

ОБ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ САМООРГАНИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ — СИСТЕМЫ ЗАХВАТА)

А. И. Тимофеев

Научный Центр междисциплинарных исследований МАН (Русская секция), Москва

On Informational Processes of Selforganization (on Example of Technical Model — Uptake System)

A. I. Timofeev

Scientific Centre for Intendisciplinary Research,
International Academy of Science (Russian Section), Moscow

Рассматривается бионический подход к решению одной из актуальных проблем манипуляционной робототехники — обеспечение надежности захвата неориентированных объектов сложных форм. Решение основывается на применении formalizovанных междисциплинарных знаний, в т. ч. биологии — структуры функциональной системы человека — системы захвата, обеспечивающих как детерминирование исходной ситуации, так и прогнозирование надежности захвата (как физическая задача). Раскрываются структура и особенности функционирования информационного инструментария формирования прогноза — важного компонента процессов самоорганизации интеллектуальных систем.

There is shown bionic — like approach for solving of the current manipulating robotics problem — capture reliability problem for capturing non — oriented objects of complex forms. Problem decision is base on application formalizing descriptions of interdisciplinary knowledge, including biology — the structure of human functional system — the gripper system, providing as determination of unknown starting situation and so capture reliability prognosis (as physical task). The structure and possibilities of information tool of forming prognosis are discovered as the important component of self — organization processes of intellectual systems.

Первые результаты междисциплинарных исследований информационных процессов самоорганизации стали возможными после начала научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) — с целью отработки основных узлов и создания модели искусственной «разумной руки», являющейся, в сущности, технической моделью условно вычлененной, функциональной системы человека-системы захвата (рис. 1). Эта модель призвана стать основой решения известной проблемы в манипуляционной робототехнике — обеспечения надежности захвата неориентированных объектов сложных форм — что способствует широкому внедрению робототехники в естественных недетерминированных условиях — как в экстремальных, так и в бытовых, а также и в промышленности.

А сегодня манипуляционные возможности роботов, связанные с необходимостью захвата объектов, как и десятилетия назад, реализуются исключительно в пределах границ заранее созданной (человеком) детерминированной среды.

Кратко напомним сущность проблемы. Известно, что при захвате манипуляционным роботом объек-

та в недетерминированной среде определение априори как сил реакций, так и проекций активных сил (в том числе и силы веса) в точках контакта (в качестве векторных величин) практически неизвестного объекта не представляется целесообразным или возможным, что исключает возможность расчета фактического состояния закрепощения степеней свободы объекта.

К тому же в современной робототехнике в информационном плане приоритетные роли отводятся как числовым методам представления и обработки информации, так и индуктивному методу (по направлению потока информации — от частного к общему). Указанное, по нашему мнению, лишает эту технику возможности оперировать внутренними связями, отношениями элементов захватываемых объектов, их состояниями в системе «АЗУ — объект»; т. е. их признаками как основы обеспечения надежного захвата, что в целом, выражается в недостаточном информационном обеспечении этой техники.

Создание же методов адаптивного управления манипуляционных роботов, к сожалению, до сих пор не завершено для всех звеньев цепей систем управления.

