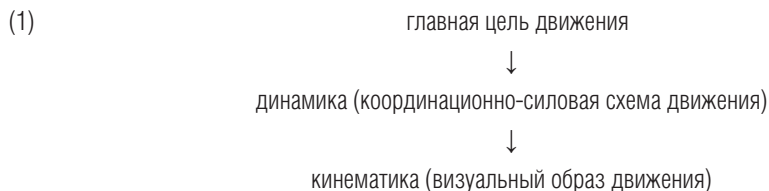


## СТРУКТУРА, КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИПЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЛОКОМОЦИЙ

КОШЕЛЕВ А.Д.<sup>1</sup>

В статье, в опоре на анализ Н.А. Бернштейна, приводится трехуровневая структура основных человеческих локомоций — ходьбы и бега:



В этой схеме каждый нижеследующий уровень зависит от вышестоящего: от цели движения зависит его динамика, а от динамики — кинематика (визуальный образ, форма движения). Схема (1) позволяет дать эксплицитные определения таксономии локомоций и объяснения процессов их распознавания.

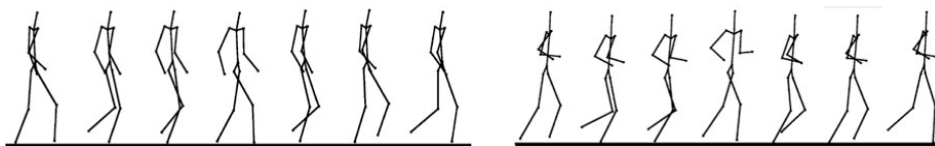


Рис. 1. Кинематические прототипы ходьбы и бега человека

Показывается, что ходьба и бег различаются всеми тремя компонентами этой структуры. Подчеркивается важность динамического уровня в структуре (1), на который особое внимание обращал Н.А. Бернштейн: именно различие динамики (силовых схем движения) ходьбы и бега задает их строгую дифференциацию.

### 1. Введение. Кризис когнитивных наук о человеке

В последние десятилетия единая когнитивная наука — комплекс когнитивных наук (психологии, теории представления знаний и мышления, лингвистики и др.), нацеленных на междисциплинарное исследование человека — находится в глубоком кризисе. Единой парадигмы, направляющей в общее русло исследования в отдельных когнитивных науках, нет и в помине. Каждая конкретная наука, будь то психология, теория мышления, лингвистика и др. развивается независимо от других наук, в соответствии со своим собственным видением своего предмета — того или иного аспекта

<sup>1</sup> Кошелев Алексей Дмитриевич — к.ф.-м.н., доцент. Глав. науч. редактор изд. дома ЯСК. koshelev47@gmail.com.

знаний о человеке и его деятельности. Но этот аспект не существует как самостоятельное целое, отдельно от других аспектов — предметов исследования других наук о человеке (в отличие, к примеру, от предмета физики — мира физических тел — существующего независимо от предмета биологии — мира живых существ). И такая не декларируемая, но фактически сложившаяся «независимость» конкретных когнитивных наук сказывается на их развитии самым пагубным образом. Практически в каждой когнитивной науке одновременно существует множество противоречащих друг другу научных парадигм (научных школ, общих концепций). Исследуя один и тот же предмет, представители этих концепций получают различные, не согласующиеся между собой результаты. При этом каждая научная школа убеждена в истинности своих теоретических построений и ложности или несостоятельности теоретических построений конкурирующих с нею научных школ, подробнее об этом кризисе см. [Кошелев, 2017, глава 1]. Такой теоретический плюрализм совершенно не плодотворен и свидетельствует о том, что «развитие» данной области знаний достигло теоретического тупика — состояния «дурной бесконечности», из которого самостоятельно, используя только свои собственные ресурсы, отдельная наука выйти не может.

С особой наглядностью несогласованность различных научных подходов проявляется в исследовании узловых проблем междисциплинарной когнитивной науки, интерес к которым проявляет целый круг различных дисциплин. К таким проблемам относится биомеханика человеческих движений, прежде всего ходьбы и бега. Эта тема изучается лексикографией (толкования глаголов движения), когнитивной лингвистикой [Talmy, 1975; 1985], когнитивной психологией [Gentner, 2006; Pruden et al., 2008], теорией распознавания биодвижений [Johansson, 1973; 1976; Shipley, 2003; Troje, 2002], физиологией [Бернштейн, 1947], теорией зеркальных нейронов [Rizzolatti, Fabbri-Destro, 2008], динамической теорией [Aleksander, 1992; Bingham, Wickelgren, 2008], робототехникой [Raibert, 1986; Collins et al., 2009; Manoonpong, Woergetter, 2009] и др. дисциплинами. Общая картина здесь весьма характерна. Во-первых, исследования в рамках отдельных наук рассогласованы и часто противоречивы. Во-вторых, результаты исследований разных наук разобщены и никак друг с другом не кооперируются. А в-третьих, выдающаяся, давно ставшая классической теория человеческих биодвижений Н.А. Бернштейна [Бернштейн, 1947], которая могла бы стать фундаментом, объединяющим исследования и результаты разных наук, забыта и почти никем не используется.

Чтобы проиллюстрировать сказанное, коснемся более подробно темы классификации и распознавания биодвижений. Согласно одному направлению исследований, воспринимаемое движение идентифицируется по форме (кинематике), т.е. по непосредственно наблюдаемым визуальным характеристикам движения, например: есть утрата контакта ног с поверхностью (бег) или нет (ходьба), а согласно другому — по динамике, т.е. по манифестируемой формой имплицитным (недоступным прямому

восприятию) силовым характеристикам: есть ли утрата опоры ног с поверхностью (бег) или нет (ходьба). В рамках первого направления развиваются три альтернативные концепции: распознавание по целостной форме, по отдельным признакам и по сочетанию того и другого (см. обзорные статьи [Blake, Shiffrar, 2007; Troje, 2008]). Динамическое направление также распадается на несколько концепций, см. обзоры в [Runeson, Frykholm, 1983; Bingham, Wickelgren, 2008]. А в появившейся в самом конце XX в. теории зеркальных нейронов [Rizzolatti, Fabbri-Destro, 2008] восприятие биодвижений объясняется совершенно иначе. Как уже говорилось, ни одна из указанных выше концепций не учитывает теорию биомеханических движений Н.А. Бернштейна (напомним: его исследования, изданные также по-английски [Bernstein, 1967], ранее были хорошо известны в научном мире). В качестве редкого исключения укажем на работу [Manoonpong, Woergoetter, 2009]. В ней описан шагающий робот Runbot, использующий бипедальную (двуногую) локомоцию. Он движется подобно человеку, сохраняя устойчивое равновесие. В этом роботе воспроизведен механизм бипедальной ходьбы, описанный Бернштейном в 1930-е гг.

