



УДК 004.81:159.942.52

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ В ВИДЕ НЕЧЕТКИХ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ВЫСКАЗЫВАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА

Заболеева-Зотова А.В., Орлова Ю.А., Розалиев В.Л., Бобков А.С.

*Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Россия*

zabzot@vstu.ru

vladimir.rozaliiev@gmail.com

В статье рассматриваются задачи автоматизации процесса распознавания эмоционального состояния человека. Подробно рассматриваются решения по движениям и позам. Приводится формализация активности движений, фазификация динамической информации, грануляции 1-го и 2-го уровней. Рассматривается модель представления характерных эмоциональных жестов и движений в виде нечетких последовательных темпоральных высказываний.

Ключевые слова: эмоции человека, автоматизация, характерные жесты, нечеткая темпоральная переменная, лингвистическое значение, фазификация, грануляция, нечеткое темпоральное событие, нечеткое последовательное темпоральное высказывание, нечеткий темпоральный гиперграф

ВВЕДЕНИЕ

Эмоции играют важнейшую роль в человеческой жизни. По тому, как выражаются и проявляются эмоции, можно многое сказать об отношении человека к различным объектам. Эмоции влияют на когнитивные процессы, и в том числе на процесс принятия решения о совершении каких-либо действий, поэтому системы определения эмоциональных реакций приобретают всё большее значение. [Заболеева-Зотова и др., 2011а]

Работа авторов статьи направлена на определение эмоциональных реакций людей по речи и телодвижениям. В статье подробно рассматривается подход, используемый в подсистеме определения эмоциональных реакций по движениям человека.

1. Формализация активности движений

1.1. Активность

Формализуем понятие активности.

$$A(\Delta t) = \sum_{n=1}^m (T_n(\Delta t) * k_n), \quad (1)$$

где m – количество временных рядов,

характеризующих движение, $T_n(\Delta t)$ – изменение n -го временного ряда за момент времени Δt , k – коэффициент чувствительности для n -го временного ряда (ВР).

Активность «А» выражается в количестве телодвижений человека: чем меньше телодвижений, и как следствие меньше изменений в каналах bvh файла, хранящего записанное движение, тем значение активности «А» – меньше. [Заболеева-Зотова и др., 2011б]

Активность телодвижений человека за момент времени Δt определяется формулой (1) и зависит непосредственно от того, какой частью тела субъект совершил движение.

1.2. Коэффициент чувствительности узла

Коэффициент чувствительности зависит от степени влияния n -го временного ряда на перемещение массы тела человека в пространстве.

Таким образом, опишем коэффициент чувствительности в следующем виде:

$$k_n = \sum_{i=0}^j (p_i * m_i), \quad (2)$$

где i – номер дочернего элемента, j – максимальный номер дочернего элемента, m_i –

коэффициент массы тела, показывает, какую долю от всей массы тела занимает данная часть, p_i - коэффициент пропорциональности массы тела.

Учёными биомеханиками были произведены исследования по определению массы и длины частей тела человека. В результате усреднения полученных результатов для взрослого мужчины получены данные, представленные на рисунке 1.



Рисунок 1 - Распределение массы человека

Так как, векторная модель имеет иерархическое описание, то это накладывает определённые особенности на расчёт активности. Приведём расчёт коэффициента чувствительности узла, который отвечает за плечо, при изменении угла вращения относительно оси X:

$$k_n = p_0 * m_0 + p_1 * m_1 + p_2 * m_2, \quad (3)$$

где k_n - коэффициент чувствительности канала, отвечающий за поворот в узле «плечо» относительно оси X; m_i - коэффициент массы определенной части тела; p_i - для среднего взрослого мужчины по всем элементам будет равен единице.

2. Фазификация и гранулирование

2.1. Лингвистические переменные

Для дальнейшей обработки информации о телодвижениях человека авторами была произведена фазификация. [Заболеева-Зотова и др., 2011b] В каждом bvh- файле есть параметр, который отвечает за его скорость воспроизведения и соответственно записи. Таким образом, время можно рассчитывать либо в секундах, либо в кадрах.