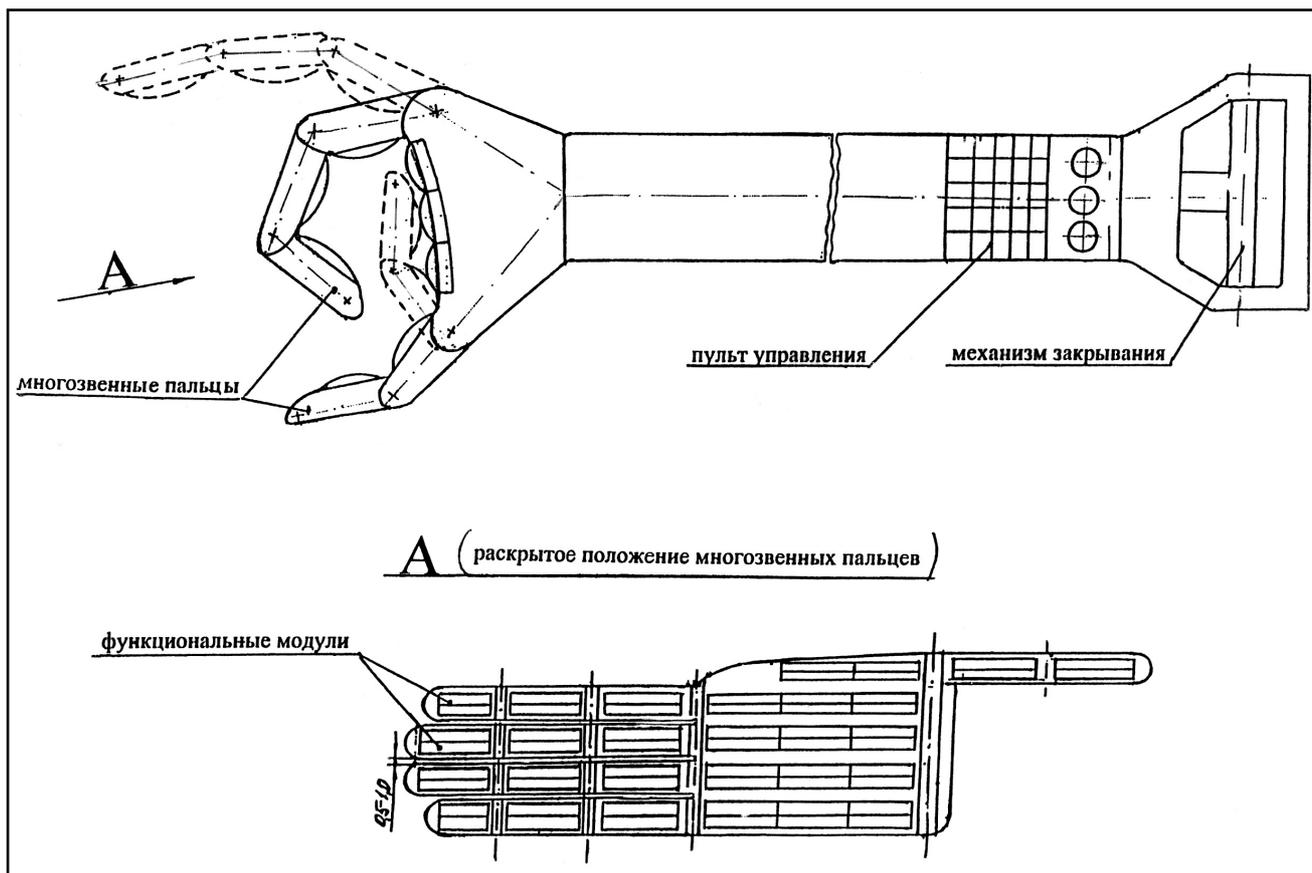


Рис. 1. Модель искусственной «разумной» руки

Так, в последнем звене — в адаптивном захватном устройстве (АЗУ) — отсутствует адаптация к конкретным ситуациям, связанным с взаимодействием различных сил и моментов системы «АЗУ — объект» и проявляющимся, как результат, в различных состояниях равновесия (устойчивое, неустойчивое и т. д.) сил и моментов системы этой системы — как физической сущности этих ситуаций.

В целом, методы управления, успешно применяемые в манипуляционной робототехнике в детерминированных условиях, оказываются неэффективными для недетерминированной среды.

Специалисты по морфологии мозга утверждают, что млекопитающие смогли доминировать среди птиц, рептилий и др. на нашей планете благодаря способности прогнозирования развития ситуаций через оценки будущих событий. Очевидно, что способность человека переходить от примитивных уровней прогнозирования к более высоким, в т.ч. в недетерминированных исходных условиях, способствовала его доминированию среди остальных млекопитающих, создавая существенные преимущества, прежде всего, на поведенческом уровне.

