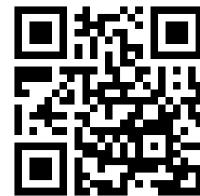


Научная статья

УДК 004.942

DOI: 10.17072/1993-0550-2025-3-102-110

<https://elibrary.ru/amekjl>



Моделирование отсрочки поимки цели в ADT-игре с тремя защитниками

Александр Сергеевич Самохин

Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва,
Россия

samokhin@ipu.ru

Аннотация. Рассматривается вариант Attacker-Defender-Target задачи с тремя защитниками. Задача рассматривается в простых движениях в плоской постановке: цель и защитники двигаются прямолинейно с постоянной скоростью. Начальное положение цели и атакующего задано. В этом случае движение цели определяется её начальным вектором скорости, а защитников – моментом и углом выпуска. Считается, что все защитники выпускаются сразу в начальный момент времени обнаружения атаки, так как их выпуск позже может быть шумным и демаскировать цель для атакующего. Защитники представляют собой ложные цели, фактически задача заключается в определении таких траекторий защитников, при которых атакующий вначале занимается их перехватом, и только после этого переключается на преследование основной цели. Тем самым время перехвата основной цели увеличивается, и при некоторых значениях параметров она может стать недостижима для имеющего ограниченный запас энергоресурса атакующего. В исследовании рассматривается модель работы системы самонаведения автономного атакующего аппарата, основанная на пропорциональной навигации, при этом сначала атакующий решает задачу совместного преследования целей, затем обходит цели по очереди. Разработан программный комплекс, проведено численное моделирование, определены оптимальные углы выпуска трех защитников для различных курсовых углов цели. Для каждого из рассмотренных случаев найдено решение, при котором атакующему не хватает энергоресурса для перехвата основной цели.

Ключевые слова: преследование; система самонаведения; использование защитников; автономный аппарат; оптимизация; численное моделирование; перехват; ADT; пропорциональная навигация; ложная цель.

Для цитирования: Самохин А. С. Моделирование отсрочки поимки цели в ADT-игре с тремя защитниками // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2025. № 3(70). С. 102–110. DOI: 10.17072/1993-0550-2025-3-102-110. <https://elibrary.ru/amekjl>.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-19-00134.

Статья поступила в редакцию 29.04.2025; одобрена после рецензирования 21.05.2025; принята к публикации 26.09.2025.



© 2025 Самохин А. С. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы ознакомиться с условиями этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Research article

Modeling of the Target Interception Delay in an ADT-Game With Three Defenders

Alexander S. Samokhin

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
samokhin@ipu.ru

Abstract. The paper considers a variant of the flat Attacker-Defender-Target problem with 3 defenders. The problem is considered in simple motions in a flat setting: the target and the defenders move rectilinearly with constant velocity. The initial position of the target and the attacker is given. In this case, the motion of the target is determined by its initial velocity vector, and that of the defenders by the momentum and angle of release. All defenders are considered to be released immediately at the initial time of attack detection, as their release later may be noisy and de-mask the target for the attacker. The defenders are false targets (decoys). In fact, the task is to determine such trajectories of the defenders that the attacker first intercepts them and only then switches to pursuit of the main target. In this way, the time to intercept the primary target increases, and at some parameter values it may become unattainable for an attacker with limited energy resources. The study considers a model of the operation of the homing system of an autonomous attack vehicle based on proportional navigation, with the attacker first solving the problem of joint pursuit of targets, then circling the targets one by one. A software package was developed, numerical simulations were performed, and the optimal release angles of 3 defenders were determined for different target heading angles. For each of the cases considered, a solution was found in which the attacker lacks the energy resource to intercept the main target.

Keywords: *pursuit; homing system; use of defenders; autonomous vehicle; optimization; numerical simulation; interception; ADT; proportional navigation; decoy.*

For citation: Samokhin, A. S. (2025), "Modeling of the Target Interception Delay in an ADT-Game With Three Defenders", *Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer Science*, no 3(70), pp. 102–110, DOI: 10.17072/1993-0550-2025-3-102-110, <https://elibrary.ru/amekjl>.

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project № 23-19-00134.

The article was submitted 29.04.2025; approved after reviewing 21.05.2025; accepted for publication 26.09.2025.