### Исторический экскурс

Силовые (толково-опорные) признаки ходьбы и бега давно были выделены и описаны Н.А. Бернштейном в рамках физиологии человеческих локомоций: *«Движение ходьбы состоит для каждой ноги из чередования опорного и переносного времени. Переносное время длится при ходьбе дольше, чем опорное (при беге дело обстоит как раз наоборот), поэтому существуют интервалы времени, когда одна нога еще не окончила своего опорного времени, а другая уже начала свое. Эти интервалы мы называем временами двойной опоры»* [Бернштейн, 1990: 339]. Наше описание, опирающееся на Бернштейновское, но приспособленное для нужд когнитивной семантики и теории распознавания, иллюстрирует важность использования введенных Бернштейном силовых характеристик локомоций.

Гораздо позднее сходная силовая схема возникла в рамках динамического подхода к распознаванию действий [Runeson, 1977; Runeson, Frykholm 1983; Bingham et al., 1995; Shipley, 2003; Bingham, Wickelgren, 2008].

Более детально и в несколько ином ключе подобная схема разрабатывалась в контексте трактовки физического действия как дуальной структуры вида: «визуальный Прототип – его Функция» в ряде наших работ [Кошелев, 1989; 1990; 1996]. Согласно Бернштейну и последующим исследованиям своеобразие кинематики действия обусловлено его динамическими характеристиками, в частности силовыми (гравитационными, толчковыми и др.), скрытыми от непосредственного восприятия. Но человек идентифицирует воспринимаемое действие именно по этим динамическим, а не по внешним (кинематическим) признакам. Не вдаваясь в детали, упомянем здесь лишь один любопытный исторический факт. Наглядную подсказку в отношении принципов восприятия биодвижений дают попытки Голливуда смонтиро-

вать натуральные движения вымышленных персонажей. Так, в первоначальных версиях фильма о «Годзилле», чудовище, несмотря на все усилия аниматоров, выглядело как механическая игрушка. И только когда для создания соответствующих форм движения Голливуд научился использовать хорошие **динамические** модели, движения таких персонажей, например динозавров в фильме «Парк Юрского периода», стали выглядеть естественно [Bingham, Wickelgren 2008, с. 276]. С этим фактом непосредственно связано наблюдение Г. Йоханссена [Johansson, 1976]: при распознавании точечно-световых демонстраций движения человеческой фигуры воспринимается нечто большее, чем просто структура связанных сегментов, поскольку наблюдатели также отличали точечные демонстрации людей от аналогичных демонстраций сегментно-связанных кукол.

## 2. Глаголы движения *идти* и *бежать*

**2.1. Толкования глаголов *идти* и *бежать*.** Легко убедиться, (см. рис. 1), что в своих типичных вариантах ходьба и бег человека существенно различны. Эти различия и фиксируются известными толкованиями этих глаголов:

Толковые словари:

**идти 1.** Шагать, подвигаться шагом, двигаться с места переступая ногами [Даль, II 1989, с. 9];

**бежать 1.** Подвигаться ускоренным шагом, учащенной перестановкою ног [Там же, I, с.57];

**идти 1.** Передвигаться, ступая, делая шаги (о человеке и животном) [МАС, I 1985–1988, с. 631];

**бежать 1.** Усиленно скорым движением, быстро перебирая ногами, перемещаться в каком-либо направлении ( [Там же, с. 68]);

**walk 1.** to move forward by putting one foot in front of the other [Longman, 2009, с. 1966];

**run 1.** MOVE QUICKLY USING YOUR LEGS (так в словаре Longman 2009)...; to move very quickly, by moving your legs more quickly than when you walk: He was running towards the door (там же [Longman, 2009, с. 1531]).

Научная лексикография:

(1) **идти 1.** Двигаться, перебирая ногами, в нормальном темпе;

**бежать 1.** Двигаться, перебирая ногами, быстро [Гак, 1977, с. 28].

- (2) *Человек X идет из Y-а в Z*  $\cong$  ‘Человек X перемещается по поверхности из Y-а в Z, переступая ногами и ни в какой момент не утрачивая полностью контакта с поверхностью перемещения’ (ср., в противоположность этому бежать — с периодической утратой контакта с поверхностью) [Апресян, 1974, с. 108].

**2.2.** На первый взгляд, все эти толкования кажутся вполне адекватными. Они описывают типичные визуальные образы (кинематику) ходьбы и бега, которые мы хорошо знаем. В качестве главных различительных признаков

в них используются наглядные признаки: либо скорость движения — большая при беге и меньшая при ходьбе [словари, В.Г. Гак], либо «периодическая утрата контакта / постоянный контакт с поверхностью перемещения», см. (2). Нетрудно, однако, заметить, что приведенные толкования не разделяют строго движения ходьбы и бега. Признак «в нормальном темпе/быстро» не годится, поскольку один человек может идти быстрее, чем другой бежит. Признак «утрата контакта» тоже не годится. При шаркающем беге пожилой человек не утрачивает контакта с полом, однако этот бег нельзя назвать ходьбой. Кажущаяся адекватность приведенных толкований обусловлена тем, что мы хорошо себе представляем и легко распознаём типичные варианты ходьбы и бега, см. рис. 1.

Подчеркнем: речь идет о различении основных значений глаголов *идти* и *бежать*, обозначающих бапедальную человеческую локомоцию и задающих категории движений «Человек идет» и «Человек бежит». Метафорические значения этих глаголов типа *идет пароход / поезд / время; бежит ручей / секундная стрелка* не участвуют в определении этих категорий и потому здесь не рассматриваются.

**2.3. Чем различаются ходьба и бег человека?** Не следует забывать, что прототипы ходьбы и бега отражают лишь подклассы типичных движений. Вообще же движения одной категории, скажем варианты человеческого бега, по внешнему виду могут весьма сильно различаться, а движения разных категорий (бег и ходьба), наоборот, быть весьма сходными. Очень выразительно о разнообразии вариантов бега пишет когнитивный психолог Роберта Голинкова с соавторами: «...бег остается бегом, наматывает ли круги на беговой дорожке стадиона Карл Льюис или бабушка бежит к телефону» [Golinkoff et al., 2002, с. 604]. Тем не менее, носитель языка всегда однозначно идентифицирует тип локомоции человека. Оба кинематических образа, при всем их различии, он легко идентифицирует как бег. С другой стороны, носитель языка без труда различает различает бег «бабушки» и ее быструю ходьбу, хотя и в том, и в другом случае она не отрывает ног от пола, ее бег не имеет фаз полета — типичного наглядного признака, различающего формы ходьбы и бега. Да и скорость ее быстрой ходьбы и медленного бега мало различается. А поскольку носитель языка никогда не назовет бег ходьбой, а ходьбу — бегом, то, следовательно, в основных значениях глаголов бежит и идет искомые различительные признаки содержатся. А значит приведенные выше толкования не адекватны.

