

## ЭМОЦИИ РОБОТОВ

В.Э. Карпов (*karpov\_ve@mail.ru*)

НИИ Информационных технологий, г.Москва

В работе рассматривается реализация механизма эмоций мобильного робота на базе гибридной нейро-продукционной системы, описывается влияние эмоций на поведение робота. В модели реализованы обобщенные отрицательные и положительные эмоции, причем основной акцент сделан на влияние отрицательных эмоций.

### Введение

Эмоции, наряду с темпераментом, являются одними из основных механизмов оценки психологических особенностей поведения человека и высших млекопитающих. Интересен вопрос, насколько применимы эти термины к описанию поведения технических систем, оценке их состояния и возможностям управления. Являясь прерогативой прежде всего психологической науки, эмоции, тем не менее, как объект исследований, давно заняли важное место в искусственном интеллекте и робототехнике.

О роли эмоций в процессе рассуждений, о наличии эмоциональных правил говорится еще в [Поспелов, 1989], а в [Гаазе-Рапопорт и др., 1987] приводится описание модели личности, поведение которой основывается во многом на эмоциональных оценках. Более того, в [Фоминых, 2006] и в [Фоминых, 2007] предлагается не только формальный механизм описания эмоций и их классификация, но и алгебра эмоций. Иными словами, с теориями эмоций (доведенных до формализма) в ИИ дело обстоит весьма успешно.

В робототехнике же картина совсем иная. С одной стороны, в современной робототехнике имитация эмоций и иных психических процессов - достаточно широко разрабатываемое направление. Однако основная задача этих исследований заключается в создании эффективного человеко-машинного интерфейса, комфортной среды общения. Иными словами, речь в основном идет именно о внешней имитации психических процессов. Одним из таких наиболее известных исследований является японский проект СВ2 (университет г.Осака). Созданный человекоподобный робот (в виде ребенка) обладает весьма богатой мимикой и способностью разнообразно реагировать на внешние раздражители. Но все это - лишь внешняя имитация.

Несколько утрируя, можно сделать вывод о том, что ИИ интересуют эмоции прежде всего как внутренние процессы, а робототехника занимается в основном внешними проявлениями эмоций (точнее, внешнем отражении эмоциональных состояний). И в том, и в другом случае до реального эмоционального поведения обычно дело не доходит.

В этой работе мы будем говорить не о внешней, имитационной стороне эмоций, а об их внутреннем, «техническом» содержании, но не в «ИИ-смысле», а интересуясь прежде всего поведенческой составляющей эмоций. Начнем, как водится, с некоторых определений.

## Эмоции

Эмоции (лат. *emovere* – возбуждать, волновать) – состояния, связанные с субъективной оценкой значимости для индивида действующих на него факторов, оценочное отношение к существующим или возможным ситуациям или поведению. У человека эмоции порождают переживания удовольствия, неудовольствия, страха, робости и т.п., играющие роль ориентирующих субъективных сигналов. Важно, что в отличие от **чувств**, эмоции не имеют объектной привязки: они возникают по отношению к ситуации в целом.

Разумеется, эмоции относятся к психическим процессам человека и высших позвоночных. Имеет ли смысл говорить об эмоциях применительно к такому, вообще говоря, примитивному объекту, как робот? Видимо, да, т.к. дальше речь будет идти об имитации роботом **сложных поведенческих актов** и сложных входных сигналов. Причем сложными являются и те, и другие, поскольку это модель, и задаются в уже готовом виде, а не реализуются детально естественным путем. Очевидно, что когда мы говорим о том, что субъект «видит» препятствие, то подразумевается наличие очень сложного процесса обработки визуальной информации. Здесь же, у робота, мы имеем простой сигнал, выдаваемый, скажем, дальномером, причем этот сигнал поступает сразу в систему управления высокого уровня. То же самое касается и сложных действий – вместо сложного многоуровневого управления защитной реакцией организма, робот просто реализует заложенную программу избегания препятствий. Поэтому в определенном смысле рассматриваемые ниже модели оперируют именно высокоуровневыми реакциями и стимулами, что позволяет на этом уровне включать в рассмотрение некоторые психические процессы и явления.