Введем нечеткую темпоральную переменную «Продолжительность». Множеству термов соответствуют следующие понятия: «нулевая»,

«очень короткая», «короткая», «умеренная», «длительная», «очень длительная». В дальнейшем количество лингвистических значений, которое может принимать данная переменная в системе может быть настроено. Это зависит от ошибки, которую мы в дальнейшем получим при конвертации из четкого значения в нечеткое и обратно.

График функций принадлежности к термам переменной «Продолжительность» представлены на рисунке 2:

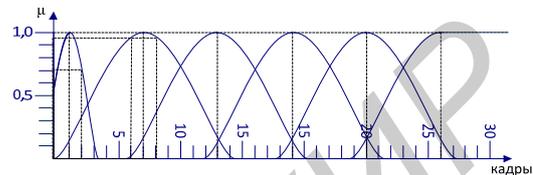


Рисунок 2 – График функций принадлежности к термам переменной «Продолжительность»

Для характеристики величины движения введем семейство лингвистических переменных (ЛП) «Нечеткое изменение угла».

2.2. Определение лингвистических значений переменных

Количество лингвистических значений (ЛЗ), которое будет принимать переменная, будет постоянное, а вот сами значения различные. Это зависит от максимальной подвижности (МП) и типа сустава (с тремя, с двумя, с одной осью вращения) или другой части тела, в которой происходит изменение угла поворота.

Векторная модель скелета состоит из 22 точек, чтобы определить ЛЗ, которые будут описывать эти точки необходимо найти соответствия между узлами и анатомическими местами изменения углов при движении человека. Требуемое соответствие представлено в статье [Заболеева-Зотова и др., 2011a]. В результате анализа полученного соответствия было выявлено, что соответствующими местами сгиба являются суставы и отделы позвоночника.

Для корректного составления функция принадлежности для ЛЗ, которые принимает переменная «Нечеткое изменение угла» были проанализированы величины нормальной подвижности, которые не считаются отклонениями, у людей, не занимающихся спортом. В результате анализа источников было выявлено, что в морфологии величины подвижности измеряются в терминах углов разгибания-сгибания, приведения-отведения, внутренней-наружной ротации. МП для суставов, определяем, в следующем виде: МПсустава= Max(Сгиб + Разгиб, Прив + Отвед, Вн + Нар). Сводные результаты МП суставов в градусах представлены в статье [Заболеева-Зотова и др., 2011a]. Также было выявлено, что максимальная подвижность отделов позвоночника может быть рассчитана как сумма углов МП поворота налево и

направо вокруг продольной оси тела человека.

График функций принадлежности к термам переменной «Нечеткое изменение угла» представлены на рисунке:

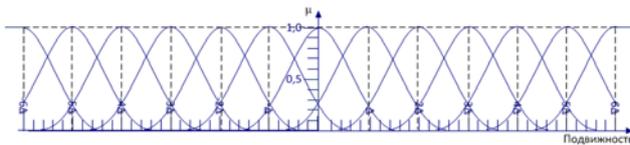


Рисунок 3 – График функций принадлежности к термам переменной «Нечеткое изменение угла»

Для каждого узла введем ЛЗ каждые Δ градусов. В зависимости от того, какого вида движения человека мы будем описывать, данное значение может настраиваться. Для описания малых периодических колебаний, например постукивание по столу пальцами руки или покачивание, «переминание» с ноги на ногу, в результате практических экспериментов было принято решения рассчитать Δ как $1/12$ от максимальной подвижности сустава. Данное значение позволило наиболее точно описать направление и скорость движение, не потеряв при этом семантики.

В качестве примера возьмём ЛЗ для узла, который соответствует локтевому суставу, максимальная подвижность которого равно 180 градусов. Для него $\Delta = \pi / 12$, таким образом, имеем следующие значения: «Около минус $\pi/2$ », ..., «Около минус $\pi/6$ », «около минус $\pi/12$ », «Около нуля», «Около $\pi/12$ », «Около $\pi/6$ », ..., «Около $\pi/2$ ».

