

Для цитирования: Ключин А.Ю. Инструментарий адаптивного управления транспортными потоками в интеллектуальных транспортных системах // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2025. № 4 (28). С. 72–82.

METHODS AND TOOLS FOR ADAPTIVE TRANSPORT FLOW MANAGEMENT IN TRANSPORT SYSTEMS

A.Yu. KLYUSHIN, Cand. Sc.

Tver State Technical University,
22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, e-mail: klalex@inbox.ru

The article is devoted to the set of means used to implement the process of road safety management in transport systems. This requires, first of all, the construction of realistic models of traffic flows, which will bring positive changes in reducing traffic intensity and thus increase the efficiency of the hybrid intelligent transport system. The article proposes the improvement of applied research methods based on a hybrid approach to adaptive traffic flow management.

Keywords: transportation system, automated traffic management system, traffic safety, adaptive control, hybrid intelligent system.

Поступила в редакцию/received: 01.08.2025; после рецензирования/revised: 25.08.2025;
принята/accepted: 25.08.2025

УДК 004.896

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-4-82-90

АРХИТЕКТУРА МОДЕЛИ АГЕНТА С АВТОНОМНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ

Г.П. ВИНОГРАДОВ, д-р техн. наук, Н.В. КИРСАНОВА, ст. препод.

Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: lena.tver@inbox.ru

© Виноградов Г.П., Кирсанова Н.В., 2025

Разработка моделей и алгоритмов поведения искусственных существ (агентов), демонстрирующих автономное поведение, соответствующее их личностному и мотивационному состоянию, а также условиям окружающей среды, является актуальной проблемой. Автономность сущности предполагает наличие внутренней структуры и механизма, позволяющих ей иметь собственные потребности и интересы; на их основе она будет динамически генерировать и выбирать цели, которые определяют самостоятельное автономное поведение. Внутренняя мотивация позволяет агенту функционировать и демонстрировать поведение, даже при отсутствии внешних стимулов, благодаря постоянному изменению его внутреннего эмоционального и физиологического состояния. В статье предложены архитектура и модель для представления внутренних движущих факторов интеллектуальных виртуальных агентов и управления ими с использованием концепции мотивации.

Ключевые слова: рефлексивное управление, автономное поведение, принятие решений, модель, компромисс.

ВВЕДЕНИЕ

Правдоподобность поведения виртуальных сущностей в сценариях – одна из проблем автоматизированных обучающих систем. Она состоит в том, чтобы обучаемый поверил, что взаимодействует с живым персонажем, существование которого логично и последовательно в контексте сценария.

Следует определить понятие «поведение» и его свойства. В литературе обсуждаются такие свойства поведения, как правдоподобность, достоверность и реалистичность. Отмечено, что реализм не является ни обязательным, ни достаточным условием для обеспечения правдоподобности. Правдоподобность часто связывают с внешним видом и способом выражения внутреннего состояния, например, посредством движений агента или с помощью коммуникативных средств [1]. Однако практика использования подобных понятий требует, чтобы в центре анализа находилось не проявление правдоподобного поведения, а его генерация, т. е. способность агента действовать в соответствии со своими целями, состоянием и личностными особенностями. Следовательно, поведение должно рассматриваться как процесс принятия решений, отвечающих внутреннему состоянию субъекта и условиям внешней среды, а также как последовательность базовых действий, направленных на реализацию решений в соответствии с физическим и эмоциональным состоянием и чертами характера субъекта. Для этого нужно определить базовый механизм, который позволяет принимать решение о том, что нужно делать агенту в данный момент, а также воплощать решения в последовательность действий, релевантных внутреннему состоянию агента, с учетом условий окружающей среды.

Следует отметить, что правдоподобность поведения не обязательно подразумевает сложное и «интеллектуальное» реалистичное поведение. Оно должно быть *рациональным, реактивным, проактивным, индивидуальным и эмоциональным*, демонстрируя *согласованность реакций* мотивационных состояний.