**Теории эмоций.** Практически все теории эмоций сводятся к тому, что эмоциональное чувство возникает в результате сопоставления субъектом желаемых и достигнутых результатов действия. Не останавливаясь на обзоре многочисленных теорий эмоций, выберем в качестве основы

**потребностно–информационную теорию** эмоций П.В. Симонова [Симонов, 1982]. Эта теория постулирует, что эмоция является отражением мозгом человека и животных какой-либо актуальной потребности (ее качества и величины) и вероятности ее удовлетворения. Последнюю мозг оценивает на основе генетического и ранее приобретенного индивидуального опыта. В общем виде соотношение этих факторов описывается формулой:

$$\mathcal{E} = f(\Pi, p(I_n, I_c)) \quad (1)$$

Здесь  $\mathcal{E}$  - эмоция, ее степень, качество и знак;  $\Pi$  - сила и качество актуальной потребности;  $p(I_n, I_c)$  - оценка возможности удовлетворения потребности на основе врожденного и приобретенного опыта;  $I_n$  - информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения потребности;  $I_c$  - информация о существующих средствах, ресурсах и времени, которыми реально располагает субъект в данный момент времени.

Это – сугубо качественная формула, лишь иллюстрирующая принцип формирования положительных или отрицательных эмоций различной силы.

Итак, рассмотрим далее эмоции с двух сторон: эмоции, как индикатор состояния робота и эмоции, как усилитель мотивации и как фактор, оказывающий влияние на поведение робота.

### Задача

Определим следующую модельную задачу. Пусть имеется мобильный робот и среда его обитания – полигон. Полигон – это ограниченная стенками область, в которой расположено некоторое количество предметов-препятствий. Вокруг этих препятствий на поверхности полигона имеются зеленые («корм») и темные («опасность») пятна, рис. 1.

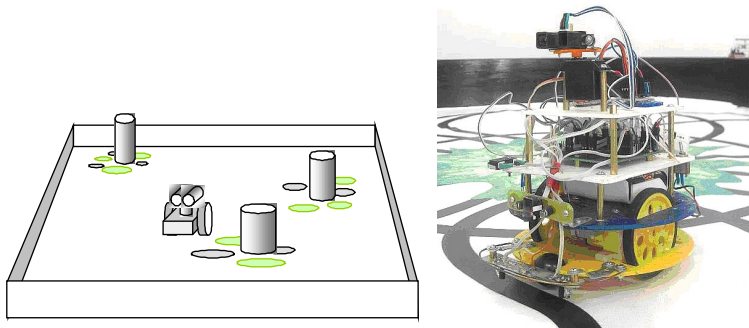


Рис.1. Среда обитания робота (условно) и внешний вид робота

С течением времени робот начинает испытывать «чувство голода». «Голод» утоляется, когда робот находится на зеленом пятне. При этом робот должен избегать темных участков. Для него это - неблагоприятный фактор. Кроме того, неблагоприятным (опасным) фактором считается приближение робота к препятствиям. Чем ближе робот находится к препятствию, тем сильнее чувство опасности (дискомфорт). Задача заключается в том, чтобы робот вел себя как можно более целесообразно, минимизируя свой дискомфорт. Целесообразное поведение выглядит так: если робот «сыт», то он избегает препятствий, если голоден, то он идет искать пищу, невзирая на стремление находиться на открытом месте.

Робот оснащен дальномером для определения расстояния до препятствия и датчиком цвета поверхности, различающим белый (светлый), черный и зеленый цвета. Это - его сенсорика. Действия, совершаемые роботом, являются, с точки зрения системы управления, высокоуровневыми, т.е. сложными поведенческими актами: «убегать от препятствия», «идти к препятствию», «избегать темных участков», «питаться». Эти действия реализуются т.н. «моторными программами» с помощью бортового контроллера ([Карпов, 2007]).

Рассмотрим далее некоторые модели, задающие такое целесообразное поведение робота.

### Модель 1. Продукционная система

На рис.2 схематически представлены правила поведения робота.

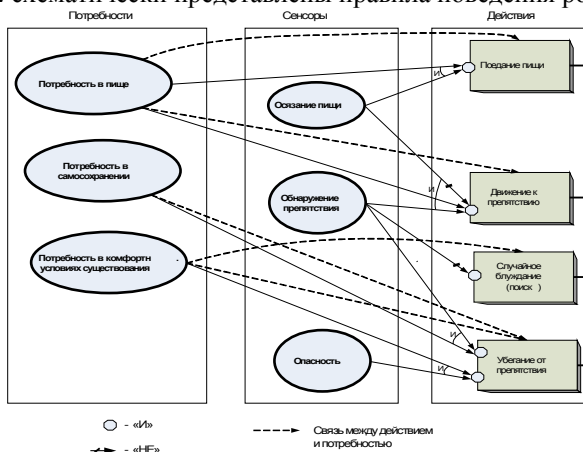


Рис.2. Правила поведения

Не будем пока обращать внимание на пунктирные связи. Они будут введены несколько позже.

