

# ...МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 616.711-007.54-056.5

## БЕЗЛУЧЕВАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ НАРУШЕНИЯ ОСАНКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ИСКРИВЛЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Р. Е. Слободской

Харьковский технический университет радиоэлектроники

Существующая в настоящее время распространенная методика диагностики сколиоза, а также контроль за ходом лечения предусматривает обязательное использование рентгенографии при всем ее нежелательном воздействии (особенно на детский организм).

С целью исключения или минимизации лучевой нагрузки предложен метод безлучевой оценки нарушения осанки (приоритетная справка № 9974168 от 20.07.99 г.).

Метод заключается в получении информации о положении опорных точек – шести при виде спереди и шести при виде сзади. Основой для получения такой информации служит триангуляционная схема, построенная по данным измерений, описываемых ниже. Такая схема позволяет оценить степень нарушения осанки качественно и количественно. При этом в качестве количественных характеристик используются 9 линейных и 4 угловых величины, сравнение которых позволяет сделать выводы о степени нарушения, а полученное изображение дает возможность качественной оценки.

В качестве опорных точек были выбраны для вида спереди правый (1) и левый (2) акромионы (точки соединения ключиц и лопаток), яремная ямка (3), конец грудины (вершина эпигастрального угла) (4), правая (5) и левая (6) верхние ости таза.

Для вида сзади такими точками являются седьмой шейный позвонок (7) правый (1) и левый (2) акромионы, двенадцатый поясничный позвонок (8), правая (9) и левая (10) точки ромба Михаэлиса.

При обследовании пациента выполняются линейные измерения в последовательности 3-1, 3-4, 4-1, 4-5, 5-3, 3-2, 2-4, 4-6, 6-3 для вида спереди, и 7-1, 7-8, 8-1, 7-2, 2-8, 8-9, 7-9, 8-10, 7-10 для вида сзади.

Полученные величины вводятся в ЭВМ, и по результатам их обработки на экран монито-

ра выводится изображение схемы расположения опорных точек (рис. 1), соответствующей состоянию пациента на момент обследования.

Для получения координат, определяющих расположение данных точек, использовались известные математические зависимости.

Так, определение координат точки 1 выполнено, исходя из следующего:

$$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}; \quad \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha};$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha};$$

$$\beta = \arctg\left(\frac{\sin \beta}{\cos \beta}\right)k; \quad \alpha = \arctg\left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right)k;$$

$$x = c \cos \beta; \quad y = c \cos \beta;$$

$$\sin \beta = \frac{b \sin \alpha}{a}$$

Аналогичным образом определено положение точки 2 на виде сзади и всех остальных опорных точек

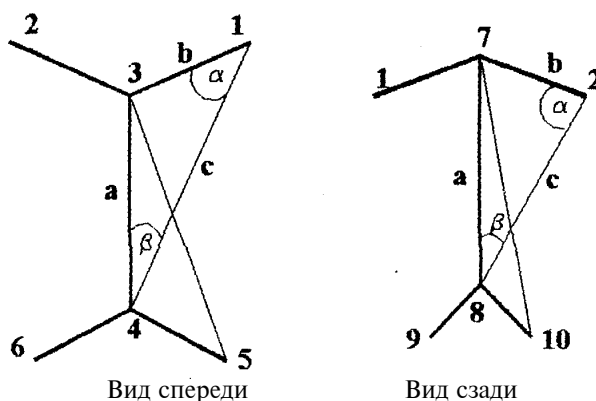


Рисунок 1.

Триангуляционная схема.

Изображение триангуляционной схемы реального пациента М., 15 лет (вид спереди) приведена на рис. 2. Качественная оценка изображения позволяет установить наличие нарушения осанки. Конкретные величины, определяющие степень нарушения, по сравнению с нормой составили:

	Норма	Реальные данные
a	отсутствует	63,9
b	равно c	6,52
c	равно b	70,42
d	равно e	199,9
e	равно d	219,8
a1	отсутствует	22,3
b1	равно c1	177,3
c1	равно b1	199,7
d1	равно e1	181,6
e1	равно d1	203,5
$\alpha$	равно $\alpha_1$	72,2
$\beta$	равно $\beta_1$	42,2
$\alpha_1$	равно $\alpha$	88,2
$\beta_1$	равно $\beta$	48,9

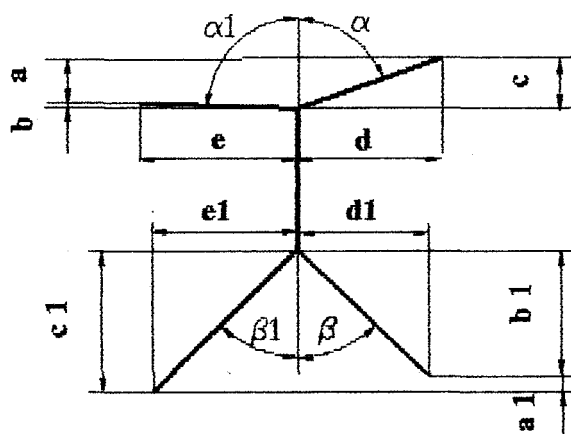


Рисунок 2.

