

УДК 004.832.28

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-106-110

## Принятие решений в реальном времени на основе отслеживания процессов

Н. И. Хисамов, магистрант, ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

М. А. Аль Аккад, кандидат технических наук, доцент, ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*В данной статье рассматривается новая методология представления данных, основанная на системе правил принятия решений в системах искусственного интеллекта. Приведено описание метода, который основан на отслеживании процессов. Наборы условий и действий могут быть изменены без изменения работы алгоритма принятия решений. Это позволяет создать модель искусственного интеллекта, которая может построить оптимальную модель поведения для различных реализаций и функциональных возможностей. Действия строятся на основе определенных правил, в дополнение к деревьям решений, которые позволяют адаптироваться к текущей ситуации. Сначала бот проводит поиск процесса, основываясь на приоритете и условиях начала процесса. После он выполняет действие с наивысшим приоритетом, пытаясь успешно его завершить. Данные в виде условий, полученные после выполнения действия, передаются процессу. Вместе с информацией о том, насколько успешно было выполнено действие, они заносятся в таблицу. На основе данных из таблицы строится дерево решений с учетом новых данных. Если бот выполнил все цели процесса, тот завершается успешно, что отражается в приоритете процесса. В противном случае в зависимости от результатов дерева решений бот может продолжить выполнять процесс или начнет искать новый. Для повышения эффективности принятия решений используются алгоритмы обучения с подкреплением и построение дерева решений. Обсуждаются результаты применения этого метода, а также делается вывод об эффективности метода и о том, какие усовершенствования будут внесены в будущую работу. Эта работа предлагает универсальный инструмент для развития искусственного интеллекта в области компьютерных игр.*

**Ключевые слова:** обучение с подкреплением, деревья решений, система правил, алгоритм ID3, экспертные системы.

### Введение

Искусственный интеллект является перспективной и быстроразвивающейся областью информационных технологий [1]. На текущий момент большинство исследований направлено на изучение и развитие нейросетей. Несмотря на множество преимуществ нейронных сетей, у них есть определенные недостатки. Среди этих недостатков можно выделить невозможность определить последовательность действий, которая привела к текущему результату, и необходимость в огромных наборах данных для эффективного обучения нейронных сетей [2]. В качестве альтернативного подхода в системах искусственного интеллекта можно рассматривать экспертные системы [3].

Их отличие заключается в том, что они не пытаются найти общие паттерны в данных, а имитируют поведение эксперта человека на основе множеств фактов и правил, которые в совокупности образуют базу знаний. Основное преимущество экспертных систем заключается в возможности отследить процесс решения, который привел к желаемому результату. При этом данный метод можно улучшить, сделав его самообучаемым. Этого можно добиться, применив обучение с подкреплением к правилам и построением деревьев решений на основе фактов [4].

Ранее в предыдущей работе были рассмотрены возможность использования графов для создания систем искусственного интеллекта и метод, позволяющий оптимизировать его построение [5].

Однако данный метод оказался недостаточно эффективным, что привело к идее построения системы искусственного интеллекта с помощью деревьев решений [6].

### Предлагаемый метод

Данный метод использует структуру, состоящую из следующих компонентов: условия, действие, агент ИИ (искусственного интеллекта) и процесс [7].

Условия используются в качестве фактов и представлены в виде строк, организованных в иерархическую структуру. Такой принцип представления позволяет эффективно упорядочивать информацию для дальнейшего обучения.

Условия используются для представления информации о текущем состоянии системы, являющейся средой для обучения модели, которая описывается множеством условий, активных в текущий момент.

Действие представляет собой правило, каждое действие имеет условие, необходимое для его выполнения, кроме того, действие генерирует условия после своего завершения.

Структура действия представлена в табл. 1. Агент ИИ представляет собой бота в системе. Боту доступно множество действий, исполняя которые он в форме условий собирает информацию о системе и передает ее процессу. Основной задачей бота является достижение цели процесса, который он сейчас исполняет, используя действия.