Пусть значения всех входных сигналов (в т.ч. - сигналов от датчиков) нормируются к значению на отрезке [0..1]. Будем описывать модель поведения в терминах коэффициентов определенности (КО), принятых в хорошо известной классической MYCIN-подобной продукционной модели. Подобного рода модели достаточно эффективно описывают поведение простых систем.

Обозначим априорный вес (значимость, приоритетность), приписанный правилу, через  $\omega_R$  (КО правила). Тогда результирующий КО заключения определяется как произведение  $\omega_R$  на КО посылки  $\omega_c$ :

$$\omega = \omega_c \omega_R.$$

Будем считать, что механизм вычислений КО не использует биполярные шкалы (биполярные шкалы удобны в экспертных системах, но не обязательны в нашей задаче).

Итак, отрицание может определяться как обратная величина ( $-\omega=1-\omega$ ), операции логического *И* и *ИЛИ* сведутся к вычислению минимума и максимума соответственно, а с подтверждающими правилами (или подтверждающими посылками) поступаем естественным образом:

$$\omega_{12} = \omega_1 + \omega_2 - \omega_1 \cdot \omega_2$$

Таковым правилом в нашей схеме является, например, правило убегания от препятствия, которое имеет два подтверждающих условия:

Если «Потребность в самосохранении» и «Обнаружено препятствие», то  
«Убегать»

и

Если «Потребность в комфортных условиях» и «Обнаружена опасность», то  
«Убегать»

**Введение эмоциональной составляющей.** Следующий шаг заключается в том, что в приведенной схеме с каждым действием связывается некоторая **потребность** (пунктирные линии на схеме). Повторим, что рассматриваются сложные действия, комплексы, целые поведенческие акты. Их составляющие, в свою очередь, могут иметь дело с потребностями нижнего уровня.

Представим оценочную формулу (1) в следующем виде:

$$\mathcal{E} = \Pi \cdot (\Pi_c - \Pi_n) \quad (2)$$

Здесь по-прежнему  $\mathcal{E}$  - эмоция;  $\Pi$  - потребность,  $\Pi_n$  - информация о средствах, необходимых для удовлетворения потребности,  $\Pi_c$  - информация о ресурсах, которыми реально располагает робот.

Каждая вершина-действие характеризуется некоторой величиной активности  $a_i$ , (в терминах MYCIN-модели - КО заключения), т.е. в каждый момент времени существует вектор активности вершин действий

$$A = (a_1, \dots, a_n),$$

где  $n$  - количество действий робота.

Величина  $a_i$  играет роль  $I_c^i$  - оценки наличия существующих средств; величина  $I_n$ , характеризующая наличие необходимых средств для удовлетворения потребности, может быть определена как оценка посылки или условной части соответствующего правила.

Рассмотрим, например, правило для выполнения действия «Поедание пищи»:

Если «Потребность в пище»( $P_n$ ) и «Осязание пищи»( $S_n$ ), то «Поедание пищи»( $a_n$ )

Или:

$$P_n \text{ и } S_n \rightarrow a_n$$

Здесь величины «Потребность в пище» и «Осязание пищи» оцениваются значениями  $P_n$  и  $S_n$  соответственно (КО посылок). Величина выходной активности правила  $a_n$  может быть определена как  $a_n = \min(P_n, S_n)$

Итак,  $a_n$  представляет собой *прогностически необходимую* активность действия, т.е. величину  $I_n^i$ . Однако *фактическая* активность правила  $a_n^\phi$  может не совпадать с  $a_n$ , т.к. робот (примем такое допущение) может выполнять лишь одно из нескольких действий в данный момент времени (скажем, либо убежать, либо питаться). В простейшем случае после формирования вектора  $A$  в нем выбирается элемент с максимальным значением  $a_k$ , т.е. робот выберет действие  $k$ . В этом случае формируется вектор фактических действий  $A^\phi = (a_1^\phi, \dots, a_n^\phi)$ . Здесь

$$a_i^\phi = \begin{cases} 1, & \text{если } i = k \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$$

Тогда для каждого действия  $i$  определяется его *эмоциональная оценка*

$$\mathcal{E}_i = P_i (a_i - a_i^\phi)$$

Общее эмоциональное состояние робота  $\mathcal{E}$  определяется как

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i$$

Т.е. здесь эмоции действительно относятся, как было отмечено выше, ко всей текущей ситуации в целом. С другой стороны, величины  $\mathcal{E}_i$  носят характер «локальных», «частных» эмоций. Таким образом, к действиям привязаны как потребности, так и эмоциональные оценки.