Стратегия решения проблемы

Стратегия поиска решения этой проблемы основывается на бионическом подходе — применении меж-

дисциплинарных знаний — биологии (физиологии человека), а также физики, кибернетики, семиотики, ряда технических дисциплин и т. д. — с одной стороны, и на математическом моделировании — с другой, что предусматривает поиск как новых идей, так и новых методов их реализации с применением технического моделирования:

1. Структуры функциональной системы человека — системы захвата в соответствии с теорией функциональных систем, что проявляется, в итоге, в прогнозировании результата действия в условиях недетерминированной среды с приоритетным применением как метода дедукции, так и нечисловой формы представления и обработки информации (прототип биологической системы — акцептор результата действия).

2. Функциональных принципов двигательного акта руки человека, начиная с целесообразных функций рецепторов пальцев и заканчивая целесообразными функциями головного мозга, выявленных экспериментально и отображающих многогранную деятельность функциональной системы захвата на поведенческом уровне.

В целом, путем моделирования как мыслительных процессов человека на уровне принятия решения, так и моделирования реализации этого решения на поведенческом уровне. Информация обоих уровней отображает, в целом, динамику процессов самоорганизации

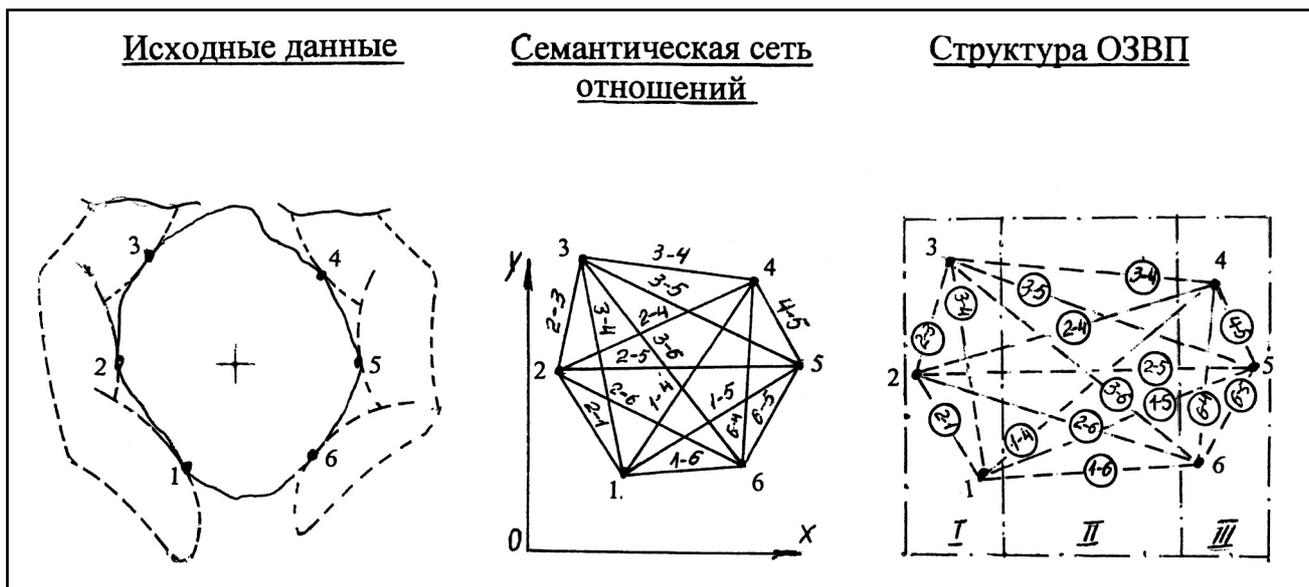


Рис. 2. Геометризация физического пространства и прогноза

(саморегуляции) организма при взаимодействии его с изменяющейся недетерминированной средой в системно-квантовом режиме.