Триангуляционная схема реального пациента.

Описанная методика была апробирована в специальной школе-интернате для детей больных сколиозом, и получила положительную оценку специалистов.

В тоже время триангуляционная схема позволяет использовать для первичной экспресс-оценки состояния объекта не только набор приведенных выше числовых величин, но и интегральный критерий, указывающий на степень отличия правой и левой частей изображения схемы, выражаемую количественно.

Для создания возможности получения такого критерия (индекса искривления позвоночника) был предложен следующий способ преобразования триангуляционной схемы (приоритетная справка № 2000052515 от 4.05.2000 г.).

Положение опорных точек (точки А, В, С, D, E, F) в преобразуемой схеме (рис. 3) характеризуется величинами соответствующих радиусов-векторов и углами их наклона по отношению к вертикальному направлению.

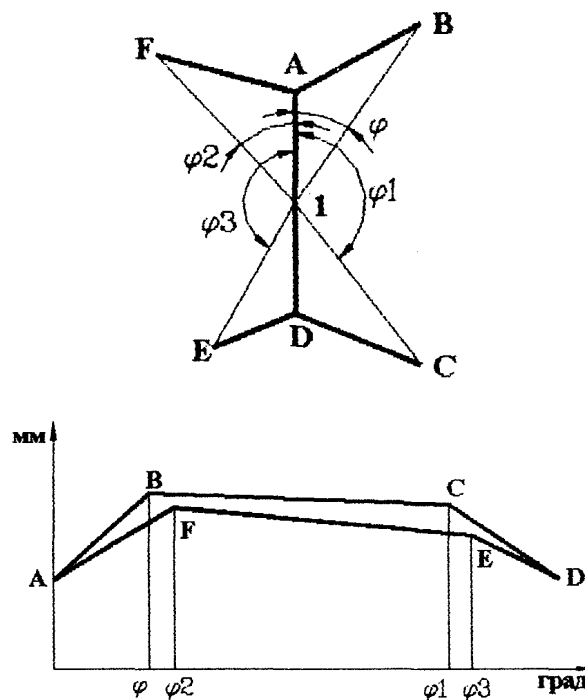


Рисунок 3.

Триангуляционная схема и ее преобразованная форма.

Так, точка А имеет координаты  $1A$  и  $0^\circ$ , точка В —  $1B$  и  $\phi^\circ$  и т.д. По имеющимся полярным координатам опорных точек выполняется построение графика в прямоугольных координатах, причем по оси абсцисс откладываются значения углов, а по оси ординат соответствующие значения величин радиусов-векторов. В результате подобных построений триангуляционная схема приобретает вид, изображенный на рис. 3, где одна ломаная является отображением правой части схемы, а вторая — ее левой части.

Для получения количественного критерия оценки степени отличия правой и левой частей схем используя зависимость

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N y_1 y_2 - N * \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^N y_1}{N} \right) \left( \frac{\sum_{i=1}^N y_2}{N} \right) \right]}{\sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^N y_1^2 - N \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^N y_1}{N} \right)^2 \right] \right\} \left\{ \sum_{i=1}^N y_2^2 - N \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^N y_2}{N} \right)^2 \right] \right\}}}$$

определяем коэффициент корреляции. Полученная величина применяется для оценки степени искривления позвоночника.

При условии, что для нормального состояния коэффициент корреляции составляет от 1 до 0,98, а рассчитанный для приведенного примера (см. рис. 2) коэффициент корреляции составил 0,929, для данного пациента можно сделать вывод об имеющихся нарушениях и необходимости проведения определенных лечебных мероприятий

С целью автоматизации процесса получения изображения триангуляционной схемы, расчета ее количественных характеристик, преобразования, получения преобразованного изображения и расчета коэффициента корреляции разработана программа SPINE для работы в операционной системе Windows с использованием одного из наиболее популярных и перспективных средств визуальной разработки - DELPHI.

Пользовательский интерфейс программы сделан максимально дружелюбным, чтобы исключить для пользователя необходимость в профессиональных знаниях из области вычислительной техники.

Разработанная программа позволяет осуществить ввод данных, полученных при обследовании пациента, их запись в файл и последующую

обработку с выводом изображения триангуляционной схемы, а также ее "сложенного" по центральной линии вида и количественных параметров. Кроме этого выводится изображение преобразованной триангуляционной схемы и значение коэффициента корреляции. Вся полученная информация может быть распечатана.

В настоящее время для автоматизации получения информации о расположении опорных точек непосредственно с тела обследуемого и ввода ее в ЭВМ разрабатывается устройство, которое даст возможность проводить исследования на трехмерных моделях.

Применение подобного аппаратно-программного комплекса позволит проводить массовые осмотры, что может стать основой для разработки экспертной системы оценки состояния опорно-двигательного аппарата.

Описанная выше методика получила положительную оценку специалистов Института патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко. В настоящее время ее применяют при обследовании учащихся Харьковской специальной школы-интерната для детей, больных сколиозом.