1. АУТОНОМНОСТЬ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ПРАВДОПОДОБИЯ

Правдоподобность предполагает наличие у агента автономности поведения. Автономность – это свойство агента, которое проявляется в способности сформировать набор целей для выполнения миссии и представляет собой внутреннюю движущую силу. В противном случае такой агент может быть охарактеризован как автоматизированный, а не автономный, так как его цели заданы во время разработки его создателем, на что указывали Вулдридж и Дженнингс [2]. Таким образом, истинная автономия подразумевает способность у агента выбирать и ставить собственные цели. Для этого субъект должен обладать собственными потребностями и желаниями, которые могут выступать в качестве внутренних мотивационных механизмов, побуждающих агента к действию, а не ждать команд от пользователя или следовать заранее прописанному сценарию.

Данная работа направлена на решение проблемы моделирования принятия субъективно рациональных решений естественной или искусственной сущностью, обладающей способностью эндогенно формировать цели, исходя из обязательств и своих интересов [3–5]. Цель исследования заключается, в том числе, в создании биотехнических комплексов и систем, которые бы действовали таким образом, чтобы по результатам их работы невозможно было бы отличить от действий разумного человека. Одним из подходов к решению этой проблемы является агентно-ориентированное программирование [6]. Агент рассматривается как система, способная

адекватно реагировать на изменение внешней среды, не предусмотренное явно встроенными поведенческими механизмами [7].

Ключевым элементом здесь выступает концепция субъективно рационального выбора, согласно которой мотивация выбора определяется как внешними, так и внутренними факторами. Последние отражают интересы субъекта, индуцируемые его потребностями и этической системой, которой он придерживается. Оценки удовлетворенности текущей ситуацией целеустремленного состояния субъектом, как показано в работе [4], могут приводить к изменению структуры интересов субъекта, и он ее может выбирать. Поскольку предпочтения субъекта в процессе выбора отражают его интересы, то можно определить множество G альтернативных вариантов структуры предпочтений [1], которые будем называть *структурными альтернативами*.

2. ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

1. Выбор осуществляется субъектом на основе его представлений о ситуации целеустремленного состояния, которая формально определена [4]. Представления формируются путем восприятия субъектом своего окружения. *Уровни восприятия окружения* – это семь подмножеств систем, в которых представлены и обособлены субъективные модели среды и собственного поведения индивида [4].

2. Формирование представлений реализуется на основе процедур восприятия, осознания и анализа в соответствии с когнитивными возможностями субъекта. Компоненты представления отражают различные аспекты понимания субъектом ситуации целеустремленного состояния и образуют информационную структуру представлений. Множество возможных вариантов представлений обозначим X .

3. Множество состояний окружения S и множество наблюдаемых состояний окружения X удовлетворяют условию $S \cap X \neq \emptyset$, т. е. представления субъекта могут содержать как объективную составляющую, так и фантомную.

4. Структурные альтернативы субъект выбирает в зависимости от оценок удовлетворенности значениями свойств ситуации целеустремленного состояния.

В соответствии с введенными предположениями субъект при принятии решений использует три множества альтернатив: управляющие C (способы действия), структурные G и идентификации X . Это позволяет предположить существование трех виртуальных сторон, осуществляющих выбор соответствующих альтернатив. Правила выбора таких альтернатив в зависимости от понимания субъектом обстановки и структуры своих интересов будем называть *стратегиями*.

Пусть принятие решения выполняется в несколько циклических этапов, способы действия выбираются на каждом этапе ($n = 1, 2, \dots$) из множества C в зависимости только от представления о состоянии окружения $x \in X$. Это связано с тем, что совместный надсознательный (интуитивный) и сознательный (формальный) анализы состояния окружения позволяют в многократных итерациях принять сначала смутно осознаваемое, а затем все более четко формулируемое и обоснованное решение. При этом существуют ограничения $C_x \subseteq C$ на допустимость выбора альтернатив в зависимости от представлений о состоянии окружения $x \in X$. Динамика процессов в окружении субъекта недоступна прямому восприятию, поэтому представление о ней формируется путем применения процедур идентификации, суть которых сводится к выбору варианта представлений в зависимости от наблюдаемого состояния. Известны ограничения $X_s \subseteq X$ на допустимость представлений в качестве альтернатив идентификации в зависимости от наблюдаемых состояний $s \in S$.

Из этих предположений введем определения стратегий [1]:

однозначное отображение $\lambda : X \rightarrow C$ такое, что $\lambda(x) \in C_x, x \in X$, называется функцией выбора или управления;

упорядоченный набор $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \equiv \lambda_1^n$ – стратегией выбора на горизонте длины $n < \infty$;

$\lim\{\lambda_1^n\} = \lambda_1^\infty$ при $n \rightarrow \infty$ будем называть стратегией, направленной на достижение локального идеала, определяющего смысл существования субъекта.