Таблица 1. Структура действия

Table 1. Action structure

Название элемента действия	Описание элемента действия
Название действия	Уникальное обозначение каждого действия
Условия, необходимые для исполнения действия	Набор условий, которые должны быть активны в текущем состоянии системы, чтобы действие могло быть исполнено
Генерируемые условия	Набор условий, которые становятся активными после того, как действие было выполнено. В зависимости от условий, уже активных в системе, набор может изменяться
Описание действия	Текст, описывающий, что происходит в системе, когда выполняется действие

Кроме того, бот имеет константный приоритет для каждого действия и будет выполнять действие с наивысшим приоритетом.

Процесс является основным компонентом данного метода, его структура представлена на рис. 1.

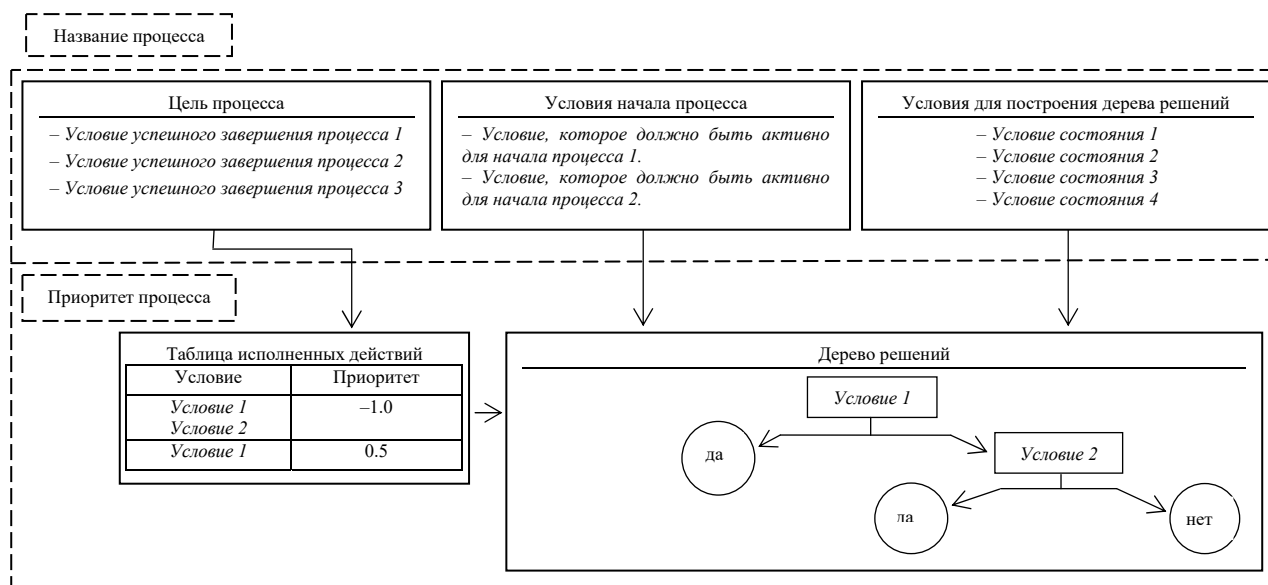


Рис. 1. Структура процесса

Fig. 1. Process structure

Название процесса уникально для каждого процесса. Цель процесса представляет собой набор условий, которые должны быть активны, чтобы процесс успешно завершился. Условия начала процесса – это набор условий, которые должны быть активны, чтобы бот мог начать выполнять процесс. Кроме того, если эти условия перестают быть действительными во время работы процесса, он сразу же завершается.

Множество условий для построения дерева решений состоит как из условий уникальных для каждого процесса, так и из условий, которые бот передает после исполнения действия. В дальнейшем они используются для построения дерева решений [8]. Поскольку условие имеет иерархическую структуру, его корневой элемент определяет множество признаков, при этом признаки определяют потомки этого элемента.