**2.4. Анализ прототипических толкований.** Сосредоточимся на научном толковании (2). Чтобы показать, что оно не может строго разграничивать ходьбу и бег, используем типичный для референциального подхода прием: придумаем несколько экзотических, пограничных примеров перемещения человека, удовлетворяющих толкованию (2) *Человек идет*, но относящихся к другим типам движения: «Человек бежит/ползет/едет».

(а) **Человек бежит.** Пожилой человек может бежать («бабушка к телефону»), не утрачивая контакта с землей. Отталкиваясь от земли, он сохраняет

с ней контакт типа касания (шаркающий бег). Ни один носитель русского языка не назовет это движение ходьбой, хотя все условия визуального описания (2) налицо;

(б) **Человек ползет.** Представим себе следующую ситуацию. Пленник лежит на спине со связанными на груди руками. Если он начнет двигаться, отталкиваясь поочередно от земли ногами, его движение также будет удовлетворять толкованию (2). Однако в действительности он ползет, а не идет;

(в) **Человек едет.** Представим себе взрослого человека, который движется, сидя на детском велосипеде и отталкиваясь попеременно ногами от поверхности. Аналогичный пример: мальчик, сидя на санках, едет по ровной снежной дороге, отталкиваясь ногами. И в том, и в другом случае движение удовлетворяет толкованию (2), но носитель языка назовет его фразой Человек едет, а не Человек идет. И проблема здесь вовсе не в том, что человек использует артефакт, помогающий его движению. Ведь нередко пожилой человек переступает ногами, опираясь для равновесия на тележку, которую он толкает перед собой. При этом он, безусловно, идет, а не едет.

Конечно, можно сказать, что (а)–(в) редкие, специально придуманные примеры, которыми вполне можно пренебречь. С этим, однако, нельзя согласиться, если наша задача – поиск характеристического свойства всех прямых референтов. Подчеркнем: искомое описание нельзя получить, «подправив» толкование (2) так, чтобы исключить примеры (а)–(в).

**2.5. Основные значения глаголов *идти* и *бежать*.** Подробный референциальный анализ позволяет утверждать, что для формирования строгих дефиниций требуется привлечь недоступные непосредственному восприятию «внутренние», т.е. функциональные признаки локомоций: ‘толчок’, ‘опора’, ‘неустойчивость’ и др. Сущность получающихся при этом описаний ходьбы и бега сводится к следующему.

Идущий человек **А сам перемещается** по поверхности (за счет своих внутренних сил). При этом он поочередно отталкивается от поверхности опорной ногой, той, на которой сосредоточен вес всего тела, и постепенно, **не утрачивая опоры, переносит вес тела на другую ногу**, которая в свою очередь становится опорной (возникает двойная опора – по Бернштейну), и т. д. Одновременно А на всем протяжении движения **удерживает равновесие, находясь в неустойчивом положении** (= может упасть на поверхность, по которой перемещается), в отличие от ситуации устойчивого толчкового перемещения, задаваемой глаголом *ползет*.

Фраза *Человек А бежит* обозначает аналогичное перемещение, но **с периодической утратой опоры** при переносе своего веса с одной конечности на другую.

Проведенные рассуждения позволяют сформулировать следующие функциональные характеристики (Функции) движений:

(3а) Человек А **идет** по поверхности в пункт **Z** (Функция) =

1а) Человек А, осуществляя свою **пространственную цель — переместиться** в пункт **Z**, движется ;

2а) он попеременно **опирается** на поверхность и **отталкивается** от нее то одной, то другой ногой, перенося каждый раз вес своего тела с одной ноги на другую;

3а) ни в какой момент **не утрачивая опоры** на поверхность;

4а) в каждый момент А **неустойчив**.

(3б) Человек А **бежит** по поверхности в пункт **Z** (Функция) =

1б) Человек А, осуществляя свою **пространственную цель — быстро переместиться** в пункт **Z**, движется **сам**;

2б) он попеременно **опирается** на поверхность и **сильно отталкивается** от нее то одной, то другой ногой, перенося каждый раз вес своего тела с одной ноги на другую;

3б) после каждого толчка **кратковременно утрачивая опору** на поверхность;

4б) в каждый момент А **очень неустойчив**.

Описание (3а) исключает все три приведенные выше контрпримера (а)—(в). В случае (а) пожилой человек не идет, а бежит, поскольку периодически утрачивает опору на поверхность, сохраняя с ней лишь **контакт типа касания** (шаркающий бег). Аналогично трактуется скользкий бег балерины. Приведем еще один пример: гусь начинает атаку на соперника. Сначала он идет медленно, затем ускоряет шаг, расправляет крылья и бежит. При этом он по-прежнему не отрывает ног от земли, но для нас это несомненный бег: крылья усиливают толчки ног, и периодическая утрата опоры гуся на землю становится очевидной.

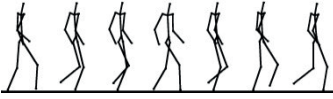
В случае (б) человек не идет, а ползет, поскольку **основной вес тела не переносится** с одной ноги на другую. Наконец, в случае (в) — езда на велосипеде — толчковая нога никогда не является опорной (и здесь не происходит переноса веса тела с одной ноги на другую).

Полученная функция (3а) охватывает также случаи, когда человек идет с помощью костылей. Здесь система опор остается прежней, большая нога и костыль действуют синхронно, как одна парная опора. Другой пример — ходьба или бег лыжника, опирающегося и отталкивающегося не только ногами (и лыжами), но также и палками. В (3а–3б) указывается, что опорная нога несет вес **всего** (или **почти всего**) тела, и при толчке этот вес переносится на другую ногу. Если толчки палками играют лишь вспомогательную роль, то лыжник идет или бежит. Если же толчки палками — главная движущая сила движения лыжника, то он едет.

Итак, перечислим кратко характерные признаки бега: стремление (цель) **быстро** переместиться в **Z**; **сильно** отталкиваться ногами; периодически утрачивать **опору на поверхность**; находиться в еще **более неустойчивом** положении.

