УДК 796.012

В. И. Загревский
V. I. Zagrevsky

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ БИОМЕХАНИКИ ДВИЖЕНИЯ СПОРТСМЕНА

COMPUTING GEOMETRY OF BIOMECHANICS MOVEMENTS OF A SPORTSPERSON

Аннотация. *В статье рассматриваются вычислительные алгоритмы перемещения, вращения и масштабирования точки, являющейся компонентом каркасной модели тела человека.*

Summary. *This article discusses computational algorithms of translation, rotation and scaling point, which is a component of a wireframe model of the human body.*

Ключевые слова: *модель, биомеханическая система, перемещение, вращение, масштабирование.*

Keywords: *model, biomechanical system, move, rotate, scale.*

В информатике существует специальная область, которую называют компьютерной графикой. Компьютерная графика занимается методами и средствами создания, преобразования, обработки, хранения и вывода на печать изображений с помощью цифровых вычислительных комплексов. Компьютерная графика охватывает все виды и формы представления изображений, доступных для восприятия человеком:

- на экране монитора компьютера;
- на бумажном носителе;
- на кинопленке;
- на ткани и т. д.

В компьютерной графике изображаемые объекты существуют лишь в памяти компьютера: они не имеют реальной физической формы, а описываются в математических терминах и представляют собой совокупность цифр. Поэтому такие изображения называют цифровыми. Изображение – конечный результат применения средств компьютерной графики, оно может использоваться для различных целей и обеспечивать наглядность восприятия и передачу самой разнообразной информации. Так, например, проблема представления имеющейся накопленной информации о параметрах биомеханических характеристик изучаемых спортивных упражнений лучше всего может быть решена посредством графического отображения.

Компьютерную графику можно классифицировать по нескольким основным признакам (таблица) [1].

Таблица – Классификация компьютерной графики

<table>
<tr><td>По количеству измерений в пространстве</td><td colspan="2">Двухмерная</td><td colspan="3">Трехмерная</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>По способу формирования изображения</td><td>Растровая</td><td colspan="3">Векторная</td><td>Фрактальная</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>По динамике</td><td colspan="2">Статическая</td><td colspan="3">Интерактивная</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>По специализации</td><td>Инженерная</td><td colspan="2">Дизайн</td><td colspan="2">Web</td></tr>
</table>

Первым классификационным признаком является количество измерений, используемых при создании и обработке изображения. По этому признаку вся компьютерная графика делится на два класса: плоская, или двухмерная (2D), графика и трехмерная (3D) графика. В двухмерной графике любое изображение имеет лишь два измерения – ширину и высоту. Трехмерная графика характеризуется тремя пространственными измерениями – шириной, высотой и глубиной.

По способу формирования изображений компьютерная графика дифференцируется на растровую графику, векторную и фрактальную. Основным элементом растровой графики является точка, совокупность точек формирует изображение. Векторная графика основана на работе с линиями, которые и описывают в математической форме изображаемый объект. Фрактальная графика, как и векторная, имеет в своей основе концепцию математических вычислений, в которой, в отличие от векторной графики, базовым элементом является уже не линия, а сама математическая формула.

Третьим признаком компьютерной графики является способность динамического изменения изображения в форме статической графики и интерактивной (анимационной) графики. Под интерактивной компьютерной графикой понимают раздел компьютерной графики, изучающий вопросы динамического управления изображением со стороны пользователя. С помощью интерактивных устройств взаимодействия пользователя с компьютером осуществляется управление содержанием изображения, его формой, размером и цветом на экране монитора.

Специализация компьютерной графики в отдельных областях человеческой деятельности может служить четвертым классификационным признаком. Так, по рассматриваемому признаку можно выделить инженерную графику, дизайн-графику, Web-графику и другие области.