Например, если имеется условие *погода солнечная*, то погода будет использована как узел дерева, определяющий множество признаков, а солнечная – это признак, который будет отображен в ребре дерева. При-

оритет процесса – это числовое значение, с помощью которого бот решает, какой процесс должен быть исполнен при наличии нескольких вариантов. Он представляет отношение количества успешных завершений процесса к общему числу попыток:

$$P = \frac{N_s}{N_t}, \quad (1)$$

где  $N_s$  – количество успешных завершений процесса ботом;  $N_t$  – общее число попыток

Таблица исполненных действий содержит запись о том, какие условия были активны, когда бот совершил действие, и насколько успешно было исполнено данное действие. С помощью этой таблицы и алгоритма ID3 [9] строится дерево решений. Дерево решений процесса строится на основе условий и используется для ответа на вопрос, насколько целесообразно продолжать выполнять процесс в текущий момент. Если дерево отвечает на вопрос «да», то бот будет продолжать процесс до тех пор, пока он не будет успешно завершён. Если дерево отвечает на вопрос отрицательно, то бот заканчивает выполнять

текущий процесс и начинает поиск более подходящего процесса. Каждый процесс имеет свое дерево решений, которое решает, насколько подходят текущие условия для успешного завершения процесса [10]. После того как действие было применено, собираются соответствующие условия, в дальнейшем они добавляются в таблицу, и через определенные интервалы дерево решений перестраивается. В данном методе бот может владеть множеством процессов, при этом он может выполнять только один процесс в определенный момент времени. Бот владеет ссылкой на процесс, который сейчас выполняет. Изначально по умолчанию существует процесс, который активен в начале работы программы. Как только условия его выполнения будут нарушены из-за внешних факторов, то начинается поиск процесса, который может выполняться в текущий момент. Как только такой процесс будет найден, бот начинает на него ссылаться. Необходимо отметить, что действия бота во время процесса по умолчанию направлены на то, чтобы его прервать, тогда как действия остальных процессов направлены на то, чтобы успешно его завершить. Также условия, представляющие цели процесса, и условия для выполнения действия связаны между собой. Несмотря на это, боты, имеющие разную функциональность, могут выполнять один и тот же процесс. Для решения конкретной подзадачи этот метод разделяет множество действий и условий с помощью процессов. Также можно адаптироваться к изменяющимся условиям, выбирая наиболее подходящий процесс.

#### Описание алгоритма и реализация

Основная идея метода заключается в создании процессов, заточенных под решение конкретной задачи и разделяющих множество действий на специализированные подмножества для каждого из них [11]. Это позволяет значительно снизить область поиска наиболее подходящего действия, ограничив поиск условиями текущего процесса. Также данный метод разделяет реализацию действий и расчет эффективности действий в рамках процесса [12]. Это позволяет различным ботам реализовывать свой уникальный набор действий и использовать один и тот же метод, содержащий все множество процессов. При этом каждый процесс может обучаться множеством ботов, что показано рис. 2.

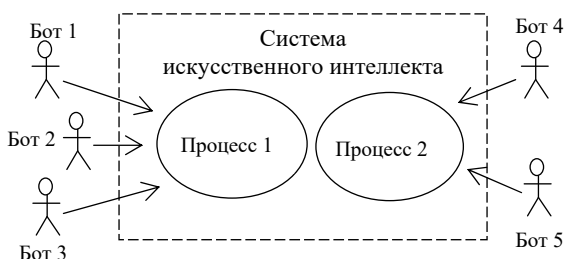


Рис. 2. Каждый процесс может обучаться множеством ботов

Fig. 2. Each process can be trained by many bots

На рис. 2 показано, что каждый бот исполняет с помощью алгоритма ID3 [13] один процесс, каждый

процесс может обучаться множеством ботов. При этом каждый бот выполняет процесс независимо от других, а процессам не нужно знать что-либо друг о друге для работы.

