

ПАТТЕРНЫ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ

Виноградов Геннадий Павлович, профессор, wgp272ng@mail.ru

Прохоров Алексей Александрович, зав. отделением, forworkap@mail.ru

Шепелев Георгий Андреевич, аспирант, shepelevgeorg@gmail.com

ЗАО НИИ Центрпрограммсистем, 170024 г. Тверь, пр. 50 лет Октября, 3а

Аннотация. Роботизированный комплекс (РТК) следует рассматривать, как киберфизический объект, представляющий собой информационно связанную совокупность физических компонентов, бортовых измерительных систем, бортовых исполнительных систем, бортовой вычислительной системы, где реализованы алгоритмы управления, и пункта управления с информационно-управляющим полем. Такой объект должен обладать свойством самодостаточного поведения, гарантирующего выполнения некоторой миссии. Требование интеллектуализации поведения заставляет пересмотреть логические и математические абстракции, положенные в основу построения их бортовых систем управления. Актуальной является проблема разработки таких систем на базе теории паттернов. Показано, что это обеспечивает перенос эффективного опыта в систему управления РТК и обеспечивает совместимость теологического подхода и подхода, основанного на причинно-следственных связях. Рассматриваются проблемы идентификации и построения моделей паттернов. Предложено для этих целей использовать четыре позиции обработки информации, разработан метод логического вывода на паттернах.

Ключевые слова: принятие решений, целеустремленные системы, нечеткое суждение, ситуация выбора, РТК.

Цитирование: Виноградов Г.П., Прохоров А.А., Шепелев Г.А. Паттерны в системах управления автономными системами // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 1 (17). С. 40 –54. DOI: 10.38028/ESI.2020.17.1.003

Введение. Роботизированный комплекс (РТК) следует рассматривать как киберфизический объект, представляющий собой информационно связанную совокупность физических компонент, бортовых измерительных систем, бортовых исполнительных систем, бортовой вычислительной системы, где реализованы алгоритмы управления, и пункта управления с информационно-управляющим полем. Такой объект должен обладать свойством самодостаточного поведения, гарантирующего выполнения некоторой миссии. Достичь желаемого резкого повышения эффективности подобных комплексов в неопределенной и плохо формализуемой среде возможно, главным образом, путем совершенствования интеллектуальной составляющей их системы управления. Однако следует отметить, что подавляющее число исследований в этой области остается на теоретическом уровне. Существует разрыв между примитивными моделями поведения искусственных существей,

например, в роевой робототехнике, моделями их взаимодействия и ожиданиями со стороны практики [2, 3, 8].

К настоящему времени становится ясно, что достичь желаемого резкого повышения эффективности робототехнических комплексов возможно, главным образом, путем направления усилий конструкторов и ученых на совершенствование интеллектуальной составляющей системы управления: 1) совокупности алгоритмов бортовых систем управления; 2) алгоритмов деятельности экипажа, осуществляющего управление РТК. Эти компоненты образуют «кооперативный интеллект» РТК, который позволяет из набора разрозненных систем бортового оборудования создать функционально целостный объект, нацеленный на выполнение задачи текущего сеанса функционирования робототехнического комплекса.

Автономной интеллектуальной системой (в дальнейшем агент), проявляющей поведение, подобное человеческому, будем называть систему, имеющую в своем составе (рис. 1):

- бортовые измерительные устройства (или комплекс бортовых измерительных устройств), выполняющих роль сенсоров, позволяющих получить информацию о состоянии внешней среды и собственном состоянии;
- бортовые исполнительные устройства (или комплекс бортовых исполнительных устройств), с помощью которых система воздействует на внешнюю среду и на саму себя, выполняющие роль эффекторов;
- средства коммуникации с другими системами;
- «бортовой интеллект», составляющими которого могут быть бортовые вычислительные машины, их программное обеспечение, а также операторы пункта управления, являющиеся носителем набора алгоритмов для решения задач предметной области, полученный за счет обучения, тренировок и накопления опыта.

Такая система существует во времени и пространстве, взаимодействует с другими агентами, со средой при выполнении боевых задач и обязательств с помощью доступных ему способов действия. Агент выполняет поставленные задачи, исходя из понимания своего состояния и субъективных представлений о состоянии среды и развитии боевой ситуации, а также информации, полученной через модуль коммуникации. Агент способен прогнозировать изменение среды от своих действий и оценивать их полезность.