Введение

Существуют различные способы защиты подвижного объекта в водной среде от мобильного атакующего, оснащенного системой самонаведения: маневр уклонения, выпуск ловушки, генерирующей пузырьки [1], использование пассивных ложных целей, отражающих гидроакустический сигнал, буксируемых постановщиков гидроакустических помех (jammer, towed decoy, towed acoustic countermeasures, false-target generator) [2, 3], активный защитник, который перехватывает атакующего (hard-kill) [3], активная ложная цель (decoy) [4–5].

В настоящей статье рассматривается случай активной защиты, в то время как основная цель уклоняется от атаки, она может выпустить три ложных цели. Ложные цели отвлекают внимание атакующего, вынуждают атакующего тратить энергоресурс на свою поимку, и позволяют тем самым основной цели уйти от перехвата атакующим в связи с исчерпанием его запаса хода (soft-kill). В таком случае взаимодействие объектов может

быть математически описано как ADT-игра (Attacker–Defender–Target), "атакующий – защитник – цель" [6–11].

В [8] приводится обзор методов определения управления для каждого из игроков ADT-игры. Управление может определяться на основе как нейросетевых [8, 9], так и классических подходов. В статье [10] Рубиновичем Е. Я. задача решена геометрически – найдено управление, при котором защитник, обладающий большей маневренностью, чем цель, гарантированно перехватит атакующего на его пути движения к цели.

В работах [11–13] ADT-игры исследуются на основе подхода теории дифференциальных игр, предполагается, что защитник движется быстрее цели.

В большинстве исследований каждая из сторон "атакующий – защитник – цель" представлена одним игроком. Отметим работы [12, 13], в которых проанализирована игра в случае двух атакующих. В [14] при этом решается уравнение Риккати. В работе [15] рассмотрен случай сразу нескольких преследователей, в статье [16] исследовалась дифференциальная игра с несколькими нападающими, несколькими защитниками в случае неподвижной цели.

Настоящая работа является развитием [17], в которой рассматривалась ADT-игра в плоской постановке при использовании одного или двух защитников, движущихся медленнее цели и атакующего, на случай трех защитников.

1. Постановка задачи

Все игроки представляют собой материальные точки. Перемещение цели и защитников рассматривается в простых движениях. В декартовой системе координат движение цели описывается соотношениями:

$$\begin{cases} \dot{x}_T = v_T \cos(\gamma_T), \\ \dot{y}_T = v_T \sin(\gamma_T), \end{cases} \quad (1.1)$$

где $(x_T(t), y_T(t)) = \mathbf{r}_T(t)$ – координаты цели в момент времени t , при этом $x_T(0) = y_T(0) = 0$.

Движение защитников описывается аналогичными соотношениями:

$$\begin{cases} \dot{x}_{Di} = v_D \cos(\gamma_{Di}), \\ \dot{y}_{Di} = v_D \sin(\gamma_{Di}), \end{cases} \quad (1.2)$$

где $i = 1..3$, $(x_{Di}(t), y_{Di}(t)) = \mathbf{r}_{Di}(t)$ – координаты i -го защитника в момент времени t ,

Автономный атакующий аппарат двигается с постоянной скоростью и в качестве системы самонаведения использует пропорциональную навигацию [18–20]. Его перемещение задается уравнением:

$$\dot{\mathbf{r}}_A(t) = v_A(t) \frac{\hat{\mathbf{r}}(t) - \mathbf{r}_A(t)}{|\hat{\mathbf{r}}(t) - \mathbf{r}_A(t)|}, \quad (1.3)$$

где $\mathbf{r}_A(t)$ – положение атакующего в момент времени t , $\hat{\mathbf{r}}(t)$ – положение выбранной для преследования цели. Вначале атакующий движется к центру масс всех видимых объектов, осуществляя совместное преследование, т.е. $\hat{\mathbf{r}}(t) = \frac{1}{4}(\mathbf{r}_T(t) + \mathbf{r}_{D1}(t) + \mathbf{r}_{D2}(t) + \mathbf{r}_{D3}(t))$. Далее атакующий преследует объекты отдельно, по очереди, пока не поразит основную цель или пока у него не закончится энергоресурс, т.е. пока не наступит момент времени T_{\max} .