Однозначное монотонное отображение $\xi : S \rightarrow X$ такое, что $\xi(s) \in X_s, s \in S$, называется функцией идентификации; упорядоченный набор $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) \equiv \xi_1^n$ – стратегией идентификации на горизонте длины $n, n \rightarrow \infty$; последовательность $\{\xi_1^n, n = 1, 2, \dots\}$ – стратегией идентификации на ограниченном горизонте. Поскольку субъект стремится к формированию полезных представлений, то существует $\lim\{\xi_1^n\} = \xi_1^\infty$ при $n \rightarrow \infty$.

Так как множества S и X удовлетворяют условию $|S| > |X|$, то однозначное отображение $\xi : S \rightarrow X$ порождает разбиение множества S на подмножества $\xi^{-1}(x) = \cup\{s \in S : \xi(s) = x\} \subset S, x \in X$.

Подмножества $\xi^{-1}(x) \subset S$ и $x \in X$ являются связными множествами, т. е. любой элемент $s \in \xi^{-1}(x)$ однозначно определяет соответствующее представление $x \in X$. Подмножества $\xi^{-1}(x) \subset S, x \notin X$, образуют классы эквивалентных представлений, что позволяет для формализации представлений субъекта использовать методы теории мягких вычислений [4].

Выбранная в момент n структурная альтернатива $\gamma_n \in G$ является *структурным выбором* на n -м шаге принятия решений; упорядоченный набор $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n) \equiv \gamma_1^n$ *стратегией структурного выбора на горизонте принятия решений* длины $n < \infty$; последовательность $\{\gamma_1^n, n = 1, 2, \dots\}$ – *стратегией структурного выбора на ограниченном горизонте*. Поскольку субъект стремится к соответствию своей структуры интересов требованиям принятой им этической системы, то существует $\lim\{\gamma_1^n\} = \gamma_1^\infty$ при $n \rightarrow \infty$.

3. МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

Критерий выбора стратегии управления [4] имеет смысл *ожидаемой удельной ценности* целеустремленного состояния по результату. Формализация удельной ценности имеет вид функции полезности $E\varphi^g(C \times S \times X)$, зависящей от структурной альтернативы $g \in G$, как от параметра. Поскольку **процесс управления начинается с некоторой ситуации** $x \in X$, то критерий $E\phi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ будет зависеть и от ситуации $x \in X$, как от начального условия. Так как множество ситуаций X конечно, то критерий $E\phi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ будет окончательно представляться вектором в пространстве R^X размерности $|X|$. Его компоненты будем записывать в виде $E\phi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)(x), x \in X$. По результату выбора субъект испытывает эмоциональное переживание, поэтому качество стратегии структурного выбора γ_1^m следует описать в виде критерия, имеющего смысл «удовлетворенности результатами выбора». Следовательно, качество стратегии γ_1^m естественно описывать сверткой вектора ожидаемой полезности

$E\phi_n(\lambda_l^n | \gamma_l^n) \in R^X$ в некоторый функционал $\mu: R^X \rightarrow R^I$. Тогда критерий качества стратегии γ_l^n можно записать в виде $\mu_n(\lambda_l^n | \gamma_l^n) = \mu(E\phi_n(\lambda_l^n | \gamma_l^n)) \in R^I$.

Качество своих представлений субъект связывает с оценками возможности достижения желаемых состояний от управления $c \in C$, а также с возможностью расширения множества $C \uparrow$ путем включения в него эффективных альтернатив. У. Эдвардс [8] в качестве критерия оценки представлений предлагает использовать термы лингвистической переменной «полезность», которые строятся на значениях $E\phi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$. При этом оценки полезности будут зависеть от стратегий управления λ_1^n структурного выбора γ_1^n как от заданных условий. Обозначим критерий «полезность» как $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n)$. Поскольку процесс идентификации начинается с некоторого состояния $s \in S$, то этот критерий будет зависеть от состояния $s \in S$, задаваемого в качестве начального условия. Так как при этом множество состояний S конечно, то критерий идентификации будет представляться вектором $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n)$ в пространстве R^S размерности $|S|$.