Основываясь на вышеперечисленных классификационных признаках компьютерной графики, графическое представление о биомеханике движений спортсмена с помощью персонального компьютера можно отнести к видам:

1. Специализация – инженерная компьютерная графика.
2. Динамика – статическая и анимационная.
3. Формирование изображений – растровая и векторная графика.
4. Количество пространственных измерений – 2D- и 3D-графика.

Имеющиеся данные об использовании средств компьютерной графики в визуализации движений человека [1; 2; 3] свидетельствуют об ограниченном характере ее применения в учебно-тренировочном процессе спортсменов. В этой связи исследование возможности адаптации имеющегося математического аппарата трехмерной графики к задачам биомеханики движений человека является **актуальным** и своевременно поставленным. В русле тематического направления разработки вопросов, связанных с применением компьютерной геометрии в визуализации движений человека, были поставлены локальные **задачи исследования:**

1. Определить математический аппарат переноса и изменения масштаба в геометрических преобразованиях точки как элемента биомеханической системы.
2. Выявить основные параметры изменения коэффициентов матричного преобразования переноса и масштаба для изменения вертикального и горизонтального размеров рисунка.

Для решения поставленных задач исследования использовались **методы** вычислительной геометрии, матричной алгебры и компьютерного моделирования.

В компьютерной графике изображаемый объект является не реальным, а воображаемым, т. е. создаваемым с помощью компьютерной программы. Для того чтобы такой воображаемый объект сформировать, необходимо задать координаты его положения в пространстве. С этой целью традиционно применяются специальные геометрические примитивы: точка, отрезок прямой или многоугольника. При этом отрезок прямой будет характеризоваться двумя точками (вершинами), многоугольник – упорядоченным набором вершин, сфера – двумя вершинами, одна из которых соответствует центру, а другая – любой точке на поверхности сферы.

В биомеханике определяются координаты точки, тела, системы тел. В рамках статьи рассмотрим задачу геометрического моделирования точки на плоскости.

Геометрические преобразования точки. Компьютерная геометрия – это математический аппарат, положенный в основу компьютерной графики. В свою очередь, основу компьютерной геометрии составляют различные преобразования точек и линий.

Любое изображение, выводимое на экран монитора, состоит из точек. Точки на плоскости задаются в прямоугольной системе координат с помощью двух ее координат: X (абсцисса), Y (ордината). Координаты точки однозначно определяют ее положение в системе координат. Таким образом, геометрически каждая точка задается значениями координат вектора относительно выбранной системы координат. Координаты точек можно рассматривать как элементы матрицы $[x \quad y]$, т. е. в виде вектор-строки или в виде вектор-столбца, имеющего форму записи $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$. Положением этих точек управляют путем преобразования исходной матрицы $[x \quad y]$ в конечную $[x^* \quad y^*]$, с новыми элементами матрицы: x^* и y^*.

Преобразование исходной матрицы $[x \quad y]$ в конечную $[x^* \quad y^*]$ можно свести к следующим трансформациям:

1. Перенос точки вдоль осей Ox, Oy декартовой системы координат на определенную величину (константа переноса).
2. Перенос точки вдоль осей Ox, Oy декартовой системы координат на величину, пропорциональную ее расстоянию до начала системы координат (коэффициент масштаба переноса).
3. Зеркальное отображение точки относительно осей Ox, Oy декартовой системы координат.
4. Зеркальное отображение точки относительно начала декартовой системы координат.

1. Перенос точки вдоль осей Ox, Oy декартовой системы координат на константу переноса осуществляется сложением исходной матрицы $[x \quad y]$ координат переносимой точки и матрицы $[a \quad b]$ констант переноса по оси Ox (a) и по оси Oy (b). Результат переноса в виде матрицы $[x^* \quad y^*]$ запишем в виде матричного сложения

$$[x \quad y]+[a \quad b]=[x+a \quad y+b^*]=[x^* \quad y^*]. \qquad (1)$$

Следовательно, для математического описания перемещения точки на плоскости надо к матрице ее координат прибавить матрицу коэффициентов преобразования в виде констант переноса.