Формализованные описания как междисциплинарных знаний, так и ситуаций в нечисловом представлении информации — состояния фактического закрепощения степеней свободы объекта в недетерминированной среде — с поэтапным переходом семантической (смысловой) части информации из описаний в математические модели, базируются на применении семиотики. Это обеспечивает переход семантической составляющей информации от физической, по существу, задачи в неопределенных исходных условиях к геометрической задаче, но уже в детерминированных исходных условиях (геометризация физического пространства — рис. 2).

Сущность процесса прогнозирования — в формировании тактильного (по происхождению) образа фактических закрепощений виртуальных перемещений объекта (ОЗВП), — образа физической, в сущности, ситуации, а не геометрического образа его формы, с последующим сопоставлением его с универсальным образом полного кинематического замыкания, созданным заранее в качестве достигаемой цели (аналогом устойчивого состояния равновесия сил по принципу Лагранжа), в выявлении и классификации его отклонений на допустимые и недопустимые — основу прогноза надежности захвата.

Решение базируется на применении:

1. Отношений точек контакта между неориентированным объектом и АЗУ, генерирующих связи между относительными безразмерными положениями этих точек в пространстве — с одной стороны, и закрепощением виртуальных (возможных) перемещений объекта как проявление виртуальной реальности — с другой.

2. Применении целесообразных функциональных принципов в качестве критериев достижения функционального паритета технических и биологичес-

ких систем, несмотря на существенные отличия их алгоритмов функционирования, в пределах границ общего класса решаемых задач.

3. Нечисловых форм представления информации (знаковая система) и вспомогательной роли числовой формы.

В основу решений заложена следующая единая 3-х членная семиотическая структура отношений точек контакта как симбиоз семиотики и информатиологии, где информатиология проявляет относительный геометризованный ракурс неизвестной физической ситуации, а семиотика — его смысловую сторону.

1. *Признак* — 1-й член — относительное безразмерное положение точек контакта в пространстве.

2. *Связь* — 2-й член — внутренняя связь между 1-м и 3-м членами структуры на основе формализованных знаний.

3. *Семантика* — 3й член — смысл как результат взаимодействия различных виртуальных сил и моментов в системе «АЗУ — объект» или семантическая составляющая информации.

В итоге, новые идеи по решению проблемы и новые методы их реализации, заимствованные из биологии, «трансформированные» через законы физики и др. дисциплин, возможно представить, наконец, в виде информационных задач, с решениями которых необходимо согласовать и алгоритмы функционирования и конструкции систем управления, механизмов создаваемых технических систем

Некоторые особенности процессов самоорганизации

Междисциплинарные исследования информационных процессов выявили некоторые особенности процессов самоорганизации модели, в частности:

1.	Классификация элементарных событий всех точек контакта (выявление степени принятия их «предложений»).	+	—
2.	Синтез фактического ОЗВП (по классифицированным интегрированным событиям — вкладам точек контакта), как реализация семантических сетей.	—	+
3.	Определение отклонений фактического ОЗВП от образа цели.	+	—
4.	Классификация отклонений поз. 3 принятие прогноза надежности захвата.	+	—

1. Информационный инструментарий формирования прогноза, его состав и функции участников.

2. Дискретный квантовый циклический характер и четыре этапа деятельности инструментария.

3. Сценарий его действия с возможностью определения как вклада каждой точки контакта в ОЗВП, так и неизвестных ранее переменных алгоритмов функционирования и структур исполнительного механизма (АЗУ), адекватных конкретным ситуациям (рис. 3).

4. Связи переменных структур исполнительного механизма (АЗУ) со способами его функционирования (способами захвата объекта).

5. Доминирующую роль метода дедукции по сравнению с методом индукции и т. д.

Технические самоорганизующиеся системы — адаптивные самоприспосабливающиеся системы целенаправленного поведения, способные оценивать ситуации с постановкой текущих задач, с принятием и реализацией решений, и меняющие в автоматическом режиме, при необходимости, как алгоритмы функционирования, так и

свои структуры (в т. ч. структуры исполнительных органов), что проявляется в изменении способов функционирования (в нашем случае — способов захвата объекта), а также их внутренних состояний (степеней жесткости исполнительных органов — в нашем случае).