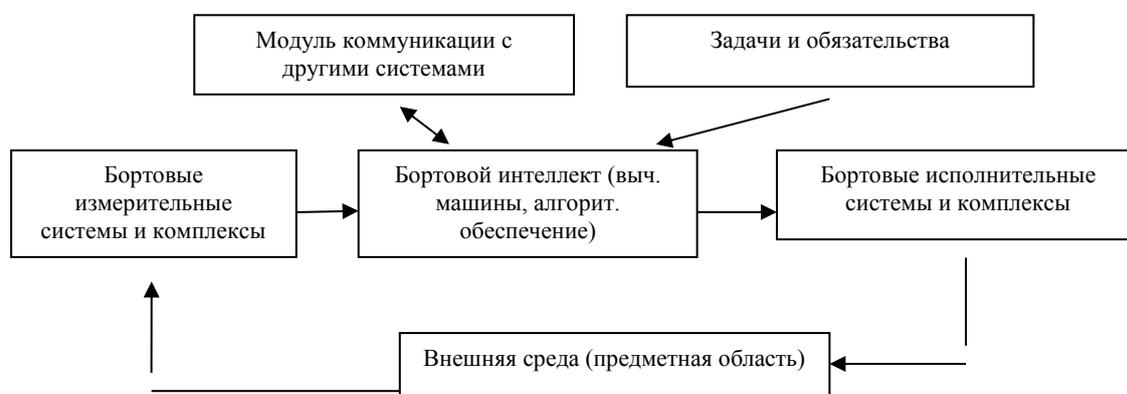


Рис. 1. Укрупненная схема интеллектуальной автономной системы

1. Требования к автономии и интеллектуальности киберфизических систем. Роль автоматизированных систем при выполнении боевых задач должна рассматриваться с позиции их влияния на человека. Они должны помогать командиру, упрощая и повышая эффективность его работы. Командир при этом должен и обязан быть элементом системы управления (*human in the loop control*) РТК. Их взаимодействие должно обеспечивать передачу опыта как от человека к машине, так и в обратном направлении, обеспечивая тем самым приспособительное поведение. Например, главной сложностью для любой автономной системы является распознавание ситуаций в окружающей среде. Сложность и многочисленность ситуаций, возникающих при выполнении миссии, делают невыполнимой задачу их выявления по результатам множественных испытаний и формирование на их основе базы знаний. Следовательно, необходимо реализовать дополнительную схему мониторинга за киберфизической системой для выявления классов ситуаций и успешных способов действия для формирования моделей поведения (паттернов) на основе данных, получаемых в реальных условиях. Данная схема гарантирует управляемую эволюцию самодостаточности, при решении задач боевыми подразделениями, имеющими в своем составе автономные РТК.

2. Исходные предположения и гипотезы. Как правило, ситуации, возникающие перед автономной системой, достаточно сложны для конструктивной формализации их традиционными формальными методами, но они хорошо описываются средствами естественного языка и для них имеется опыт их лучшего разрешения и описания, например, средствами нечеткой логики. Носитель такого опыта называется лидером. Опыт лидеров передается с помощью средств коммуникации на выбранном языке. Примем гипотезу, что переживания/поведение человека следует рассматривать, как функцию взаимодействия ситуации и человека. Ситуацию можно интерпретировать как компонент причины, которая порождает субъективное отражение ее у человека. Человек, выбирая определенное поведение на основе субъективного представления ситуации, оказывает влияние на ситуацию, изменяя ее. В то же время процессы, происходящие в сознании человека при выполнении определенных действий, приводят к расширению его структуры способностей (знания, опыт). Модель поведения РТК также должна учитывать этот феномен взаимовлияния. При таком подходе конструктивным оказалось понятие «*типовая ситуация*» (ТС) [1, 6]. Это функционально замкнутая с четко обозначенной значимой целью часть работы РТК, которая как единое целое встречается в различных (реальных) сеансах, конкретизируясь в них по условиям протекания и по доступным способам разрешения возникающих в ТС проблемных субситуаций [8]. При полной интеллектуализации РТК ТС и способы действия, как реакция на нее, образуют индивидуальный паттерн поведения. Человек, осваивая свой опыт, также нацелен на агрегирование его путем создания моделей паттернов. Следовательно, модель паттерна следует рассматривать как единицу человеческого опыта, для которой в ситуации, схожей с типовой (кластер), у человека сформирована определенная степень уверенности в получении желаемых состояний. В. Финн показал, что идеальная интеллектуальная система должна иметь 13 видов способностей [9]. На современном этапе только часть из этих способностей можно реализовать и только в интерактивном режиме во взаимодействии с человеком. Например, «это порождение последовательности «цель-план-действие», способность к рефлексии, способность к интеграции знаний, способность к уточнению неясных идей, способность к изменению системы знаний при получении новых знаний». Он

отмечает, что исключить человека из этого режима нельзя. Поэтому интеллектуальная система для военных целей не может быть полностью автономной и должна рассматриваться как партнерская человеко-машинная система, единицей знаний которой должен быть паттерн. *Определение.* Паттерн – это результат активности естественной или искусственной сущности, связанный с действием, принятием решений, его реализацией и т.п., осуществленный в прошлом, и рассматриваемый как шаблон (образец) для повторных действий или как обоснование действий по этому шаблону.

3. Модель нечеткого описания паттерна поведения. Поведение в ТС связано с выбором, который происходит в ситуации целеустремленного состояния [2]. Рассмотрим модель поведения в виде нечеткого описания модели ситуации выбора. Возможный вариант такой конструкции предложено строить путем “парадигмальной прививки” идей, транслируемых из других наук, например [2, 7]. Целеустремленное состояние складывается из следующих компонентов:

- Субъект, осуществляющий выбор (агент), $k \in K$.
- Окружение выбора (S), под которым понимается множество элементов и их существенных свойств, изменение в любом из которых может стать причиной или продуцировать изменение состояния целеустремленного выбора. Часть этих элементов может не являться элементами системы и образует внешнюю среду для нее. Воздействие внешней среды описывается с помощью некоторого набора переменных.
- Доступные способы действий $c_j^k \in C^k$, $j = \overline{1, n}$ k -го агента, которые ему известны и могут быть использованы для достижения i -го результата (их еще называют альтернативами). Каждый способ этого множества характеризуется набором параметров, которые называются управляющими воздействиями.
- Возможные при окружении S результаты, существенные для агента – $o_i^k \in O^k$, $i = \overline{1, m}$. Оценка результатов производится с помощью некоторого набора параметров, которые называются выходными параметрами ситуации целеустремленного состояния.
- Способ оценки свойств получаемых результатов в результате выбора способа действия. Очевидно, что оценки результата должны отражать ценность результата для агента и тем самым отражать его индивидуальность.
- Ограничения, отражающие требования, накладываемые ситуацией выбора на выходные переменные и управляющие воздействия.
- Модель предметной области, которая представляет собой множество соотношений, описывающих зависимость управляющих воздействий, параметров и возмущений с выходными переменными.
- Модель ограничений агента. Она подробно описана в работе [6]. Независимо от используемого вида описания ограничений будем предполагать наличие у агента определенной степени уверенности о возможности изменения части ограничений в сторону расширения множество возможных вариантов (альтернатив) выбора.