Итак, мы получили механизм эмоциональной оценки состояния робота. Отметим особо, что здесь эмоции как таковые привязываются именно к *действию*, а не к *потребностям*. Повторим, что полученная схема позволяет лишь оценивать эмоциональное состояние системы, поэтому следующий вопрос заключается в том, как эмоции могут влиять на *поведение* робота.

## Модель 2. Нейро-продукционная система

Для реализации механизма влияния эмоций на поведение системы изменим продукционную схему, введя в нее ряд дополнительных нейроподобных и служебных элементов. На рис.3. представлена полученная гибридная нейро-продукционная система.

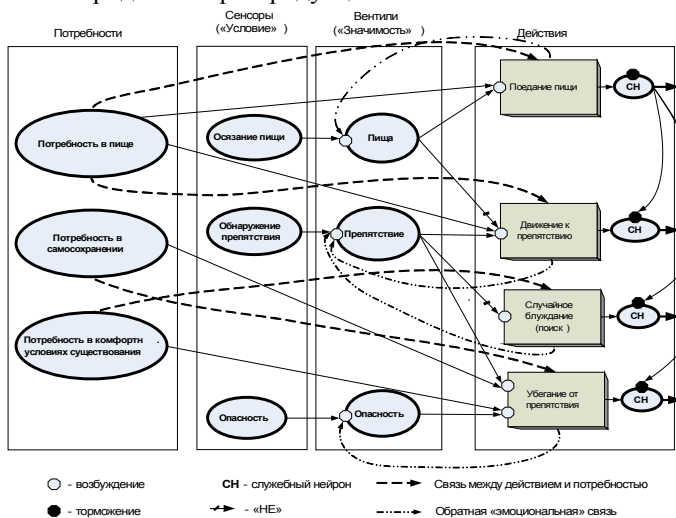


Рис.3. Нейро-продукционная система

Обоснование для введения нейроподобных элементов заключается в том, что рассматривается поведение робота в реальном физическом мире. Как входные сигналы, так и действия робота развернуты во времени, причем существенными являются естественная инерционность протекающих процессов. В этом смысле нейрон является прежде всего удобной элементной базой для описания этих процессов.

В качестве базовых нейроподобных элементов мы возьмем лишь генератор и некий «упрощенный нейрон». Функция генератора - создавать импульсации, частота которых пропорциональна величине сигнала от сенсора или соответствующей потребности. Основные же нейроны образуют две группы - группу вентилялей и выходную группу. Входами

вентильных нейронов являются сигналы от генераторов сенсоров, а также сигналы эмоций, вырабатываемых правилами-действиями. Именно в этом и заключается реализация механизма эмоций, как управляющих воздействий (обратная эмоциональная связь). Величина этой обратной эмоциональной связи определяется неким коэффициентом (КЭ).

Задача нейронов выходной группы (служебных нейронов) - естественным образом стабилизировать выходной вектор. Дело в том, что в каждый момент времени наш робот совершает лишь одно действие. Сигнал с выхода каждого служебного нейрона поступает на вход торможения остальных нейронов группы, подавляя их активность. О роли этих нейронов мы поговорим позже, а сейчас рассмотрим кратко структуру нейронов.

**Нейрон.** Упрощенный нейрон, в отличие от большого пирамидного нейрона, см. рис.4., содержит только входы возбуждения и торможения.

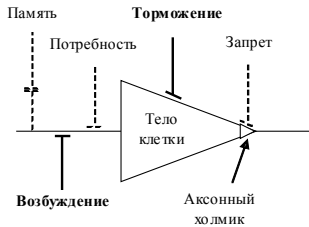


Рис.4. Структура большого пирамидного нейрона

Мы не будем останавливаться подробно на структуре нейрона (описание его приведено, например, в [Вальцев и др., 1999], [Valtzev et al., 1996], [Карпов и др., 2009]). Отметим лишь следующее. Состояние нейрона в любой момент времени характеризуется его потенциалом  $\varphi$  и порогом  $\psi$ . Потенциалы, привносимые всеми входами, кроме запрета, суммируются в общий потенциал нервной клетки. Когда потенциал превышает пороговое значение, нейрон генерирует импульсы с частотой

$$\omega = \Omega \Delta \varphi + \Omega_0,$$

где  $\Delta \varphi = \varphi - \psi$ ,  $\psi$  - порог нейрона.

