

Б. М. НОВИКОВ, Д. М. КИВАРИН, М. Г. ПАНТЕЛЕЕВ  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

## РАСПОЗНАВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ АГЕНТОВ В ВИРТУАЛЬНОМ ФУТБОЛЕ

*Доклад посвящен методу распознавания действий, исполняемых агентами в среде виртуального футбола. Представленный в статье алгоритм позволяет определить тип действия агента (пас, ведение, удар по воротам), и уточнить его характеристики (адресата удара, координату назначения и время его выполнения). Представленные в работе результаты могут найти применение в составе архитектуры агента-футболиста как важный этап анализа состояния среды перед принятием решения о дальнейших действиях.*

**Введение.** Соревнования по виртуальному футболу между командами интеллектуальных агентов, проводимые в рамках международного чемпионата RoboCup [1], помогают исследователям в разработке и тестировании различных решений в одной из наиболее востребованных в настоящее время областей искусственного интеллекта – области многоагентных систем.

Учитывая командную специфику рассматриваемой среды виртуального футбола, организация грамотного взаимодействия игроков на поле является одной из важнейших задач, и решить ее необходимо для достижения основной цели агентов, заключающейся в победе их команды в футбольном матче. Для того, чтобы организовать эффективное взаимодействие агентов между собой необходимо учитывать дополнительные ограничения, накладываемые средой. Так, действие матча происходит в реальном времени, что ограничивает время, доступное агенту на анализ состояния окружающей среды и время на принятие решений относительно его дальнейших действий. Стоит также принять во внимание то, что агенты действуют в противостоящих друг другу командах, а их восприятие среды ограничено и подвержено дополнительному случайному искажению со стороны сервера.

Рассматриваемые методы и алгоритмы определения действий в ходе футбольного матча являются частью подхода к построению архитектуры интеллектуального агента на основе опережающего итеративного планирования в реальном времени [2]. В рамках данного подхода определение действий используется агентами при планировании дальнейшего поведения, а именно для прогнозирования возможных состояний среды на момент окончания выполнения их текущего действия. Обладая данными о намерениях союзников и оппонентов на текущий момент времени, агент может осуществить анализ сложившейся ситуации на поле игры, оценить свои возможные дальнейшие действия, и как результат наиболее эффективным образом скоординировать свою дальнейшую деятельность в соответствии с текущей командной тактикой, а также своевременно выработать и предпринять меры для предотвращения нежелательных действий со стороны команды оппонентов.

Исследования в направлении решения задачи взаимодействия агентов в среде виртуального футбола ведутся уже на протяжении долгого времени. Так, в работе [3] был предложен подход, подразумевающий наделение одного агента ролью «тренера», который бы и занимался оценкой состояния среды и дальнейшей организацией общего командного взаимодействия игроков. В работах [4], [5] и [6] упор делается на получении преимущества за счет предсказания дальнейших действий оппонентов. В данных работах представлены различные методы по определению моделей поведения игроков команды соперника, на основании которых команда должна была выстраивать свою тактику. Однако все представленные подходы нацелены на получения глобальной стратегической картины на поле игры, когда как предложенные алгоритмы определения действий помогают агенту оценить и спрогнозировать дальнейший ход игры со своей индивидуальной позиции.

**Описание разработки алгоритма.** Разрабатываемый алгоритм нацелен на распознавание действий с мячом других агентов. Решение данной задачи является критически важным для дальнейшего планирования действий, так как положение мяча, во многом, влияет на состояние игры и предпринимаемую к такому состоянию игры тактику целой команды.

Были выделены следующие действия с мячом, как наиболее важные: пас, удар по воротам, ведение, вывод мяча за пределы поля. Для распознавания этих действий необходимо выделить признаки этих действий, которые позволят однозначно их определить. К примеру, назначение

паса заключается в передаче мяча другому игроку из той же команды, поэтому важным признаком данного действия является адресат удара. Однозначно определив адресата удара как товарища по команде, можно говорить, что совершено действие «пас». Описание действий и выделенные признаки приведены в таблице.

Таблица

Признаки действий

Действие	Назначение	Признак
Пас	Передача мяча товарищу по команде	<b>Адресатом</b> удара является игрок из той же команды
Ведение	Сохранение мяча под контролем при движении	<b>Адресатом</b> удара является игрок, сделавший удар
Удар по воротам	Взятие игрового очка	<b>Позиция мяча</b> находится за линией ворот
Вывод мяча за пределы поля	Намеренный вывод мяча за пределы поля	<b>Позиция мяча</b> находится за пределами игрового поля, но не за линией ворот

Таким образом, важнейшими признаками являются: адресат удара и позиция мяча.