Введем для описанных компонентов меры, которые будут использоваться для оценки целеустремленного состояния.

А. Будем считать, что агент способен выделять факторы – характеристики окружения $X^k = \{x_i^k, i = \overline{1, N}\}$. Влияние каждого фактора агент оценивает с помощью лингвистической переменной степень влияния фактора $\mu_x^k(x_i^k): x_i^k \rightarrow [0,1]$. Введем параметр, с помощью которого агент оценивает свою ситуационную осведомленность в ситуации целеустремленного состояния

$$Es^k = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_x^k(x_i^k) x_i^k}{\sum_{i=1}^N \mu_x^k(x_i^k)}.$$

Можно определить следующее ограничение:

$$\sigma^k(Es^k) \geq \sigma_0^k,$$

где σ_0^k – некоторый пороговый уровень осведомленности агента от использования собственных источников информации.

В. Будем предполагать, что для описания влияния выделенных факторов на результаты $o_i^k, i = \overline{1, m}$ агент использует аппроксимацию в виде продукционных правил, которые имеют вид:

Если x_1 есть A_{r1}^k и если x_2 есть A_{r2}^k и ... и если x_N есть A_{rN}^k , то

$$o_i^k = f_{ir}^k(x_1, x_2, \dots, x_N), r = \overline{1, R}, i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где R – количество продукционных правил, r – номер текущего продукционного правила, $o_i^k = f_{ir}^k(x_1, x_2, \dots, x_N)$ – четкая функция, отражающая представление агента о причинно-следственной связи входных факторов с возможными результатами для r -го правила; A_{ri}^k – нечеткие переменные, определенные на $X^k = \{x_i^k, i = \overline{1, N}\}$.

В качестве функции $f_{ir}^k(\bullet)$ могут использоваться, например, как математические модели, так и словесное описание, графики, таблицы, алгоритмы т.д.

Поскольку c_j^k является функцией параметров состояния внешней среды, принимаемых во внимание свойств системы, то набор предположений об их возможных значениях образует сценарий возможного состояния внешней среды, функциональных возможностей системы. Реализация сценариев, например, с помощью правил (2) позволяет сформировать представление о возможных результатах o_i^k . Неравнозначность при выборе способа действия можно описать, как степень уверенности необходимости его применения для получения результата o_i^k . Эту оценку можно описать лингвистической переменной

$$\psi_j^k = \psi_j^k(c_j^k \in C^k | s_i \in S \rightarrow o_i^k) \in [0,1].$$

Эта мера является индивидуальной характеристикой агента, которая может меняться в результате обучения и приобретения опыта, а также в результате коммуникационного взаимодействия агентов между собой и с оператором. Поэтому

$\psi_j^k = \psi_j^k(c_j^k \in C^k | s_i \in S, I^k \rightarrow o_i^k) \in [0,1]$, где I^k - информация, которой располагает агент на момент времени tk .

С. Выбор способа действий c_j^k при принятии решения агентом в ситуации целеустремленного состояния для достижения результата o_i^k связан, как показано в [2], с построением количественной оценки свойств выбираемого решения. Список свойств и параметров формируется на основе опыта, знания, интеллекта и глубины понимания им ситуации принятия решения. Правильное описание свойств и параметров способа действий – одно из основных условий того, что выбор c_j^k приведет к достижению результата o_i^k . Выбор перечня свойств и параметров, их характеризующих, целиком зависит от агента (его индивидуальности). Представим возможные результаты при заданном окружении выбора агента в виде $o_i^k \in \left\{ o_{ij}^k, j = \overline{1, J} \right\}$, где o_{ij}^k – множество возможных результатов при выборе j -го способа действия $i \in I$ – множество результатов, принимаемых во внимание k -м агентом. Очевидно, что $o_{ij}^k = o_{ij}^k(s_i), s_i \in S$.

Д. Ценность результатов o_i^k . Поскольку $o_{ij}^k = o_{ij}^k(s_i)$, а $s_i = S(c_j^k)$, то ценность i -го вида результата можно оценить следующей лингвистической переменной $\phi_i^k(o_i^k(c_j^k)) \in [0,1]$. Функция $\phi_i^k(o_i^k(c_j^k))$ для результата o_i^k будет монотонным преобразованием, так как $\phi_i^k(\bullet)$ переводит область значений функции $o_i^k(c_j^k)$ в множество значений лингвистической переменной. Так как базовому значению лингвистической переменной соответствуют нечеткие переменные, то это преобразование переводит область значений функции o_i^k в область значений базовых нечетких переменных.

Е. Эффективность способа действия с точки зрения результата – это уверенность получения данного результата этим способом действия при известных (или предполагаемых) затратах на его реализацию. Степень уверенности E_{ij}^k в том, что некоторый способ действия c_j^k будет приводить к результату o_i^k в окружении S , если агент выберет именно его: $E_{ij}^k = E_{ij}^k(o_i^k | A \text{ выберет } c_j^k \text{ в } S) \in [0, 1]$.

Степень уверенности является лингвистической переменной и выражает индивидуальную оценку агента последствий выбора с точки зрения затрат.