**Потенциал** нейрона описывается следующим образом:

$$\varphi_n(t) = \varphi_{n0} - (\varphi_n(t_0) - \varphi_{n0}) \frac{1}{\alpha_{\varphi_n}} e^{-(t-t_0)}$$

где  $n=1..5$  – индексы входов памяти, регуляции, возбуждения, торможения и запрета соответственно,  $\alpha_{\varphi}$  - коэффициент затухания.



Как уже говорилось, из всего многообразия входов были оставлены два: вход торможения и возбуждения.

При подаче нейроимпульсации на **вход торможения** внутренний потенциал клетки уменьшается на величину  $I_i$ . Импульс, приходящий на **вход возбуждения**, одновременно повышает потенциал нейрона на величину

$$I_E = I_{E_{\max}} \cdot \left(1 - \frac{\varphi_n}{(\psi_0 - \varphi_0) \cdot q}\right),$$

где  $I_{E_{\max}}$  - максимальное значение инкремента потенциала,  $q$  - коэффициент, устанавливающий предельное значение потенциала от порога, выше которого потенциал подняться не сможет.

## Эксперименты

Экспериментальный базис представлял собой минибота (мобильную тележку, оснащенную датчиками) и управляющий компьютер, на котором была реализована нейро-продукционная система управления (СУ). Причем входными данными для СУ были реальные сигналы от датчиков робота. Робот, в свою очередь, обрабатывал управляющие команды основной моделирующей программы. Робот и ЭВМ были связаны каналом связи (BlueTooth). Реализация управляющей программы на центральной ЭВМ была связана исключительно с вопросами удобства интерфейса экспериментатора. На самом деле ресурсов контроллера робота вполне хватало для реализации нейро-продукционной СУ.

Прежде, чем мы рассмотрим результаты проведенных экспериментов, обратимся к некоторым аспектам эмоций с точки зрения психологии. В психологии выделяется большой спектр функций, присущих эмоциям, их роли в поведении человека. Например, в [Ильин, 2007] выделяются такие роли и аспекты эмоций (рассмотрим лишь некоторые): *отражательно-оценочная роль эмоций* (средство определения значимости тех или иных условий для удовлетворения своих потребностей); *мотивационная роль эмоций* (оценка значимости внешнего раздражителя); *эмоции как сигнал о появившейся потребности* (отражательно-оценочная роль эмоций в их связи с потребностями, как внутренних стимулов); *эмоции как способ маркировки значимых целей* (субъект действует не с самими потребностями, а с теми предметами, которые им отвечают - целями); *эмоции как механизм, помогающий принятию решения* (замещение информации, недостающей для принятия решения, оценка будущих событий) и проч.

Мы намеренно отказываемся от формального (например, в смысле работ И.Б. Фоминых) описания эмоциональных аспектов, т.к. нас интересует прежде всего качественная сторона этого вопроса,

неформальное, понятийное сопоставление результатов экспериментов с психологическими феноменами.

**Предварительные замечания к структуре СУ.** Очевидно, что полученная система нелинейна. Кроме того, выходные сигналы правил-действий, поступающие на вход вентильных нейронов, образуют контуры положительной обратной связи (ПОС). Далее, структура входящих в состав системы элементов такова, что мы имеем дело с временными задержками. Задержки, нелинейность, ПОС - все это приводит к тому, что в системе неизбежно образуются сложно формализуемые процессы, в частности - колебательные. По сути дела, все наши дальнейшие рассуждения будут посвящены описанию протекающих в этой системе процессов, причем как на уровне имитационного моделирования, так и реального управления технической системы. Конечно, здесь не помешал бы строгий математический анализ, однако он выходит за рамки данной работы.

**Режим автогенераций.** Введение эмоций в контур ПОС приводит к тому, что в системе начинаются колебательные процессы. Период колебаний зависит, в частности, от коэффициента эмоциональности (КЭ): при уменьшении этого коэффициента частота колебаний увеличивается.

На рис.5 представлена конфигурация системы, в которой наблюдаются такого рода колебания: робот пытается то есть, то убежать от опасности. В этой схеме потребности в еде ( $P_{FOOD}$ ) и в самосохранении ( $P_{SAVE}$ ) максимальны и равны 1. При этом робот видит как еду (сенсор «Пища»  $S_{FOOD}=0.45$ ), так и стену (сенсор «Стена»  $S_{WALL} = 0.65$ ).

