

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВЫЖИВАНИЯ ЦЕЛИ В ЗАДАЧЕ «АТАКУЮЩИЕ – ЦЕЛЬ – ЗАЩИТНИКИ¹»

М.Э. Бузиков, А.А. Галяев

Аннотация. Задача «атакующие – цель – защитники» сформулирована и формализована в виде конечно-шаговой антагонистической игры с неполной информацией. Предложен метод оценки вероятности выживания цели при известных оценках динамических возможностей атакующих и получены рекуррентные соотношения для ее вычисления, на основе которых произведены численные оценки вероятности выживания цели при оптимальном поведении игроков. Защитникам в игре приписываются три различные роли: роль ложной цели, роль сопровождающего цели и роль перехватывающего атакующего. Проанализировано поведение вероятности выживания как функции параметров задачи «атакующие – цель – защитники». Полученные оценки вероятности могут служить эвристической оценкой качества структуры динамической системы, а полученные оптимальные стратегии – эвристиками для решения дифференциальной игры «атакующие – цель – защитники». Оптимальные стратегии содержат приказы для участников игры с указанием их текущей роли. Средствами языка «Python» разработан программный модуль, позволяющий вычислять вероятность выживания цели по известным параметрам задачи.

Ключевые слова: атакующие-цель-защитники, ложные цели, конечно-шаговая игра, антагонистическая игра, неполная информация, динамическое программирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pachter, M., Garcia, E., Casbeer, D.W. Toward a Solution of the Active Target Defense Differential Game // Dyn. Games Appl. – 2019. – Vol. 9, no. 1. – P. 165–216.
2. Garcia, E., Casbeer, D.W., Pachter, M. Pursuit in the Presence of a Defender // Ibid, no. 3. – P. 652–670.
3. Rubinovich, E.Ya. Missile–Target–Defender Problem with Incomplete a Priori Information // Ibid. – P. 851–857.
4. Теория управления (дополнительные главы): учеб. пособие / под ред. Д.А.Новикова. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 552 с. [Teoriya upravleniya (dopolnitel'nye glavy): ucheb. posobie / pod red. D.A. Novikova. – Moscow: LENAND, 2019. – 552 p. (In Russian)]
5. Pachter, M., Coates, S. The Classical Homicidal Chauffeur Game // Dyn. Games Appl. – 2019. – Vol. 9, no. 3. – P. 800–850.
6. Salimi, M., Ferrara, M. Differential game of optimal pursuit of one evader by many pursuers // Int. J. Game Theory. – 2019. – Vol. 48, no. 2. – P. 481–490.
7. Salimi, M., Ibragimov, G.I. Pursuit-evasion differential game with many inertial players // Math. Probl. Eng. – Sept. 2009. doi.org/10.1155/2009/653723.
8. Григоренко Н.Л. Математические методы управления несколькими динамическими процессами. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. – 197 с. [Grigorenko, N.L. Matematicheskie metody upravleniya neskol'kimi dinamicheskimi protsessami. – Moscow: Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1990. – 197 s. (In Russian)]
9. Айзекс Р. Дифференциальные игры. – М.: Мир, 1967. – 479 с. [Isaacs, R. Differential Games: A Mathematical Theory with Application to Warfare and Pursuit, Control and Optimization. – N.-Y.: John Wiley and Sons, 1965. – 416 p.]
10. Rubinovich, E.Ya. Two Targets Pursuit-Evasion Differential Game with a Restriction on the Targets Turning // IFAC-PapersOnLine. – Berlin: Elsevier, 2018. – 51-32. – P. 503–508.
11. Рубинович Е.Я. Дифференциальная игра поочередного преследования с критерием «промах по истинной цели» // Изв. Южного Федерального ун-та. Технические науки. – 2019. – № 1(203). – С. 165–177. [Rubinovich, E.Ya. Differentsial'naya igra poocherednogo presledovaniya s kriteriem

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы Президиума РАН.

- «promakh po istinnoi tseli» // *Izv. Yuzhnogo Federal'nogo un-ta. Tekhnicheskie nauki.* – 2019. – No. 1(203). – P. 165–177. (In Russian)]
12. *Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Семина Е.А.* Теория игр. – М.: Высш. шк., Кн. дом «Университет», 1998. – 304 с. [*Petrosyan, L.A., Zenkevich, N.A., Semina, E.A.* Teoriya igr. – Moscow: Vyssh. shk., Kn. dom «Universitet», 1998. – 304 p. (In Russian)]
 13. *Новиков Д.А.* Иерархические модели военных действий // *Управление большими системами.* – 2012. – Вып. 37. – С. 25–62. [*Novikov, D.A.* Hierarchical Models of Combat // *Large-Scale Systems Control.* – 2012. – No. 37. – P. 25–62. (In Russian)]
 14. *Эндрюс Г.* Теория разбиений. – М.: Наука, 1982. – 256 с. [*Andrews, G.E.* The Theory of Partitions. *Encyclopedia of Mathematics and Its Applications*, vol. 2. – London: Addison-Wesley Publishing Co., 1976. – 255 p.]
 15. *Ховард Р.А.* Динамическое программирование и марковские процессы. – М.: Сов. радио, 1964. – 193 с. [*Hovard, R.A.* Dynamic Programming and Markov Processes. – Cambridge: MIT Press, 1960. – 136 p.]
 16. *Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л.* Алгоритмы: построение и анализ / 2-е изд. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 1296 с. [*Cormen, T.H., et al.* Introduction to algorithms, 2nd ed. – Cambridge: MIT Press, 2001. – 1180 p.]

Статья представлена к публикации членом редколлегии Е.Я. Рубиновичем.

Поступила в редакцию 21.01.2020, после доработки 5.03.2020.

Принята к публикации 18.03.2020.

Бузиков Максим Эмонайевич – аспирант, ✉ me.buzikov@physics.msu.ru,

Галяев Андрей Алексеевич – чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, ✉ galaev@ipu.ru,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва.

TARGET SURVIVAL PROBABILITY ESTIMATION FOR THE ATTACKERS – TARGET – DEFENDERS PROBLEM

M.E. Buzikov¹, A.A. Galayev²

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹✉ me.buzikov@physics.msu.ru, ²✉ galaev@ipu.ru

Abstract. The attackers-target-defenders problem is formulated and formalized as a positional antagonistic game with incomplete information. A method of target survival probability estimation with known estimates of the dynamic capabilities of attackers is proposed. Recurrence expressions for its calculation are obtained. Corresponding numerical target survival probability estimations with optimal behavior of the players are made. Defenders in the game are assigned three different roles: the role of a false goal, the role of a goal accompanying, and the role of an intercepting attacker. Survival probability considered as function of the attackers-target-defenders problem parameters is analyzed. The obtained probability estimations could be used as heuristic estimations of quality for corresponding dynamic system. Obtained optimal strategies could be considered as heuristics for the corresponding attackers-target-defender differential game. Optimal strategies contain orders for players indicating their current role. Using the Python language, a software module was developed that allows to calculate the survival probability of a target based on known task parameters.

Keywords: attackers-target-defenders, false targets, positional game, antagonistic game, incomplete information, dynamic programming.

Funding. The work was performed with partial financial support of Presidium of Russian Academy of Sciences.