

Situation Awareness of Swarms and Autonomous Systems

(STO-MP-SCI-341)

Executive Summary

The main scientific objective of the symposium was to overview the state of the art regarding problems of situation awareness (SA) in swarms of autonomous systems (AS) and identify the relevance of future developments to NATO operations. We looked at SA in across a broad range of domains: space, maritime, cyber, social media, megacities.

The idea for the symposium was provided by scientists from Tallinn University of Technology, Estonia, Dr Jaanus Kaugerand and Professor Leo Mõtus. The finalizing the Technical Activity Proposal (TAP) and main effort of planning was greatly assisted by Working Session A of the SCI Panel. The idea of this activity grew from discussions about integration of automated and AI based systems into systems of systems and swarms that can operate without direct human oversight. We know that in the case of humans, a good level of SA is a vital prerequisite for a successful mission. Therefore, we asked if it is also the case for automated systems and swarms and how the emerging usage of swarms affects human SA.

The activity was approved by the Science & Technology Board (STB) on July 2020. Shortly after this, the organizing Programme Committee consisting of 12 members from eight different NATO nations was established. During the planning cycle the PC held several virtual meetings. Altogether 12 abstracts were received from which the PC chose eight for the symposium. All eight regular papers were presented during the symposium and, in addition to papers, one keynote speech was given by Dr Mica Endsley, a former chief scientist for US Air Force.

The presentations were divided into three sessions: 1) Autonomy and Situation awareness, 2) Human as a system in the loop and 3) Swarm intelligence and Situation Awareness. The first session discussed control methods for swarms, weather intelligence and synthetic environments for modelling and simulation of robotic and autonomous systems. The second session discussed how to provide better SA for human operators via both swarm displays and anomaly detection and explainable artificial intelligence. The third and final session discussed swarm intelligence via swarm tasking, swarm performance evaluation using synthetic environments, and swarm-to-swarm interactions.

The SCI-341 symposium was enhanced by taking place in parallel with IEEE conference on Cognitive and computational aspects of situation management – CogSIMA 2021. These two events, SCI-341 and IEEE CogSIMA, were related, as this year both events were chaired by scientists from Tallinn University of Technology and as the main interest of the organizers of both events was strongly related to the assessment of SA in complex systems and changing environments. The organizers believe that their cooperation can benefit the development of SA in the context of swarms and autonomy through future collaborative activities. In order to share each other's capabilities and interests, the CogSIMA conference invited participants in the SCI-341 symposium to participate in conference presentations and discussions. One example of this was an open slot in the agenda on the second day of symposium, where CogSIMA organizers invited SCI-341 participants to listen to one of the conference keynote speeches by Dr William Casebeer, Director of AI & ML Laboratory, Riverside Research Institute. Also, the symposium ended with a

common discussion between CogSIMA and SCI-341 organizers. During this discussion, it was decided that there is a good opportunity to launch a common activity concerning human-machine interaction.

Main findings of the symposium were that with practical applications the focus is on improving human SA, not machine SA. While operating AS, human can be in different roles from an operator, supervisor, conductor to a team-mate to AS. It is important to find better solutions on how to improve human SA and how to avoid human cognitive overload. The similar conclusion was also demonstrated by cogSIMA conference with a very successful focus session on “Psychological Dimensions of Cognitive Situation Managent”. Furthermore, the symposium demonstrated that the automation needs not only to be explainable but also transparent and also tested and validated using simulations in virtual environments. From the theoretical point of view, the symposium also discussed how to improve the swarm behaviour, via revising control architectures, methods of tasking and decentralized task executions and swarm intelligence for swarm-to-swarm interactions.

The main recommendation from SCI-341 is to create an Exploratory Team on human-machine teaming potentially together with the HFM Panel and the IEEE CogSIMA conference organizers, concentrating on what is the effect on human SA of integrating AS or AI based systems into systems of systems and swarms.

Connaissance de la situation des essais et des systèmes autonomes (STO-MP-SCI-341)

Synthèse

Le principal objectif scientifique du colloque était de donner une vue d'ensemble de l'état de la technique concernant les problèmes de connaissance de la situation (SA) dans les essais de systèmes autonomes (AS) et d'identifier la pertinence des futures évolutions pour les opérations de l'OTAN. Nous avons examiné la connaissance de la situation dans une large palette de domaines : domaine spatial, domaine maritime, cyberdimension, médias sociaux, mégapoles.