Курсовой угол цели γ_T полагается постоянным, углы выпуска защитников γ_{Di} оптимизируются с целью максимизации времени перехвата цели атакующим:

$$T \rightarrow \max. \quad (1.4)$$

2. Методы исследования

Положения цели и защитников в любой момент времени вычисляются аналитически по формулам (1.1)–(1.2). Для определения траектории атакующего необходимо интегрировать уравнение (1.3), что в работе осуществлялось численно методом Рунге–Кутты с автоматическим выбором шага. Корректность работы метода была проверена на тестовых примерах с известным ответом.

На первом этапе преследования на каждом шаге интегрирования сравнивалось расстояние $l = |\mathbf{r}_A(t) - \hat{\mathbf{r}}(t)|$ между атакующим и центром масс коалиции цели и защитников со всеми расстояниями между игроками коалиции l_{ij} . В случае существования таких i, j , что $l > l_{ij}$, начинался второй этап преследования, на котором атакующий переключался с преследования центра масс на поочередное преследование ближайших целей. Ближайшая цель при этом определялась на каждом шаге интегрирования, атакующий мог переключаться между ними.

На каждом шаге обоих этапов преследования определялись расстояния от атакующего до ложных целей и в случае, если оказывалось, что расстояние до i -го защитника меньше ε , то атакующий распознает его как ложную цель и далее этот защитник не оказывает на него влияние, движение же самого i -го защитника в этот момент прекращается.

Оптимизируемые углы выпуска защитников γ_{Di} перебирались на сетке их возможных значений с измельчением данной сетки в окрестности максимумов функционала (1.4), полученных при решении на более грубой сетке.

Игра заканчивалась проигрышем коалиции цели и защитников в момент времени τ : $\mathbf{r}_A(\tau) = \mathbf{r}_T(\tau)$, $\tau < T_{\max}$, такой что в этот момент происходит поражение цели атакующим или выигрышем коалиции по полной выработке энергоресурса атакующим в момент $t = T_{\max}$, если к этому моменту цель не была достигнута атакующим.

В случае проигрыша атакующего, вычислялось расстояние между ним и целью на момент окончания игры $d(T_{\max})$, а также проводилось дальнейшее моделирование до перехвата им цели в некоторый момент T в предположении о неограниченности энергоресурса атакующего, что всегда возможно при условии $v_A > v_T$.

3. Результаты численного моделирования

Моделирование проводилось для обезразмеренных значений параметров: $v_D = 0.3$, $v_T = 0.6$, $v_A = 0.9$ – скорости игроков, $d(0) = 10$ – начальное расстояние между атакующим и целью, $T_{\max} = 30$ – запас энергоресурса атакующего, $\varepsilon = 1$ – расстояние на котором атакующий распознает защитника как ложную цель.

На рисунках 1–3 закрашенными кругами отражено положение всех игроков в момент перехода атакующего от совместного преследования к поочередному, квадратом – центр масс сигналов коалиции в этот момент времени, треугольниками – начальное положение цели, защитников и атакующего. Черной линией показана траектория движения атакующего, синей – цели, красными – защитников.

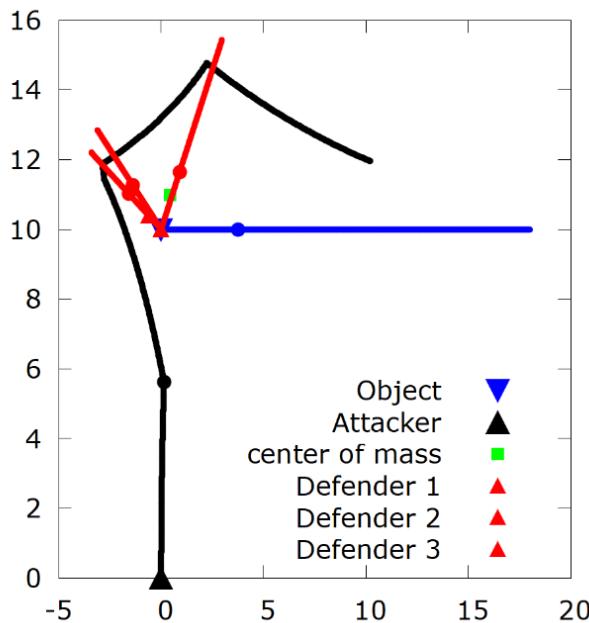


Рис. 1. Траектории движения атакующего, цели, трех защитников, соответствующие оптимальным углам выпуска защитников для курсового угла цели $\gamma_T = 0^\circ$

В случае курсового угла цели $\gamma_T = 0^\circ$ оптимальными углами выпуска трех защитников оказались 61.36° , 137.56° и 147.17° соответственно. При этом $d(T_{\max}) = 8.04$, $T = 56.49$, см. рис. 1.