Если второй признак является легко наблюдаемым и требует только прогнозирования движения мяча, а также проверку его расположения на предмет выхода за пределы поля, то первый признак подразумевает прогнозирование движения игроков, что является менее тривиальной задачей.

Прогнозирование движения мяча производится на основе известных параметров направления и скорости движения мяча. Так как движение мяча в рассматриваемой среде является дискретным, для прогнозирования его положения подходит следующая формула:

$$P_{t+1} = P_t + V_t \times ball_{decay} \quad (1)$$

где  $P_t$  – положение игрока в момент времени  $t$ ;  $t$  – момент времени;  $V_t$  – скорость в момент времени  $t$ ;  $ball_{decay}$  – коэффициент замедления движения мяча [7].

Для прогнозирования движения игрока требуется домыслить за него ряд действий с целью достижения мяча, причем это должно быть сделано, допуская наилучший относительно него вариант поведения. К примеру, оппонент должен прикладывать максимальные усилия для достижения мяча и выбирать оптимальный путь к нему. Данный процесс должен быть выполнен с учетом положения, скорости и направления рассматриваемого игрока в текущий момент времени.

По причине того, что такого типа проверка является избыточной и затратной по времени, если ее применять ко всем игрокам на поле, необходимо ограничить множество возможных адресатов более слабым, но менее затратным по ресурсам признаком. Положим, что направление тела игрока совпадает с направлением движения к мячу, а также его скорость является максимальной, как будто игрок уже движется с максимальным усилием к рассматриваемой точке получения мяча. Тогда, условием проверки будет сравнение расстояния от игрока до этой точки с расстоянием, которое мог бы пройти игрок за время движения мяча к текущему моменту прогнозирования его движения (2).

$$L = V_{max} \times t \quad (2)$$

где  $L$  – расстояние, которое игрок пройдет на максимальной скорости  $V_{max}$  за время  $t$ ;  $V_{max}$  – максимальная скорость движения игрока;  $t$  – время движения

На втором этапе проверки должны быть рассмотрены те игроки, которые прошли первый. Их время достижения рассматриваемой точки должно быть вычислено согласно оптимальной модели поведения. Алгоритм поведения представлен на рисунке.

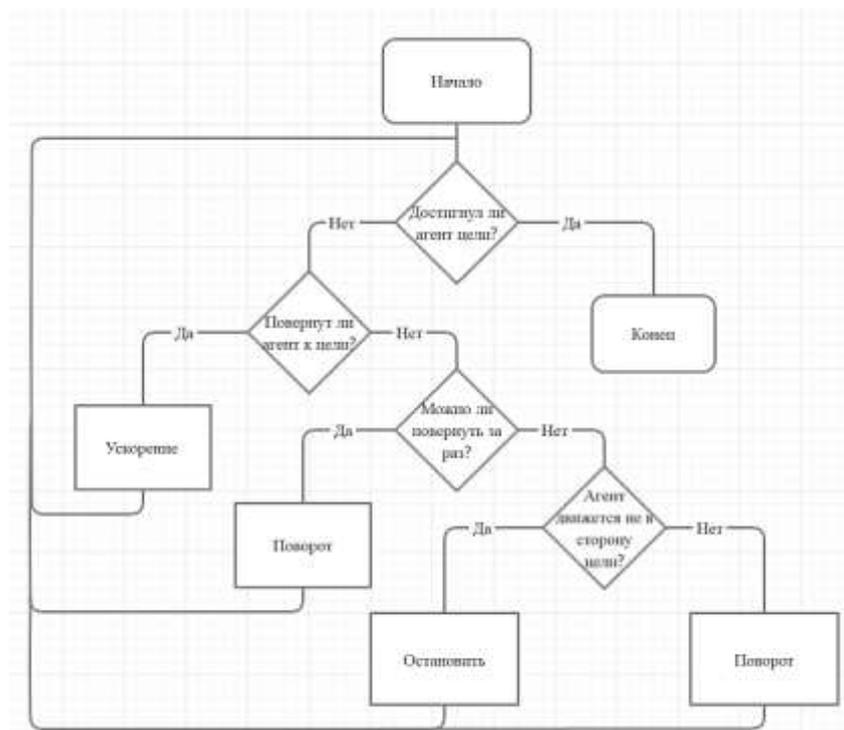


Рисунок. Блок-схема алгоритма поведения агента в процессе достижения точки

В процессе прогнозирования движения игрок будет совершать повороты и ускорение движения. Для их расчета потребуются следующие формулы: формула изменения положения игрока при прямолинейном максимально-ускоренном движении (3), формула нахождения угла поворота с учетом текущих направления и скорости игрока (4) [8].

