
Factoring Communications and Situational Awareness in Operational Models of Dismounted Combat

(STO-TR-SAS-107)

Executive Summary

Introduction

Defence funds dedicated to dismounted soldier systems are finite, and must be divided among multiple components. Deciding on the right mix can be difficult – some technologies improve lethality and protection, others improve SA. At the same time, these technologies might increase cognitive and physical load. In this report we present a way to perform comparisons across this apparent divide, and find the optimal mix of technologies. We present a mathematical combat model that considers the joint effects of situational awareness, lethality, and protection equipment in terms of expected lives saved. The model can therefore be used to design an optimal dismounted soldier system, one that will save the most lives.

Model

Our approach relies on representing the decision maker as an optimal one, at all times. That decision maker however must make decisions under uncertainty, and time constraints. As cognitive burden increases, several changes can occur in the model: the time between decisions might increase, the amount of information considered in each decision can decrease, or the planning horizon might be shortened, resulting in more myopic decisions. Each of these levers in the model gives the flexibility to represent a degradation of decision-making, and SA, while still assuming that the commander is making the best decision possible, but under difficult constraints. Technically, our model is based on two pillars. First, combat is modelled as a Continuous-Time Markov Chain (CTMC). Second, the commander is modelled as a decision-maker in a Partially-Observed Markov Decision Process (POMDP). POMDPs are sequential decision problems that are solved by dynamic programming. They are difficult to solve because, contrary to fully observable Markov Decision Process (MDPs), some of the state variables are hidden. Fortunately, advanced computational methods have been developed to solve them.

Results

We implemented a proof of concept, based on a dismounted combat scenario in which a section of 12 soldiers must secure the entrance of a tunnel. At any time the commander can alter the route, or abort the operation, based on the information available at that time. In the scenario we also include an area sensor, which could be an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), for example. We show how to find the optimal trade-off between increasing the soldiers' sensing capacity, and increasing the capacity of the UAV. We also show how to find the optimal trade-off between increasing the soldiers' sensing capacity, and increasing their lethality and personal protection equipment. Finally we demonstrate how, by increasing the time interval between decisions in the model, we can simulate an increase in cognitive burden, which increases the expected lives at risk.

Conclusion

Our model has exploitation potential in the sectors of procurement, capability development, defence S&T, and academia. This wide-ranging potential is a tribute to the flexibility of POMDPs, which can be made as abstract, or detailed, as wanted. We suggest several avenues for expanding our implementation of the model: integrating Bayesian Belief Networks (either in the CTMC and/or the observation model), combining a sequence of scenario stages, and exploring other ways to represent cognitive burden.

Intégration des communications et de la connaissance de la situation dans les modèles opérationnels de combat débarqué

(STO-TR-SAS-107)

Synthèse

Introduction

Les budgets de la défense consacrés aux systèmes de combattants débarqués sont limités et doivent être partagés entre plusieurs composants. L'élaboration d'une combinaison optimale demeure difficile : certaines technologies améliorent la létalité et la protection, d'autres améliorent la connaissance de l'environnement. Dans le même temps, ces technologies peuvent entraîner une augmentation de la charge cognitive et physique. Dans ce rapport, nous présentons une méthode pour effectuer des comparaisons portant sur ces deux volets en apparence séparés, et obtenir la combinaison optimale de technologies. Nous présentons un modèle de combat mathématique qui prend en compte les effets conjoints de la connaissance de la situation d'une part, et de la létalité et de l'équipement de protection d'autre part, en termes de vies épargnées attendues. Le modèle peut donc être utilisé pour concevoir un système de combattants débarqués optimal, capable d'épargner le plus grand nombre de vies.

Modèle

Notre approche consiste à représenter le décideur comme étant le meilleur possible, à tout moment. Ce décideur doit toutefois prendre des décisions dans des conditions d'incertitude et est soumis à des contraintes de temps. A mesure que la charge cognitive augmente, plusieurs modifications peuvent se produire dans le modèle : l'intervalle entre les décisions peut s'accroître, la quantité d'informations prise en compte dans chaque décision peut diminuer, ou l'horizon de planification peut être raccourci, ce qui entraîne davantage de décisions myopes. Chacun de ces leviers du modèle offre la possibilité de représenter une dégradation de la prise de décision, tout en supposant que le commandant prend la meilleure décision possible, mais sous des contraintes sévères. Techniquement, notre modèle repose sur deux piliers. Le premier, le combat est modélisé comme une chaîne de Markov à temps continu (CTMC). Le second, le commandant est modélisé en tant que décideur dans un processus de décision markovien partiellement observé (POMDP). Les POMDP sont des problèmes séquentiels appelant une décision qui sont résolus par une programmation dynamique. Ils sont difficiles à résoudre car, contrairement au processus de décision markovien (MDP) parfaitement observable, certaines des variables d'état sont masquées. Toutefois, des méthodes de calcul avancées ont été développées pour les résoudre.

Résultats

Nous avons mis en place une validation de principe, basée sur un scénario de combat à pied dans lequel une section de 12 soldats doit sécuriser l'entrée d'un tunnel. A tout moment, le commandant peut modifier l'itinéraire ou interrompre l'opération en fonction des informations disponibles à ce moment-là. Dans le scénario, nous incluons également un capteur de zone, tel un véhicule aérien sans pilote (UAV), par exemple. Nous montrons comment trouver le compromis optimal entre l'augmentation de la capacité de détection des combattants et celle de l'UAV. Nous montrons également comment trouver le compromis

optimal entre l'augmentation de la capacité de détection des combattants, et l'élévation de leur létalité et le renforcement de leurs équipements de protection individuelle. Enfin, nous montrons comment, en augmentant l'intervalle de temps entre les décisions dans le modèle, nous pouvons simuler une augmentation du fardeau cognitif, laquelle augmente le nombre attendu de vies en danger.

Conclusion

Notre modèle présente un potentiel d'exploitation dans les secteurs de l'approvisionnement, du développement des capacités, des sciences et technologies de la défense et des universités. Ce vaste potentiel rend hommage à la flexibilité des POMDP, qui peuvent être abrégés ou détaillés à volonté. Nous proposons plusieurs pistes pour élargir la mise en œuvre du modèle : intégrer les réseaux de croyances bayésiennes (dans le modèle CTMC et/ou le modèle d'observation), combiner une séquence de scénarios et explorer d'autres moyens de représenter le fardeau cognitif.