Объединив теперь функции (3а) и (3б) с прототипами ходьбы и бега, см. рис. 1, мы получим окончательные определения:

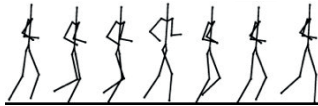
(4а) *Человек А идет по поверхности в пункт Z* (основное значение) =  
Визуальный Прототип ходьбы ← Функция ходьбы (3а)



- 1) А не быстро движется в пункт Z;
- 2) **переступая ногами** по поверхности,
- 3) периодически **не утрачивая контакта** с поверхностью;
- 4) А – в вертикальном положении.

- 1а) Человек А, осуществляя свою **пространственную цель – переместиться** в пункт Z, движется сам;
- 2а) он попеременно **опирается** на поверхность и **отталкивается** от нее то одной, то другой ногой, перенося каждый раз вес своего тела с одной ноги на другую;
- 3а) ни в какой момент **не утрачивая опоры** на поверхность;
- 4а) в каждый момент А неустойчив

(4б) *Человек А бежит по поверхности в пункт Z* (основное значение) =  
Визуальный Прототип бега ← Функция бега (3б)



- 1) А **быстро** движется в пункт Z,
- 2) переступая ногами по поверхности,
- 3) периодически **утрачивая контакт** с поверхностью;
- 4) А – в вертикальном положении

- 1б) А, осуществляя свою пространственную цель – быстро переместиться в пункт Z, движется сам;
- 2б) он попеременно **опирается** на поверхность и сильно **отталкивается** от нее то одной, то другой ногой, перенося каждый раз вес своего тела с одной ноги на другую,
- 3б) после каждого толчка кратковременно утрачивая опору на поверхность;
- 4б) в каждый момент А **очень неустойчив**

Свойства 1а)–4а)/1б)–4б) по своему статусу – это гипотезы, функциональные интерпретации, которые говорящий приписывает воспринимаемым визуальным свойствам 1)–4) при образовании референции. Однако эти визуальные свойства допускают и другие интерпретации (подсказанные контекстом ситуации перемещения А). Например, человек может, переступая ногами, не опираться и отталкиваться, а лишь касаться поверхности, не осуществляя самостоятельное перемещение (в ситуации, когда он пьян или болен и его ведут, поддерживая с двух сторон).



**2.6. Различные цели ходьбы и бега.** Проиллюстрируем теперь необходимость введения цели идущего А — ‘переместиться в некоторый пункт Z’. Во-первых, для **основных** значений глаголов *идти* и *бежать* эта цель — **главная**. Например, у спортсмена, бегущего по дорожке стадиона, чтобы подготовиться к соревнованиям, главная цель уже иная — не переместиться в другую точку пространства, а потренироваться, нарастить мускулы, проверить выносливость и пр. Поэтому мы считаем, что это движение называется бегом уже в производном, метафорическом, а не в основном значении. Если же бегун участвует в соревновании, то фраза *Он бежит* имеет уже прямое значение, поскольку его главная цель — побыстрее переместиться за финишную ленточку.

Одним из оснований разделения основных и метафорических употреблений слов *идти* и *бежать* служит тот факт, что их основное значение связано именно со стремлением к пространственному перемещению. В естественных условиях и собака, и обезьяна используют ходьбу и бег только по этому их прямому назначению. Эта цель так и осталась у животных единственной. Собака никогда не бежит, чтобы потренироваться или покрасоваться перед хозяином (как юный спортсмен — перед девушками). Правда, она может бегать вокруг хозяина, радостно приветствуя его, но это не бег, а бегание. У человека же имеется множество других целей, которые становятся главными и достигаются посредством ходьбы и бега.

Выше мы уже упоминали некоторые из них. Предположим, садовник сформировал в саду новую дорожку, присыпал ее песком и теперь утаптывает своими ногами. При этом он движется по дорожке в полном соответствии с пунктами 2а)–4а) из Функции (3а), отталкиваясь от дорожки ногами и пр. Однако вряд ли носитель языка скажет в этом случае, что «Садовник **идет** по дорожке» (манера его движения будет несколько иной: он высоко поднимает ступни, с силой ударяет ими по дорожке и пр.). Будет сказано иное: «Садовник **утаптывает** дорожку». Аналогично, балерина может бежать по сцене, выполняя одновременно какие-то танцевальные движения. Сказать в этом случае «Балерина бежит» вряд ли уместно. Следует использовать фразу «Балерина танцует».

Как мы видим, **манеры ходьбы и бега** (*манера* — тип движения — термин Л. Талми [Talmy, 1975]) могут использоваться человеком не только для перемещения — это первичная цель, но и для других, непространственных целей. Поэтому в описании (3а) пространственная цель использования человеком манеры ходьбы — чтобы переместиться в некоторый пункт Z — должна быть указана явно.

**Замечание.** Как только главной целью движения становится непространственная цель, она радикально меняет форму ходьбы/бега: и рисунок шагов, и положение тела, и движения рук и пр. Балерина думает не о том, как оптимальным образом шагнуть или прыгнуть, а как посредством шага или прыжка выразить изящество, легкость движений, эстетическое содержание танца. Поэтому с обыденной точки зрения бег или ходьба балерины по сцене выглядит крайне искусственно. Она, к примеру, ступает не на пятку, а на носок, раз-

ворачивая его в сторону, и пр. Аналогично, у садовника столь же существенно модифицируются текущие движения ног при шагании. По этим особенностям мы идентифицируем в ходьбе и беге утаптывание дорожки и танец. Подчеркнем: ходьба или бег также могут сопровождаться параллельным достижением других целей. Например, человек может идти на цыпочках, чтобы незаметно прокрасться куда-нибудь или не разбудить кого-то. При том, что форма ходьбы меняется весьма существенно, его движение, безусловно, остается ходьбой, поскольку перемещение остается его главной целью.

Логика предшествующего рассмотрения диктует задаться вопросом: а будет ли подобное отделение ходьбы и бега от других действий (танца, утаптывания) строгим, дискретным? Простой анализ позволяет дать положительный ответ. Дело в том, что цели человека обладают фундаментальным свойством – дискретностью: они не переходят одна в другую через последовательность промежуточных целей. Это можно наблюдать и в наших примерах. Садовник движется, осуществляя пространственную цель. Но лишь для того, чтобы осуществлять другую, главную цель – ‘утаптывать дорожку’. При этом, однако, ни сами цели, ни их двигательные проявления не сливаются: мы легко распознаем компоненты шагового движения, обеспечивающие перемещение, и компоненты, реализующие утаптывание. Аналогично и с движением балерины.