В случае $\gamma_T = 30^\circ$ оптимальными углами выпуска защитников оказались -133.40° , -4.38° и 143.41° . При этом $d(T_{\max}) = 7.82$, $T = 55.78$, см. рис. 2.

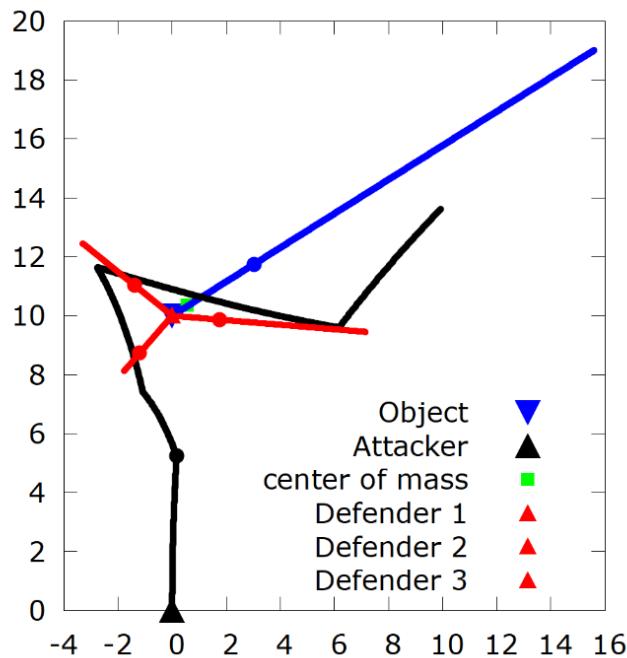


Рис. 2. Траектории движения атакующего, цели, трех защитников, соответствующие оптимальным углам выпуска защитников для курсового угла цели $\gamma_T = 30^\circ$

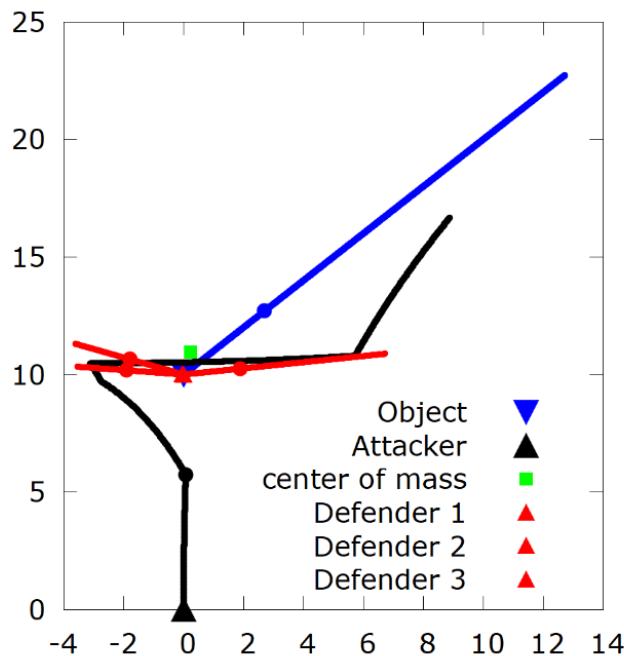


Рис. 3. Траектории движения атакующего, цели, трех защитников, соответствующие оптимальным углам выпуска защитников для курсового угла цели $\gamma_T = 45^\circ$

В случае $\gamma_T = 45^\circ$ оптимальными углами выпуска защитников оказались 7.47° , 160.12° и 174.65° . При этом $d(T_{\max}) = 7.19$, $T = 53.75$, см. рис. 3.

Отметим, что в каждом из рассмотренных случаев атакующему хватает энергоресурса для перехвата цели в случае отсутствия защитников.

