

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рапопорт, Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами: Учеб. пособие/Э.Я. Рапопорт. — М.: Высш. шк., 2003. — 299 с.
2. Изерман, Р. Цифровые системы управления : пер. с англ. / Р. Изерман. — М. : Мир, 1984. — 541 с.
3. Гринюк Д.А. Цифровые алгоритмы для управления технологическими процессами. / Д.А. Гринюк, И.О. Оробей, И.Г. Сухорукова, Н.М. Олиферович // МНТК «Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013)», Минск, – Минск: БГУИР, 2013 – С.38-39.

УДК531.3; 796.01

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ И БИОМЕХАНИКЕ

Покатилов А.Е., Куркор М.А., Ильенков И.В.

Могилевский государственный университет продовольствия,
Могилев, Республика Беларусь.

При исследовании роботов, манипуляторов и в сходных задачах биомеханики движения человека широко используют теорию углового поворота движения твердого тела. Ее основные результаты были получены еще в позапрошлом веке и в 20-м веке серьезно развиты на практике применительно к проблемам техники. Для описания движения твердого тела около неподвижной точки предложены параметры Родрига – Гамильтона, параметры Кейли – Клейна, углы Эйлера – Крылова и направляющие косинусы. Значительную роль сыграла теория гироскопов. При этом движение твердого тела задавалось исключительно углами Эйлера – Крылова, которые нашли широкое применение во всех работах по механике, включая и работы по исследованию управления движущимися объектами [1]. В конце 20-го появлялись серьезные научные исследования в области манипуляторов по использованию алгебры кватернионов для описания движения роботов [2], но они имели больше академический, а не практический интерес.

Анализ состояния исследований в области изучения пространственного движения роботов, и сходных по структуре биомеханических систем (БМС), выявил серьезную проблему в описании пространственного движения кинематических цепей, подобных опорно-двигательному аппарату человека. В настоящее время задачи пространственного движения человека решаются в кинематографе, анимации и компьютерных играх для визуализации. Критичным для таких задач является скорость вычислительных операций компьютера по пересчету изображения человека и пр., которая зависит от объема таких операций. Поэтому на первый план выходят технологии, дающие максимальную скорость расчета по сравнению с остальными методами. Среди всех кинематических параметров особое место занимают параметры Родрига – Гамильтона и Кейли – Клейна, т.к. эти параметры не вырождаются при любом положении твердого тела, в отличие от углов Эйлера, и их число равно четырем, поэтому они имеют одно уравнение связи, в отличие от шести для направляющих косинусов. Кроме того, интегрирование кинематических уравнений и преобразование координат в

углах Эйлера – Крылова связаны с тригонометрическими операциями, что резко снижает эффективность применения компьютеров.

Отметим, что, как и в классической механике, в биомеханике управляемого тела выделяют два направления: анализ и синтез движения биологических систем. Каждое из направлений имеет свои особенности, но их общей чертой является трудоемкость биомеханических расчетов, выполнение которых без использования вычислительной техники зачастую невозможно. Кроме этого, применение компьютеров вызывает необходимость разработки моделей движения на кинематическом и динамическом уровнях с учетом универсального характера создаваемых программ анализа и синтеза. Такие программы не должны зависеть от условия конкретной задачи, а сами определять стратегию расчета по исходным данным.

Кроме выбора и использования определенного математического аппарата для исследования пространственного движения кинематических цепей, подобных опорно-двигательному аппарату человека, стоит задача развития экспериментальных методов изучения такого движения. В последние годы стала представлять интерес с научной точки зрения такая технология как технология захвата движения (motion capture), получившая широчайшее развитие в смежных с робототехникой и биомеханикой областях, например, в кинематографе, телевидении, в компьютерной анимации и пр.

На сегодняшний день существует множество способов и технологий захвата движения, но их можно разделить на два основных вида:

1. Маркерные системы (оптически пассивные системы, оптически активные системы, магнитные системы, механические системы, гироскопические и инертные сенсоры).

2. Безмаркерные технологии (захват движения методом компьютерного зрения).

В маркерных системах motion capture используется специальное оборудование. На человека надевается костюм с датчиками, он производит движения; данные с датчиков фиксируются камерами и поступают в компьютер, где сводятся в единую трёхмерную модель.

Виды маркерных систем:

1. Оптически пассивные.

На костюме, входящем в комплект такой системы, прикреплены датчики-маркеры, которые названы пассивными, потому что отражают только посланный на них свет, но сами не светятся. В таких системах свет (инфракрасный) на маркеры посылается с установленных на камерах высокочастотных стробоскопов и, отразившись от маркеров, попадает обратно в объектив камеры, сообщая тем самым позицию маркера.

2. Оптически активные.

Вместо светоотражающих маркеров, которые крепятся к костюму актёра, в них используются светодиоды с интегрированными процессорами и радиосинхронизацией. Каждому светодиоду назначается ID (идентификатор), что позволяет системе не путать маркеры друг с другом, а также узнавать их, после

того как они были перекрыты и снова появились в поле зрения камер. Во всём остальном принцип работы таких систем схож с пассивными системами.