4. Модель выбора агента при реализации паттерна. Введенные три лингвистические переменные $\mu_i^k(x_i^k)$, ψ_{ij}^k , E_{ij}^k образуют модель представлений агента о ситуации целеустремленного выбора.

Поскольку c_j^k можно описать в терминах X_i^k , и агент имеет представление о зависимости в виде базы правил, которая связывает c_j^k и ценность возможного i -го результата

o_i^k , то можно определить ценность целеустремленного состояния по i -му результату o_i^k для k -го агента в соответствии с правилом [8]:

$$E\varphi_i^k = \frac{\sum_{j \in J} \varphi_{ij}^k(o_{ij}^k(c_j^k)) \cdot o_{ij}^k(s^k)}{\sum_{j \in J} \varphi_{ij}^k(o_{ij}^k(c_j^k))}.$$

По аналогии можно оценить ценность целеустремленного состояния для k -го агента по эффективности для i -го вида результата:

$$EE_i^k = \frac{\sum_{j \in J} EE_{ij}^k(o_i^k(c_j^k)) \cdot \psi_i^k(c_j^k)}{\sum_{j \in J} \psi_i^k(c_j^k)}.$$

Оценка агентом желательности целеустремленного состояния по i -му результату и эффективности его достижения в ситуации выбора задается в виде лингвистической переменной [10]:

$$\chi_{i1}^k = \chi_1^k(E\varphi_i^k) \in [0,1], \quad \chi_{i2}^k = \chi_2^k(EE_i^k) \in [0,1].$$

Можно определить следующие ограничения:

$$\sum_i \chi_{i1}^k(E\varphi_i^k) \geq \chi_1^0 \quad \text{и} \quad \sum_i \chi_{i2}^k(EE_i^k) \geq \chi_2^0,$$

где χ_1^0 и χ_2^0 - ожидания агента от выполнения миссии, которые отражают баланс между затратами и достигнутыми результатами o_i^k .

Моделью ситуации выбора агента в ТС будем называть множество структурных и функциональных свойств, которыми, по его убеждению, обладает ситуация выбора и которые влияют на его удовлетворенность или неудовлетворенность ситуацией.

Есть еще одна группа факторов, которые определяют реализацию результата: воля, склонность к рискам, самооценка, мотивированность. Эти факторы позволяют говорить о таком показателе, как уверенность $\rho_i^k(o_i^k)$ в получении результата o_i^k в ситуации выбора при использовании одного из возможных способов действия $c_j^k \in C^k$.

В соответствии с гипотезой о рациональном поведении агент формирует решение в соответствии с

$$\begin{aligned} P_i^k(s \in S) &= \underset{c_j^k}{\text{Arg max}} \left(\sum_{j \in J} E\varphi_i^k(o_i^k(c_j^k)) - EE_i^k(o_i^k(c_j^k)) \right) \\ c_j^k &\in C^k(I_t^i), \quad I_t^i \subseteq M, \quad o_i^k \in O^k \\ \sum_i \chi_{i1}^k(E\varphi_i^k) &\geq \chi_1^0, \quad \sum_i \chi_{i2}^k(EE_i^k) \geq \chi_2^0 \\ \sigma^k(Es^k(X)) &\geq \sigma_0^k \end{aligned} \quad (4)$$

Поскольку выбор связан с представлениями агента о ситуации выбора, то в (4) необходимо включить базу знаний (3).

Соотношения (4) описывают паттерн поведения агента (киберфизической системы) при стремлении достичь i -го результата. Агент рассматривает (4) паттерн как способ описания

задачи, принцип и алгоритм ее решения, которая часто возникает, причем таким образом, что ее решение можно использовать много раз, ничего не изобретая заново.

Показатели: ценность целеустремленного состояния по результату $E\phi_i^k$ и ценность целеустремленного состояния по эффективности EE_i^k являются элементами интегрального показателя ценности целеустремленного состояния для k -го индивида – $\sum_i E\phi_i^k \cdot EE_i^k$.

Учитывая его степень уверенности в получении результата ζ_i^k , можно получить показатель ожидаемой удельной ценности

$$EV_k = \frac{\sum_i (E\phi_i^k - EE_i^k) \cdot \zeta_i^k}{\sum_i \zeta_i^k} \quad (5)$$

Это означает, что если два субъекта находятся в одной и той же ситуации выбора, то разница в их поведении должна проявляться в значениях оценок удельной ценности по результату и эффективности и в степени уверенности достижения цели.

Соотношения (4–5) означают, что когда агент хочет получить какой-либо результат, то располагает для этого несколькими альтернативными способами достижения с разной эффективностью, которыми он может попытаться достичь желаемого результата, и его уверенность в получении желаемого результата значительна.

Такая модель индивидуального поведения автономного агента предполагает формирование базы знаний путем обучения на основе экспериментального опыта, что позволяет реализовать эволюцию «кооперативного интеллекта» благодаря использованию искусственного когнитивного процесса, аналогичного тому, что имеет место у естественных существ [4, 5]. Отметим, что эта возможность отсутствует в системах на основе знаний, так как в ней отсутствует компьютерная модель адаптивного поведения. Таким образом, общие принципы мышления агента являются вполне традиционными и включают следующие три основные фазы (рис. 2):