В ситуации целеустремленного состояния качество стратегий управления и структурного выбора описывается критериями: $E\phi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n) \in R^X$, имеющим смысл удельной ценности по результату; $\mu_n(\gamma_1^n | \lambda_1^n) \in R^I$, представляющим смысл удовлетворенности результатами выбора, и критерием качества стратегии идентификации $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n) \in R^S$, его смысл – полезность представлений для достижения желаемых состояний. Использование введенных критериев предполагает определение соответствующих информационных структур или моделей, позволяющих выполнить соответствующий выбор [9].

Предположим существование информационной структуры представлений I , которая отражает знания и опыт субъекта о 1) способах действия (управления); 2) своих интересах и предпочтениях; 3) динамике перехода окружения в различные состояния.

Тогда можно считать, что существует структурное преобразование этой структуры в информационную структуру, обеспечивающую возможность построения критерия удельной ценности $E\phi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ и модели предметной области. Такое преобразование станем называть «преобразованием удельной ценности» и обозначать U , а индуцируемую им информационную структуру – «информационной структурой удельной ценности ситуации целеустремленного состояния по результату» и обозначать $U = U(I)$.

Аналогично, если существует структурное преобразование структуры I в информационную структуру, обеспечивающую возможность построения критерия идентификации $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n)$ и модели процедур идентификации, то такое преобразование будем называть «преобразованием идентификации» и обозначать R , а индуцируемую им информационную структуру будем называть «информационной структурой идентификации» и обозначать $R = R(I)$.

Представления субъекта о ситуации целеустремленного состояния являются субъективными и качественными, построенными на основе наблюдений и анализа процесса перехода окружения под действием управления $c \in C$ в различные состояния $s \in S$. Обозначим правило такого перехода через $q^g(S | S \times C)$ – из $S \times C$ в S . Фактически субъект для оценки ценности возможных результатов использует

построенную по результатам стратегии идентификации ξ_1^n модель $Q^g(X|X \times C)$ – из $X \times C$ в X . При ее построении учитываются стратегии управления λ_1^n , структурного выбора γ_1^n либо такими стратегиями он задается. Это означает, что преобразование фактической функции $q^g(S|S \times C)$ в функцию понимания субъектом процессов в его окружении $Q^g(X|X \times Y)$ возможно лишь в апостериорном режиме в зависимости от используемых стратегий $(\lambda_1^n, \gamma_1^n, \xi_1^n)$. Такое преобразование и построение критерия ожидаемой удельной ценности $E\phi_n(\lambda|\gamma_1^n)$ возможно при последовательном формировании информационных структур «полезности» в зависимости от используемых стратегий. Это условие запишем в виде $U_n = U(\lambda_1^n, \gamma_1^n, \xi_1^n)(I)$, $n = 1, 2, \dots$. Поскольку оно необходимо для формирования критерия ожидаемой полезности и модели предметной области, то должно указываться всякий раз при его использовании. Отметим, что критерий $E\phi_n(\lambda_1^n|\gamma_1^n)$ неявно зависит от стратегии идентификации ξ_1^n за счет введения в модель выбора индуцированной структуры U_n . Как отмечено выше, критерий $\mu_n(\gamma_1^n|\lambda_1^n) \in R^1$ качества структурного выбора определяется сверткой критерия $E\phi_n(\lambda_1^n|\gamma_1^n) \in R^X$. Общность информационной структуры их формирования позволяет записать

$$\left\{ \begin{array}{l} E\phi_n(\lambda_1^n|\xi_1^n) \\ \mu_n(E\phi_n(\xi_1^n|\lambda_1^n)) \\ U_n = U(\lambda_1^n, \gamma_1^n, \xi_1^n)(I). \end{array} \right.$$

Для построения критерия идентификации требуется использовать некоторую функцию, которая имела бы смысл полезности. Для этого необходимо построить вербальные оценки на значения функции полезности $E\phi^g(S \times X \times Y)$. Требуемое преобразование существует и может выполняться в априорном режиме (от предшествующего до выбора решений).