2. Перенос точки вдоль осей Ox, Oy декартовой системы координат с использованием коэффициентов масштаба переноса описывается процедурой матричного умножения

$$[x \quad y]\cdot\begin{bmatrix} a & b \\ ñ & d \end{bmatrix}=[ax+cy \quad bx+dy]=[x^* \quad y^*]. \qquad (2)$$

Здесь: $[x^* \quad y^*]$ – матрица координат точки после переноса, $[x \quad y]$ – исходная матрица координат переносимой точки, $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ – матрица коэффициентов масштабирования.

Исследуем влияние коэффициентов масштабирования (a, b, c, d) на результаты переноса точки. Рассмотрим несколько частных случаев.

Отсутствие переноса. В матрице преобразований $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ положим коэффициенты масштабирования a=1, d=1, b=0, c=0. Запишем результат преобразования

$$[x \quad y]\cdot\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = [x \quad y]\cdot\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = [1x+0y \quad 0x+1y] = [x \quad y] = [x^* \quad y^*]. \quad (3)$$

Матрица преобразований приводит к матрице идентичной исходной (3) и координаты точки не претерпевают изменений. Таким образом, результатом переноса являются исходные координаты точки.

Масштабируемый перенос точки вдоль оси Ох. Изменим коэффициенты масштабирования следующим образом. Пусть a=const, d=1, b=0, c=0. Тогда

$$[x \quad y]\cdot\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = [x \quad y]\cdot\begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = [ax+0y \quad 0x+1y] = [ax \quad y] = [x^* \quad y^*]. \quad (4)$$

Из (4) следует, что $x^*=ax$. Данная запись означает, что преобразуемая точка переместится в направлении x с масштабом перемещения равным a.

Масштабируемый перенос точки вдоль оси Оу. Пусть сейчас a=1, d=const, b=0, c=0. Получим

$$[x \quad y]\cdot\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = [x \quad y]\cdot\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & d \end{bmatrix} = [1x+0y \quad 0x+dy] = [x \quad dy] = [x^* \quad y^*]. \quad (5)$$

Следовательно, данное матричное преобразование эквивалентно перемещению исходной точки в направлении y с коэффициентом масштабирования d, т. к. $y^*=dy$.

Раздельное изменение масштаба переноса по осям декартовой системы координат. Анализ уравнений (4, 5) показывает, что если $a>1$, то масштаб по оси Ох увеличивается, если $a<1$, то масштаб уменьшается. Изменение масштаба перемещения точки по оси Оу происходит аналогичным образом: если $d>1$, то масштаб по оси Ох увеличивается, если $d<1$, то масштаб уменьшается.

Одновременное пропорциональное изменение масштаба переноса по осям декартовой системы координат происходит, если $a=d$. Как и в случае раздельного перемещения точки по осям декартовой системы координат масштаб увеличивается, если a>1 и d>1. Для изменения масштаба в сторону его уменьшения необходимо положить a<1 и d<1. Здесь необходимо учесть, что во всех случаях b=0, c=0.

Одновременное непропорциональное изменение масштаба переноса по осям декартовой системы координат осуществляется при таких численных значениях элементов матрицы преобразования, когда b=0, c=0 и a<>d. Понятно, что если a>d, то перемещение вдоль оси Ох больше, чем по оси Оу. И наоборот, если d>a, то большее перемещение точки происходит вдоль оси Оу, а по оси Ох – меньшее.

