

## ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕОРИИ ОБУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ДВИЖЕНИЯМ

**Резюме.** Автор пропонує новий прикладний напрям штучного інтелекту — біокібергогіку, що пов'язана з вивченням теорії навчання людини рухових дій.

**Summary.** The author suggests new applied direction of artificial intellect — biocyberagogics, connected with studying theory of training of motor actions.

В информационном подходе предполагается, что мозг — это не просто система, это система, осуществляющая переработку информации, и основное ее свойство — это способность использовать нервные процессы как особого рода коды — носители информации, а также способность извлекать “смысл” из этой информации, подвергая коды декодированию или интерпретации. Смысл является системным свойством информационной системы, способной к интерпретации кодовых сообщений.

На каждом этапе процессов обработки информация претерпевает определенные видоизменения, происходит ее кодирование, выделение признаков, фильтрация, распознавание, осмысливание, выработка решения, формирование ответного действия.

Обучение человека движениям при таком подходе можно рассматривать как целенаправленный и систематически осуществляемый процесс создания, совершенствования и реализации моторных программ на основе целостных образов, хранимых в памяти. Моторные программы являются информационными системами сигналов, свидетельствующих о динамике объекта управления, условиях внешней среды и состоянии самой системы управления.

Создание моторных программ — это создание моделей, описывающих внутренний и внешний мир относительно системы управления, а также модель “потребного будущего” [3].

Исходная задача сенсомоторного интеллекта состоит в том, чтобы преобразовать цель организма в двигательную цель и далее в нужное движение тела и его частей. Этот перевод цели в движение невозможен без согласования внешнего пространства (целевого) и пространства конфигураций своей двигательной системы, согласования, проводимого нервной системой [6].

Противоречие в обучении движениям состоит в том, что моторная программа не может быть создана без самого движения, движения не существует без наличия этой программы. При этом программа должна быть по возможности “правильной”, соответствовать желаемому. Решением противоречия является изменение элементарной моторной программы с последующим ее развитием в сторону усложнения. Элементарная программа должна изначально иметь составляющие, близкие к тем, которые будут определять правильность выполнения этого движения в будущем.

При изложении представленного ниже материала будем придерживаться следующего:

- Всякое двигательное действие, которому можно обучить человека, будет рассматриваться с двух сторон — смысловой и физиологической. С точки зрения первой подразумевается решение определенной двигательной задачи,

а с точки зрения второй — работа нервно-мышечного и опорно-двигательного аппарата, реализующих поставленную двигательную задачу.

- Рассматриваются движения, в смысловую или двигательную сторону которых в той или иной степени возможно вмешательство сознания человека.

- В понятие обучения движениям входит необратимость информационных процессов, получаемых с учетом прошлого опыта.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Определим, что представляет собой собственно система управления. По определению, рекомендованному Комитетом научно-технической терминологии Академии наук, следует, что система управления есть система, состоящая из управляющего объекта и объекта управления [15].

При рассмотрении системы управления биологического объекта, в том числе человека, объектом управления следует признать опорно-двигательный аппарат, включающий в себя пассивную и активную части, а управляющим объектом является центральная нервная система. Построение моделей опорно-двигательного аппарата с точки зрения теоретической биомеханики подробно рассматривается в статье В.Н. Селуянова с соавт. [8, 9]. Центральная нервная система осуществляет управление объектом управления посредством процессов выработки и осуществления управляющих воздействий. При этом выработка управляющих воздействий включает сбор, передачу и обработку необходимой информации, принятие решений, обязательно включающее определение управляющих воздействий.

Составляющие блоки системы управления, принимающие участие в целенаправленном движении, имеют различное эволюционное происхождение, различную природу, что проявляется в особенностях при сборе, способах ее переработки, анализе и использовании информации как внутренне, так и внешне по отношению к объекту управления. В этом, вероятно, заключается один из ключевых моментов сложности при ее целостном эмпирическом исследовании и соответственно разработки теории на основе моделирования.

Глубокая дифференциация исследований по проблеме управления движениями биологических объектов на практике привела к тому, что будь-то специалист по биомеханике, физиологии, нейрофизиологии, психологии, математике, каждый из которых так или иначе связан с проблемами управления, говорит не своим языком, используя методы и идеологию своего научного направления.