В результате проведенного численного моделирования, в котором оптимизировался выпуск защитников, во всех трех рассмотренных случаях получены сценарии выпуска защитников, при которых атакующий не сумеет догнать цель до исчерпания своего энергоресурса, что означает целесообразность выпуска ложных целей для защиты от атакующего, оснащенного системой самонаведения.

4. Заключение

В работе рассмотрена ADT-игра пяти игроков: атакующего и коалиции из цели и трех защитников. Динамика задачи рассматривается в простых движениях, цель и защитники движутся прямолинейно. Атакующий оснащен системой самонаведения, его траектория определяется законом пропорциональной навигации.

Проведено численное моделирование для трех различных курсовых углов цели, найдены оптимальные углы выпуска защитников, позволяющие максимально отсрочить поимку цели атакующим. В каждом из случаев найдены решения для коалиции, при которых атакующий последовательно преследует ложные цели и в итоге ему не хватает энергоресурса для перехвата основной цели.

В качестве развития работы задача может быть рассмотрена в 3-мерной постановке с более сложной динамикой объектов, с ограничением на время выпуска защитников, может быть исследован вопрос оптимизации угла маневра защищаемого объекта и проанализирован случай нескольких атакующих.

Список источников

1. *Liu F., Dong X., Li Q., Ren Z.* Cooperative differential games guidance laws for multiple attackers against an active defense target // Chinese Journal of Aeronautics. 2021. Vol. 35(11). P. 374–389. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2021.07.033>.
2. *Galdorisi G., Truver S. C.* America (LHA-6) Class: Opportunities & Challenges // Naval Engineers Journal. 2020. Vol. 132. № 4. P. 71–83.
3. *Jomon G., Sinchu, P., Kumar K., Santhanakrishnan T.* Towed Acoustic Countermeasures for Defending Acoustic Homing Torpedoes // Defence science journal. 2019. Vol. 69, № 6. P. 607– 612. DOI: 10.14429/dsj.69.13337.
4. *Zhan K., Yu B., Wang J.* Simulations of the Anti-Torpedo Tactic of the Conventional Submarine Using Decoys and Jammers // Applied Mechanics and Materials. 2011. Vol. 65. P. 165–168. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.65.165.
5. *Jomon G., Jojish J. V., Santhanakrishnan T.* System of Systems Architecture for Generic Torpedo Defence System for Surface Ships // Advances in Military Technology. 2019. Vol. 14, № 2. P. 307–319. DOI: 10.3849/aimt.01330.
6. *Pachter M., Garcia E., Casbeer D.W.* Toward a Solution of the Active Target Defense Differential Game // Dyn Games Appl. 2019. Vol. 9. P. 165–216. DOI: 10.1007/s13235-018-0250-1. EDN: YVMEJV.
7. *García E., Casbeer D., Pachter M.* The Complete Differential Game of Active Target Defense // Journal of Optimization Theory and Applications. 2021. Vol. 191. P. 1–25. DOI: 10.1007/s10957-021-01816-z. EDN: PCQWLU.
8. *Gong X., Chen W., Chen Z.* Intelligent Game Strategies in Target-Missile-Defender Engagement Using Curriculum-Based Deep Reinforcement Learning // Aerospace. 2023. Vol. 10, № 2. Art. № 133. 21 P. DOI: 10.3390/aerospace10020133. EDN: WZLPIB.
9. *English J. T., Wilhelm J.* Defender-Aware Attacking Guidance Policy for the Target-Attacker-Defender Differential Game // Journal of Aerospace Information Systems. 2021. Vol. 18. № 6. P. 366–376. DOI: 10.2514/1.I010877. EDN: UOMOQV.
10. *Rubinovich E.Ya.* Missile-Target-Defender Problem with Incomplete a priori Information // Dynamic Games and Applications (Special Issue). 2021. Vol. 9. № 17. P. 851–857. DOI: 10.1007/s13235-019-00297-0.
11. *Alkaher D., Moshaiov A.* Game-Based Safe Aircraft Navigation in the Presence of Energy-Bleeding Coasting Missile // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2016. Vol. 39. P. 1539–1550. DOI: 10.2514/1.G001676.
12. *Garcia E., Casbeer D. W., Pachter M.* Active Target Defense Differential Game with a Fast Defender // IET Control Theory and Applications. 2017. Vol. 17, № 11. P. 2985–2993. DOI: 10.1049/iet-cta.2017.0302.
13. *Liu F., Dong X., Li Q., Ren Z.* Cooperative differential games guidance laws for multiple attackers against an active defense target // Chinese Journal of Aeronautics. 2022. Vol. 35. P. 374–389. DOI: 10.1016/j.cja.2021.07.033. EDN: VOTPXS.
14. *Liang H., Wang J., Liu J., Liu P.* Guidance strategies for interceptor against active defense spacecraft in two-on-two engagement // Aerospace Science and Technology. 2020. Vol. 96, Art. № 105529. 10 P. DOI: 10.1016/j.ast.2019.105529. EDN: IZLTJI.
15. *Zhou Z., Zhang W., Ding J., et al.* Cooperative pursuit with Voronoi partitions // Automatica. 2016. Vol. 72. P. 64-72. DOI: 10.1016/j.automatica.2016.05.007.
16. *Chen M., Zhou Z., Tomlin C.J.* Multiplayer reach-avoid games via pairwise outcomes // IEEE Transactions on Automatic Control. 2017. Vol. 62, № 3. P. 1451–1457. DOI: 10.1109/TAC.2016.2577619.