Таким образом, полный алгоритм данного метода состоит из следующих шагов. Сначала бот проводит поиск процесса, который может быть исполнен в текущий момент, основываясь на приоритете и условиях начала процесса. После он выполняет действие с наивысшим приоритетом, пытаясь успешно его завершить. Данные в виде условий, полученные после выполнения действия, передаются процессу. Вместе с информацией о том, насколько успешно было выполнено действие, они заносятся в таблицу. На основе данных из таблицы строится дерево решений с учетом новых данных. Если бот выполнил все цели процесса, тот завершается успешно, что отражается в приоритете процесса. В противном случае в зависимости от результатов дерева решений бот может продолжить выполнять процесс или начнет искать новый. После всех вышеперечисленных действий цикл начинается сначала. Псевдокод алгоритма представлен в алгоритме.

**Алгоритм.** Псевдокод алгоритма метода принятия решений в реальном времени на основе отслеживания процессов.

```

current Process = searchProcess();
laction = currentProcess.highestPriorityAction();
executeAction(action);
data = gatherData();
success = checkSuccess();
passDataToProcess(data, success);
tableData = updateTable(data, success);
decisionTree = buildDecisionTree(tableData);
if (currentProcess.goalsAchieved()) {
    finishProcess(currentProcess);
}
else {continueExecution = decisionTree.makeDecision();
if (!continueExecution) break;
}

```

Данный метод позволяет множеству ботов с различной функциональностью находить наиболее подходящее действие для текущей ситуации и адаптироваться под изменяющиеся условия [14]. Кроме того, изменение количества процессов или действий не требует вносить изменений в алгоритм метода. Помимо этого, ввиду того, что реализации действий и процессов не связаны, нет необходимости проверять, как элементы системы взаимодействуют друг с другом после ее изменения. В основе этого метода лежит идея экспертной системы, поэтому процесс создания условий и распределение их по группам полностью ложится на разработчика [15].

#### Вывод

Данный метод основывается на идеях, лежащих в основе экспертных систем. Использование множества условий не только для построения действий, но и для построения деревьев решений позволяет адапти-

роваться под текущую ситуацию. Также метод не реализовывает никаких моделей поведения, что позволяет изменять размер множеств условий и действий, не меняя работу алгоритма принятия решений. Несмотря на преимущества, данный метод имеет ряд недостатков. Приоритет процесса определяется только количеством успешных завершений и никак не связан с условиями, что снижает эффективность определения приоритета процесса. Кроме того, в данном методе приоритет действий у ботов константный и эффективность метода может быть повышена, если приоритет действий тоже можно будет адаптировать. При этом даже с учетом недостатков данный метод позволяет создать модель искусственного интеллекта, которая сможет выстроить оптимальную модель поведения для множества ботов, реализующих различный функционал. Применения для данного метода можно найти в области разработки искусственного интеллекта для компьютерных игр. Кроме того, с помощью этого метода можно создать инструмент для помощи экспертам в области бизнеса или транспорта.