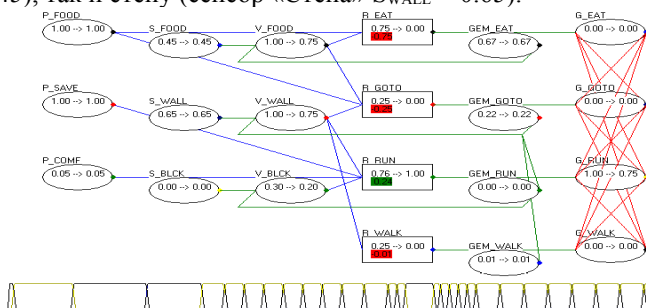


Рис.5. Рабочая конфигурация системы и графики активностей выходных нейронов

Причины возникновения колебаний качественно выглядят так: когда робот видит стену и обрабатывает маневр убегания, увеличивается отрицательная эмоция, связанная с действием «Питаться». Сигнал от соответствующего генератора эмоций ( $GEM_{EAT}$ ) поступает на вентиль оценки значимости сенсора «Еда». Значимость сенсора возрастает и срабатывает поведенческое правило «Питаться». Это в свою очередь

приводит к появлению отрицательной эмоции, связанной с действием «Убегать» и процесс повторяется.

**Шум.** Датчики реальной системы неизбежно шумят. Шум в 10-20%, увы, может считаться нормальным явлением. Но оказывается, что при определенных соотношениях между уровнем шума и коэффициентом эмоциональной связи могут возникать любопытные явления. На рис.6 изображена ситуация, при которой робот видит стену (сенсор «Стена», сигнал 0.05) и темное пятно (сенсор «Пятно», сигнал 0.3). Здесь робот должен или убежать от стены (пятна), или гулять (т.к. значения раздражителей все-таки малы).

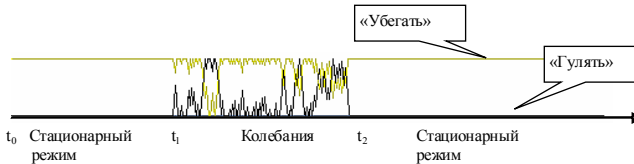


Рис.6. Шум и эмоции

До момента времени  $t_1$  коэффициент эмоций  $KЭ = 0$ , шумов нет ( $Ш=0$ ) и робот находится в стационарном режиме - совершается действие «Убегать». На отрезке  $t_1-t_2$  вводится шум ( $Ш=0.2$ ). Эмоций нет ( $KЭ=0$ ). Здесь возникают колебания. Робот пытается то гулять, то убежать. Однако стоит ввести эмоциональную связь ( $KЭ = 0.5$ ), как робот вновь переходит в стационарный режим - совершает действие «Убегать».

Все это, конечно, не так однозначно. На рис.7. показано, как прекращаются и вновь возникают колебания в зависимости от величины эмоциональной связи.

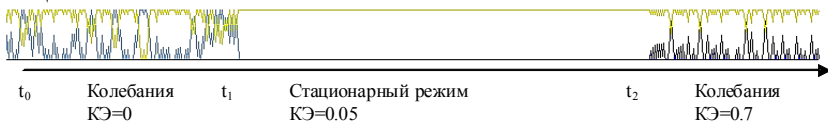


Рис.7. Зависимость колебательного процесса от силы эмоций ( $KЭ$ )

Здесь шум постоянен, а меняются эмоции: до момента  $t_1$   $KЭ = 0$  (колебания), на отрезке  $t_1-t_2$   $KЭ = 0.05$  (стационарный режим), а после  $t_2$   $KЭ = 0.7$  и вновь возникают колебания.

**Режим насыщения и «встряхивание» сети.** Наличие ПОС приводит к тому, что элементы начинают работать в режиме насыщения и в некоторых ситуациях система перестает реагировать на изменения внешних сигналов. Кроме того, становится критичным то, каким было состояние системы в предыдущие моменты времени.

Одним из подобного рода ситуаций является своего рода «встряхивание» системы. Здесь «встряхивание» осуществляется шумом. Кстати, подобное «встряхивание» в практике ИНС - это весьма распространенный механизм, который выводит систему из локального экстремума (то, что в теории ИНС называется «параличом» сети).

