

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Силаенков А.Н. Компьютерные системы поддержки принятия решений : конспект лекций для дистанционной формы обучения. / А.Н. Силаенков ; ОмГТУ. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2007. - 79 с.;
2. Little I.D.C. Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus //Management Science/ - 1970-16, № 8 - p. B466- B485
3. Gorry G.A., Scott Morton M.S. A Framework for Management Information Systems.// Sloan Management Review. – 1971.-13, № 1. - p. 55-70
4. Ginzberg M.J., Stohr E.A. Decision Support Systems: Issues and Perspectives // Processes and Tools for Decision Support. / Ed. by H.G. Sol. – Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1983/ - p. 9-31
5. S. L. Alter, Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge//Addison-Wesley, Reading, 1980
6. Daniel J. Decision support systems: concepts and resources for managers / Daniel J. Power. – Westport, Conn., Quorum Books, 2002. 261 с
7. Левенков О.А. VI и DSS - две стороны одной медали. // Открытые СУБД. №9, 2009 С. 22-26.

УДК 004.94

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ВЗАИМНОГО ПРЕСЛЕДОВАНИЯ**Никитченко Сергей Николаевич, Бассауэр Алексей Анатольевич**

Военный учебно-научный центр Военно-Морского флота «Военно-Морская академия им. Н.Г. Кузнецова»

Ушаковская, наб., 17, Санкт-Петербург, 197045, Россия

e-mails: serg_nikitchenko@mail.ru, nemetzz@mail.ru

Аннотация. В статье описывается модель варианта задачи преследования, в которой два игрока стремятся поразить друг друга снарядами. Один из них обладает превосходством над другим в дальности обнаружения и как следствие упреждающим ударом. Во избежание поражения ответным ударом траектория снаряда имеет угол на дистанции. Второй игрок обладает снарядами способными наводиться по следу, оставляемому противником и его снарядом при движении в окружающей среде. Модель, разработанная в среде AnyLogic, формирует кинематический образ задачи-преследования и позволяет осуществлять наблюдение возможных эффектов.

Ключевые слова: имитационная модель; взаимное преследование; кривая погони; параллельное сближение; AnyLogic.

THE SIMULATION MODEL OF PURSUING PROBLEM**Nikitchenko Sergey, Bassauer Aleksey**

Military training and research center of the Navy «Naval Academy named after N. G. Kuznetsov»

17 Ushakovskaya Emb., St. Petersburg, 197045, Russia

e-mails: serg_nikitchenko@mail.ru, nemetzz@mail.ru

Abstract. In article the model of a variant of a pursuing problem in which two players to aspire to amaze each other with shells is described. One of them possesses the superiority over another in range of detection and as consequence a pre-emptive strike. In order to avoid retaliation the trajectory has a corner on a distance. The second player possesses shells capable to be directed on a trace left the opponent and its shell at movement in environment. The model developed in the environment of AnyLogic and forms a kinematic image of pursuing problem and allows to supervise of possible effects.

Keywords: simulation model; pursuing problem; pursuit curve; parallel distance decreasing; AnyLogic.

Зачастую задачи преследования сводятся к аналитическому решению, которое заключается в определении области допустимых значений управляющего параметра, удовлетворяющей решению. Как правило, такие задачи представляют собой простое преследование с использованием стратегии параллельного сближения при условии, что убегающий не реагирует на преследователя. Но иногда аналитическое решение задачи преследования невозможно ввиду усложнения модели и учета большого количества случайных факторов. В условиях, когда убегающий использует программные стратегии, а догоняющий принимает свое решение на основе информации (возможно не полной или не точной) об убегающем – задача аналитического решения не имеет.

Еще большую сложность представляют задачи взаимного преследования. Особенность подобных задач заключается в неполноте информации о взаимном расположении игроков и факторов, воздействующих на них. В таких задачах рассматривается конфликтная ситуация, в которой участвуют две (или более) стороны, имеющие различные интересы и обладающие возможностями применять для достижения своих целей различные действия.

