
Low, Slow, Small Threats Modelling and Simulation

(STO-TR-MSG-154)

Executive Summary

Modelling and Simulation encounters some unique challenges and opportunities from the physical and dynamic points of view, when it comes to considering small Unmanned Aerial Systems (sUAS), commonly known as drones, within the context of threat vectors.

The parametric definition of a drone comprises the following categories:

- Typology, referred to the mode that the drone can fly;
- Material used to manufacture the drone;
- Flying performance;
- Kind of propeller;
- Reference to NATO Classification;
- Navigation system;
- Remote controller characteristics (if any);
- Payload, considering both own sensors and possible hazards; and
- Communication Systems.

An analytical model describing the flight dynamics of a drone should be mathematically sound, since mission capabilities strongly depend on vehicle configuration and behaviour.

Considering that the motion dynamics of a rigid body in space requires a reference frame fixed to the body itself for a suitable a mechanical description, and making some assumptions (e.g., rigid body model, stationary atmosphere and no perturbations, symmetrical airframe, and forces acting in the centre of gravity), the Newton-Euler equations can be developed for flight dynamics of an sUAV.

When it comes to detecting sUAS, several phenomena have to be considered, such as reflectance on and outside the visible wave range, radio frequency, acoustics, and the related technologies, such as passive and active imaging and detection.

Since it has been asserted that multiple sensors are required to have the capability, and the probability of detecting sUAS, it is necessary to consider the identified parameters in order to model the signature against different type of detectors. In addition, the dependence of multiple sensors would also require advancements in information fusion and ensemble learning to ensure that actionable intelligence will be derived from complete situational awareness.

The Specialists' Meeting on Drone Detectability has stated the possibility of modelling radar signatures, as well as the acoustic signature for different drones, radars, and scenarios to complement experimental data and to help development of tracking, classification, and situational awareness algorithms. Furthermore, the suitability for radar scenarios simulation and their potential use for targets' modelling and feature extraction has been confirmed.

Nevertheless, a clear modelling of the drone signature with respect to its characteristics, both physical and dynamic, seems not easily feasible due to the complexity and variability of the drones on the market and their continuous enhancements.

The complexity and variability of the characteristics of sUAS makes it very difficult to accomplish the task of defining a model suitable to be used in a simulation system. This is due both to the several parameters that characterise the drone itself, and the complexity of the flight dynamics equations required to take into consideration all the drone's manoeuvrability capabilities and features. Furthermore, the complexity and variability of the characteristics of sUAS do not allow the definition of a parametric model for assessing the relevant signatures.

This means that, unfortunately, the objectives of the MSG-154 Study cannot be successfully achieved.

Modélisation et simulation des menaces faibles, lentes et légères (STO-TR-MSG-154)

Synthèse

La modélisation et la simulation présentent des défis et des opportunités uniques en leur genre pour contrer les petits UAS, couramment baptisés « drones » dans le contexte des vecteurs de menaces considérés du point de vue tant physique que dynamique.

La définition paramétrique d'un drone comprend les caractéristiques suivantes :

- Typologie, désignée par le mode dans lequel vole le drone ;
- Matériau servant à fabriquer le drone ;
- Performances de vol ;
- Type d'hélice ;
- Référence à la classification OTAN ;
- Système de navigation ;
- Caractéristiques de la télécommande (le cas échéant) ;
- Charge utile, prenant en compte à la fois les capteurs propres et les dangers éventuels ; et
- Systèmes de communication.

Tout modèle analytique décrivant la dynamique de vol d'un drone doit être mathématiquement rigoureux, dans la mesure où les capacités de la mission dépendent largement de la configuration et du comportement en vol.

Étant donné que la dynamique de mouvement d'un corps rigide dans l'espace nécessite un cadre de référence fixé au corps lui-même pour obtenir une description mécanique convenable, et sous réserve de certaines hypothèses (par exemple, modèle de corps rigide, atmosphère stationnaire et absence de perturbations, cellule symétrique, et forces agissant au niveau du centre de gravité), les équations de Newton-Euler peuvent être écrites pour la dynamique de vol d'un sUAV.

Au plan de la détectabilité d'un sUAS, plusieurs phénomènes doivent être considérées, comme la réflectance dans et en dehors du spectre de longueurs d'ondes visibles, la fréquence radio, l'acoustique, et les technologies correspondantes, telles que l'imagerie et la détection passives et actives.

Sachant qu'il a été affirmé la nécessité de disposer de plusieurs capteurs pour avoir la capacité, mais aussi la probabilité, de détecter des sUAS, il convient de prendre en considération les paramètres identifiés afin de modéliser la signature pour différents types de détecteurs. En outre, la dépendance de plusieurs capteurs nécessite l'amélioration de la fusion des informations et de l'apprentissage d'ensemble de sorte que des renseignements actionnables puissent être tirés de la connaissance complète d'une situation.

La Réunion des spécialistes sur la détectabilité des drones a conclu à la possibilité de modéliser aussi bien les signatures radar que les signatures acoustiques de différents drones et radars, ainsi qu'à celle de scénarios visant à compléter les données expérimentales et à concourir au développement d'algorithmes de traçage, de classification et de connaissance situationnelle. De même, l'adéquation à la simulation de scénarios radar et à leur usage éventuel dans la modélisation de cibles et l'extraction de leurs caractéristiques a été confirmée.

Pour autant, une modélisation précise de la signature d'un drone à partir de ses caractéristiques, physiques comme dynamiques, ne semble pas aisément réalisable, du fait non seulement de la complexité et de la variabilité des modèles existant sur le marché, mais aussi de leurs perfectionnements permanents.

La complexité et la variabilité des caractéristiques des sUAS font qu'il est très difficile d'accomplir la tâche consistant à définir un modèle utilisable dans un système de simulation. Cela s'explique à la fois par les différents paramètres caractérisant le drone lui-même, et par la complexité des équations de dynamique de vol prenant en considération l'intégralité des capacités et des caractéristiques de manœuvrabilité du drone. Qui plus est, la complexité et la variabilité des caractéristiques des sUAS ne permettent pas non plus la définition d'un modèle paramétrique ouvrant la voie à l'évaluation des signatures voulues.

Cela signifie malheureusement que les objectifs de l'Étude MSG-154 ne peuvent pas être atteints.