Такое преобразование определяется субъектом относительно нечеткой меры, построение которой возможно, если задана функция $q^g(S|S \times C)$ из $S \times C$ в S . Поскольку ее аналог в сознании субъекта имеет вид $Q^g(X|X \times C)$ и однозначно задан в информационной структуре I , то, следовательно, дополнительных преобразований не требуется. Построение функции полезности представлений исчерпывает необходимое структурное преобразование. С учетом этих соображений критерий идентификации окончательно запишем в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_n(\xi_1^n|\lambda_1^n, \gamma_1^n), \\ R = R(I). \end{array} \right.$$

Из введенных определений и построений следует, что критерии качества этих видов стратегий различны и взаимозависимы. Тогда проблема выбора имеет игровое содержание и сводится к отысканию устойчивого компромисса между стремлением к максимизации ожидаемой удельной ценности целеустремленного состояния

по результату и минимизации возможных потерь от неправильных представлений. Такой компромисс называется *равновесием*.

Заметим, что поскольку информационная структура «удельной ценности» $U_n = U(\chi_1^n, \gamma_1^n, \xi_1^n)(I)$, в условиях которой строится критерий $\mu_n(E\phi_n(\gamma_1^n | \chi_1^n))$, должна формироваться последовательно в зависимости от используемых стратегий, то искомые равновесия не только будут взаимозависимы на каждом этапе $n = 1, 2, \dots$ формирования решений, но и зависеть от решений, выбираемых на предшествующих шагах. С учетом этого такие равновесия можно называть *динамическими*.

Согласно предположениям, количество циклов формирования решения не ограничено. Тогда динамические равновесия должны иметь смысл, в том числе при $n \rightarrow \infty$. Для их существования естественно потребовать выполнения дополнительных условий:

1) при $n \rightarrow \infty$ критерии качества стратегий должны стремиться к некоторым пределам;

2) такие пределы не должны зависеть от начальных условий.

Поскольку критерии в явном виде не заданы, то выполнение этих свойств неочевидно; требуется задание нужных свойств и указания явного вида критериев, удовлетворяющих этим свойствам.

Предлагаемый подход позволяет связать реактивные и целенаправленные иерархические системы классификаторов с функциональными возможностями иерархии свободного потока [10], что дает возможность избежать потерь информации и сформировать поведение, характерное для эффективных механизмов выбора действий. Система избирательного внимания помогает архитектуре выбирать соответствующее поведение.

Ключевая идея «иерархии свободного потока» заключается в том, что во время распространения активности по иерархии никакие решения не принимаются до тех пор, пока не достигнут самый низкий уровень в иерархии (уровень действия). В этом случае возможно суммирование активности, и в результате выбирается наиболее активированный узел, что повышает реактивность и гибкость иерархических систем благодаря неограниченному потоку информации, сочетанию предпочтений и возможности поиска компромиссных и оппортунистических кандидатов в варианты решений.

4. МОТИВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ДЕЙСТВИЙ

Такая модель основана на перекрывающихся системах иерархических классификаторов, работающих параллельно для создания планов поведения. Это связано с функциональными возможностями иерархии свободного потока для распространения активности, придающей реактивность и гибкость иерархической системе.

В модели параллельно выполняются иерархические циклы принятия решений, по одному для каждой мотивации. Цикл принятия решений для одной мотивации содержит *четыре уровня*:

1. Внутренняя переменная представляет собой гомеостатическое внутреннее состояние виртуального человека и изменяется в зависимости от результатов действий. Механизм выбора действий должен поддерживать их в зоне комфорта.

2. Мотивация – это абстракция, соответствующая тенденции вести себя определенным образом в соответствии с информацией об окружающей среде и «субъективной оценке» внутренних переменных и гистерезиса. Мотивации устанавливают для виртуального человека цели, соответствующие внутренним переменным.

3. Целенаправленное поведение представляет собой внутренний контекст виртуального человека. Иерархическая система классификаторов используется для планирования последовательности действий (например, для достижения конкретных целей). В итоге виртуальный агент может выполнять мотивированные действия, удовлетворяющие мотивации.