Рассматриваемая задача взаимного преследования заключается в следующем: два игрока движутся в некотором непрерывном двумерном пространстве с задачей взаимного обнаружения и уничтожения самонаводящимися снарядами. Один из игроков («синий») имеет преимущество в дальности обнаружения другого («красного»), следовательно, может выпустить снаряд раньше. С обнаружением «красного» «синий» игрок применяет снаряд. При этом, наблюдая «красного», он имеет возможность управлять своим снарядом, постоянно корректируя его траекторию. Таким образом, снаряд «синего» имеет возможность двигаться по кривой погони. Причем снаряд выпускается с определенным маневром, чтобы «красный» игрок, обнаружив снаряд «синего», не имел достоверной информации о реальном положении соперника.

«Красный» обнаруживает выпущенный в него снаряд при его сближении до некоторой дистанции, не имея при этом пригодной гипотезы о вероятном нахождении своего противника. В такой ситуации «красный» игрок не может ответить противнику поражающим ударом. Однако в модели используется гипотетическое свойство, согласно которому игроки и их снаряды, двигаясь в пространстве, на некоторое время оставляют след, вызванный возмущением окружающей среды. Таким образом, снаряд «красного» игрока имеет возможность обнаружения границы такого следа. Гипотетически, маневрируя сначала вдоль границы следа снаряда, а затем и следа «синего» игрока, снаряд «красного» игрока способен «найти» «синего» игрока и начать его преследование. По реалистичным условиям задачи, запасы хода снарядов ограничены некоторыми значениями. Задача преследования для «красного» игрока считается успешной, если его снаряд попадает в «синего» игрока до того, как будет исчерпан запас хода снаряда. Так как сторона движения «синего» не известна, «красный» игрок запускает два снаряда одновременно и направляет их по разным сторонам следа противника.

Исходные данные перед запуском модели вводятся на странице настройки эксперимента. Интерфейс представлен на рисунке 1.

Модель задачи взаимного преследования с наведением по следу

Исходные данные:

"Красный" игрок

Начальная скорость	6	М/с
Скорость при уклонении от снаряда	15	М/с
Радиус циркуляции	200.0	М
Дистанция обнаружения "синего" игрока	8000.0	М
Дистанция обнаружения снаряда "синего" игрока	3000.0	М
Время реакции при обнаружении снаряда	3	сек

"Синий" игрок

Направление появления	0	град
<input type="checkbox"/> случайное		
Начальная скорость	10	М/с
Дистанция обнаружения "красного" игрока	15000.0	М
Дистанция обнаружения снаряда "красного" игрока	3000.0	М
Скорость при уклонении от снаряда	15	М/с
Время реакции при обнаружении снаряда	5	сек
Радиус циркуляции	200.0	М
Время опр. стор. движения "красного" игрока	30	сек
Время опр. направл и скор. "красного" игрока	30	сек
Параметры распространения следа "синего" игрока:		
начальное значение	200.0	М
приращение в единицу времени	0.35	М/с

Снаряд "красного" игрока

Скорость	30	М/с
Энергетическая дальность хода	40000.0	М
Радиус циркуляции	50.0	М
Дистанция перехода на кривую погони	500.0	М

Снаряд "синего" игрока

Скорость	30	М/с
Время движения на курсе "Отведения"	100.0	сек
Энергетическая дальность хода	40000.0	М
Радиус циркуляции	50.0	М
Дистанция перехода на кривую погони	2000.0	М
Параметры кильватерного следа снаряда:		
начальное значение	40.0	М
приращение в единицу времени	0.35	М/с

Масштаб отображения: 1.0

Запустить

Прогон: 0 Готов | Время: - | Прогон: Время остановки не задано | Дата: - | Память: 25600000

Рис. 1. Интерфейс для ввода исходных данных

В начале розыгрыша «красный» игрок всегда находится в центре поля (рис.2). «Синий» игрок находится на удалении от «красного» игрока несколько больше, чем дальность его обнаружения (синяя окружность). Сторона движения «синего» игрока либо является случайной величиной, распределенной по равномерному закону, либо задается вручную.

Красная окружность на рисунке 2 – дальность обнаружения «синего» игрока «красным», оранжевая окружность – дальность обнаружения снаряда «синего» игрока «красным».

