

УДК 004.942

**ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СПОСОБА ОЦЕНКИ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНА НА ПРИМЕРЕ
ГИРЕВОГО СПОРТА**

Александр Алексеевич Шайдуров, кандидат технических наук, Алтайский государственный университет, shaidurov@phys.asu.ru

Ирина Николаевна Томилова, кандидат биологических наук, Алтайский государственный университет, tomilova@bio.asu.ru

В данной работе рассмотрен способ оценки функциональной подготовленности спортсмена на основе применения статистических и нейросетевых методов анализа данных. Выявлены факторы, характеризующие оптимальную подготовленность спортсмена к соревнованиям. Построена математическая модель оценки подготовленности спортсмена, включающая в себя факторный анализ данных и интеллектуальный классификатор в виде двухслойного перцептрона.

Ключевые слова: статистические методы анализа данных, искусственные нейронные сети, перцептрон, факторный анализ данных, функциональная подготовленность спортсмена.

CONSTRUCTION OF THE INTELLECTUAL METHOD OF EVALUATING THE FUNCTIONAL PREPAREDNESS OF THE ATHLETE ON THE EXAMPLE OF GIRRE SPORTS

Alexander Alekseevich Shaidurov, Candidate of Technical Sciences, Altai State University, shaidurov@phys.asu.ru

Irina Nikolaevna Tomilova, Candidate of Biological Sciences, Altai State University, tomilova@bio.asu.ru

In this paper, a method for assessing the athlete's functional fitness based on the application of statistical and neural network methods of data analysis is considered. The factors characterizing the athlete's optimal preparedness for the competitions are revealed. A mathematical model of an athlete's preparedness assessment is developed, which includes factor analysis of data and an intellectual classifier in the form of a two-layer perceptron.

Keywords: statistical methods of data analysis, artificial neural networks, perceptron, factor analysis of data, functional fitness of an athlete.

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные достижения в спорте, способность переносить тренировочные и тем более соревновательные нагрузки в значительной степени определяются уровнем функциональной подготовленности спортсмена и предъявляют высокие требования к организму. Исследования, по выявлению ключевых факторов влияющих на результативность спортсменов, работающих на развитие выносливости, показали, что ключевым фактором является функциональное состояние сердечно-сосудистой системы [1, 2].

В связи с чем, изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов не только в процессе тренировок, но и непосредственно в процессе соревнований является весьма актуальным для прогнозирования будущих результатов [3].

Исследования проводились на базе Алтайского государственного университета, а также во время Всероссийских соревнований по гиревому спорту в г. Барнауле. Всего было обследовано 80 спортсменов, систематически занимающихся гиревым спортом, в возрасте от 20 до 25 лет.

Все измерения спортсменов проводили во время соревнований: антропометрия при взвешивании, оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы до и после упражнения «толчок 2-х гирь от груди» осуществляли при помощи вариационной пульсометрии по Баевскому [4] и вегетативным индексам, также оценивался уровень тревожности.

2. МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Исходная выборка данных содержала 90 параметров, что затрудняло математический анализ. Поэтому, для сокращения числа параметров без существенного уменьшения информативности на первом этапе был осуществлен факторный анализ данных.

Главными целями факторного анализа являются сокращение числа переменных и определение структуры взаимосвязей между переменными, т.е. классификация переменных. Поэтому факторный анализ используется или как метод сокращения данных или как метод классификации. Поэтому применение метода факторного анализа позволяет отыскать скрытые закономерности, которые определяются воздействием внутренних или внешних причин на изучаемый процесс, а также выявить статистические связи признаков с факторами или главными компонентами [5].

При помощи факторного анализа были проанализированы 90 параметров, описывающих физиологические особенности сердечно-сосудистой системы спортсменов, а также антропометрические параметры спортсменов.

На основе критерия каменистой осыпи (рис. 1) и анализа собственных значений факторов (табл.1), с учетом эмпирических знаний было установлено, что значимыми являются 6 факторов.