После чего проводим гранулирование второго уровня, вводя ЛП «Скорость изменения угла». Функции принадлежности определены на множестве ЛЗ переменной «Нечеткое изменение угла». В результате практических исследований было выявлено, что малые периодические колебания не совершаются строго с определенной скоростью, происходит часто перескакивание скорости на соседние значения.

Множество термов ЛП состоит из следующих элементов: «Стабилизация», «Очень медленное увеличение», «Медленное увеличение», «Среднее увеличение», «Быстрое увеличение», «Очень медленное уменьшение», «Медленное уменьшение», «Среднее уменьшение», «Быстрое уменьшение», «Очень быстрое уменьшение».

Для более компактного описания в высказываниях было принято решение представить графики функций принадлежности к термам переменной «Скорость изменения угла» в следующем виде:

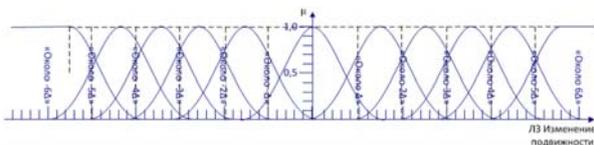


Рисунок 4 – График функций принадлежности к

термам переменной «Скорость изменения угла»

Таким образом, используя данные лингвистические переменные, можно описать движение сустава вокруг одной из осей в виде нечеткого темпорального события.

3. Нечеткие темпоральные высказывания

Так как события расположены на временной оси сразу друг за другом, то движение можно представить в виде нечеткого последовательного темпорального высказывания (НТВ). [Ковалев, 2011]

Например, на графике (рисунок 5) представлено положение угла поворота вокруг оси X для узла «правая нога» в bvh файле. Опишем отрезок $[t_4; t_{12}]$ в виде последовательного нечеткого темпорального высказывания: «Наблюдается среднее уменьшение угла очень короткой продолжительностью, за которым следует практически нулевая стабилизация изменения угла, за которой следует среднее увеличение угла очень короткой продолжительностью».

Моделью данного описания является следующее НТВ:

$$W = (B2rtfLa)rtsn(B0rtfLb)rtsn(B5rtfLa), \quad (4)$$

где ЛЗ нечеткой переменной «Тенденция ВР»: В2 - Среднее уменьшение, В0 – Стабилизация, В5 - Средние увеличение; ЛЗ нечеткой темпоральной переменной «Продолжительность»: La - Очень короткая, Lb – Нулевая; rtsn – темпоральное отношение непосредственного следования.



Рисунок 5 – График изменения величины угла

Одна из задач – поиск нечетких границ разбиения событий. Решим её следующим способом. Примем маркером начала НТВ W , нечеткую точку $TNW = t_1$. Геометрической интерпретацией НТВ W является нечеткое разбиение

$$\sum_W TN = \{ [TN(a), TK(b)] [TN(b), TK(b)] [TN(c), TK(c)] \}, \quad (5)$$

Если значения функций принадлежности для ЛЗ

«очень короткая» и «нулевая» равны соответственно $\mu_{La}(6)=0,92$, $\mu_{La}(7)=1$, $\mu_{La}(8)=0,92$, $\mu_{Lb}(0)=0,7$, $\mu_{Lb}(1)=1$, $\mu_{Lb}(2)=0,7$, то подставляя их в рекуррентные формулы [Ковалев, 2011] найдём нечеткие границы разбиения.

Построим нечеткий темпоральный гиперграф для нашего высказывания.

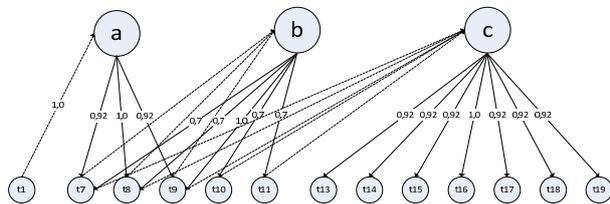


Рисунок 6 – Нечеткий темпоральный гиперграф

Располагая границами событий, формами функций принадлежности для переменных «Продолжительность», «Нечеткое изменение угла», «Тенденция ВР» и правилами перехода между ними, дефазифицируем значения чтобы получить анимацию векторной модели человека.