Подытожим когнитивно-лингвистическое описание ходьбы и бега человека и, соответственно, семантики глаголов *идти* и *бежать*. Структура таких описаний, в общем случае, должна содержать три уровня иерархии, см. (1):

- 1) кинематика – внешний вид движения (нижний уровень);
- 2) динамика, порождающая кинематику – координационно-силовая схема движения (средний уровень);
- 3) главная цель, мотивирующая движение человека и определяющая его динамику (верхний уровень).

В результате между этими уровнями возникают каузальные связи: «нога опирается на поверхность» (динамика) ПОЭТОМУ «нога контактирует с поверхностью» (кинематика). Аналогично: «Человек имеет цель – переместиться в другое место» (уровень целей) ПОЭТОМУ «его ноги поочередно опираются на поверхность и отталкиваются от нее» (динамика). Но обратное неверно: если нога контактирует с поверхностью, она может опираться, а может и не опираться на нее (если контакт типа касания).

Это трехуровневое представление локомоции человека показывает, что для распознавания (= идентификации) ходьбы/бега необходимо по образу (кинематике) локомоции:

- а) реконструировать динамику (координационно-силовую схему) движения, и б) определить главную цель движения.

Только после этого носитель языка может осуществить корректную референцию фразы

‘Х идет или Х бежит’ к воспринятой локомоции.

Этот сложный и тонкий процесс восприятия действия осуществляется спонтанно и практически мгновенно, поэтому он совершенно ускользает от внимания человека. У неискушенного носителя языка создается ложное впечатление, что название действия- референта непосредственно опирается на его наблюдаемые признаки.

### 3. Биомеханические модели ходьбы и бега

Выше мы довольно подробно описали отдельные динамические компоненты локомоции человека и их циклическую повторяемость (толчок, утрата опоры, перенос опоры на другую ногу и др.). Но для более полного описания движения необходимо рассматривать его как целостный процесс, как единую биомеханическую модель.

Обсудим это понятие на примере ходьбы и бега. Выше мы уже отмечали, что увеличение скорости ходьбы не превращает ее в бег. В самом деле, человек может идти очень быстро (быстрее медленно бегущего человека), однако его движение не будет бегом. Так, ускоренная прокрутка кинокадров идущего человека не превращает его движение в бег. Н.А. Бернштейн трактовал локомоцию как

...живой морфологический объект. <...> Мысль о том, что движение во многих отношениях подобно органу (существующему, как... и анатомические органы, в координатной схеме  $x, y, z, t$ ), представляется чрезвычайно плодотворной, особенно когда речь идет о таком стойком и всеобщем виде движения, как локомоция. <...> ...на материале ходьбы удалось установить, что реактивность движения очень избирательна. На изменение одной детали оно реагирует изменениями ряда других, иногда далеко отстоящих от первой в пространстве и во времени, и наряду с этим оставляет нетронутыми такие элементы, которые в норме лежат вплотную рядом с первично измененной деталью, почти сливаясь с ней. Таким образом, движение не есть цепочка деталей, а структура, дифференцирующаяся на детали, — структура целостная при наличии в то же время высокой дифференциации элементов и разнообразно-избирательных форм взаимоотношений между ними... бег как биомеханическая структура во многом прямо противоположен ходьбе... бег и ходьба почти противоположным образом решают механическую задачу перемещения тела в пространстве [Бернштейн, 1990, с. 337, 338, 353] (курсив автора. — А.К.).

Подкрепим это пронизательное утверждение простым экспериментом, который читатель может легко провести над собой. Если начать идти обычным шагом, а затем постепенно ускорять движение, то никаких существенных изменений в его биомеханике (кроме увеличения толчковых усилий) ощущаться не будет. Но в момент перехода на бег — пусть на самый медленный бег трусцой — биомеханика скачкообразно изменится. Теперь толчки ногами будут производиться не только вперед, но и вверх, чтобы

хоть немного «пролететь» над землей; руки сами собой согнутся в локтях и будут двигаться как противовесы — не только вперед-назад, помогая сохранять теперь уже шаткое равновесие, но и вверх-вниз, в противофазе к толчкам, чтобы облегчить отрыв от земли и смягчить приземление; плечи вместе с туловищем будут в такт толчкам разворачиваться то влево, то вправо, помогая движению вперед, приземление после толчка будет сотрясать все тело, и потребуются специальная амортизация посредством ног (легкое сгибание в колене ноги, принимающей опору), чего совершенно не было при ходьбе; туловище непроизвольно наклонится вперед, помогая движению, и т. д.

Итак, при ходьбе и беге опорно-двигательный аппарат человека работает в двух разных режимах, т.е. использует две различные биомеханические модели движения. Неважно при этом, кто бежит — спринтер, ребенок или старушка. Конечно, у «бабушки, бегущей к телефону» все эти изменения в движении будут гораздо менее заметны, но совокупность ее движений при беге точно так же системно перестроится, как и у спринтера. Ее руки, возможно, не будут согнуты в локтях, но они (в частности, локти) будут заметно более, чем при ходьбе, раздвинуты в стороны для лучшего сохранения равновесия и будут более активно двигаться в такт ногам, опора будет периодически утрачиваться или существенно ослабляться и т. д.

Сказанное дает основание предположить, что биомеханические модели ходьбы и бега строго различны, дискретны. А значит, дискретны и задаваемые ими категории «Человек идет» и «Человек бежит».

#### **4. О распознавании видимых действий**

Проведенные выше рассуждения позволяют дать поэтапное описание процесса распознавания видимого действия. Как мы уже знаем, действие представляет собой трехуровневую структуру: цель => динамика (координационно-силовая схема) => кинематика (изменения положения в пространстве тела и его частей — отражается проприорецепторами и визуальным образом движения). Мы также показали, что и динамика, и цель отражаются на кинематике, которая содержит их вклады (отпечатки). Без учета этих вкладов распознать действие нельзя. Например, мы видели, что различить чисто кинематически быструю ходьбу и шаркающий бег пожилого человека невозможно.

Далее нам понадобится понятие психофизического состояния человека. В определении этого понятия мы будем существенным образом опираться на новаторские исследования нейробиолога Джо Циня, посвященные анализу структуры памяти животных и человека [Цинь, 2007; Tsien 2008; Tsien et al., 2013]. Дадим предельно краткое изложение некоторых полученных им результатов, подробнее см. [Кошелев, 2017, глава 3]. Элементарными единицами памяти (кодирующими единицами) признаются так называемые нейронные клики — группы нейронов в нейронной популяции зоны CA1 гиппокампа со сходными свойствами и селективностью ответных

реакций. Другими словами, клика — это группа клеток, синхронно и с высокой надежностью откликающаяся на определенный стимул и только на него (в локомоции это может быть толчок, утрата опоры, приземление, удержание равновесия, цель движения и пр.).