Это связано с тем, что исследователь всегда находится в определенной интеллектуальной среде, которая создается благодаря определенным понятиям, используемым им в своей научной работе. С этой точки зрения ученый является представителем определенной научной теории, развивая и совершенствуя ее. В этот период он в своей работе пользуется уже разработанным понятийным аппаратом, а также привычным формализованным языком. Естественно, что нет нужды в разработке философских вопросов данной теории. Но при этом ученый никогда не выйдет за пределы того, что заложено в его понятийном аппарате, формализации. Если новая теория не содержит формализации того, что еще не формализовано, то она является только следствием старых теорий. Можно сказать, что степень новизны каждой теории определяется степенью обновления философии по сравнению с предыдущими теориями. Создаваемая теория какого-либо научного направления должна основываться на новом философском подходе, отличном от подхода ее предшественников.

Одно из хорошо разработанных современных философских направлений — аналитическая философия. Главная особенность этого направления состоит в тесной взаимосвязи с логикой и языком. Основателями аналитического движения чаще всего признают Г. Фреге, Дж. Мура, Б. Рассела и Л. Витгенштейна.

Аналитики всегда рассматривали и рассматривают язык в качестве знаковой системы. Тремя разделами семиотики являются семантика, синтактика и прагматика. Семантика изучает значения знаков. Синтактика имеет дело с отношениями между знаками. Прагматика рассматривает отношение к знаковой системе ее пользователей в соответствии с их убеждениями, ценностями (постановка и достижение цели). В аналитической философии конца XX века весьма последовательно рассматриваются все три семиотических аспекта философствования.

Информационный подход определяет возможность использования методов искусственного интеллекта при создании семиотических систем, в том числе и при моделировании управления в живых организмах.

Предположение об использовании подходов и методов искусственного интеллекта к моделированию процессов построения и управления движениями человека определяется тем, что планирование целенаправленных движений является исходной функцией интеллекта. Изучение эволюции развития человека на этапах перехода его к *Homo sapiens* показывает, что предшественником речи как формы сознания яв-

ляется разумное построение двигательных действий [2]. Тем не менее сегодня состояние исследований выявляет ряд проблем, которые создают определенные трудности методологического характера.

**Проблема соотношения эмпирического и теоретического в изучении управления движениями.** Стоит отметить, что при изучении заявленной темы возникает вопрос о соотношении в соответствующих исследованиях эмпирического и теоретического аспектов, что является ключевым вопросом сегодня в естественных науках. Анализ истории изучения системы управления движениями человека показывает, что сегодня практически все работы этого направления являются эмпирическими, касающимися отдельных составляющих системы управления.

При разработке теории управления движениями человека одной из фундаментальных проблем является то, что в преобразовании субъективного феномена намерения и плана в объективный феномен нервно-мышечного управления движением и обучения, а в конечном счете в биомеханическое движение, остается столько же тайн, сколько в обратном преобразовании биомеханического движения путем нервно-мышечного сенсорного анализа в субъективный феномен восприятия [4, 5]. В свою очередь, это ведет к загромождению используемых моделей, отсутствию в них функций памяти, развития и саморазвития, что является неотъемлемой стороной биологических объектов.

Педагогическая наука, которая в вопросе теории обучения и совершенствования двигательного действия опирается на теории построения и управления движениями, моделирования движений биологических объектов, не может быть полностью удовлетворена моделями, описывающими недостаточно полно объект исследования. Соответственно это ведет к отсутствию в настоящее время теоретической основы для синтеза накопленных знаний биологической (проблемы биомеханики, нейрофизиологии) и педагогической направленности (проблем обучения).

До сих пор не было возможности говорить о наличии адекватных моделей, позволяющих изучать систему управления движениями человека как объект обучения [10].

Эмпирические науки и знания занимаются описанием наблюдаемых явлений и объектов, а также созданием определенных классификаций (т. е. описательные науки), в то же время для построения теории необходим язык, позволяющий формализовать эти знания. Для этого нужна математика.

При создании теории кроме собственно накопленной базы эмпирических данных должны

присутствовать два главных аспекта их рассмотрения: философский и математический.