Например, изучение динамики этих процессов показывает, что, в общем, каждая новая точка контакта генерирует собственный квант (группу, порцию) отличающихся по количеству и качеству информационных событий — отношений этой точки к ранее существовавшим точкам контакта.

В процессе пассивной адаптации к форме и положению неориентированного объекта проявляются неизвестные ранее как фактический алгоритм функционирования, так и фактическая структура участвующих в захвате носителей контактных точек — (фаланг пальцев, рабочих участков ладони), адекватных конкретной ситуации. А результат этого выражается в согласованных движениях пальцев руки, фиксируемых сторонним наблюдателем. Иначе, перевод, в целом, этой информа-

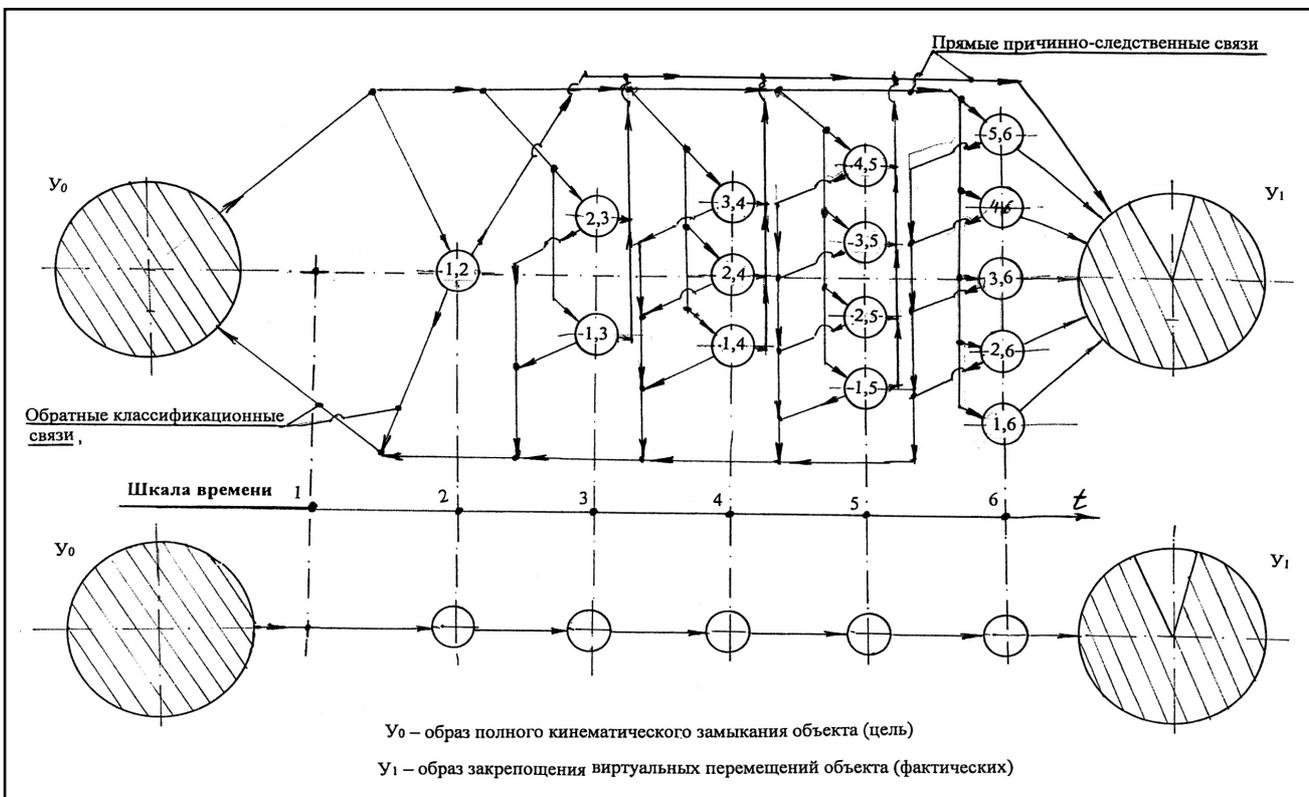


Рис. 3. Сценарий процесса формирования образа закрепощения виртуальных перемещений (ОЗВП)

ции из виртуального (возможного) статуса в статус реальный, статус действительности.