17. Галяев А.А., Самохин А.С., Самохина М.А. Моделирование отсрочки поимки цели в ADT-игре с использованием одного или двух защитников // Проблемы управления. 2024. № 2. 83–94. DOI: 10.25728/pu.2024.2.7. EDN: GZFMGO.
18. García E., Casbeer D., Pham Kh., Pachter M. Cooperative Aircraft Defense from an Attacking Missile using Proportional Navigation // AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference. Kissimmee, Florida, 2015. P. 2926–2931. DOI: 10.2514/6.2015-0337.
19. Girard A., Kabamba P. Proportional Navigation: Optimal Homing and Optimal Evasion // SIAM Review. 2015. Vol. 57 P. 611–624. DOI: 10.1137/13094730120.
20. Palumbo N., Blauwkap R., Lloyd J. Modern Homing Missile Guidance Theory and Techniques // Johns Hopkins APL Technical Digest. 2010. Vol. 29, № 1. P. 42–59.

References

1. Liu, F., Dong, X., Li, Q. and Ren, Z. (2022), "Cooperative differential games guidance laws for multiple attackers against an active defense target", *Chinese Journal of Aeronautics*, vol. 35, pp. 374–389, <https://doi.org/10.1016/j.cja.2021.07.033>.
2. Galdorisi, G. and Truver, S. C. (2020), "America (LHA-6) Class: Opportunities & Challenges", *Naval Engineers Journal*, vol. 132, no. 4, pp. 71–83.
3. Jomon, G., Sinchu, P., Kumar, K. and Santhanakrishnan, T. (2019), "Towed Acoustic Countermeasures for Defending Acoustic Homing Torpedoes", *Defence science journal*, vol. 69, no. 6, pp. 607–612, <https://doi.org/10.14429/dsj.69.13337>.
4. Zhan, K., Yu, B. and Wang, J. (2011), "Simulations of the Anti-Torpedo Tactic of the Conventional Submarine Using Decoys and Jammers", *Applied Mechanics and Materials*, vol. 65, pp. 165–168, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.65.165>.
5. Jomon, G., Jojish, J. V. and Santhanakrishnan, T. (2019), "System of Systems Architecture for Generic Torpedo Defence System for Surface Ships", *Advances in Military Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 307–319, <https://doi.org/10.3849/aimt.01330>.
6. Pachter, M., Garcia, E. and Casbeer D. W. (2019), "Toward a Solution of the Active Target Defense Differential Game", *Dyn Games Appl.*, vol. 9, pp. 165–216, <https://doi.org/10.1007/s13235-018-0250-1>.
7. García, E., Casbeer, D. and Pachter, M. (2021), "The Complete Differential Game of Active Target Defense", *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 191, pp. 1–25, <https://doi.org/10.1007/s10957-021-01816-z>.
8. Gong, X., Chen, W. and Chen, Z., (2023) "Intelligent Game Strategies in Target-Missile-Defender Engagement Using Curriculum-Based Deep Reinforcement Learning", *Aerospace*, vol. 10, no 2(133), p. 21, <https://doi.org/10.3390/aerospace10020133>.
9. English, J. T. and Wilhelm, J. (2021), "Defender-Aware Attacking Guidance Policy for the Target–Attacker–Defender Differential Game", *Journal of Aerospace Information Systems*, vol. 18, no. 6, pp. 366–376, <https://doi.org/10.2514/1.I010877>.
10. Rubinovich, E.Ya. (2021), "Missile-Target-Defender Problem with Incomplete a priori Information", *Dynamic Games and Applications (Special Issue)*, vol. 9, no 17, pp. 851–857, <https://doi.org/10.1007/s13235-019-00297-0>.
11. Alkaher, D. and Moshaiov, A. (2016), "Game-Based Safe Aircraft Navigation in the Presence of Energy-Bleeding Coasting Missile", *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, vol. 39, pp. 1539–1550, <https://doi.org/10.2514/1.G001676>.
12. García, E., Casbeer, D. W. and Pachter, M. (2017), "Active Target Defense Differential Game with a Fast Defender", *IET Control Theory and Applications*, vol. 17, no. 11, pp. 2985–2993, <https://doi.org/10.1049/iet-cta.2017.0302>.
13. Kim, W., Shin, M., Park, J. and Bae, S. (2024), "A Simulator Development of Surface Warship Torpedo Defense System considering Bubble-Generating Wake Decoy", *J. KIMS Technol.*, vol. 27, no 3, pp. 416–42, <https://doi.org/10.9766/KIMST.2024.27.3.416>.