#### Библиографические ссылки

1. Заморина В. В., Заморина В. В., Рахматуллина А. Р. Влияние эмоций на поведение потребителей // Интеграция наук: сетевое изд. 2018. № 8 (23). С. 175–177.
2. Сапожникова А. В. Инфлюенс-маркетинг как инструмент развития взаимоотношений с клиентами в современных реалиях // Вуз и реальный бизнес. 2022. Т. 1. С. 74–81.
3. Gehring J., Ju D., Mella V., Gant D., Usunier N., Synnaeve G. High-Level Strategy Selection under Partial Observability in StarCraft: Brood War. arXiv:1811.08568v1. 2018. С. 1-6.
4. Лукина С. В., Макаров В. В., Зимовец О. Е. Формирование инструментов принятия решений на основе граф-моделей / Моск. гос. технол. ун-т «Станкин», Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. Курск : Университетская книга, 2021. 121 с.
5. Хисамов Н.И., Аль Аккад М. А. Эвристика алгоритма поиска A\* в графах принятия решений // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : материал Всероссийской научно-технической конференции. Ижевск : Изд-во УИР ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023. С. 496–501.
6. Леденёва Д. А. Изучение поведения покупателей: факторы, модели, этапы // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. 2019. № 12. С. 122–126.
7. Девятков В. В. Системы искусственного интеллекта / Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана ; гл. ред. И. Б. Фёдоров. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 352 с.
8. Армашова-Тельник Г. С., Армашова-Тельник Г. С., Семенова В. А. Программно-целевое управление в промышленном секторе: экономический аспект: практикум. СПб. : ГУАП, 2022. 121 с.
9. Захарова М. В. Разработка и принятие управленческих решений в процессе создания новых производств полимерных материалов // Управленческие науки в современном мире : IX междунар. науч. практ. конф. Санкт-Петербург, 2022. С. 123–125.
10. Левитин А. В. Ограничения мощи алгоритмов: Деревья принятия решения // Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. 2006. С. 409–417.
11. Сараев А. Д., Щербина О. А. Системный анализ и современные информационные технологии // Труды

Крымской Академии наук. Симферополь: СОНАТ, 2006. С. 47–59.

12. Паклин Н. Б., Орешиков В. И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям : учеб. пособие. 2-е изд. СПб. : Питер, 2013. С. 704.

13. Taggart A. J., DeSimone A. M., Shih J. S., Filloux M. E., Fairbrother W. G. Large-scale mapping of branchpoints in human pre-mRNA transcripts in vivo // Nature Structural and Molecular Biology. 2012. Vol. 19, no. 7. Pp. 719-721.

14. Goecks V. G., W4aytowich N., Asher D. E., Park S. J., Mittrick M., Richardson J., Vindiola M., Logie A., Dennison M., Trout T., Narayanan P., Kott A. On games and simulators as a platform for development of artificial intelligence for command and control // Sage: The Journal of Defense Modeling and Simulation. 2022. Vol. 20, no. 4. Pp. 495-508.

15. Трофимов В. Б., Темкин И. О. Экспертные системы в АСУТП. Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. 285 с.

#### References

1. Zamorina V.V., Zamorina V.V., Rakhmatullina A.R. [The influence of emotions on consumer behavior]. *Integratsiya nauk: setevoe izd.*, 2018, no. 8, pp. 175-177 (in Russ.).
2. Sapozhnikova A.V. [Influence marketing as a tool for developing relationships with clients in modern realities]. *VUZ i real'nyi biznes*, 2022, vol. 1. Pp. 74-81 (in Russ.).
3. Gehring J., Ju D., Mella V., Gant D., Usunier N., Synnaeve G. *High-Level Strategy Selection under Partial Observability in StarCraft: Brood War*. arXiv:1811.08568v1, 2018, pp. 1-6.
4. Lukina S.V., Makarov V.V., Zimovets O.E. *Formirovaniye instrumentov prinyatiya reshenii na osnove graf-modelei* [Development of decision-making tools based on graph models]. Mosk.gos. tekhnol. un-t "Stankin", Mosk. gos. un-tim. M.V. Lomonosova. Kursk: Universitetskayakniga, 2021. 121 p. (in Russ.).
5. Hisamov N. I., AlAkkad M. A. A\* search algorithm heuristic in decision-making graphs. *Material of the All-Russian Scientific and Technical Conference "Information Technologies in Science, Industry and Education"*, Izhevsk, ISTU, 2023, pp. 496-501.
6. Ledeneva D.A. [Studying buyer behavior: factors, models, stages]. *Obrazovanie i nauka bez granits. Sotsial'no-gumanitarnye nauki.*, 2019, no. 12. pp. 122-126 (in Russ.).
7. Devyatkov V.V. *Sistemy iskusstvennogo intellekta* [Artificial Intelligence Systems]. Moscow, Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 2001, 352 p. (in Russ.).
8. Armashova-Tel'nik G.S., Semenova V.A. *Programmno-tselevoe upravlenie v promyshlennom sektore* [Program-target management in the industrial sector]. *Ekonomicheskii aspekt: praktikum*. St. Petersburg, GUAP, 2022, 121 p. (in Russ.).
9. Zakharova M.V. [Development and adoption of management decisions in the process of creating new production of polymer materials]. *Upravlencheskie nauki v sovremenom mire: IX mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* St. Petersburg, 2022, pp. 123-125 (in Russ.).
10. Levitin A.V. *Ogranicheniya moshchi algoritmov: Derev'ya prinyatiya resheniya* [Limitations on the Power of Algorithms: Decision Trees]. *Algoritmy. Vvedenie v razrabotku i analiz*, 2006, pp. 409-417 (in Russ.).
11. Saraev A.D., Shcherbina O.A. *Sistemnyi analiz i sovremennye informatsionnye tekhnologii* [System analysis and modern information technologies]. *Trudy Krymskoi Akademii nauk*. Simferopol': SONAT, 2006, pp. 47-59 (in Russ.).
12. Paklin N.B., Oreshkov V.I. *Biznes-analitika: ot dannykh k znanijam* [Business analytics: from data to knowledge]. St. Petersburg, Piter, 2013, 704 p. (in Russ.).
13. Taggart A.J., De Simone A.M., Shih J. S., Filloux M.E., Fairbrother W. G. Large-scale mapping of branchpoints in