$$P_t = P_0 + V_0 + \sum_{n=1}^t (V_0 * d^n + a_{max} \times \sum_{m=0}^{n-1} d^m) \quad (3)$$

где  $P_t$  – положение игрока в момент времени  $t$ ;  $t > 0$  – момент времени;  $V_0$  – начальная скорость движения игрока;  $d$  - коэффициент замедления движения игрока [7];  $a_{max}$  – максимальное ускорение движения игрока.

$$\varphi_{act} = \varphi_{turn} / (1 + i \times v) \quad (4)$$

где  $\varphi_{act}$  – угол поворота;  $\varphi_{turn}$  – угол, на который агент пытается сделать поворот;  $i$  – момент инерции [9];  $v$  – текущая скорость агента.

Каждое исполнение команды затрачивает один такт игрового времени. Если общее затраченное время не превышает времени, за которое мяч оказался в этой точке, то игрок будет считаться потенциальным адресатом, а адресат, в свою очередь, тот игрок, которому понадобится меньше времени, чем другим потенциальным адресатам, для достижения мяча.

**Заключение.** В ходе исследования был представлен алгоритм распознавания действий агентов в виртуальном футболе. В качестве действий были выбраны: пас, ведение, удар по воротам и вывод мяча за пределы поля. В основе алгоритма лежит прогнозирование движения мяча и игроков. Для прогнозирования движения игроков был предложен возможный алгоритм их действий для получения контроля над мячом. Данный алгоритм может найти применение на практике в качестве одного из этапов анализа агентом среды с целью последующего планирования действий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. RoboCup. The Robot World Cup Initiative. Robocup officiale site. Available at: <http://www.robotcup.org>
2. Пантелеев М.Г. Формальная модель опережающего интерактивного планирования действий интеллектуальных агентов реального времени // Труды 14-ой Нац. Конф. по ИИ с международным участием КИИ-2014. Т 1. Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. С. 323–333.
3. Coaching a Soccer Simulation Team in RoboCup Environment. J. Habibi, E. Chiniforooshan [et al]. Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents. 2001. P. 155–156, doi: 10.1007/3-540-36087-5\_14.

4. Classifying Efficiently the Behavior of a Soccer Team. J. Iglesias, A. Ledezma [et al]. Intelligent Autonomous Systems 10. IAS-10, Chapter: Classifying Efficiently the Behavior of a Soccer Team – 2008. P. 316–323, doi: 10.3233/978-1-58603-887-8-316.
5. Steffens T. Feature-Based Declarative Opponent-Modelling. RoboCup 2003: Robot Soccer World Cup VII – 2003. P. 125–136, doi: 10.1007/978-3-540-25940-4\_11.
6. Predicting Opponent Actions by Observation. A. Ledezma, R. Aler [et al]. RoboCup 2004: Robot Soccer World Cup VIII–2004. P. 286–296, doi: 10.1007/978-3-540-32256-6\_23.
7. Chen M, Dorer K. RoboCup Soccer Server. 2003. 150 p.
8. de Boer R., Kok J. The Incremental Development of a Synthetic Multi-Agent System: The UvA Trilearn 2001 Robotic Soccer Simulation Team. University of Amsterdam. 2002. P. 217.

B.M. Novikov, D.M. Kivarin, M.G. Panteleev (ETU “LETI”, Saint-Petersburg)

### **Agent Action Recognition in Virtual Football**

The report is dedicated to the method of recognizing actions performed by agents in the virtual football environment. The algorithm presented in the article allows agent to determine the type of agent action (pass, dribble, goal kick), and specify its characteristics (the target of the strike, the destination coordinate and the time of its execution). The results presented in this paper can be applied as part of the architecture of the agent-player as an important stage of analyzing the state of the environment before making a decision on further actions.