С началом розыгрыша «синий» игрок движется в направлении «красного», обнаруживает его и выпускает снаряд. Снаряд движется по траектории, исключающей выявление «красным» игроком направления на «синего» игрока (рис. 2а). В это время «синий» игрок маневрирует таким образом, чтобы избежать обнаружения себя «красным» игроком – сохраняет позицию в пределах между красной и синей окружностями. С обнаружением снаряда «синего», «красный» выпускает навстречу ему два своих снаряда, чтобы они гарантированно обнаружили его след с разных сторон (рис. 2б).

Снаряды «красного» игрока, обнаружив след снаряда противника, следуют вдоль его кромки каждый со своей стороны (рис.2в).

В ходе розыгрыша один из снарядов «красного» непременно промахнется в силу решающего правила перехода со следа снаряда на след выпустившего его игрока. В то же время второй снаряд «красного» игрока, совершив правильный переход с кромки следа вражеского снаряда на кромку следа «синего» игрока, если позволит запас хода, догонит соперника. При этом задача считается успешно решенной для «красного» игрока.

Таким образом, «красным» игроком решается задача поиска и преследования противника – «синего» игрока в условиях изначального проигрыша в дальности обнаружения, отсутствия информации о месте положения противника и характере (параметрах) его движения.

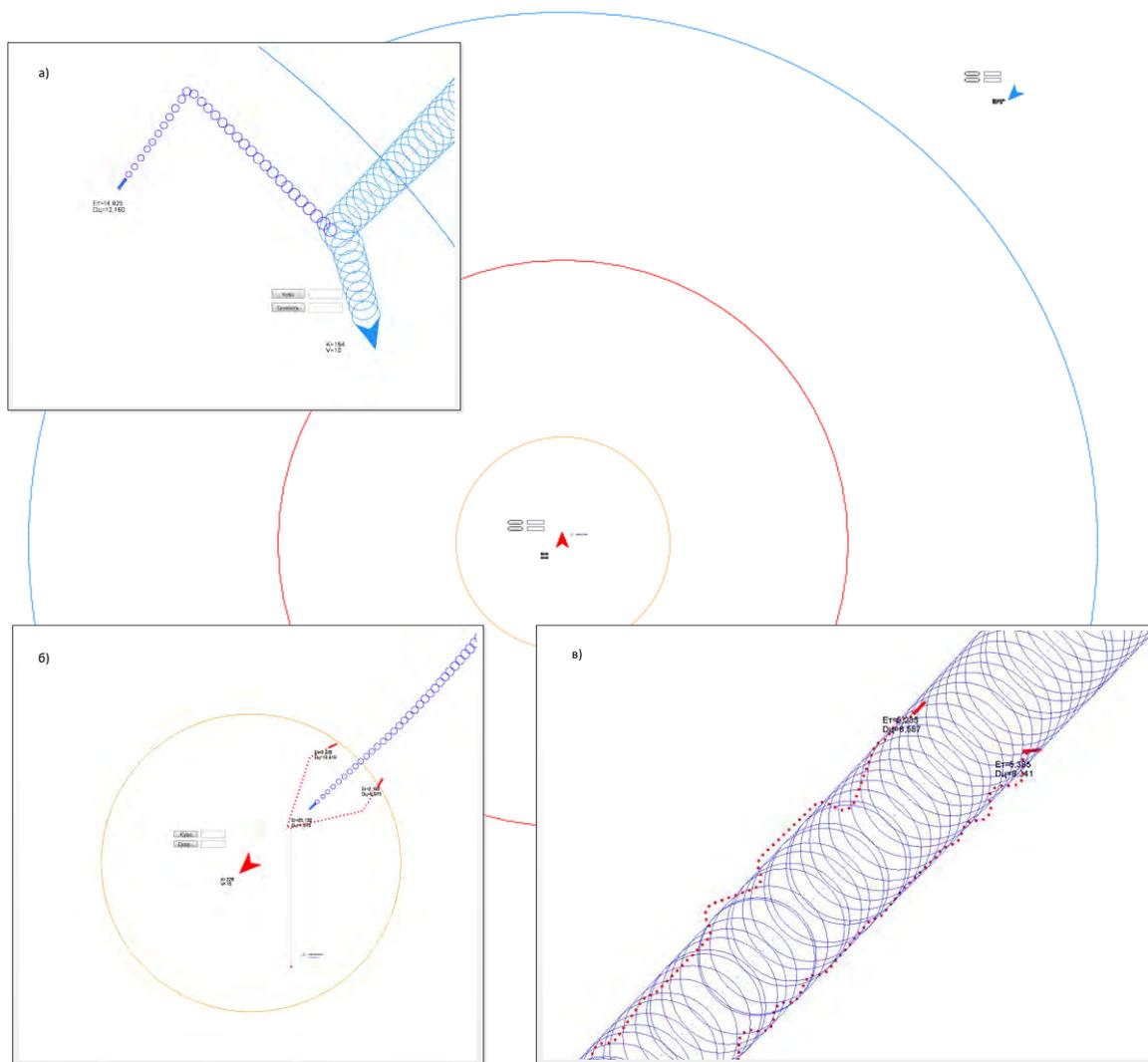


Рис. 2. Начальное положение и первичное маневрирование