**Фантомные сигналы.** Речь идет о *компенсаторной* функции эмоций. Рассмотрим ситуацию, в которой роботу вновь приходится выбирать действие - либо принимать пищу, либо убежать (робот видит стену и видит пищу). При этом все потребности максимальны и равны 1. На рис.8 изображена ситуация, при которой робот меняет свое поведение зависимости от сигналов датчиков и значения КЭ.

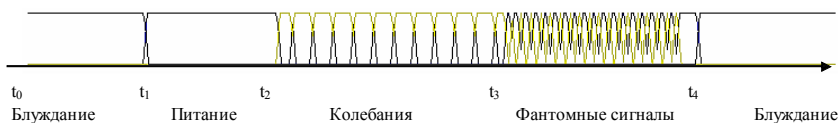


Рис.8. Появление фантомных сигналов

Описание параметров процесса сведено для удобства в Табл.1.

Табл.1. Параметры процесса

| Время       | Сенсоры                 | КЭ  | Действие                        |
|-------------|-------------------------|-----|---------------------------------|
| $t_0-t_1$   | «Пища»=1, «Стена» = 0   | 0   | Блуждание                       |
| $t_1-t_2$   | «Пища»=1, «Стена» = 0.2 | 0   | Прием пищи                      |
| $t_2-t_3$   | «Пища»=1, «Стена» = 0.2 | 0.2 | Колебания: прием пищи-убегание  |
| $t_3-t_4$   | «Пища»=1, «Стена» = 0   | 0.2 | Колебания: прием пищи-убегание. |
| После $t_4$ | «Пища»=1, «Стена» = 0   | 0.2 | Блуждание                       |

Интересно то, что на интервале  $t_3-t_4$  робот уже не видит стены, однако колебания продолжают (будто стена еще есть). Это и есть реакция на «фантомный» сигнал. Далее эти колебания прекращаются, и система вновь переходит в стационарный режим.

**Выходные нейроны как фильтр.** Если ограничиться лишь выходными сигналами от решающих правил, то мы получим высокочастотные колебания, такие, как изображены на рис.9.

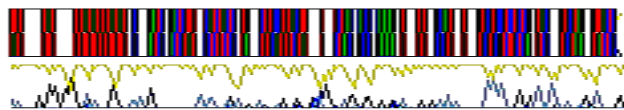


Рис.9. Выходные сигналы. Вверху - выходы решающих правил, внизу - соответствующие им выходы служебных нейронов

В этом смысле служебные нейроны выходной группы играют роль своеобразного фильтра низких частот, см. нижний график на рис.9.

Введение же обратных тормозящих связей нейронов этой группы приводит к уменьшению времени релаксации системы.

**Отражательно-оценочная роль эмоций.** Введение эмоциональной связи бывает полезным и в стационарных режимах. В одном из экспериментов возникла ситуация, при которой потребность в еде была максимальна (робот «голоден») и при этом робот обнаружил пищу (правило «Питаться»). Вместе с тем робот не видел препятствий, и поэтому также было актуально правило «Гулять». Характерно, что превалирующим правилом в данной конфигурации является именно «Гулять» (это видно из структуры сети), поэтому голодный робот вместо приема пищи занимался случайными блужданиями. Однако стоило ввести ненулевой коэффициент эмоциональной связи, как большие отрицательные эмоции («хочется есть, а приходится гулять») привели к тому, что потенциал возбуждения правила «Питаться» оказался выше потенциала правила «Гулять». На рис.10 приведен реальный график такой ситуации.

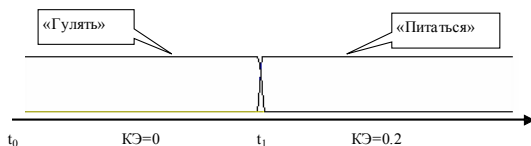


Рис.10. Эмоции и значимость факторов

До момента времени  $t_1$  эмоций нет и робот «гуляет». В момент времени  $t_1$  «включаются» эмоции и робот меняет свое поведение - начинает есть. В этой ситуации вполне допустимо рассматривать проявление эмоций как средство определения значимости тех или иных условий для удовлетворения своих потребностей. Здесь отрицательные эмоции явным образом усиливают значимость вызвавших их факторов.

## Заключение

Повторим, что целью работы вовсе не являлось вскрытие механизма эмоций, его формализация и т.п. Речь шла о том, чтобы продемонстрировать механизм работы эмоций в реальном техническом устройстве - роботе. Основной вывод заключается в том, что механизм эмоций может быть реализован достаточно простыми средствами. При этом действительно эмоциональное состояние робота самым непосредственным образом может влиять на его поведение.