L'idée du colloque vient de scientifiques de l'Université de technologie de Tallin, en Estonie, le Dr Jaanus Kaugerand et le professeur Leo Mõtus. La mise au point de la proposition d'activité technique (TAP) et les principaux travaux de planification ont grandement bénéficié de la session de travail A de la Commission SCI. L'idée de cette activité a germé lors de discussions sur l'intégration de systèmes automatisés et basés sur l'intelligence artificielle (IA) en systèmes de systèmes et essais capables d'intervenir sans supervision humaine directe. Nous savons que dans le cas des humains, un bon niveau de SA est une condition préalable essentielle à la réussite de la mission. Par conséquent, nous nous sommes demandé si cela valait également pour les systèmes automatisés et les essais et comment l'usage émergent d'essais modifiait la connaissance de la situation par les humains.

L'activité a été approuvée par le Comité pour la science et la technologie (STB) en juillet 2020. Le comité de programme organisateur, composé de 12 membres de huit pays de l'OTAN, a été mis en place peu après. Pendant le cycle de planification, le comité de programme a tenu plusieurs réunions virtuelles. Au total, nous avons reçu 12 résumés, parmi lesquels le comité de programme a choisi huit travaux pour le colloque. Avant la présentation de ces huit articles classiques pendant le colloque, le Dr Mica Endsley, ancien chef scientifique de l'Armée de l'air des États-Unis, a présenté un exposé d'ouverture.

Les présentations ont été réparties en trois sessions : 1) autonomie et connaissance de la situation, 2) système incluant l'humain dans la boucle et 3) intelligence en essaim et connaissance de la situation. La première session a discuté des méthodes de commande des essais, des renseignements météorologiques et des environnements synthétiques destinés à la modélisation et simulation de systèmes autonomes et robotiques. La deuxième session s'est penchée sur la manière d'offrir une meilleure SA aux opérateurs humains, au moyen d'affichages des essais, de détection des anomalies et d'intelligence artificielle explicable. La troisième et dernière session a porté sur l'intelligence en essaim, via l'attribution des tâches aux essais, l'évaluation des résultats des essais à l'aide d'environnements synthétiques et les interactions entre essais.

Le colloque du SCI-341 était mis en valeur par son déroulement parallèle à la conférence de l'IEEE sur les aspects cognitifs et computationnels de la gestion des situations – CogSIMA 2021. Ces deux événements, le SCI-341 et CogSIMA, étaient liés, puisque cette année, ils étaient tous deux présidés par des scientifiques de l'Université de technologie de Tallinn et que le centre d'intérêt principal des organisateurs des deux événements avait un lien étroit avec l'évaluation de la SA dans les systèmes complexes et les environnements changeants. Les organisateurs pensent que leur coopération peut bénéficier au développement de la SA dans le contexte des essais et de l'autonomie, par le biais de futures activités en

collaboration. Afin de partager les capacités et les domaines d'intérêts, la conférence CogSIMA a invité les participants du colloque du SCI-341 à participer à des présentations et discussions de la conférence. Le programme du deuxième jour de colloque prévoyait par exemple un créneau libre, pendant lequel les organisateurs de CogSIMA ont invité les participants du SCI-341 à venir écouter l'un des exposés d'ouverture de la conférence, donné par le Dr William Casebeer, directeur du Laboratoire d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique de Riverside Research Institute. Par ailleurs, le colloque s'est achevé par une discussion commune entre les organisateurs de CogSIMA et du SCI-341. Cette discussion a fait apparaître l'opportunité d'une activité commune portant sur l'interaction humain-machine.

Les principales conclusions du colloque ont été que dans les applications pratiques, l'accent était mis sur l'amélioration de la SA par les humains et non sur la SA par les machines. Pendant l'utilisation d'AS, les humains peuvent jouer différents rôles : opérateur, superviseur, conducteur, voire équipier du système autonome. Il est important de trouver de meilleures solutions pour améliorer la SA par les humains et éviter la surcharge cognitive humaine. La conférence CogSIMA est parvenue à une conclusion similaire, avec une session spéciale très réussie sur les « dimensions psychologiques de la gestion cognitive des situations ». De plus, le colloque a démontré que les besoins d'automatisation devaient non seulement être explicables, mais également transparents, testés et validés à l'aide de simulations dans des environnements virtuels. Du point de vue théorique, le colloque a également discuté de la manière d'améliorer le comportement de l'essaim, en révisant les architectures de commande, les méthodes d'attribution des tâches, l'exécution décentralisée des tâches et l'intelligence en essaim pour des interactions entre essaims.

La principale recommandation du SCI-341 est de créer une équipe exploratoire sur la mise en équipe humain-machine avec la Commission HFM et les organisateurs de la conférence CogSIMA de l'IEEE, pour savoir quel effet l'intégration de systèmes fondés sur les AS ou l'IA dans des systèmes de systèmes et des essaims aurait sur la connaissance de la situation par les humains.