14. Liang, H., Wang, J., Liu, J. and Liu, P. (2020), "Guidance strategies for interceptor against active defense spacecraft in two-on-two engagement", *Aerospace Science and Technology*, vol. 96, art. no 105529, 10 p., <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.105529>.
15. Zhou, Z., Zhang, W., Ding, J., et al. (2016), "Cooperative pursuit with Voronoi partitions", *Automatica*, vol. 72, pp. 64–72, <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2016.05.007>.
16. Chen, M., Zhou, Z. and Tomlin, C.J. (2017), "Multiplayer reach-avoid games via pairwise outcomes", *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 62, no. 3, pp. 1451–1457, <https://doi.org/10.1109/TAC.2016.2577619>.
17. Galyaev, A. A., Samokhin, A. S. and Samokhina, M. A. (2024), "Modeling of the Target's Interception Delay in an ADT Game with One or Two Defenders", *Control Sciences*, no 2, pp. 66–76, <http://doi.org/10.25728/cs.2024.2.7>.
18. García, E., Casbeer, D., Pham, Kh. and Pachter, M. (2015), "Cooperative Aircraft Defense from an Attacking Missile using Proportional Navigation", *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, Kissimmee, Florida, pp. 2926–2931, <https://doi.org/10.2514/6.2015-0337>.
19. Girard, A. and Kabamba, P. (2015), "Proportional Navigation: Optimal Homing and Optimal Evasion", *SIAM Review*, vol. 57, pp. 611–624, <https://doi.org/10.1137/130947301>.
20. Palumbo, N., Blauwkamp, R. and Lloyd, J. (2010), "Modern Homing Missile Guidance Theory and Techniques", *Johns Hopkins APL Technical Digest*, vol. 29, no. 1, pp. 42–59.

Информация об авторах:

А. С. Самохин – кандидат физико-математических наук, член Академии навигации и управления движением, старший научный сотрудник 38 лаборатории "Управление по неполным данным" Института проблем управления имени В. А. Трапезникова Российской академии наук (117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, 65), WoS Researcher ID: N-1400-2019, Scopus Author ID: 56150017500, РИНЦ Author ID: 1029494, ORCID: 0000-0002-0821-050X, Istina Researcher ID: 3497959.

Information about the authors:

A. S. Samokhin – candidate of physical and mathematical sciences, member of Academy of Navigation and Motion Control, senior researcher, 38 laboratory "Control based on incomplete data", V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences (65 Profsoyuznaya street, Moscow, 117997, Russia), WoS Researcher ID: N-1400-2019, Scopus Author ID: 56150017500, RSCI Author ID: 1029494, ORCID: 0000-0002-0821-050X, Istina Researcher ID: 3497959.