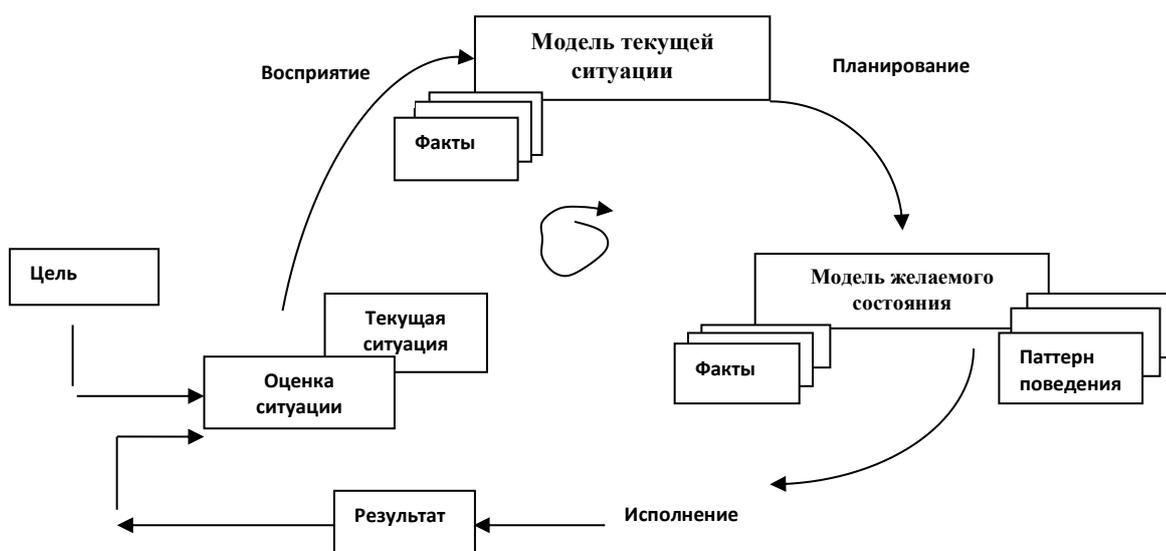


Рис. 2. Схема мышления интеллектуального агента (модель TOTE)

- восприятие – получение данных и построение модели сцены в загруженном мире;

- познание – анализ и формирование сценария действий субъекта для достижения поставленных целей;
- исполнение намеченного сценария с постоянным сопоставлением ожидаемых и наблюдаемых результатов.

В отличие от других подобных систем, в рассматриваемой системе реализация этих фаз осуществляется через два базовых механизма: абстрагирования и конкретизации, тесно связанных между собой.

5. Моделирование паттернов. Базовые позиции моделирования. Моделирование паттернов выполняется с ограниченным подмножеством естественного языка, в том числе и моделирование рассуждений на паттернах (*case based reasoning*), что образует специфическую часть человеческого опыта – *метаопыт*. Для реализации описанного подхода разработана программная система, позволяющая выполнять моделирование среды (контекста) и паттерна поведения агента с различных позиций. Выделены четыре базовые позиции восприятия, с которых осуществляются сбор и интерпретация информации для идентификации модели паттерна поведения: первая позиция (собственная точка зрения человека), вторая позиция (восприятие ситуации с точки зрения другого человека), третья позиция (рассмотрение ситуации с точки зрения незаинтересованного наблюдателя), четвертая позиция восприятия подразумевает рассмотрение ситуации с точки зрения системы, задействованной в ситуации.

Поскольку предполагается, что каждая позиция использует разные представления о ситуации и о возможных способах действия, то интегрирование точек зрения и их согласование позволяют агенту расширить свое понимание ситуации целеустремленного состояния и паттерна поведения в ней.

Моделирование из первой позиции заключается в том, что человек, обладающий опытом выполнения миссии, реализует его в системе самостоятельно и исследует используемый при этом паттерн(ы). Испытуемый реализует свое поведение, осуществляя голосовое управление «аватаром» (рис. 3).

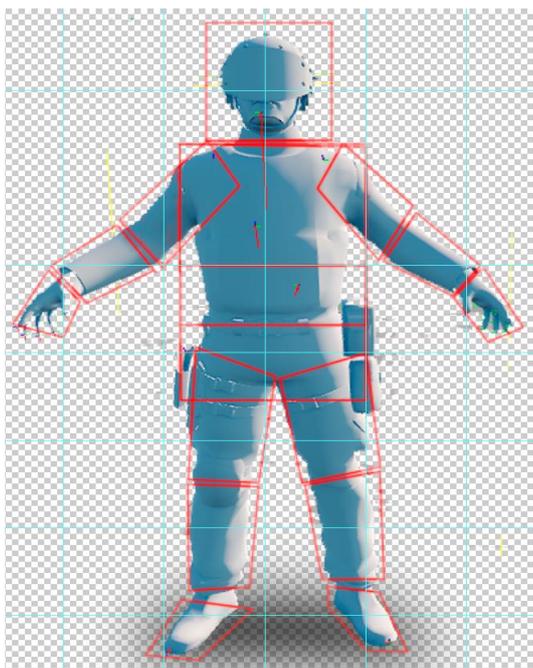


Рис. 3. Упрощенное представление трехмерной модели–аватара

Сплошными (красными) линиями обозначены прямоугольники, и то, как они располагаются по аватару. Минус этого способа в том, что снижается точность распознавания объекта, но, одновременно, этот способ позволяет экономить аппаратные ресурсы и время на вычисление пересечений. Так же эта схема определения пересечений будет использоваться и для реализации попадания в случае огневого контакта. Испытуемый выполняет действия в соответствии со схемой, приведенной на рис. 4.