3. Магнитные системы.

Маркеры – магниты, а камеры – ресиверы, система высчитывает их позиции по искажениям магнитного потока.

4. Механические системы.

Напрямую следят за сгибами суставов, для этого на актёра надевается специальный механический тосар-скелет, который повторяет следом за ним все движения. В компьютер при этом передаются данные об углах сгибов всех суставов.

5. Гироскопические / инертные.

Используют миниатюрные гироскопы и инертные сенсоры, расположенные на теле актёра – также, как и маркеры или магниты в других тосар-системах. Данные с гироскопов и сенсоров передаются в компьютер, где происходит их обработка и запись. Система определяет не только положение сенсора, но также угол его наклона.

В настоящее время в биомеханике используется технология, подобная технологии с оптически пассивной маркерной системой, но перспективной является безмаркерная технология захвата движения. Данный метод не требует специальных датчиков или специального костюма.

Он основан на технологиях компьютерного зрения и распознавания образов. Человек может сниматься в обычной одежде, что сильно ускоряет подготовку к съемкам и позволяет снимать сложные движения (борьба, падения, прыжки, и т. п.) без риска повреждения датчиков или маркеров. Исследования подобной технологии проводятся на протяжении ряда последних лет.

Примером программного обеспечения, которое используется при захвате движения, является проект фирмы iPi Soft.

Особенности этой безмаркерной технологии:

- удобное использование для аниматоров и переносная система motion capture;
- низкие цены в сравнении с маркерными системами захвата движения;
- не используются маркеры;
- съемка со сложными фонами.

Наиболее полные данные о движении предоставляет так называемая векторная модель тела человека, которая представляет собой формализованные соотношения между основ-

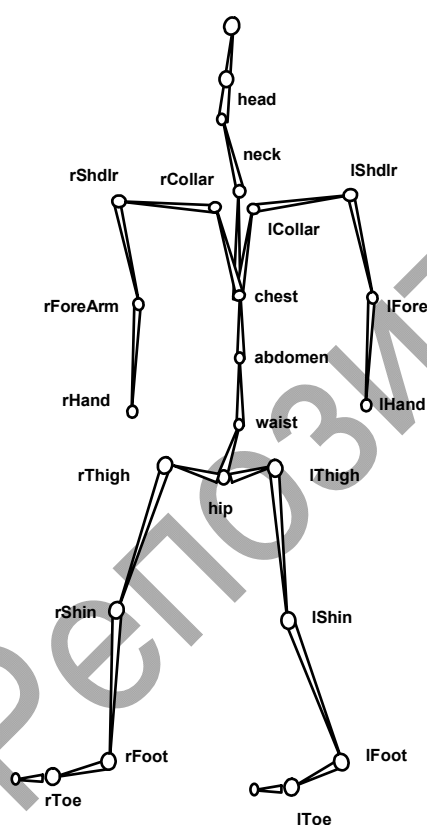


Рисунок 1 – Кинематическая схема БМС

ными узлами тела человека (рисунок 1), данные о координатах этих узлов относительно друг друга и окружающего пространства с учетом основных антропометрических характеристик.

Распознанное движение объекта реального мира необходимо для построения на его основе анимации, повторяющей основные движения оригинала, для создания различного рода симуляторов и тренажеров.

Данные о движении предоставляются в виде иерархии основных узлов скелета человека [3], где вращение одних суставов относительно других представлено в виде кватернионов (роль вращающихся векторов выполняют кости скелета), а смещение представлено в виде трехмерных векторов в локальной для каждого узла системе координат.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бранец, В. Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / В. Н. Бранец, И. П. Шмыгалевский. – М. ; Главная редакция физико-математической литературы: Наука, 1973. – 320 с.
2. Борисенко, Л. А. Манипуляторы. Механика поворотов / А. Борисенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2001. – 100 с.
3. 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.

УДК531.3; 621.8; 796.01

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Покатилов А.Е., Киркор М.А.

Могилевский государственный университет продовольствия,
Могилев, Республика Беларусь.

Так как в робототехнике моделируются рабочие функции человека, то при расчетах манипуляторов и решении задач биомеханики движения человека часто общей основой является анализ опорно-двигательного аппарата человека. Последний, с точки зрения теории механизмов и машин, представляет собой кинематическую цепь. Методы расчета таких цепей в механике разработаны, но они имеют ту особенность, что предусматривают ручной труд. Сами расчетные методы универсальны, но их применение носит каждый раз конкретный характер, так как методы используются для кинематической цепи с определенным числом звеньев, кинематических пар 5-го, 4-го и 3-го классов. Таким образом, в зависимости от задачи количество звеньев меняется. В качестве наиболее общего случая начнем анализ опорно-двигательного аппарата человека с пространственной схемы. В связи со сложным строением, а значит, и соответственно сложным движением в суставе, для него вводят допущение, по которому каждый сустав биомеханической системы моделируют шарниром.

Известно, что скелет человека состоит из 206 костей, при этом 170 из них парные и 36 непарные, но в движении участвуют только 148 из них [1]. Рассчитаем степень свободы пространственной кинематической цепи по формуле Со-