاتصالات النسبة الأولى عالميا وعربياً، ولكن تختلف النسب. في حين تمثل بحوث الاتصالات حوالي 20 ٪ من البحوث في العالم، نجد أنها تقارب 60 ٪ من البحوث في قطر، وتقترب من نصف البحوث في السعودية، وحوالي 40 ٪ في مصر وتقل عنها قليلاً في الامارات. وبصورة عامة مجالات تطوير التقنية تأتي في أولويات البحوث العربية.

لكن وكما هو معلوم، أن أهمية هذه المسيّرات تأتي من المهام في التطبيقات التي تستخدمها، والملاحظ أن البحوث المتعلقة بالتطبيقات هي في آخر اهتمامات البحوث في الدول العربية، فعلى سبيل المثال:

تخصص علم الحيوان والبيئة الحيوانية (Zoology & Animal Ecology)، والذي يقع في الترتيب التاسع عالمياً، بنسبة (1.36) % من مجموع البحوث، نجد ورقة واحدة فقط من الدول العربية الخمس، وهي من الإمارات. رغم أن هذه الدول وخاصة السعودية ومصر تمتلك ثروة حيوانية كبيرة ومراعي واسعة.

كذلك، تخصص حماية المحاصيل، والذي يأتي في الترتيب العاشر عالمياً، نجد ورقتين فقط من الدول العربية، من السعودية.

أما علم التربة، والذي يأتي في الترتيب 13 عالمياً، نجد ورقة واحدة من السعودية وورقة واحدة من مصر وواحدة من قطر. أي ثلاث أوراق فقط من الدول العربية.

وهكذا في كل مجالات التطبيق، وقد يكون هذا مؤشراً على أن البحوث في الدول العربية هي في معظمها للنشر الدولي وليس للتطبيق وتحسين الأداء المحلي، فجوة بين الجامعات وباحثيها وبين المجتمع وحاجاته.

بالمقابل، مما يثير الاهتمام في هذه الإحصائية، هوعدد البحوث في مجال أنظمة الحماية والأمن، والتي تأتي في الترتيب رقم 20 عالمياً، بنسبة 0.74 ٪ من مجموع البحوث، نجد له اهتماما بالغا في البحوث العربية، حيث تبلغ نسبة البحوث في هذا التخصص في السعودية إلى 4.47 ٪ وتقع في الترتيب الخامس سعودياً، وفي الامارات 3.81 ٪ وتقع أيضا بالترتيب الخامس، ويأتي في المرتبة السادسة في مصر بنسبة 1.81 ٪، و3.97 ٪ في الجزائر بالترتيب الرابع، وفي الترتيب الثالث في قطر بنسبة 4.93 ٪ من البحوث المنشورة.

الخلاصة:

تتقدم التكنولوجيا بشكل متسارع، ومن المواضيع المهمة لدى الكثير من الباحثين هو أتمتة المهام باستخدام الآلات . وهو باب واسع وثورة جديدة على مستوى العالم، وبالتالي تستطيع الدول العربية بما تملكه من باحثين متخصصين ومتميزين من تطويرها وامتلاكها. والطائرات بدون طيار تقنية يمكن تزويدها وربطها بتقنيات أخرى كثيرة وتطويرها حسب الحاجة فهي مجال واسع لاستخدامها في حلول التنمية المستدامة ووضع حلول مبتكرة وفعّالة لمشاكل معقدة في دولنا العربية. وكما ظهر لنا أن البحوث التطبيقية في هذا المجال في الدول العربية قليلة جداً، نتمنى أن يتم التواصل والتكامل بين البحث العلمي وحاجات المجتمع المختلفة.

المراجع:

1. Heidari, A., Navimipour, N. J., & Unal, M. (2022).Applications of ML/DL in the management of smart cities and societies based on new trends in information technologies: A systematic literature review. *Sustainable Cities and Society*, *85*, 104089. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104089
2. Mohsan, S. A., Khan, M. A., Noor, F., Ullah, I., & Alsharif, M. H. Towards the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review. *Drones*, *6*(6), 147.https://doi.org/10.3390/drones6060147
3. J. Kim, S. Kim, J. Jeong, H. Kim, J. Park and T. Kim, "CBDN: Cloud-Based Drone Navigation for Efficient Battery Charging in Drone Networks," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 20, no. 11, pp. 4174-4191, Nov. 2019, doi: 10.1109/TITS.2018.2883058.https://ieeexplore.ieee.org/document/8574043
4. Rohan, A., Rabah, M., Asghar, F. *et al.* Advanced Drone Battery Charging System. *J. Electr. Eng. Technol.* **14**, 1395–1405 (2019). https://doi.org/10.1007/s42835-019-00119-8.
5. Y. Zeng, Q. Wu and R. Zhang, "Accessing From the Sky: A Tutorial on UAV Communications for 5G and Beyond," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 107, no. 12, pp. 2327-2375, Dec. 2019, doi: 10.1109/JPROC.2019.2952892.
6. Choi, H.-W.; Kim, H.-J.; Kim, S.-K.; Na, W.S. An Overview of Drone Applications in the Construction Industry. *Drones* **2023**, *7*, 515. https://doi.org/10.3390/drones7080515 .
7. Shahi, T.B.; Xu, C.-Y.; Neupane, A.; Guo, W. Recent Advances in Crop Disease Detection Using UAV and Deep Learning Techniques. *Remote Sens.* **2023**, *15*, 2450. https://doi.org/10.3390/rs15092450 .
8. Lei Ma , YuLiu , Xueliang Zhang , Yuanxin Ye , Gaofei Yin , Brian Alan Johnson. Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Volume 152, June 2019, Pages 166-177. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271619301108?via%3Dihub
9. Ullah, Z., Al-Turjman, F., Mostarda, L., & Gagliardi, R. (2020). Applications of Artificial Intelligence and Machine learning in smart cities. *Computer Communications*, *154*, 313-323. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.069 .
10. Chamola, V., Kotesh, P., Agarwal, A., Gupta, N., &Guizani, M. (2021). A Comprehensive Review of Unmanned Aerial Vehicle Attacks and Neutralization Techniques. *Ad Hoc Networks*, *111*, 102324. https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2020.102324 .
11. G. Raja, S. Suresh, S. Anbalagan, A. Ganapathisubramaniyan and N. Kumar, "PFIN: An Efficient Particle Filter-Based Indoor Navigation Framework for UAVs," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 5, pp. 4984-4992, May 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3072727.
12. A. Sacco, F. Esposito, G. Marchetto and P. Montuschi, "Sustainable Task Offloading in UAV Networks via Multi-Agent Reinforcement Learning," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 5, pp. 5003-5015, May 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3074304.
13. F. Mason, M. Capuzzo, D. Magrin, F. Chiariotti, A. Zanella and M. Zorzi, "Remote Tracking of UAV Swarms via 3D Mobility Models and LoRaWAN Communications," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 21, no. 5, pp. 2953-2968, May 2022, doi: 10.1109/TWC.2021.3117142.
14. Oláh, N.; Molnár, B.; Huszti, A. Secure Registration Protocol for the Internet of Drones Using Blockchain and Physical Unclonable Function Technology. *Symmetry* **2023**, *15*, 1886. https://doi.org/10.3390/sym15101886
15. M. Mozaffari, W. Saad, M. Bennis, Y. -H. Nam and M. Debbah, "A Tutorial on UAVs for Wireless Networks: Applications, Challenges, and Open Problems," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 3, pp. 2334-2360, thirdquarter 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2902862