На эмпирическом этапе происходит простое накопление экспериментальных фактов, описываемых с помощью набора понятий, и их классификация. Если предположить, что круг явлений, изучаемых данной дисциплиной, определяется какой-либо сложной системой, то накопление экспериментальных фактов и использование индуктивных методов приведет первоначально к выделению нескольких направлений исследований, каждое из которых имеет своим предметом определенную сторону или аспект явлений. При этом системы понятий, используемые в этих исследованиях, будут скорее всего, различными, что обусловлено применением различных средств оперирования с объектом исследования. Это положение подробно рассмотрено в концепции дополнительности Н. Бора [20].

Эмпирические данные несут на себе неизгладимый отпечаток устройства нашей нервной системы, а так как пространственно-временные понятия заложены в самых нижних этажах нервной системы, все наши ощущения и представления, все продукты нашего воображения не могут выйти за рамки пространственно-временных картин. Для перехода на более высокий уровень познания, преобразования наших ощущений и представлений в абстрактную информацию, для последующего манипулирования с ней необходим соответствующий метасистемный переход, т. е. построение вторичных знаковых моделей действительности [16].

Логика и математика строят возможные миры и делают это настолько эффективно, что представляют в распоряжение эмпирических наук богатейшие ресурсы.

Совсем не обязательно логико-математические миры являются отображениями реальных явлений. Это имеет место только при условии состоявшейся интерпретации, установления взаимно однозначного соответствия между, например, структурами математики и понятиями биологии. В таком случае математические конструкции теряют свою обособленность от биологических явлений и, будучи вовлеченными в новый контекст, приобретают характер биологических понятий (в том числе идеализаций) [7].

Логика и математика в отличие от биологии исследуют не реальные, а воображаемые объекты. В эмпирических науках научное мышление занято уяснением единства общего и единичного. Логике и математике нет необходимости следовать по аналогичному пути поиска соотношения общего и единичного. В этом случае требуется использовать аксиоматический метод. Ак-

сиоматическая система требует задать некоторый язык, используя символы (значки).

Применение готовой теории требует действительно формальных операций, не выходящих за рамки определенного языка. Но создание новой теории — это всегда выход за рамки формальной системы, это всегда метасистемный переход большего или меньшего масштаба [16].

Таким образом, при создании теории обучения движениям человека насущной научной задачей является создание метаязыка описания процессов переработки информации в системе управления движениями человека на основе информационного подхода.

**Проблема моделирования искусственных и естественных объектов.** В исследованиях, связанных с искусственным интеллектом, ученые пошли по пути развития, который определяет, что, занимаясь моделированием интеллекта, не надо думать об устройстве реальных рук, ног, глаз и т. д. Можно просто писать программы для компьютеров, что, несомненно, является более простым и главное легко контролируемым процессом [13]. Однако все наши знания и построенные на их основе теории суть модели действительности, основанные на первичных моделях, каковыми являются данные чувственного опыта. Соответственно отказ от понятия телесности разрывает наработанные эволюцией живого мира цепочки связей, приводящих к возникновению сознания. С этих позиций достаточно спорным выглядит игнорирование вопросов эволюции управления движениями, как мы это видим, например, в исследованиях В.Г. Редько по эволюционной кибернетике [15].

Также подавляющее большинство моделей, в которых происходит перемещение (движение) искусственных объектов, не соотносятся с особенностями конструкции, которые следует модифицировать в ходе обучения движениям этих объектов либо видоизменять в соответствии с новыми двигательными задачами. Другой стороной проблемы соотношения естественного и искусственного является принципиальное различие в подходах при обучении движениям моделей, основанных на технической реализации антропоморфных устройств и нейробионических систем. Эта часть проблемы соотносится с вопросами моделирования сознания, что в дальнейшей перспективе приведет к стиранию различий в технологии обучения движениям в случае решения проблемы моделирования сознания

**Проблема сознания.** Говоря в любых аспектах об искусственном интеллекте, нельзя не коснуться вопроса о философской проблеме сознания. При определении, что такое сознание, сош-

лемся на американского философа Д. Серла [17, 21] По его мнению, сознание — это каузально эмерджентное свойство организма, результат его эволюционного развития. Оно зависит от поведения нейронов в коре головного мозга и, таким образом, каузально редуцируемо к мозговым процессам. Онтология сознания, по Серлу, — это онтология от первого лица, и поэтому в отношении сознания неприменима объективистская модель наблюдения во внешнем мире, результаты которого эмпирическая наука фиксирует с позиций третьего лица.