3. Зеркальное отображение точки относительно осей Ох, Оу декартовой системы координат произойдет, если a или d отрицательно. Допустим a=-1, b=0, c=0, d=1. Тогда

$$[\mathrm{x} \quad \mathrm{y}]\cdot\begin{bmatrix} a & b \\ c & \mathrm{d} \end{bmatrix} = [\mathrm{x} \quad \mathrm{y}]\cdot\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = [-1x+0y \quad 0x+1y] = [-x \quad y] = [x^* \quad y^*]. \quad (6)$$

Произошло отображение точки переноса относительно оси Оу. Изменив полярно коэффициенты a и d, задав их равными a=1, d=-1, оставляя значения b, c прежними (b=0, c=0), получим

$$[\mathrm{x} \quad \mathrm{y}]\cdot\begin{bmatrix} a & b \\ c & \mathrm{d} \end{bmatrix} = [\mathrm{x} \quad \mathrm{y}]\cdot\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} = [1x+0y \quad 0x-1y] = [x \quad -y] = [x^* \quad y^*]. \quad (7)$$

Точка переноса отобразилась зеркально относительно оси Ох.

4. Зеркальное отображение точки относительно начала декартовой системы координат происходит при условии, что $b = 0$, $c = 0$, $a = d$ и одновременно a=-1, d=-1<0.

Заключение.

1. Уравнения (1-7) позволяют трансформировать положение изображаемой точки в соответствии с законами геометрии и предсказать качественную картину трансформации по изменению численных значений коэффициентов матрицы преобразования.

2. Отображение и изменение масштаба вызывают только диагональные элементы матрицы преобразования, расположенные на главной диагонали.

3. Для увеличения масштаба в горизонтальном направлении необходимо увеличить коэффициент, расположенный в левом верхнем углу матрицы преобразования, а для уменьшения – уменьшить численное значение коэффициента.

4. Для увеличения вертикальных размеров рисунка необходимо увеличить коэффициент, расположенный в правом нижнем углу матрицы преобразования, и, соответственно, для уменьшения вертикального размера рисунка – уменьшить величину этого коэффициента.

Библиографический список

1. Петров, М.Н. Компьютерная графика : учебник / М.Н. Петров, В.П. Молочков. – СПб. : Питер, 2004. – 812 с.
2. Каминский, В.П. Инженерная и компьютерная графика для строителей / В.П. Каминский, Е.И. Иващенко. – М. : Феникс, 2008. – 288 с.
3. Роджерс, Д. Алгоритмические основы машинной графики / Д. Роджерс ; пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 512 с.
4. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики / Д. Роджерс, Дж. Адамс ; пер. с англ. – М. : Мир, 2001. – 604 с.
5. Шелестов, А.А. Компьютерная графика : учеб. пособие / А.А. Шелестов. – Томск : ТУСУР, 2012 [Электронный ресурс]. – 121 с. – Режим доступа : www.asu.tusur.ru/ learning/ books/b10.doc. – Дата доступа : 08.09.2014.

УДК 159.98

Е. Н. Климова
H. N. Klimova

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ НЕЙРОЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СОТРУДНИКОВ СИЛОВЫХ СТРУКТУР

USING THE TOOLS OF NEURO-LINGUISTIC PROGRAMMING IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF LAW ENFORCEMENT OFFICERS

Аннотация. *В статье изложены основные положения и технологии нейролингвистического программирования, необходимые в психологической подготовке сотрудников силовых структур. Нейролингвистическое программирование направлено на повышение личной эффективности, умение преодолевать стрессы, распознавать ложь, входить в доверие к людям.*

Summary. *The article describes the fundamentals and techniques of neurolinguistic programming required in the psychological preparation of the security forces. NLP aims to increase personal effectiveness, ability to overcome stress, detect lies, go into the confidence of the people.*

Ключевые слова: *нейролингвистическое программирование (НЛП), репрезентативная система, визуал, аудиал, кинестетик, дискрет .*

Keywords: *Neurolinguistic Programming, representative system, visual, audial, kinestetik, discrete.*

Значительная роль в подготовке сотрудников силовых структур отводится психологической подготовке, а именно умению сдерживать свои эмоции, различать и понимать эмоции других людей, знанию особенностей невербального поведения, умению диагностировать ложь по телесным ха-