Другая особенность процессов самоорганизации — циклический характер информационного кванта действия как дискретной единицы деятельности, (а результат — как ведущий компонент на всех уровнях этой деятельности) со следующими этапами (рис. 1):

1. Действие — образования новых точек контакта.

2. Результат действия — образование фактического ОЗВП, генерируемого этими точками, как «предложение».

3. Оценка результата действия — степень «принятия» этого ОЗВП как вклада точек контакта в формируемый целостный ОЗВП объекта через классификацию «предложений» методом сопоставления с образом цели. В случае положительного прогноза надежности захвата, эта задача носит статический характер.

При отрицательном прогнозе:

4. Коррекция фактического алгоритма функционирования.

Коррекция предусматривает оценку ситуации с постановкой и реализацией новой текущей задачи по упразднению конкретных недопустимых параметров отклонений ОЗВП объекта от образа цели с выявлением причин этого прогноза и применением функциональной избыточности для передислокации АЗУ. Таким образом завершается цикл процесса самоорганизации с необходимой подготовкой к проведению нового цикла, но уже в других условиях (с возможным изменением как алгоритма функционирования, так и структуры исполнительного органа — носителя будущих контактных точек как генераторов квантов отношений этих точек).

К особенностям процессов самоорганизации следует отнести также и приоритетное применение метода дедукции относительно метода индукции в соответствии с таблицей (см. таблицу).

В результате семиотическая структура отношений выступает в качестве:

1. Реверсивного трансформера семантической составляющей информации между физическим миром — с одной стороны, и геометрическим — с другой, изменяя при этом статус исходной информации — «закрытый» на «открытый» статус для дальнейшего детерминирования среды.

2. Основы обеспечения семиозиса — знакового процесса общения между следующими участниками инструментария информационного прогноза (рис. 3):

1. Информационным массивом (уровень U_0) — отображающего упомянутое идеализированное состояние полного кинематического замыкания объекта — эквивалент устойчивого состояния равновесия всех сил в системе «АЗУ — объект».

2. Информационным массивом U_1 — отображающего формируемый фактический ОЗВП.

3. Информационным переходным процессом формирования ОЗВП и прогноза надежности за-

хвата, связывающим упомянутые информационные массивы U_0 , U_1 и исходную информацию.

Отличительными особенностями информационного инструментария являются:

1. Внутренний язык общения между этими участниками процесса, в качестве базиса которого выбрано отношение точек контакта

2. Обратная классификационная связь, определяющая степень соответствия семантической составляющей любого элементарного события (как предложение) семантической составляющей информационного массива U_0 (как спроса) с последующим присвоением этому событию соответствующих классификационных параметров.

3. Прямая причинно-следственная связь, формирующая (синтезирующая) информационный массив U_1 , отображающий в физическом плане фактическое состояние равновесия всех сил и моментов в системе «АЗУ — объект» в образном представлении.

Последующая обработка информации для формирования прогноза надежности захвата состоит из:

1. Выявления отклонений образных представлений информационного массива U_1 от информационного массива U_0 .

2. Классификации этих отклонений с применением физических законов на допустимые и недопустимые (положительный или отрицательный прогноз).

Проясняется роль и функциональной избыточности — это обеспечение необходимой и достаточной информации для формирования ОЗВП в условиях:

1. Неизбежных потерь семантической составляющей информации при формализованном описании ситуации, в т. ч. и на переходных этапах (аналогично потерям процесса восприятия информации и у человека при его обучении).

2. Минимизации ресурсных затрат (времени, энергии) без изменения исходного положения руки в пространстве (одномоментный захват).

3. В случае отрицательного прогноза надежности захвата — использование резерва незадействованных фаланг пальцев и активных участков ладони как носителей потенциальных точек контакта.