human pre-mRNA transcripts in vivo. *Nature Structural and Molecular Biology*, 2012, vol. 19, no. 7, pp.719-721.

14. Goecks V.G., Waytowich N., Asher D.E., Park S.J., Mittrick M., Richardson J., Vindiola M., Logie, A., Dennison M., Trout T., Narayanan P., Kott A. On games and simulators as a platform for development of artificial intelligence for

command and control. *Sage: The Journal of Defense Modeling and Simulation*, 2022, vol. 20, no. 4, pp. 495-508.

15. Trofimov V.B., Temkin I.O. *Ekspernyesistemy v ASU TP*[Expert systems in automated process control systems]. *Infra-Inzheneriya*, 2020, 285 p. (in Russ.).

\* \* \*

### Real Time Decision-Making Strategy Based on Process Tracking

N. I. Hisamov, Master's Degree Student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

M. A. Al Akkad, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

*This article examines a new data presentation methodology based on a system of rules for decision-making in artificial intelligence systems. First the method is introduced, which consists of many processes and actions and is based on their interaction. The sets of conditions and actions can be changed without changing the operation of the decision-making algorithm. It allows creating an artificial intelligence model that can build an optimal behavior model for various implementations and functionalities. The actions are built based on defined rules, in addition to decision trees, which allow adapting to the current situation. First, the bot searches for a process based on the priority and conditions for starting the process. Then it executes the action with the highest priority, trying to complete it successfully. Data, in the form of conditions, received after the action is performed, is transferred to the process. This information about how successfully the action was performed are entered into a table. Based on the table, a decision tree is built. If the bot completes all the process's goals, it finishes successfully; otherwise, the bot may continue to execute the process or start looking for a new one. To improve the efficiency of decision-making, reinforcement learning algorithms and decision tree construction are used. The results of applying this method are discussed, and a conclusion on the effectiveness of the method and future enhancements are mentioned. This work offers a universal tool for the development of artificial intelligence in the field of computer games.*

**Keywords:** reinforcement learning, decision tree, rule system, ID3 algorithm, expert systems.

Получено: 25.12.23

#### Образец цитирования

Хисамов Н. И., Аль Аккад М. А. Принятие решений в реальном времени на основе отслеживания процессов // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 1. С. 106–110. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-106-110.

#### For Citation

Hisamov N. I., Al Akkad M.A. [Real time decision-making strategy based on process tracking]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 1, pp. 106-110. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-106-110.