4. Действия делятся на *два типа*: промежуточные действия используются для подготовки виртуального агента к выполнению мотивированных действий [11], которые могут удовлетворить одну или несколько мотиваций. Промежуточные действия часто связаны с перемещением виртуального человека к определенным целям для выполнения мотивированных действий. Оба типа действий оказывают обратное действие на внутренние переменные. Промежуточные действия увеличивают их, в то время как мотивированные уменьшают.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показывают, что предложенная модель является достаточно гибкой и надежной для моделирования мотивационных автономных виртуальных агентов в режиме реального времени. Архитектура модели позволяет динамически генерировать реактивное и целенаправленное поведение. Процесс принятия решений эффективен и последователен, в каждый момент времени выбирается наиболее подходящее действие с учетом множества противоречивых мотиваций и в соответствии с восприятием субъектом окружающей среды. Кроме того, список мотиваций в модели не ограничен и может быть легко расширен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.В. Динамические равновесия в задачах стохастического управления и принятия решений при неопределенностях // *Известия РАН. Теория и системы управления*. 2002. № 3. С. 77–93.
2. Wooldridge M., Jennings N.R. Intelligent agents: theory and practice // *The Knowledge engineering review*. 1995. V. 10. Is. 2. P. 115–152.
3. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры. М.: Советское радио, 1973. 158 с.
4. Виноградов Г.П., Кузнецов В.Н. Постнеклассические научные исследования сетевых отношений в интеллектуальных организациях. // *Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'14»*. В 4 т. М.: Физматлит, 2014. Т. 1. С. 423–429.
5. Виноградов Г.П., Борисов П.А., Семенов Н.А. Интеграция нейросетевых алгоритмов, моделей нелинейной динамики и методов нечеткой логики в задачах прогнозирования // *Известия РАН. Теория и системы управления*. 2008. № 1. С. 78–84.
6. Виноградов Г.П., Шматов Г.П., Борзов Д.А. Формирование представлений агента о предметной области в ситуации выбора // *Программные продукты и системы*. 2015. № 2 (110). С. 83–94.
7. Лебедев В.В., Лебедев К.В., Тюпикова Т.В. Компьютерное моделирование налогообложения // *Вестник университета*. 2018. № 12. С. 128–135.
8. Edwards W., Tversky A. Decision making. England, Harmondsworth Middlesex: Penguin Books, 1972. 480 p.
9. Алехин Т.Ю. Основные направления использования технологий искусственного интеллекта в интересах обеспечения обороны и безопасности государства // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. № 1 (17). С. 87–91.
10. Tyrrell T. The use of hierarchies for action selection // *Adaptive Behavior*. 1993. V. 1. № 4. P. 387–420.

11. Бородин А.С., Волков А.Н., Мутханна А.С.А., Кучерявый А.Е. Искусственный интеллект в сетях связи пятого и последующих поколений // *Электросвязь*. 2021. № 1. С. 17–22.

Для цитирования: Виноградов Г.П., Кирсанова Н.В. Архитектура модели агента с автономным поведением // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2025. № 4 (28). С. 82–90.

THE ARCHITECTURE OF THE AGENT MODEL WITH AUTONOMOUS BEHAVIOR

G.P. VINOGRADOV, Dr. Sc., N.V. KIRSANOVA, Senior Lecturer

Tver State Technical University,
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, e-mail: lena.tver@inbox.ru

Development of models and algorithms for the behavior of artificial entities (agents), demonstrating autonomous behavior, that correspond to their personal and motivational state, as well as environmental conditions, is an actual problem. Entity autonomy assumes the presence of an internal structure and mechanism that allow you to have your own needs and interests, based on them it will dynamically generate and choose goals that define self-reliance autonomous behavior. Internal autonomous allows the agent to function and demonstrate behavior, even in the absence of external stimuli, due to the constant change in its internal emotional and physiological state. This work offers the architecture and the model for representing internal driving factors of intelligent virtual agents, as well as and managing them using the concept of motivation.

Keywords: reflexive management, autonomous behavior, decision-making, model, compromise.

Поступила в редакцию/received: 30.09.2025; после рецензирования/revised: 07.10.2025;
принята/accepted: 10.10.2025

УДК 004.02

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-4-90-98

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

С.В. ТОРШИН, асп., А.В. КАПИТАНОВ, д-р техн. наук

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
127055, Москва, пер. Вадковский, д. 1, e-mail: av.kapitanov@stankin.ru

© Торшин С.В., Капитанов А.В., 2025

Управление процессом формирования рабочих коллективов из числа персонала на промышленных предприятиях в редких случаях основано на какой-либо определенной информации. Учитывая, что производственный процесс требует высокого

*Вестник Тверского государственного технического университета.
Серия «Технические науки». № 4 (28), 2025*