Существует два типа функционирования мозга ментальные уровни, многие из которых осознаваемые, и нейрофизиологические. Между уровнем интенциональности человека, по Ньюеллу, — “уровнем знания” [20], и различными нейрофизиологическими уровнями существует промежуточный уровень формальной символической манипуляции [11].

Позиция когнитивистов заключается в использовании информационного подхода, основанного на разрабатываемой ими модели переработки информации. Эта модель предполагает, что процесс познания можно разложить на ряд этапов, каждый из которых представляет собой некую гипотетическую единицу включающую набор уникальных операций, выполняемых над входной информацией. Модель переработки информации породила два важных вопроса, вызвавших значительные споры среди самих когнитивных психологов “Какие этапы проходит информация при обработке?” и “В каком виде информация представлена в уме человека?” [12].

Насущной задачей при создании теории управления движениями человека является разработка подхода к выявлению внутренней структуры и организации семиотической составляющей между различными частями иерархической системы управления движениями человека различной модальности, с одной стороны, и между уровнями этой системы управления — с другой.

### Вывод

В рамках возникновения нового прикладного направления искусственного интеллекта — биокiberaгогики, научного направления, связанного с изучением теории обучения человека двигательным действиям [19], проводятся исследования, направленные на разработку программную реализацию и последующее изучение поведения моделей при разработке теории и технологий обучения движениям. Название происходит от греческих слов — bios (жизнь), kybernetike (искусство управления), ago (воспитываю, обучаю).

Объектом биокiberaгогики является модель нервной системы человека, управляющая действием исполнительской системы с достижением заранее заданной цели. Предмет биокiberaгогики — построение абстрактных описаний (моделей) информационных процессов в системе управления движениями человека и выявление закономерностей, законов создания или изменения системы образов (представлений) в головном мозге. Новизна предлагаемого подхода заключается в поиске связи и зависимостей, определяющих особенности мышления человека, и способности обучаться целенаправленным двигательным действиям на основе моделирования управления нервными процессами.

Среди основных вопросов, касающихся нового научного направления — биокiberaгогики, можно выделить следующие:

- Условия, особенности, закономерности формирования и эволюционирования моторных программ в процессе обучения?

- Каковой могла бы быть структура памяти в базе знаний? В каком виде могут записываться данные (образы) в память и принципы целенаправленного воздействия и контроля за ними в процессе обучения?

- Что составляет базу знаний моторных программ, как в нее включаются категории, понятия и отдельные образы? Каковы семиотика и семантика образования базы знаний?

- Какова степень надежности и устойчивости функционирования моторных программ в различных условиях? Каковы степень и особенность воздействия различных систем жизнедеятельности на функционирование моторных программ?

Построение абстрактных моделей в биокiberaгогике на основе изложенного выше материала определяет некоторые условия, которым должна отвечать модель на стадии разработки.

1. Система управления представляет собой иерархию определенным образом организованных подсистем.

2. Уровни иерархии формируются в ходе развития модели.

3. Каждый уровень иерархии обладает собственным информационным полем, включаемым в том числе и выработку индивидуального языка описания.

4. Обработка информации происходит последовательно-параллельно на каждом уровне иерархии на основе использования семантических признаков.

5. Возможность изменения конструкции системы в зависимости от особенностей функционирования системы управления.

6. Управление движением должно происходить с учетом неполной информации и неопределенности данных.

Инструментарий при разработке и построении моделей системы управления движениями человека выбирается на основе разделов общей науки об открытых, неоднородных, развивающихся искусственных системах [14].

1. Общая теория проектирования и производства искусственных систем.

Системы виртуальной реальности (VR-системы) преобразуют пользователя в виртуального субъекта, способного совершать в виртуальном мире действия, которые нельзя выполнить в реальном мире.

2. Общая теория управления сложными искусственными системами.