Предлагаемая к рассмотрению задача взаимного преследования относится к задачам с двойными (геометрическим и интегральным) ограничениями на управление. С помощью геометрических ограничений учтены конструктивные особенности управляемых объектов (игроков и их снарядов): это скорости, радиусы поворотов, дальности обнаружения и др.

Интегральные ограничения определяют условия об ограниченности запаса хода снаряда, частоты измерения параметров движения и характеристик среды.

При разработке модели реализован объектно-ориентированный подход языка Java. Игроки и их снаряды являются агентами, являющимися дочерними классами одного базового класса. Базовый класс обладает общими для всех дочерних классов свойствами: параметрами, переменными, диаграммами и другими элементами управления. Эти свойства отвечают за общий для всех агентов модели аспект – движение.

При движении игроки и их снаряды представляются материальными точками, которые в зависимости от управляющего воздействия могут двигаться прямолинейно или циркулировать, равномерно или с ускорением (замедлением). Их траектория строится из простейших участков, в границах которых реализован определенный тип движения.

На рисунке 4 приведен модуль, реализующий вычисление координат движущихся объектов в каждой точке траектории.

Модуль представляет собой систему дифференциальных уравнений, построенных с использованием библиотеки системной динамики AnyLogic. Смена типа движения осуществляется двумя диаграммами действий, которые также содержатся в базовом классе: `headingState` (управление курсом) и `speedingState` (управление скоростью).

