جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات

تطوير تقنيات التشويش على الطائرات من دون طيّار بالاعتماد على منصات الراديو المعرّف برمجياً

Development of UAVs Jamming Techniques Based on Software-Defined Radio Platforms

المهندس عبده زهير بللوق

الدكتور المهندس محمد خالد شاهين الدكتور المهندس محمد الحريري

الملخص

يُقدّم هذا البحث استراتيجيات وتقنيات تشويش على مستقبلات منظومات الملاحة الساتلية الشاملة GNSS على متن الطائرات من دون طيار UAVs هجينة جديدة. ويتميز البحث بتصميم وتنفيذ منظومتي تشويش: الأولى تعتمد على منصات راديو معرّف برمجياً SDR تجارية، والثانية على منصة محلية الصنع. وقد جرى ابتكار تقنيات تشويش هجينة جديدة تدمج بين التشويش البقعي والتشويش المسحي مع القفز الترددي.

اشتمل البحث على نمذجة رياضية ومحاكاة حاسوبية وتصميم عتادي واختبارات عملية، بهدف تطوير نهج فريد يدمج التشويش Jamming والخداع Spoofing باستراتيجيات متنوعة. وقد أثبتت نتائج الاختبارات المخبرية والحقلية تحقيق النهج المقترح لفاعلية عالية في تعطيل مستقبلات المنظومتين GPS و GLONASS على متن الطائرات من دون طيار، مما يسمح بحماية المنشآت الحيوية في البلد.

القسم النظري

شاع الاستعمال العسكري وأعقبه التجاري للطائرات من دون طيّار في العقدين الأخيرين. إلا أن هذا الانتشار الواسع حمل مجموعة من الثغرات الأمنية؛ كاستغلال هذه الطائرات في أنشطة غير قانونية كالتهريب والتخريب والتجسس على المنشآت الحساسة . وقد اشتملت الدراسة النظرية على تحليل أثر إشارات التشويش المتنوعة مثل البُقَعي والمسحي على خرج دارة الترابط في مستقبلات المنظومة GPS، وذلك عبر اشتقاق التعابير الرياضية لنسبة استطاعة الحامل إلى كثافة استطاعة الضجيج C/N0 عند دخل المستقبل.

كما جرت دراسة الخصائص الطيفية لإشارات السواتل ومحاكاة توليد رمز التحصيل الخشن C/A ورسائل الملاحة، لتحديد نقاط الضعف في المنظومة GPS خصوصاً. كما تضمن التحليل ابتكار تقنيات تشويش وخداع لتعطيل مستقبلات منظومات الملاحة الساتلية الشاملة.

القسم العملي

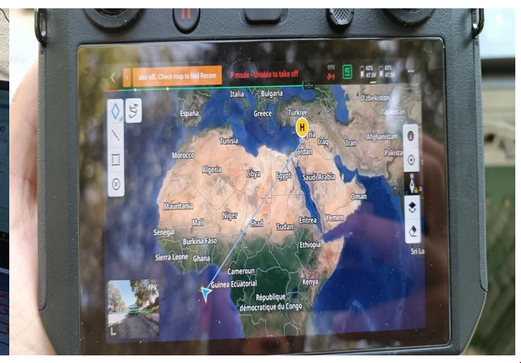
جرى تنفيذ الجانب العملي على مرحلتين: في المرحلة الأولى جرى تصميم وتنفيذ منظومة تشويش تعتمد على منصة راديو معرّف برمجياً SDR محلية الصنع ذاتية القيادة، وتضمنت تطوير المخططات وتصنيع الدارات المطبوعة PCBs وبرمجيات لتوليد إشارات التشويش الهجينة. وفي المرحلة الثانية جرى تصميم وتنفيذ منظومة تشويش معتمدة على منصات تجارية متقدمة مثل HackRF One .

أُجريت أكثر من 120 تجربة حقلية على طائرات من دون طيار حديثة مثل Matrice 300 RTK و Phantom 4 Pro، استهدفت قنوات التحكم والملاحة، واختبار عدة استراتيجيات هي: الخداع التفاعلي والاستباقي والتشويش البُقَعي المتبوع بالخداع. وجرى قياس مدى التشويش، وزمن الاستجابة، وميْز التموضع المزيف في بيئات حقيقية لضمان موثوقية النتائج.

النتائج والمناقشة

أثبتت النتائج أن التقنيات الهجينة تتفوق على أساليب التشويش التقليدية، إذ حقق الدمج بين التشويش البُقَعي والمسحي والقفز الترددي فعالية قصوى في تعطيل مستقبلات الملاحة على متن الطائرات من دون طيار المتقدمة مثل Matrice 300 RTK. وقد برهنت منظومة التشويش المعتمدة على منصات SDR محلية الصنع على كفاءتها العالية في استهداف الحوامل الترددية للمنظومتين GPS و GLONASS بميز عالي، بمنع المستقبلات من تلقي إشارات سواتل منظومات الملاحة الساتلية الشاملة GNSS حتى من أجل استطاعات إرسال مرجعية منخفضة للغاية. وهذا يؤكد قابلية المنظومة لتوسيع نطاق الحظر الجوي بفعالية كبيرة عند رفع الاستطاعة التشغيلية.

وعلى رأس الخروقات العلمية (الأصالة) المحققة في لبحث ابتكار استراتيجية التشويش البُقَعي المتبوع بالخداع، التي أظهرت أعلى كفاءة تشغيلية؛ إذ تعتمد على إشارة تشويش مركزة لقطع الاتصال آنياً، مما يجبر الطائرة على قبول الإحداثيات المزيفة بزمن استجابة قياسي. وأثبت هذا النهج جدوى استبدال الإرسال المستمر بنمط الاعتراض الذكي، مما يضمن كفاءة الاستطاعة وبقاء الخداع مؤثراً على المستقبلات المقاومة للتشويش.



المراجع

- [1] Li, C., et al. (**2024**). An Efficient Method for Detecting Dense and Small Objects in UAV Images. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 17, (In Press).
- [2] Zhang, Z., et al. (**2024**). UAV Hyperspectral Remote Sensing Image Classification: A Systematic Review. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 18, 3099–3124
- [3] Diao, Z., et al. (**2023**). Jamming Analysis and Experimental Validation of GPS Deception Signal to Electric Patrol UAV. IEEE 6th International Conference on Energy, Electrical and Power Engineering (CEEPE), 1-5.
- [4] Mohsan, S. A. H., et al. (**2023**). Unmanned aerial vehicles (UAVs): Practical aspects, Applications, Open Challenges, Security Issues, and Future Trends. Intelligent Service Robotics, 16(1), 109-137.
- [5] Norhashim, N., et al. (**2024**). GPS Jamming Impact on UAV Performance in Outdoor Environments. Defense S&T Technical Bullein, 17(1), 90-97
- [6] Tesfay, A. A., et al. (**2024**). Smart Jamming: Deep Learning-Based UAVs Neutralization System. IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility–EMC Europe,1-6.
- [7] Souli, N., Kolios, P., & Ellinas, G. (**2025**). An Enhanced Autonomous Counter-Drone System with Jamming and Relative Positioning Capabilities. Robotics and Autonomous Systems, 105160.
- [23] Xue, H., Zhuo, Z., Yan, W., & Zhang, Y. (**2025**). Research on UAV Jamming Signal Generation Based on Intelligent Jamming. IEEE Access, 13, 14686-14701.