Мягкие вычисления. В последнее время наиболее популярной схемой мягких вычислений стали нечеткий регулятор, нейронная сеть, генетический алгоритм.

Нечеткие системы (регуляторы). Математический метод позволяет описывать правила функционирования системы на качественном уровне — на естественном языке, используя критерии “близко — далеко”, “хорошо — плохо”, “много — мало”, “быстро — медленно” и т. д. [22].

Генетические алгоритмы (ГА) — это алгоритмы оптимизации и машинного обучения, основанные на биологической аналогии и имитирующие некоторые механизмы процесса эволюции.

Нейронные сети (НС) — структура для обработки когнитивной информации, основанная на моделировании функций мозга.

Первые попытки использования теории нейронных сетей применительно к моделированию процесса обучения двигательным действиям в спорте уже сделаны [18]. Также показана перспективность использования гибридных интеллектуальных систем при моделировании нейробионических иерархически саморазвивающихся систем при создании модели сохранения равновесия многозвенного перевернутого маятника с упругими тягами [1].

1. *Аверкин А.Н., Денщикова Е.В., Шестаков М.П.* Моделирование процесса управлений в сложных биомеханических системах на основе нейронечетких комплексов // Труды конф. по искусственному интеллекту — М.: Физмалит, 2002. — С. 264—274.

2. *Бернштейн Н.А.* О ловкости и ее развитии. — М.: Физкультура и спорт, 1991 — 288 с.

3. *Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии двигательной активности. — М.: Наука, 1966.

4. *Грязнов А.Ф.* Предисловие к публикации // Д. Серл. Открывая сознание заново. — М.: Идея-Пресс, 2002. — 256 с.

5. *Даукс Р.* Наука о моторике перед лицом кризиса? // Теория и практика физ. культуры. — 1995. — № 5. — С. 57—63.

6. *Интеллектуальные процессы и их моделирование. Пространственно-временная организация.* — М.: Наука, 1991. — 240 с.
7. *Канке В.А.* Основные философские направления и концепции науки. — М.: Логос, 2000. — 320 с.
8. *Редько В.Г.* Эволюционная кибернетика. — М.: Наука, 2001. — 156 с.
9. *Селуянов В.Н. с соавт.* Биомеханизмы как основа развития биомеханики движений человека (спорта) // Теория и практика физической культуры. — 1995. — № 7. — С. 6—10.
10. *Селуянов В.Н., Шестаков М.П.* Физиология активности Н.А. Бернштейна как основа теории технической подготовки в спорте // Теория и практика физ. культуры. — 1996. — № 11.
11. *Серл Д.* Открывая сознание заново. — М.: Идея-Пресс, 2002. — 256 с.
12. *Солсо Р.Л.* Когнитивная психология / Пер. с англ. — М.: Тривола. — М.: Либерия, 2002. — 600 с.
13. *Стефанюк В.Л.* Предисловие // Реальность и прогнозы искусственного интеллекта — М.: Мир, 1987. — 248 с.
14. *Тарасов В.Б.* От искусственного интеллекта к искусственной жизни: новые направления в науках об искусственном // Новости искусственного интеллекта. — 1995. — № 4. С. 93—118.
15. *Теория управления. Терминология.* Вып. 107. — М.: Наука, 1988. — 56 с.
16. *Турчин В.Ф.* Феномен науки. Кибернетический подход к эволюции. 2-е изд. — М., 2000. — 368 с.
17. *Холтон Дж.* Эйнштейновская модель построения научной теории // Холтон Дж. Тематический анализ науки. — М.: Наука, 1981. — С. 20—163.
18. *Шестаков М.П.* Управление технической подготовкой спортсменов с использованием моделирования // Теория и практика физ. культуры. — 1998. — № 31. — С. 51—54.
19. *Шестаков М.П.* Искусственный интеллект в спортивной науке XXI века // Теория и практика физ. культуры. — 2000. — № 7.
20. *Newell, A.* Knowledge Level // Artificial Intelligence. 18:87—127. — 1982.
21. *Searl J.* Minds, brains and programs // Behavioral and Brain Sciences. — 1980. — N 3. — P. 417—457.
22. *Zadeh L.A.* Fuzzy sets // Information and Control. — 1965. Vol. 8. — P. 338—353.