Таким образом, если правила построены и описывают паттерны, которые были получены при помощи захвата движений людей, а не сгенерированы в специально предназначенных пакетах, например Poser, 3ds Max, Motionbuilder или др., то в результате мы получим более правдоподобные эмоциональные характерные жесты персонажей компьютерных игр и приложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе совместно с психологами нами были разработаны высказывания на ограниченном естественном языке, которые описывают поведение человека, когда он испытывает недовольство или нетерпение. [Розалиев, 2010] Таким образом, система, имея набор высказываний, которые получены при помощи данного метода, и их интерпретацию, анализирует движения человека и строит описание на ограниченном естественном языке. Затем методом скользящего окна обнаруживает характерные паттерны и сигнализирует об этом пользователю автоматизированной системы.

Также, обращая внимание на всевозрастающие объёмы рынка индустрии компьютерных игр и приложений, можно говорить об актуальности еще одной задачи - по заданному текстовому описанию, построить анимацию векторной модели человека. В этом случае имеем на входе описание на ограниченном естественном языке, на выходе – анимированное движение в виде bvh файла.

Для автоматизации процесса распознавания эмоционального состояния человека по движениям и позам разработаны: классификация характерных поз, и их соответствие эмоциональным реакциям; база данных, хранящая интерпретацию, словесное

описание и изображение характерных поз; нейросетевая модель идентификации позы человека и эмоциональной реакции. Автоматизирован процесс предобработки данных и формализована активность движений человека. Произведена фаззификация динамической информации, а также грануляции 1-го и 2-го уровней. Разработана модель представления характерных жестов и телодвижений в виде нечеткого последовательного темпорального высказывания. Построены правила соответствия полученных описаний интерпретациям психологов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 10-01-00135-а, 10-01-00165-а, 10-01-90012-Бел_а, 11-01-97023-р_поволжье_а и Президента Российской Федерации №МК-3281.2011.9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

[Заболеева-Зотова и др., 2011а] Развитие системы автоматизированного определения эмоций и возможные сферы применения / А.В. Заболеева-Зотова, Ю.А. Орлова, В.Л. Розалиев, А.С. Бобков // Открытое образование. - 2011. - № 2. - С. 59-62.

[Заболеева-Зотова и др., 2011б] Применение нечётких темпоральных высказываний для описания движений при эмоциональных реакциях / А.В. Заболеева-Зотова, Ю.А. Орлова, В.Л. Розалиев, А.С. Бобков // Изв. ВолгГТУ. Серия "Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах". Вып. 10 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2011. - № 3. - С. 60-64.

[Ковалев, 2011] Ковалев, С.М., Идентификация дискретно-динамической системы с изменяющейся структурой в стохастической среде / С.М. Ковалев, С.В. Соколов // Обозрение прикладной и промышленной математики. - Москва, 2011. - Т. 18, вып. 4. - С. 545-549.

[Розалиев, 2010] Розалиев, В.Л. Моделирование эмоционального состояния человека на основе гибридных методов / В.Л. Розалиев, А.В. Заболеева-Зотова // Программные продукты и системы: международный науч.-практ. журнал. – Тверь, 2010 – Вып.2 (90). – С.141-146.

SOLVING THE PROBLEM OF FORMALIZING HUMAN MOVEMENT AS A FUZZY TEMPORAL EXPRESSIONS IN ORDER TO DETERMINE THE EMOTIONAL REACTIONS OF THE PERSON

Zaboleeva-Zotova A.V., Orlova Y.A., Rozaliev V.L., Bobkov A.S.

*Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russia*

zabzot@gmail.com

vladimir.rozaliev@gmail.com

The article deals with the problem automation the process of recognition emotional state Detail the solutions found by the movements and postures. We present a formalization of the activity of movements, fuzzification dynamic information, granulation of the 1st and 2nd levels. Our model shows the characteristic gestures and movements in the form of fuzzy sequential temporal expression.