В результате достижение целесообразного функционального паритета технических и биологических систем, ограниченного пределами границ общего класса решаемых задач, свидетельствует и об определенной степени идентичности их информационных процессов самоорганизации как на уровне принятия решения, так и на поведенческом исполнительном уровне с учетом вышеупомянутых их особенностей:

1. Структуры информационного инструментария.

2. Дискретно-квантового характера его деятельности.

3. Приоритета нечисловых форм представления информации и метода дедукции.

4. Детерминирования этих процессов на всех стадиях и этапах обработки информации, с возможностью выявления неизвестных ранее фактического алгоритма функционирования, фактической структуры исполнительного органа (носителя контактных точек), сценария формирования ОЗВП (в условиях как «скрытой», так и «открытой» исходной информации).

5. Функциональной избыточности.

В итоге, в сущности, моделируется одно из замечательных свойств естественного интеллекта — возможность предвидения результата развития цепи событий (результата действия) в неопределенной среде на основе оценки результата взаимодействия (в нашем случае) различных сил в системе «АЗУ — объект», причем эти силы — активные участники событий — остаются неизвестными как векторные величины в течение всего процесса формирования прогноза (условия исходной «скрытой» информации).

Как глаз человека только смотрит на объект, а видит его, т. е. выделяет, отличает от других — мозг, так и рука человека сначала только ощущает объект, а затем, после принятия мозгом решения на основе прогноза надежности (оценки и выявления различных состояний равновесия сил), реализует это решение.

Указанное применено в проекте создаваемой модели искусственной «разумной руки» с антропоморфными пальцами и ладонью матричного типа, предназна-

ченными для безударного захвата неориентированных объектов с обеспечением надежности захвата.

Заключение

Решение упомянутой проблемы совместно с достигнутыми возможностями интеллектуальных роботов позволит будущей новой технике (манипуляционным роботам, а также разнообразным манипуляторам, в т.ч. и с ручным управлением в качестве, например, новых типов протезов для инвалидов рук, инвалидов ног (самообслуживание) и даже с парализованными руками) совершить новый качественный функциональный скачок. Иначе, перейти в неведомую и недоступную ранее трудовую сферу деятельности в качестве непосредственного исполнителя «ручного» и «механизированного» труда в недетерминированных условиях — в естественной среде обитания человека.

Другими словами, манипуляционные роботы приобретают возможность, наконец, вырваться из своей крошечной колыбели — заранее созданной человеком — творцом детерминированной среды — в бескрайние просторы его естественной обители, (в т.ч. неопределенной), чтобы, самостоятельно детерминируя эту среду («открытые» и «скрытые» условия исходной информации) и используя уже достигнутое в робототехнике, встать рядом с ним как в трудовой деятельности, та к и

Литература

1. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональных систем. М., 1980.
2. Кацура Я. Исследование антропоморфной механической руки с индивидуальными приводами на пальцах. Перевод ГПНТБ № 78/42192. Япония, 1978.
3. Судаков К. В. Рефлекс и функциональная система. Новгород, 1997.
4. Савельев С. В. Происхождение мозга. М.: Веси, 2005.
5. Тимофеев А. И. Естественно-научные основы искусственной «разумной руки» как базис манипуляционных роботов нового поколения. Материалы Всероссийской междисциплинарной конференции «Философия искусственного интеллекта». М.: МИЭМ, 2005.
6. Тимофеев А. И. Самоорганизация как одна из функций интеллектуальных роботов. Труды восьмой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности». «Экстремальная робототехника» Санкт-Петербург, 2005. 5. 23—28.
7. Timofiev A. «Self - organization as possible function of intelligent robots». The workshop «Adaptive and Intelligent robots: Present and Future». Institute for Problem in Mechanics, RAS. M. 2005.
8. Тимофеев А. И. Семиотическая основа процессов прогнозирования в неопределенных условиях: Материалы Десятой национальной конференции по искусственному интеллекту. Обнинск: «Физматлит», 2006.