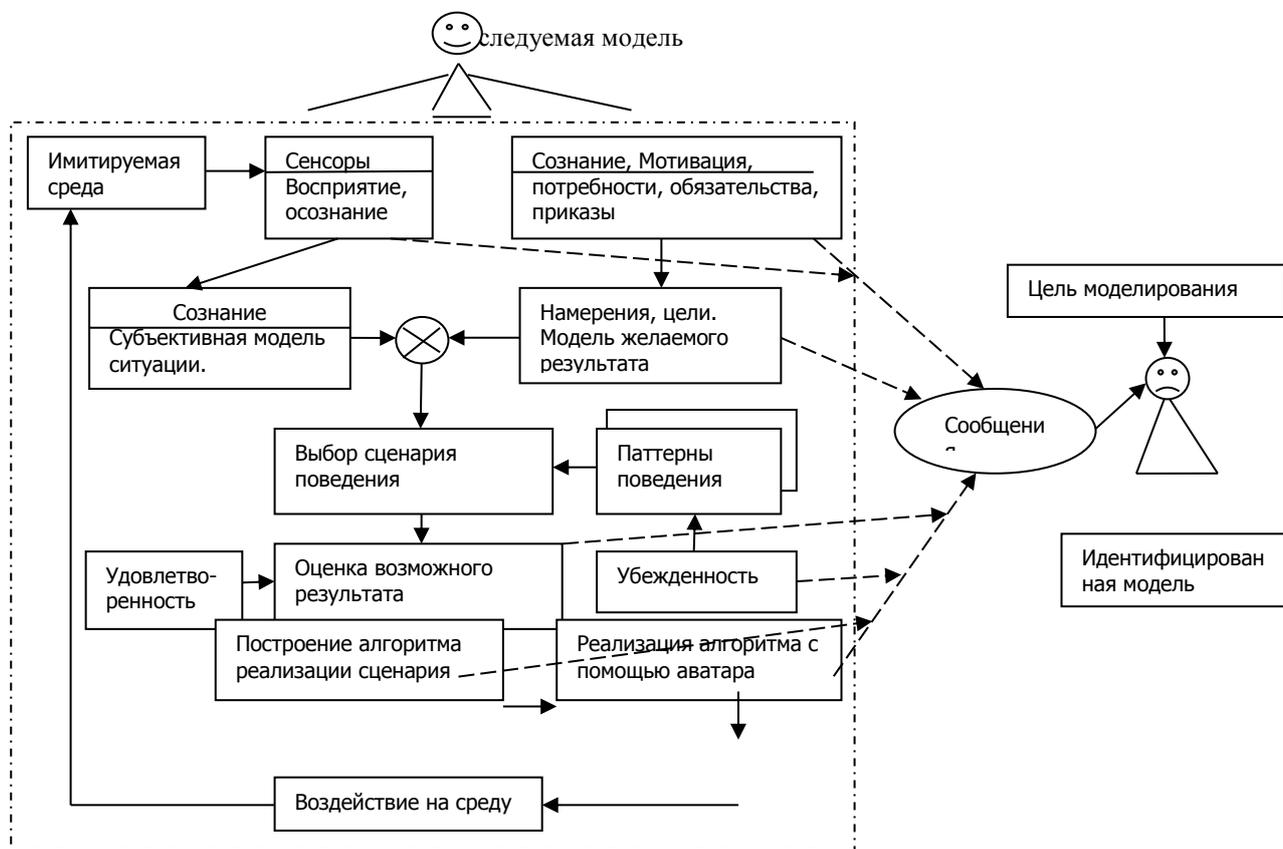


Рис. 4. Схема рефлексивного подхода при идентификации модели паттерна поведения с первой позиции. Пунктирными стрелками обозначены информационные потоки.

Реализация зрительной функции модели агента представляет видение объектов через простые формы, например, в данном случае кубы и их вершины, и игнорирование объектов, которые не представляют для модели ценности, например, стены и прочие.

Глаз реализован как пустой объект, использующийся в качестве конечной точки для построения зрительного луча, находящийся на уровне головы, и для реалистичности он так же будет анимирован, для случаев поворота головы в процессе анимации персонажа.

Вся зрительная часть сводится к 3-м основным функциям:

- 1) определение, попал ли объект в поле зрения;
- 2) определение дистанции до объекта;
- 3) построение векторов от упрощенной модели объекта к объекту, отвечающего за глаза агента.

Эти функции служат для сортировки, и тем самым для ускорения процесса обработки объекта.

6. Функция обнаружения предмета в области видимости глаза. Функция применяется для того, чтобы рассматривать те объекты, которые попали в зону видимости

глаза, тем самым позволив снизить затраты на подробную обработку всех объектов. Схематичная реализация области видимости показана на рис. 5.

Синим (самый нижний сектор) – показано местоположение агента в мире. Угол зрения составляет 120 градусов.

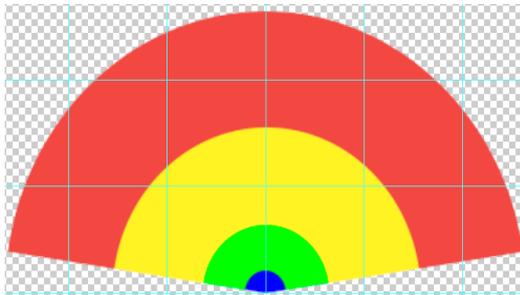


Рис. 5. Зона видимости глаз

7. Функция обнаружения предмета на расстоянии видимости глаза. Еще одна функция для сортировки объектов и экономии времени просчета, представляет собой область, разбитую на приоритеты, см. рис. 3.

Зеленый (второй сектор, над синим) – высокий приоритет, объекты в этой области будут выбираться всегда. Сейчас он равен 20-ти метрам. Так же в этой зоне будет производиться наименование объектов.