Кроме того, показано, что для робота:

- Эмоции - это естественный индикатор состояния системы. Более того, в некотором смысле эмоции могут определять критерии

обучения организма (цель обучения - уменьшение отрицательных эмоций).

- Эмоции контрастируют сенсорное восприятие и стабилизируют поведение.
- Существенна роль эмоций в условиях неполноты информации.

И еще несколько замечаний.

**Виды эмоций.** В работе все многообразие эмоций было сведено к двум - положительным и отрицательным. При этом рассматривались лишь отрицательные эмоции. Разумеется, и положительные эмоции оказывают влияние на поведение, однако для их рассмотрения необходима более сложная модель. Кстати, в начале экспериментов робот был опростоволыпчив снабжен звуковой индикацией величины испытываемых им отрицательных эмоций. Очень скоро эта индикация была отключена: робот почти все время издавал звуки, испытывая в основном, увы, отрицательные эмоции.

**Темперамент.** Рассмотренные в работе эмоциональные проявления целиком и полностью были функцией системы управления, структура и параметры которой являлись, вообще говоря, фиксированными. Но стоит заинтересоваться зависимостью поведения робота от параметров системы, как мы придем к вопросу *темперамента* робота. Действительно, согласно учению И.П.Павлова именно соотношение основных свойств нервной системы - силы, уравновешенности и подвижности процессов возбуждения и торможения, - определяет ее тип. В этом смысле вполне можно говорить о темпераменте робота. Однако робот-флегматик, холерик, сангвиник и меланхолик - это тема отдельного исследования.

**Обучение, поощрение и наказание.** Одним из основных вопросов в процедуре обучения является организация поощрения-наказания. Многообещающим является введение понятия рефлексии в обучении, т.е. возможности оценивать некую предысторию действий, приведших к текущему результату - поощрению или наказанию. Для этого необходимо иметь интегральную оценку состояния системы. Такой оценкой является **дискомфорт** - некая обобщенная числовая характеристика, увеличивающаяся при неблагоприятном воздействии на систему и уменьшающаяся при благоприятном. В этом случае целью поведения системы будет реализация такого поведения, которое будет минимизировать дискомфорт.

Таким образом, степень целесообразности поведения робота сводится к уменьшению дискомфорта, что с точки зрения психологических особенностей поведения можно свести к уже достаточно понятному механизму минимизации отрицательных эмоций.

## Список литературы

- [Вальцев и др., 1999] Вальцев В.Б., Лавров В.В., Лаврова Н.М. Субстрат интеллектуальных функций мозга: аналогия модели большого пирамидного нейрона //Международная конференция "50 лет развития кибернетики". С.-Пб. 1999. с.92-94.
- [Гаазе-Рапопорт и др., 1987] Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота: модели поведения. -М.: Наука, 1987. -288с.
- [Ильин, 2007] Ильин Е.П. Эмоции и чувства. Изд-во: Питер, 2007 г., 784с.
- [Карпов, 2007] Карпов В.Э. Импринтинг и центральные моторные программы в робототехнике // IV-я Международная научно-практическая конференция "Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте" (28-30 мая 2007г.) Сб. научн. трудов, М.: Физматлит, 2007, Том 1, с. 322-332
- [Карпов и др., 2009] Карпов В.Э., Вальцев В.Б. Динамическое планирование поведения робота на основе сети «интеллектуальных» нейронов // Искусственный интеллект и принятие решений, №2, 2009
- [Поспелов, 1989] Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. -М.: Радио и связь, 1989, 184с.
- [Симонов, 1982] Симонов П.В. Потребностно-информационная теория эмоций // Вопросы психологии. 1982, N 6, с. 44-56
- [Фоминых, 2006] Фоминых И.Б. Эмоции как аппарат оценок поведения интеллектуальных систем. //Труды 10-й Национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2006. -М.: Физматлит, 2006, Т.2.
- [Фоминых, 2007] Фоминых И.Б. Классификация эмоций: информационный подход //Труды 4-й Международной научно-практической конференции Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. -М.: Физматлит, 2007, Т.2.
- [Valtzev et al., 1996] Valtzev V.B., Grigoriev V.R., Nikonov V.G., Kobzar I.V. Brainputer and Neural Architecture of Neurocomputers. Journal of Neurocomputer, Volume 1 Number 1, p.54-59, 1996