Назовем **психофизическим состоянием** нейронный код долговременной памяти (ансамбль клик), фиксирующий целостное типизированное действие человека. Иначе говоря, психофизическое состояние — это комплекс разнотипных данных, вырабатываемых различными подсистемами нервной системы (лимбической, вестибулярной, соматической, мозжечка и др.) при выполнении им конкретного физического действия, в частности, локомоции. Каждая подсистема вносит в психофизическое состояние свой вклад, активизируя свою нейронную клику. Лимбическая подсистема отвечает за эмоционально-мотивационный аспект действия; вестибулярная — передает информацию о равновесии (сохранении вертикального положения тела), ускорениях или замедлениях движения и пр.; мозжечок осуществляет координацию движений, требующих последовательного сокращения многих мышц, контролирует сохранение равновесия тела, формирует текущую программу действия и корректирует ее выполнение и т. д.

Несколько обобщая, можно сказать, что в психофизическое состояние (нейронный код памяти) действия входят три компонента (три нейронных клики). Один компонент хранит кинематику действия (данные проприоцепторики, отражающие изменения положения тела человека и его частей в процессе действия), другой — динамику (данные эфферентного аппарата, управляющего двигательными нейронами), а третий компонент хранит данные о мотиве (цели) действия (данные лимбической подсистемы).

Можно предположить, что при восприятии действия процедура распознавания в общем случае складывается из трех этапов. Сначала она по кинематике действия находит все коды памяти (психические состояния действующего человека) со сходным кинематическим компонентом. Если их несколько, то далее проверяется динамический компонент действия (вклад динамики в кинематику). Если и после этого остается несколько кодов памяти, то проверяется компонент цели действия.

Если в итоге остается только один код памяти, то воспринятое действие распознано — отнесено к категории действий, заданной этим кодом. А поскольку код памяти типизированного действия есть не что иное, как основное значение соответствующего глагола, человек одновременно узнает и слово или фразу, именующую этот код, и как следствие и воспринятое действие.

## 5. Зеркальные нейроны и распознавание действий

Как мы отмечали, наше объяснение процесса распознавания действий опирается на теорию кодов памяти Дж. Циня. Несколько иначе этот процесс трактуется в теории зеркальных нейронов. Как известно, зеркальные нейроны начинают разряжаться, когда человек видит, как кто-то другой выполняет целенаправленное физическое действие:

Как и у обезьян, у людей наблюдение за выполнением действий другими приводит к незамедлительной активации двигательных зон, связанных с организацией и выполнением этих действий, и благодаря этой активации становится возможным расшифровать значение наблюдаемых «двигательных событий», то есть понять их в терминах целенаправленных движений. Это **понимание полностью лишено каких-либо рефлексивных, концептуальных или лингвистических опосредствований** и основано только на кинематическом словаре действий и двигательном знании, от которого зависит наша способность действовать<sup>2</sup> [Риццоллатти, Синигалья 2012, с. 115].

Для авторов «расшифровать значение» наблюдаемого действия означает понять по кинематике его цель (особо подчеркивается, что на отдельные нецелевые движения типа взмаха руки зеркальные нейроны не реагируют [Риццоллатти, Синигалья, 2012: 84]). Таким образом, здесь постулируется непосредственная связь между кинематикой («живой» картинкой) действия и его целью. Тем самым действие трактуется как двухкомпонентная структура: кинематика — цель. На такой трактовке действия базируется и гипотеза о возможности составления и использования словаря действий, т.е. пар «кинематическое действие — его цель».

Однако, согласно нашему представлению, см. (1) действие — это по меньшей мере трехуровневая иерархическая структура: кинематика — динамика (координационно-силовая схема) — цель. Причем, как было показано выше, динамика играет важную роль в распознавании действия. Например, ходьбу и бег человек различает прежде всего по их динамике (опорно-толчковым схемам движения). При опоре же на двухуровневое представление действия динамический аспект его распознавания утрачивается.

Проведенный выше анализ дает основание утверждать, что предлагаемое в теории зеркальных нейронов объяснение распознавания действий недостаточно. Возникающие здесь проблемы коренятся, на наш взгляд, в сильно редуцированном представлении физического действия. Упрощение касается по меньшей мере двух аспектов действия. Во-первых, не учитывается промежуточный, **динамический уровень** действия, связывающий кинематику и цель действия. Во-вторых, не учитывается, что, в отличие от макака, у человека одно и то же кинематическое действие (форма) может иметь не только **первичную** (основную), но и **вторичную** цель. Иначе говоря, человек может кроме основных выполнять еще и производные действия с той же формой, но иной функцией: есть, будучи сытым, чтобы не обидеть хозяйку (гость, которого она потчует) или чтобы поддержать компанию, закусить выпитую рюмку спиртного, протестировать блюдо и т. д. Спортсмен может бежать, чтобы потренироваться, учитель физкультуры — чтобы показать ученикам технику бега, а балерина — чтобы выразить своим бегом какую-то эстетическую мысль или чувство.

<sup>2</sup>

Вообще зеркальные нейроны реагируют на широкий круг действий человека, даже на точно-световые анимации его ходьбы и бега (jogging) [Fogassi, Ferrari 2011: 31].

Поясним последний пример. Представим себе, что балерина движется, как бы скользя по сцене, не отрывая от пола ног. Бег это, быстрая ходьба или танец? Если исключить контекст (а изображение на рис. 2в его не содержит), то многое зависит от воссоздаваемой нами динамической (опорно-толчковой) схемы. Если после очередного толчка ногой ее тело утрачивает опору (ноги на какой-то момент лишь **касаются** пола), то это бег, если же опора сохраняется, то быстрая ходьба. Допустим, мы идентифицировали, что это бег, точнее, что балерина при своем движении по сцене использует манеру бега. Теперь нужно понять, с какой целью эта манера используется — с первичной или вторичной. Если балерина стремится выразить посредством манеры бега какое-то эмоциональное настроение (вторичная цель), то это танец. И его странно было бы назвать бегом. Если же у балерины главная цель первичная — просто переместиться в другую область сцены, то это действительно бег. И эта цель также «вычисляется» с учетом динамики.