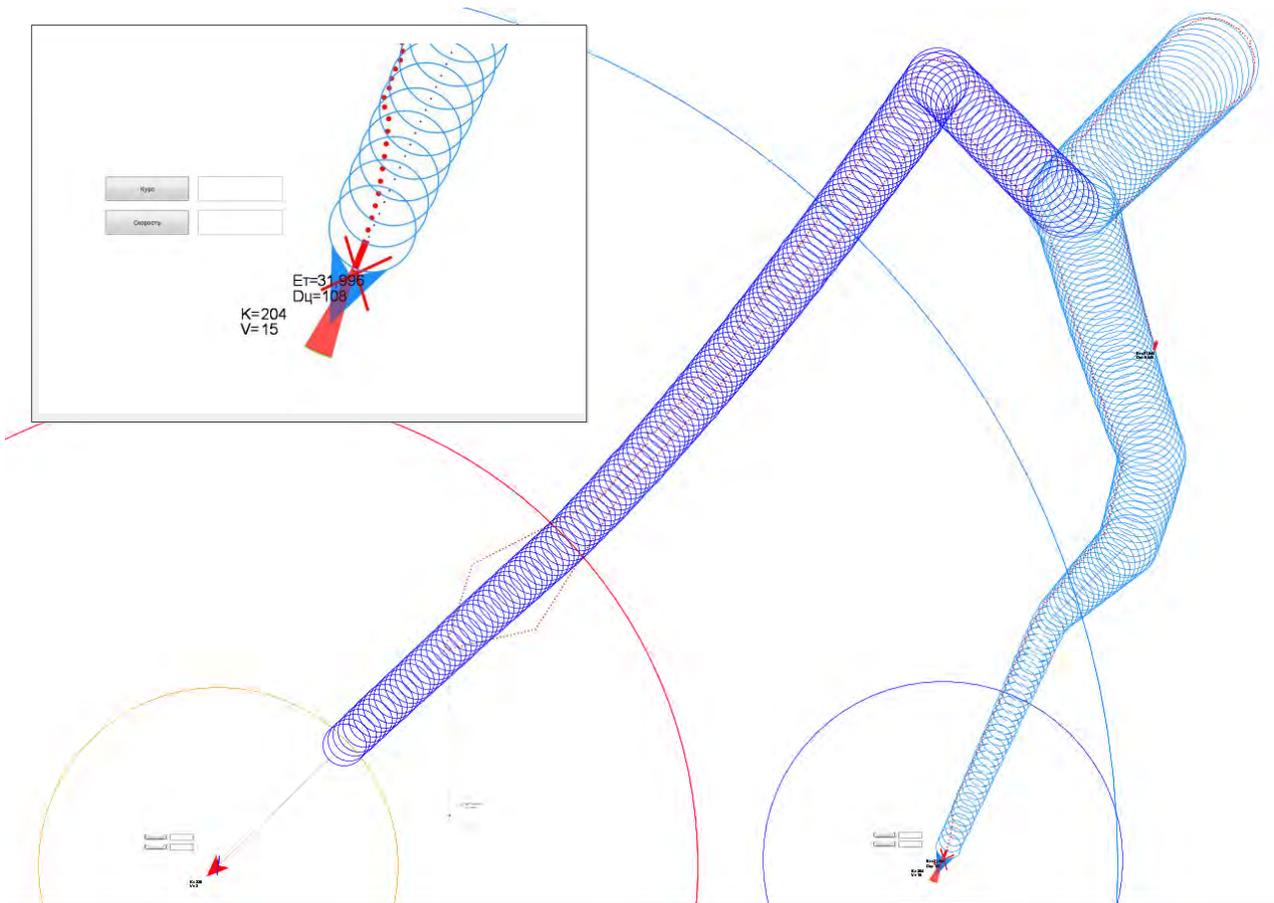


Рис. 3. Поражение «синего» игрока

Изначально в отсутствие управляющего воздействия диаграммы находятся в исходных состояниях, что соответствует либо прямолинейному (straight) равномерному (constant) движению, либо нахождению в покое. Как только поступает команда на установление новой скорости или направления движения, происходит выход из начального состояния и смена типа движения.

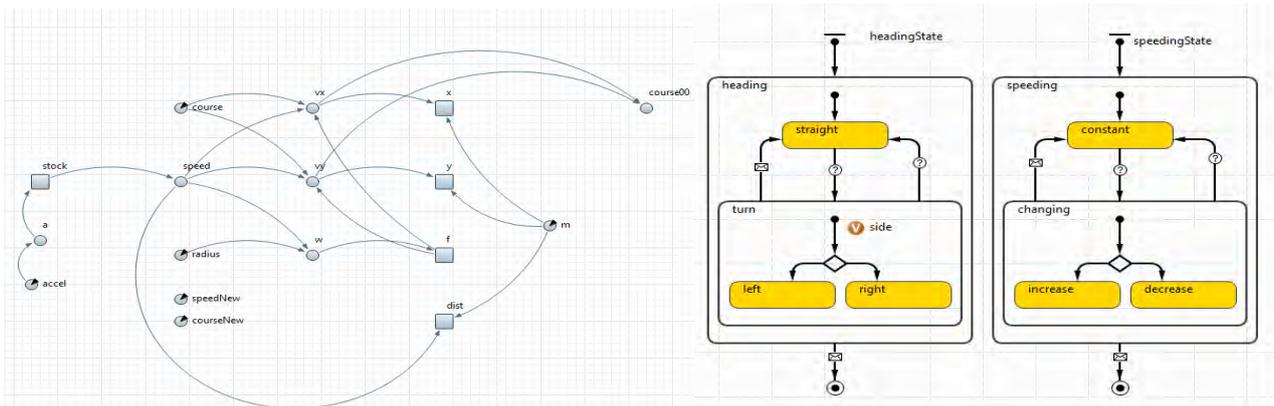


Рис. 4. Система дифференциальных уравнений движения и диаграммы управления направлением и скоростью движения игроков и их снарядов