Желтая (следующий сектор) и красная (верхний сектор) зоны приоритетов будут выбраны в случае, если нет объектов в зоне зеленого приоритета. Сейчас эти зоны равны 50 метров и 100 метров соответственно.

В дальнейшем её можно улучшить и по временным затратам, объекты, которые расположены дальше от глаза, могут потребовать большего времени фокусировки.

8. Функция обнаружения пересечения между объектом и глазом. Работает по принципу нахождения пересечения между точками огрубленной модели объекта и «глазом». Между двумя точками строится луч, если на луч попадает какой-то объект, то эту точку «глаз» не видит. Если глаз видит хотя бы одну точку объекта, то объект видим весь.

Анализ паттерна действия выполняется с точки зрения исследователя. Важно подчеркнуть, что для выполнения описания агентом уже произведенных действий по собственному паттерну (рис. 4), рассматриваемый субъект должен выйти из своей прежней позиции деятельности и перейти в новую позицию, внешнюю как по отношению к уже выполненным действиям, так и по отношению к будущей, проектируемой деятельности. Это называется рефлексией первого уровня: новая позиция агента, характеризующаяся относительно прежней позиции, будет называться рефлексивной позицией, а знания, вырабатываемые в ней, будут рефлексивными знаниями, поскольку они берутся относительно знаний, выработанных в первой позиции. Приведенная схема рефлексивного выхода будет служить первой абстрактной модельной характеристикой рефлексии в целом.

Вторая позиция предполагает, возможно, полную имитацию поведения агента, когда исследователь используя модель, полученную в первой позиции, пытается думать и действовать максимально приближенно к мыслям и поступкам агента. Такой подход позволяет понять на интуитивном уровне существенные, но неосознанные аспекты мыслей и

действий моделируемого агента и уточнить модель. Моделирование с третьей позиции заключается в наблюдении за поведением моделируемого агента в качестве незаинтересованного наблюдателя. В третьей позиции предполагается построение модели способа действия с точки зрения конкретной научной дисциплины, связанной с предметной областью агента. Четвертая позиция предполагает своего рода интуитивный синтез всех полученных представлений с целью получить модель, характеризуемую максимальными значениями показателей удельной ценности по результату и эффективности.

Этот подход предполагает использование имплицитной и эксплицитной информации. Дело в том, что возможна ситуация, в которой агент знает или понимает суть некоторой деятельности, однако не способен осуществлять ее (осознанная некомпетентность). И, наоборот, агент способен хорошо выполнять некоторые действия, но не понимает, как это делается (неосознанная компетентность). Владение навыком в совершенстве подразумевает как способность «делать то, что знаешь», так и способность «знать, что делаешь». Тем не менее, многие поведенческие и психологические элементы, обеспечивающие успешность действий агентов, остаются по большей части неосознанными и лишь интуитивно понятными для них самих. В результате они неспособны напрямую описать механизмы, лежащие в основе каких-либо способностей. Более того некоторые агенты умышленно избегают размышлений о том, что они делают и как они это делают, опасаясь, что это знание помешает интуитивным действиям. Поэтому одной из целей моделирования является выявление и идентификация *неосознанной компетентности* и доведение ее до сознания с целью лучшего понимания, совершенствования и передачи навыка.

Когнитивная и поведенческая компетентность могут быть смоделированы либо «имплицитно», либо «эксплицитно». *Имплицитное моделирование* предполагает занятие второй позиции по отношению к субъекту моделирования, с тем, чтобы добиться интуитивного понимания субъективных переживаний данного человека. *Эксплицитное моделирование* состоит в переходе в третью позицию с целью описать явную структуру переживаний моделируемого агента так, чтобы ее можно было передать другим. Имплицитное моделирование является в первую очередь индуктивным процессом, с помощью которого мы принимаем и воспринимаем структуры окружающего мира. Эксплицитное моделирование, по существу, является дедуктивным процессом, с помощью которого мы описываем и осуществляем это восприятие. Оба процесса необходимы для успешного моделирования. Без «имплицитной» стадии не может быть эффективной интуитивной базы, на основе которой можно построить «эксплицитную» модель. С другой стороны, без «эксплицитной» фазы смоделированная информация не сможет воплотиться в приемах или средствах и быть переданной другим. Имплицитное моделирование само по себе помогает человеку развивать личное, неосознанное умение в связи с желаемым поведением (так обычно учатся маленькие дети). Однако создание техники, механизма или навыка, которому можно научить или который можно передать другим, в каком-то смысле требует применения эксплицитного моделирования.

Результатом должна быть модель, в которой синтезированы: а) интуитивное понимание способностей агента, б) непосредственные наблюдения за работой агента, и в) эксплицитные познания исследователя в предметной области агента.

Заключение. Экспериментальные исследования произведены для сравнительно простых поведенческих и когнитивных моделей паттернов, например, при управлении