Продолжим анализ. Известно, что многие физические действия человека, и в частности ходьба и бег, моментально распознаются по их отдельному статическому изображению, см. рис. 2а, на котором представлен фрагмент росписи античной вазы (изображение бегуна слегка деформировано выпуклой формой вазы).



Рис. 2а



Рис. 2б



Рис. 2в



Рис. 2г



Рис. 2д

Более того, мы моментально распознаем отдельные «линейные кадры» ходьбы и бега, см. рис 2б и 2в. Но это, по-видимому, предел человеческих возможностей: отдельный точечно-световой (point-light) кадр бега 2д мы уже не распознаем, ср. рис. 2г и 2д.

Как известно, зеркальные нейроны также откликаются на статичные изображения (фрагменты) действий, например на отдельный «кадр» хватательного движения руки [Kourtzi, Kanwisher 2000; Urgesi et al., 2006]. Кроме того, зеркальные нейроны откликаются и на точечно-световые анимации (имеющие вид внешне хаотичных движений набора точек<sup>3</sup>). Понятно, что распознавание действий по столь бедным (и потому неоднозначным) визуальным стимулам тем более не может быть «основано только на словаре действий и двигательном знании».

<sup>3</sup> См., например, ссылки <http://www.biomotionlab.ca/Demos/BMLwalker.html> и <http://www.biomotionlab.ca/Demos/BMLrunner.html>

Опираясь на проведенное рассуждение, можно описать процесс распознавания отдельного (но характерного) кадра действия, т. е. объяснить, каким образом он оказывается настолько информативным, что определяет собой все действие целиком — и кинематику, и динамику, и цель. Вернемся к изображению, представленному на рис. 2в. Прежде всего, мы автоматически строим его динамическую (опорно-толчковую) схему. В данном случае понятно, что человек приземляется на левую ногу после довольно сильного толчка правой ногой и небольшого полета. Согнутые в локтях руки, высоко поднятая правая нога и чуть наклоненное вперед тело — типичные признаки приземления после небольшого прыжка. Ясно, что это не шаг ходьбы (ср. рис. 2б) и не завершающая фаза перешагивания через лужу — в этом случае динамика движения, а следовательно, и кинематика была бы другой. В частности, руки занимали бы совершенно иное положение. По-видимому, главная цель этого прыжка — просто переместиться вперед. К примеру, легкий прыжок балерины в танцевальном беге имел бы иную динамику и кинематику. Скорее всего, это и не финальная стадия приземления после отдельного длинного прыжка. А значит, это фрагмент циклического движения. Но какого? Если бы человек скакал на одной (левой) ноге, то в соответствии с динамикой этого движения, его правая нога также занимала бы иное положение. Остается предположить, что это очередной мини-прыжок для перемещения вперед. А значит, за ним сразу же последует аналогичный мини-прыжок. Следовательно, перед нами бег. Последовательность его отдельных кадров настолько тесно **системно взаимосвязана** (представляет собой «живой морфологический объект — в формулировке Н.А. Бернштейна, см. цитату выше<sup>4</sup>, что один кадр определяет ее **целиком**.

Итак, по отдельному кадру (рис. 2в) был распознан бег человека, т.е. воссоздана трехуровневая структура движения: кинематика — динамика — цель. В ней каждый компонент, включая кинематику, выбирался из нескольких альтернатив в ходе циклического сопоставления промежуточных результатов процесса распознавания.

В теории зеркальных нейронов распознавание воспринятого действия трактуется как результат отклика зеркальных нейронов на процесс восприятия этого действия («симуляция действия»). Наши выводы дают основание предположить, что отклик зеркальных нейронов возникает **как один из побочных результатов** независимо протекающего процесса распознавания видимого действия. В самом деле, в ходе восприятия кинематики действия активизируется прежде всего клика психофизического состояния (нейронного кода памяти), хранящая данные проприоцепторики. Вслед за ней активизируются и остальные клики кода памяти в том числе и клика, хранящая эфферентные данные, фиксирующие работу двигательных нейронов при выполнении действия. Ее активизация и порождает эффект зеркальных нейронов.

4

В теории зеркальных нейронов принято использовать сходное, но гораздо более имплицитное, метафорическое понятие А. Р. Лурия — «кинематическая мелодия» [Риццоллати, Синигалья 2012: 107–108].



## 6. Двигательный признак человека

В данной статье рассмотрены некоторые результаты Н.А. Бернштейна, продолжающие оказывать фундаментальное влияние на современные исследования в области биодвижений. В заключение хотелось бы коснуться еще одного результата — роли предметных действий в формулировке признака, отличающего человека от прачеловека и животного. Предметные действия появляются у ребенка в начале третьего года и «почти монополярно принадлежат человеку... Даже у высших обезьян процент их очень мал» [Бернштейн, 1947, с.115]:

Движения в уровне предметного действия представляют собой **смысловые акты**, т.е. это не столько движения, сколько уже элементарные поступки, определяемые смыслом поставленной задачи. Надеть и застегнуть пальто, смазать лыжи мазью, обстругать плоскость доски, запечатать письмо в конверт, очинить карандаш... — вот ряд примеров простейших предметных действий <...> Итак, в отношении к предмету смысл действий уровня D состоит уже не в его перемещениях, а в гораздо более разнообразных и сложных формах изменения окружающей действительности [Бернштейн, 1947, с. 129, 131; выделено Бернштейном. — А.К.].

Согласно Бернштейну, предметным действиям непосредственно предшествует появление у ребенка на втором году пространственных действий, которые являются общими для человека и животных. Это широкий набор целенаправленных действий, связанных с перемещением предметов в пространстве (схватить, передать, принести, бросить, поднять, выпить, съесть и т. д.) и их физическими изменениями (порвать, разбить, сломать, сорвать и пр.). Н.А. Бернштейн выделил совокупность этих действий в отдельный класс — «уровень С пространственного поля» [Бернштейн, 1947, с. 82–84]: «весь второй год жизни ребенка является годом вступления в строй уровня пространственного поля и осваивания локомоций» [Там же, с. 168].

Как известно, существует проблема отыскания простого внешнего признака, отличающего человека от животного и прачеловека. Человеческий язык не может служить таким признаком, поскольку, если мы слышим неизвестную нам последовательность звуков, мы не можем определить, является ли она человеческой речью, или нет. Строгое разделение пространственных и предметных действий позволяет сформулировать искомый признак — двигательный признак человека:

(5) Человек способен осуществлять **пространственные и предметные действия**, а прачеловек и животное — только пространственные действия.

Подробнее об этом см. [Кошелев, 2017, с. 44]. О других приложениях исследований Бернштейна см. там же [Кошелев, 2017, с. 16–37] и [Кошелев, 2019, с. 172].