Управляющим модулем каждого агента являются диаграммы mainOperatingState (рис.5). Эти диаграммы уникальны для каждого агента, не наследуются от базового класса, и, по сути, являются поведенческой моделью игроков и их снарядов, определяющей логику их взаимодействия.

Необходимо отметить, что след, который создают игроки и их снаряды так же является агентом, обладающим своей поведенческой моделью.

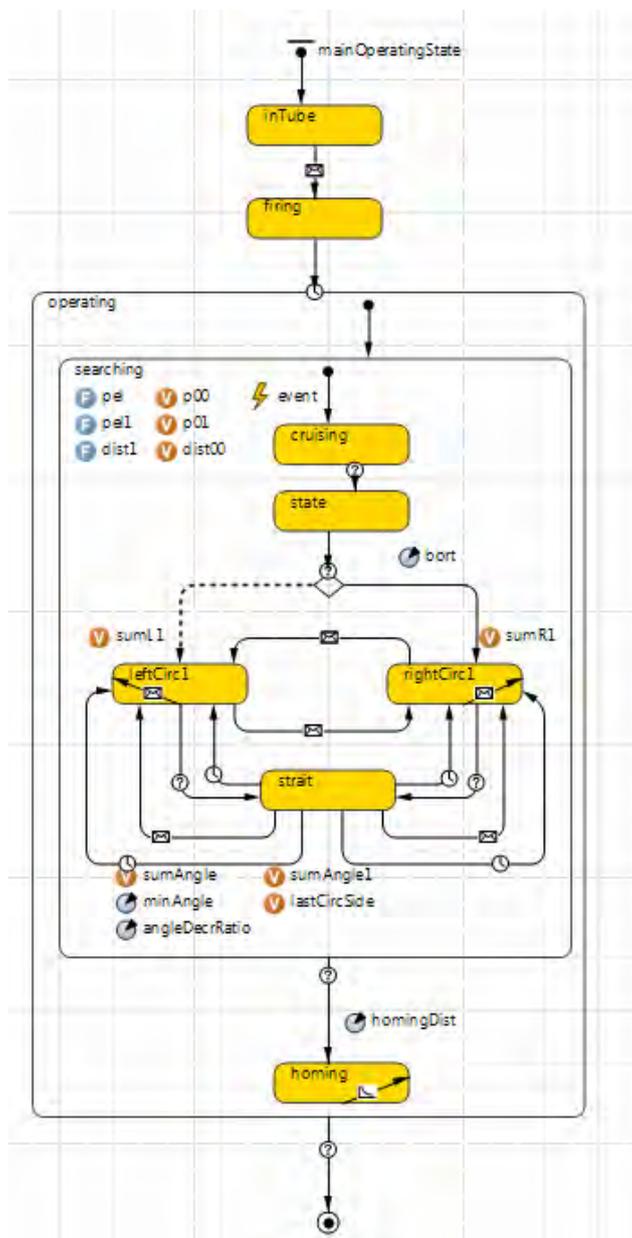


Рис. 5. Поведенческая модель снаряда «красного» игрока

Представленная имитационная модель позволяет оценить требуемые значения запаса хода снарядов «красного» игрока в зависимости от большого количества факторов, прежде всего маневренных качеств игроков и их возможности по обнаружению друг друга. В качестве второстепенного результата могут быть получены вероятность и время решения задачи.

Так же с помощью данной модели может быть обоснована и оптимизирована логика работы управляющего контура объектов, выступающих в качестве игроков и снарядов в данной задаче.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боев В. Д., Кирик Д. И., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования. — СПб.: ВАС, 2011. — 348 с.
2. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учебное пособие.- М.: Издательский дом Дело, 2015. – 513 с.