автономным подводным аппаратом, оценки боеготовности сил специального реагирования и ряда других. В результате реализации предлагаемых процедур были получены модели, в которых синтезированы: а) интуитивное понимание способностей агента, б) непосредственные наблюдения за работой агента, и в) эксплицитные познания исследователя в предметной области агента.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта №17-01-00728 «Моделирование принятия решений интеллектуальным агентом с выбираемыми моделями представлений об окружении, структуры интересов и предпочтений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов П.А., Виноградов Г.П., 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.
2. Виноградов Г.П. Моделирование принятия решений интеллектуальным агентом. Программные продукты и системы. 2010. № 3. С. 45-51.
3. Виноградов Г.П., Кузнецов В.Н. Моделирование поведения агента с учетом субъективных представлений о ситуации выбора // Искусственный интеллект и принятие решений. № 3. С. 58-72.
4. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации // Известия РАН. Теория и системы управления. 2012. № 2. С. 92-120.
5. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. II. Приложения и технология разработки // Известия РАН. Теория и системы управления. 2012. № 3. С. 102-123.
6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Радио и связь. 1996.
7. Роберт Дилтс. Моделирование с помощью НЛП. Издательство: Питер. 1998.
8. Федунев Б.Е. Конструктивная семантика для разработки алгоритмов бортового интеллекта антропоцентрических объектов. Известия РАН. Теория и системы управления. 1998. №5.
9. Финн В.К. Чертова дюжина идеального интеллекта. Доступ: <https://stimul.online/articles/science-and-technology/chertova-dyuzhina-idealnogo-intellekta-beseda-pervaya/> (Дата доступа 19.11.2019).
10. G.P. Vinogradov. A Subjectve Rational Choice. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series 803 (2017) 012176 DOI: 10.1088/1742-6506/803/1/012176.

PATTERNS IN CONTROL SYSTEMS BY AUTONOMOUS SYSTEMS

Gennady P. Vinogradov, professor, wgp272ng@mail.ru

Alexey A. Prokhorov, head of branch, forworkap@mail.ru

Georgy A. Shepelev, graduate student, shepelevgeorg@gmail.com

Closed Joint-Stock Company Research Institute «Centerprogrammsystem»

170024 Tver, pr. 50 years of October, 3a

Abstract: A robotic complex should be considered as a cyber-physical object, which is an information-related set of physical components, on-Board measurement systems, on-Board Executive systems, on-Board computer system, where control algorithms are implemented, and a control point with an information-control field. Such an object must have the property of self-sufficient behavior that guarantees the fulfillment of a certain mission. The requirement to intellectualize behavior makes us reconsider the logical and mathematical abstractions that are the basis for building their onboard control systems. The problem of developing such systems based on pattern theory is relevant. It is shown that this ensures the transfer of effective experience and ensures the compatibility of the theological approach and the approach based on cause-and-effect relationships. Problems of identification and construction of pattern models are considered. It is proposed to use four information processing positions for this purpose, and a method of logical inference on patterns is developed.

Key words: decision making, purposeful systems, fuzzy judgment, choice situation, RTC.

Acknowledgments. The study was carried out with the financial support of the Russian Fund of Basis Research in the framework of the project № 17-01-00728 "Modeling decision-making by an intelligent agent with selectable models of ideas about the environment, structure of interests and preferences"

References

1. Borisov P.A., Vinogradov G.P., Semenov N.A. Integraciya nejrosetevy`x algoritmov, modelej nelinejnoj dinamiki i metodov nechetkoj logiki v zadachax prognozirovaniya [Integration of neural network algorithms, nonlinear dynamics models and fuzzy logic methods in forecasting problems]. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy` upravleniya = Proceedings of the RAS. Theory and control systems. 2008. №1. Pp. 78-84 (in Russian).
2. Vinogradov G.P. Modelirovanie prinyatiya reshenij intellektual`ny`m agentom [Decision modeling by an intelligent agent]. Programmny`e produkty` i sistemy` = Software products and systems.. 2010. № 3. Pp. 45-51(in Russian).
3. Vinogradov G.P., Kuznecov V.N. Modelirovanie povedeniya agenta s uchetom sub`ektivny`x predstavlenij o situacii vy`bora [Modeling agent behavior taking into account subjective ideas about the situation of choice] // Iskusstvenny`j intellekt i prinyatie reshenij = Artificial Intelligence and Decision Making. № 3. Pp. 58-72 (in Russian).
4. Gorodeczkij V.I. Samoorganizaciya i mnogoagentny`e sistemy`. I. Modeli mnogoagentnoj samoorganizacii [Self-organization and multi-agent systems. I. Models of multi-agent self-

- organization] // *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy` upravleniya = Proceedings of the RAS. Theory and control systems.* 2012. № 2. Pp. 92-120 (in Russian).
5. Gorodeczkij. V.I. Samoorganizaciya i mnogoagentny`e sistemy`. II. Prilozheniya i texnologiya razrabotki [Self-organization and multi-agent systems. II. Applications and development technology] // *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy` upravleniya = Proceedings of the RAS. Theory and control systems.* 2012. № 3. Pp. 102-123 (in Russian).
 6. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ee primenenie k prinyatiyu priblizhenny`x reshenij [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]. M.: Radio i svyaz` = M. : Radio and communication. 1996 (in Russian).
 7. Robert Dilts. Modelirovanie s pomoshh`yu NLP [Modeling with help of NLP]. Izdatel`stvo: Piter = Publish House : Peter. 1998 (in Russian).
 8. Fedunov B.E. Konstruktivnaya semantika dlya razrabotki algoritmov bortovogo intellekta antropocentricheskix ob`ektov [Constructive semantics for developing onboard intelligence algorithms for anthropocentric objects.]. *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy` upravleniya = Proceedings of the RAS. Theory and control systems.* 1998. №5 (in Russian).
 9. Finn V.K. Trinadcat' harakteristik ideal'nogo intellekta [Thirteen characteristics of ideal intellect] Availabe at: <https://stimul.online/articles/science-and-technology/chertovadyuzhina-idealnogo-intellekta-beseda-pervaya-/> Access date 11.19.2019 (in Russian).
 10. Vinogradov G.P. A Subjectve Rational Choice. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series 803 (2017) 012176. DOI: 10.1088/1742–6506/803/1/012176.