## Литература

- [1] Апресян Ю.Д. (1974) Лексическая семантика: синонимические средства языка. М.
- [2] Бернштейн Н.А. (1947) Биомеханика и физиология движений. М.
- [3] Бернштейн Н.А. (1990) Физиология движений и активность. М.
- [4] Гак В.Г. (1977) Сопоставительная лексикология. М.
- [5] Даль В. (1989) Толковый словарь живого великорусского языка. Т. I–IV.
- [6] Кошелев А.Д., (1989) Об основаниях языковой классификации движений, задаваемых глаголами движения // Семиотика и информатика. Вып. 29. С. 177–200.
- [7] Кошелев А.Д., (1990) Классификация аспектуальных значений процессных глаголов по референтно значимым признакам // Тожество и подобие. Сравнение и идентификация. Логический анализ языка. М. С. 218–226.
- [8] Кошелев А.Д., (1996) Референциальный подход к анализу языковых значений // Московский лингвистический альманах. Вып. 1. М. С. 82–194.
- [9] Кошелев А.Д., (2017) Очерки эволюционно-синтетической теории языка. М. (URL: <https://independent.academia.edu/AlexeyKoshelev>).
- [10] Кошелев А.Д., (2019) О генезисе мышления и языка: Генезис понятий и пропозиций. Аристотель и Хомский о языке. Влияние культуры на язык. М. (URL: <https://independent.academia.edu/AlexeyKoshelev>).
- [11] МАС (1985–1988) Словарь русского языка в четырех томах. Т. I–IV. М.
- [12] Риццоллатти Д., Синигалья К. (2012) Зеркала в мозге: О механизмах совместного действия и сопереживания. М.
- [13] Ушаков Д.Н. (1934–1940.) Толковый словарь русского языка. Т. I–IV. М. Цинь Л. (2007) Код памяти // В мире науки. № 11. С. 18–25.
- [14] Alexander R.M. (1992) *The human machine*. New York.
- [15] Bingham G.P., Schmidt R.C., Rosenblum L.D. (1995) Dynamics and the orientation of kinematic forms in visual event recognition // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. Vol. 21 (6). pp. 1473–1493.
- [16] Bingham G.P., Wickelgren E.A. (2008) Events and actions as dynamically molded spatiotemporal objects: A critique of the motor theory of biological motion perception // *Shipley T.F., Zacks J.M.* (eds). *Understanding events: How humans see, represent, and act on events*. New York. pp. 255–285.
- [17] Collins S.H., Adamczyk P.G., Kuo A.D. (2009) Dynamic arm swinging in human walking // *Proceedings of the Royal Society of London*. Vol. 276. pp. 3679–3688.
- [18] Fogassi L., Ferrari P.F. (2011) Mirror systems // *Wiley. Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*. Vol. 2. pp. 22–38.
- [19] Gentner D. (2006) Why verbs are hard to learn // *Hirsh-Pasek K., Golinkoff R.* (eds). *Action meets word: How children learn verbs*. New York: Oxford University Press, 2006. pp. 544–564.
- [20] Golinkoff R., Chung H.L., Hirsh-Pasek K., Liu J., Bertenthal B.I., Brand R., Maguire M.J., Hennon E. (2002) Young children can extend motion verbs to point-light displays // *Developmental Psychology*. Vol. 38 (4). pp. 604–614.
- [21] Johansson G. (1973) Visual perception of biological motion and a model for its analysis // *Perception & Psychophysics*. Vol. 14. pp. 201–211.

- [22] Johansson G. (1976) Spatio-temporal differentiation and integration in visual motion perception An experimental and theoretical analysis of calculus-like functions in visual data processing // *Psychological Research*. Vol. 38. pp. 379–393.
- [23] Kourtzi Z., Kanwisher N. (2000) Activation in human MT/MST by static images with implied motion // *Journal of Cognitive Neuroscience*. Vol. 12 (1) pp. 48–55.
- [24] Longman (2009) Longman dictionary of contemporary English. Italy.
- [25] Manoonpong P., Woergoetter F. (2009) Efference copies in neural control of dynamic biped walking.
- [26] Robotics and autonomous systems // Elsevier Science. Vol. 57 (11). pp. 1140–1153.
- [27] Pruden S.M., Hirsh-Pasek K., Golinkoff R. (2008). Current events: How infants parse the world and events for language // *Shipley T.F., Zacks J.M.* (eds). *Understanding events: How humans see, represent, and act on events*. New York: Oxford University Press, pp. 160–192.
- [28] Raibert M.H. (1986) Legged robots that balance. Cambridge.
- [29] Rizzolatti G., Fabbri-Destro M. (2008) The mirror system and its role in social cognition // *Current Opinions in Neurobiology*. Vol. 18. pp. 179–184.
- [30] Runeson S. (1977) On the visual perception of dynamic events // *Acta Universitatis Upsaliensis: Studia Psychologica Upsaliensia* 9. Stockholm.
- [31] Runeson S., Frykholm G. (1983) Kinematic specification of dynamics as an informational basis for person and action perception: Expectation, gender recognition, and deceptive intention // *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 112. pp. 585–615.
- [32] Shipley T.F. (2003) The effect of object and event orientation on perception of biological motion // *Psychological Science*. Vol. 14 (4). pp. 377–380.
- [33] Talmy L. (1975) Semantics and syntax of motion // *Kimball J.P.* (ed.). *Syntax and Semantics* 4. New York: Academic Press, pp. 181–238.
- [34] Talmy L. (1985) Lexicalization patterns: Semantic structure in lexical forms // *Shopen T.* (ed.). *Language typology and syntactic description*. Vol. III: Grammatical categories and the lexicon. New York. pp. 57–149.
- [35] Troje N.F. (2002) Decomposing biological motion: A framework for analysis and synthesis of human gait patterns // *Journal of Vision*. Vol. 2 (5). pp. 371–387.
- [36] Troje N.F. (2008) Neural coding of episodic memory // *Dere E., Easton A., Nadel L., Huston J.P.* (eds).
- [37] *Handbook of Episodic Memory*. Amsterdam etc.: Elsevier, pp. 399–416.
- [38] Tsien J.Z. Meng Li M., Osan R., Chen G., Lin L., Wang P.L., Frey S., Frey J., Zhu D., Liu T., Zhao F., Kuang H. (2013) On initial brain activity mapping of episodic and semantic memory code in the hippocampus // *Neurobiology of Learning and Memory*. Vol. 105. pp. 200–210.