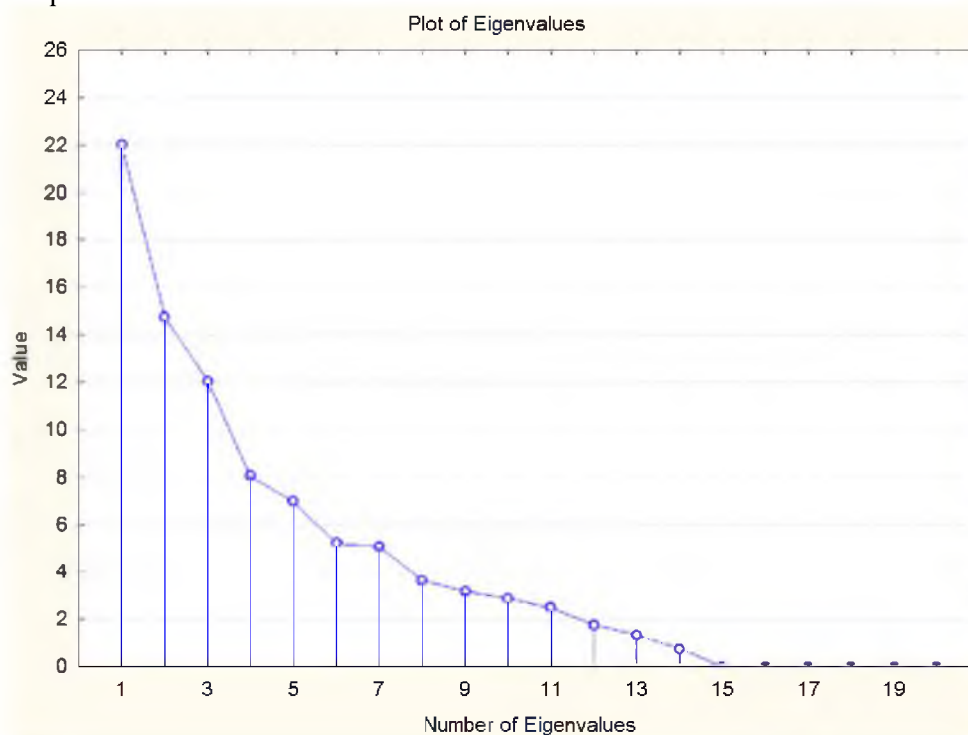


Рис. 1. График собственных значений

Как видно из таблицы 1, собственное значение для первого фактора равно 21,99; т.е. доля дисперсии, объясненная первым фактором равна приблизительно 21.99%. Второй фактор включает в себя 17,74% дисперсии, и т.д. В соответствии с критерием Кайзера, мы оставили факторы с собственными значениями большими 5. Из приведенной таблицы 1 следует, что критерий приводит к выбору 6 факторов.

Таблица 1. Собственные значения факторов

Факторы	Собственные значения	% общей дисперсии	кумулятивное собственное значение	% кумулятив.
1	21.99	24.44	21.99	24.44
2	14.74	16.38	36.73	40.81
3	12.04	13.38	48.77	54.19

4	8.04	8.93	56.81	63.12
5	6.95	7.72	63.76	70.84
6	5.20	5.78	68.96	76.62
7	4.96	5.62	74.02	82.24
8	3.63	4.03	77.64	86.27
9	3.17	3.52	80.82	89.80
10	2.88	3.21	83.70	93.00

Расчёт факторных нагрузок позволил определить переменные, входящие в значимые факторы. Факторные нагрузки можно интерпретировать как корреляции между факторами и переменными. Поэтому они представляют наиболее важную информацию, на которой основывается интерпретация факторов. При анализе использовались следующие методы вращения: варимакс, квартимакс, биквартимакс и эквимакс. В результате исследований различные методы вращения показали почти идентичный результат. Соответственно было решено остановиться на стандартном вычислительном методе вращения варимакс.

В результате исследований было получено следующее распределение параметров по факторам:

1. Фактор № 1:
 - 1.1. Отношение суммарного веса, поднимаемого спортсменом, к собственному весу спортсмена;
 - 1.2. Весовая категория спортсмена;
 - 1.3. Ширина плеч;
 - 1.4. Обхват таза;
 - 1.5. Саггитальный диаметр грудной клетки;
 - 1.6. Диаметр шеи;
 - 1.7. Окружность груди в спокойствии;
 - 1.8. Объем глубокого выдоха;
 - 1.9. Объем глубокого вдоха;
 - 1.10. Окружность живота;
 - 1.11. Окружность голени;
 - 1.12. Окружность плеча;
 - 1.13. Индекс Кетле;
 - 1.14. Показатель крепости Телос (по Пинье);
2. Фактор №2:
 - 2.1. Индекс Кердо. Определяет степень влияния на сердечно-сосудистую систему вегетативной нервной системы;
 - 2.2. Минутный объем крови;
 - 2.3. Сердечный индекс. Рассчитывается как отношение минутного объема крови к поверхности тела;
 - 2.4. Периферическое сопротивление;
 - 2.5. Тип саморегуляции кровообращения. Если данный индекс превышает 110, то тип саморегуляции кровообращения сосудистый, если менее 90 – сердечный;
 - 2.6. вариационный размах (разность между наибольшим и наименьшим значением кардиоинтервалов) в секундах;
 - 2.7. Показатель регулярности сердечного ритма;
3. Фактор №3:
 - 3.1. Суммарная масса поднятой нагрузки;
 - 3.2. Коэффициент выносливости, используемый для оценки степени тренированности сердечно-сосудистой системы к выполнению физической нагрузки;
 - 3.3. Индекс Аллговера, отражает состояние систолического выброса – главного прогностического показателя работы сердца

- 3.4. Электрическая ось сердца – результирующий вектор возбуждения желудочков;
- 3.5. Усредненное значение кардиоинтервалов;
- 4. Фактор №4:
 - 4.1. Систолическое давление;
 - 4.2. Диастолическое давление;
 - 4.3. Среднединамическое давление;
 - 4.4. Коэффициент экономичности кровообращения - отражает затраты организма на передвижение крови в сосудистом русле;
 - 4.5. Индекс работы сердечной мышцы;
 - 4.6. АП;
 - 4.7. ИМО;
- 5. Фактор №6:
 - 5.1. Индекс Баевского
 - 5.2. Амплитуда моды в ЭКГ, выраженная в процентах;
 - 5.3. Показатель адекватности процессов регуляции;
 - 5.4. Коэффициент монотонности (индекс вегетативного равновесия);

Как видно, примененный метод главных компонент распределил статистически значимые переменные по пяти факторам. При этом наблюдается группировка переменных в соответствии с их функциональным и физиологическим назначением. Таким образом, можно сказать, что результаты проведенного статистического исследования не противоречат физиологическим основам функционирования человеческого организма. Напротив, полученные результаты легко обосновываются с точки зрения физиологии.

3. НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Выявление статистически значимых параметров позволило сократить число переменных без существенного уменьшения информативности.

Однако, в силу того, что исходная выборка данных содержит только 80 записей, использование статистических методов для построения диагностической или классификационной модели не целесообразно. При малом количестве записей более логично использовать нейросетевые методы, обладающие высокой обобщающей способностью, позволяющей выделять правильный образ сквозь шум и искажения [6].

Для построения интеллектуального способа оценки функциональной подготовленности спортсмена использовался двухслойный перцептрон. Для первого слоя нейронов, в качестве активационной функции использовалась рациональная сигмоида. Для выходного слоя нейронов активационная функция была представлена пороговой функцией.

Данная структура была выбрана в силу следующих причин:

1. В качестве алгоритма обучения для данной архитектуры можно использовать алгоритм обратного распространения ошибки. Данный метод обучения достаточно прост, легко реализуем и обладает высокой сходимостью.

2. В качестве выходного поля был выбран качественный параметр, отражающий функциональную подготовку спортсмена-гиревика. Так как данный параметр имел 4 качественных уровня, то нейронная сеть в выходном слое содержала 4 нейрона с пороговой активационной функцией.

В силу того, что число записей было не велико, то при обучении нейронной сети использовался метод кросс-валидации. То есть из исходной выборки данных изымались 4 записи (по одной из каждого класса). На оставшихся записях нейронная сеть обучалась, а на выбранных записях – тестировалась. Весь процесс повторялся до тех пор, пока в числе «выбранных записей» не побывали все записи из исходной выборки данных.

В результате нейросетевого исследования было показано, что точность прогноза функциональной подготовленности спортсмена достаточно высока.

Таблица 2 Результаты нейросетевой оценки функциональной подготовленности спортсмена-гиревика

Функциональная подготовленность (ФП)	Процент правильных ответов	Количество записей, классифицированных нейронной сетью			
		Низкая ФП	Ниже средней ФП	Выше средней ФП	Высокая ФП
Низкая	75	3	1	0	0
Ниже средней	87	0	33	5	0
Выше средней	92	0	2	23	0
Высокая	91	0	0	1	10

Как видно из таблицы 2, минимальный процент правильных ответов (75%) имеется для низкой функциональной подготовленности. Однако это объясняется малым количеством записей (4 записи). Для других, более многочисленных видов функциональной подготовленности процент правильных ответов достигает 90%.

4. ВЫВОДЫ

В результате проведенных статистических исследований было показано:

1. Для сердечно сосудистой системы спортсменов высокой квалификации характерна большая тренированность, выносливость, экономичная и энергетически выгодная работа сердца, что способствует улучшению кровоснабжения центральных и периферических органов.
2. Спортсмены высокой квалификации характеризуются меньшей ситуационной и личностной тревожностью, что вызвано высоким уровнем церебральных трофотропных влияний.
3. Для ЭКГ, спортсменов-гиревиков в состоянии психоэмоционального покоя характерно увеличение временных параметров показателей с повышением спортивного разряда.

Совместное применение статистических и нейросетевых методов позволило создать полноценную систему оценки функциональной подготовленности спортсмена-гиревика. Так же в ходе проведенного исследования достигнуты следующие результаты:

1. Показано, что для построения системы оценки функциональной подготовленности спортсмена гиревого спорта необходимо совместное использование статистических и нейросетевых методов.
2. Использование предварительного статистического анализа позволяет сократить список необходимых параметров без понижения уровня информативности.
3. Нейросетевая система позволяет с близким к оптимальному соотношением ошибкам первого и второго рода оценить функциональную подготовленности спортсмена-гиревика.

Список литературы

1. Гомонов В. Н. Индивидуализация технической и физической подготовки спортсменов-гиревиков различной квалификации: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04: Смоленск, 2000. – 165 с.
2. Мищенко В. С. Функциональные возможности спортсмена / В. С. Мищенко. – Киев, 1990. – 200 с.
3. Бундзен П.В., Коротков К.Г., Короткова А.К., Мухин А.В., Прияткин Н.С./ Психофизиологические корреляты успешности соревновательной деятельности спортсменов Олимпийского резерва // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. - №3. – С. 84 – 92.
4. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 257 с.
5. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. – СПб: ВМедА, 2002. – 266с.
6. Нейроинформационные технологии: учебное пособие / А.А. Шайдуров. – издательство Алтайского государственного университета, 2014. – 138с.