

УДК 004.624

***РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ
ПОКАЗАТЕЛЯМИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
СПОРТСМЕНОВ С ПОМОЩЬЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА***

Фирсова С. А.

к.-ф.-м. н., доцент,

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,

Саранск, Россия

Григорьев А. О.

студент,

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,

Саранск, Россия

Аннотация

В статье описывается разработанный авторами программный модуль, предназначенный для исследования зависимостей между показателями сердечно-сосудистой системы спортсменов методом кластерного анализа. Необходимые данные передаются с пульсометра в приложение Kubios, затем загружаются в разработанный модуль для анализа. Приведены примеры применения данного модуля в тренировочном процессе спортсменов-биатлонистов Республики Мордовия.

Ключевые слова: Kubios, HRV-показатели, биатлон, пульсометр, кластерный анализ, метод локтя.

***DEVELOPMENT OF A SOFTWARE INFORMATION SYSTEM MODULE FOR
STUDYING DEPENDENCIES BETWEEN INDICATORS OF THE
CARDIOVASCULAR SYSTEM OF ATHLETE USING CLUSTER ANALYSIS***

Firsova S. A.

Ph.D., Associate Professor,

N. P. Ogarev Mordovian State University,

Saransk, Russia

Grigoriev A. O.

student, N. P.

Ogarev Mordovian State University,

Saransk, Russia

Annotation

The article describes a software module developed by the authors, designed to study the dependencies between indicators of the cardiovascular system of athletes using the cluster analysis method. The necessary data is transferred from the heart rate monitor to the Kubios application, then loaded into the developed module for analysis. Examples of the application of this module in the training process of biathletes of the Republic of Mordovia are given.

Keywords: Kubios, HRV-indicators, biathlon, heart rate monitor, cluster analysis, elbow method.

В настоящее время методы кластерного анализа широко используются в различных отраслях для анализа больших объёмов данных и выявления скрытых закономерностей. В спорте эти методы также получили значительное распространение благодаря возможности группировки объектов в соответствии с их характеристиками. Кластерный анализ позволяет группировать команды или спортсменов, схожих по показателям сердечно-сосудистой системы.

В научной периодике появляется всё больше исследований, посвященных применению методов кластерного анализа в спорте, что свидетельствует о значимости и популярности этих методов в данной области. Так, в [1] рассматривается проведение кластерного анализа в силовых видах спорта. Было
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

выявлено, что уровень спортивного мастерства спортсмена зависит и от веса спортсмена, и от максимального результата в упражнениях. Как было установлено в [2] у спортсменов, занимающихся вольной борьбой, преобладал 3 кластер, который характеризовался высокими результатами в тесте «треморометрия» минимальным количеством и временем касаний. Это свидетельствует о важности функционального состояния кисти. Однако время реакции в тесте «Закон силы» в этом кластере имеет среднее значение, что объясняется большей ролью точности реакции, чем её скоростью.

Также в настоящее время появляется всё больше исследований, посвященных изучению влияния показателей сердечно-сосудистой системы на спортивную результативность спортсменов. Так, в [3] были выявлены ключевые показатели ВСР и ЦНС, которые представляют значимую информацию для прогнозирования соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов.

Поскольку все подобные исследования сопряжены с получением и обработкой большого объема данных, то было решено разработать модуль программно-информационной системы для исследования зависимостей между показателями сердечно-сосудистой системы спортсменов методами кластерного анализа, который позволит выявить взаимосвязи и зависимости между различными показателями сердечно-сосудистой системы спортсменов, понять физиологические особенности каждого спортсмена, оптимизировать тренировочные программы, учитывая выявленные зависимости и кластеры.

Кроме того, разрабатываемый модуль программной системы будет являться важным инструментом для повышения результативности спортсменов на всех уровнях соревнований - от местных до международных. Так, тренеры смогут оптимизировать тренировочный процесс, учитывая индивидуальные особенности каждого спортсмена и его физические возможности.

В современном профессиональном спорте наблюдается широкое применение измерительных устройств, таких как нагрудные и оптические

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

наручные пульсометры, для мониторинга показателей сердечно-сосудистой системы (HRV-показателей), например, датчик ЧСС Polar H10 [4], который позволяет контролировать ЧСС с максимальной точностью, подключаясь к различным устройствам с помощью Bluetooth® и ANT+.

В качестве исходных данных были взяты показатели сердечной системы спортсменов-биатлонистов. В конце тренировочного дня спортсмен в состоянии покоя производит включение нагрудного пульсометра Polar на 3 минуты и замеряет свои показатели. Затем происходит синхронизация пульсометра с приложением Polar Flow [5], из возможен экспорт полученных данных в мобильное приложение Kubios HRV [6] (см. рис. 1), в котором отображаются показатели сердечного ритма.



Рис. 1. Мобильное приложение Kubios HRV

Источник: Авторский материал

Показатели сердечно-сосудистой системы, которые отображаются в мобильном приложении Kubios: READINESS, RMSSD, SD1, SDNN, Heart rate, LF power, HF power, Stress index.

Описанный выше процесс получения необходимых для анализа данных и их передачи в модуль программной системы можно схематически представить в следующем виде (см. рис. 2):

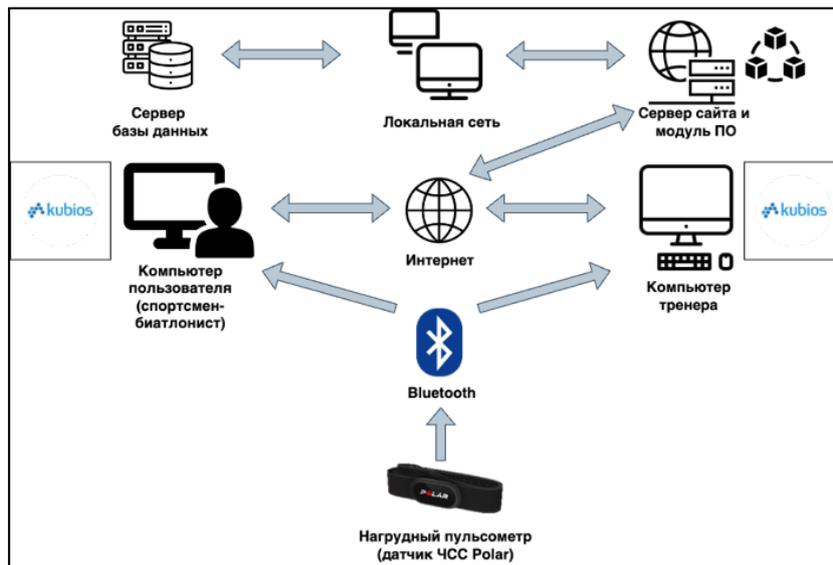


Рис. 2. Схема получения и передачи данных в программный модуль

Источник: Авторский материал

Разработанный программный модуль включает в себя разнообразные функциональные возможности для проведения кластерного анализа, которые представлены на диаграмме вариантов использования (см. рис. 3):

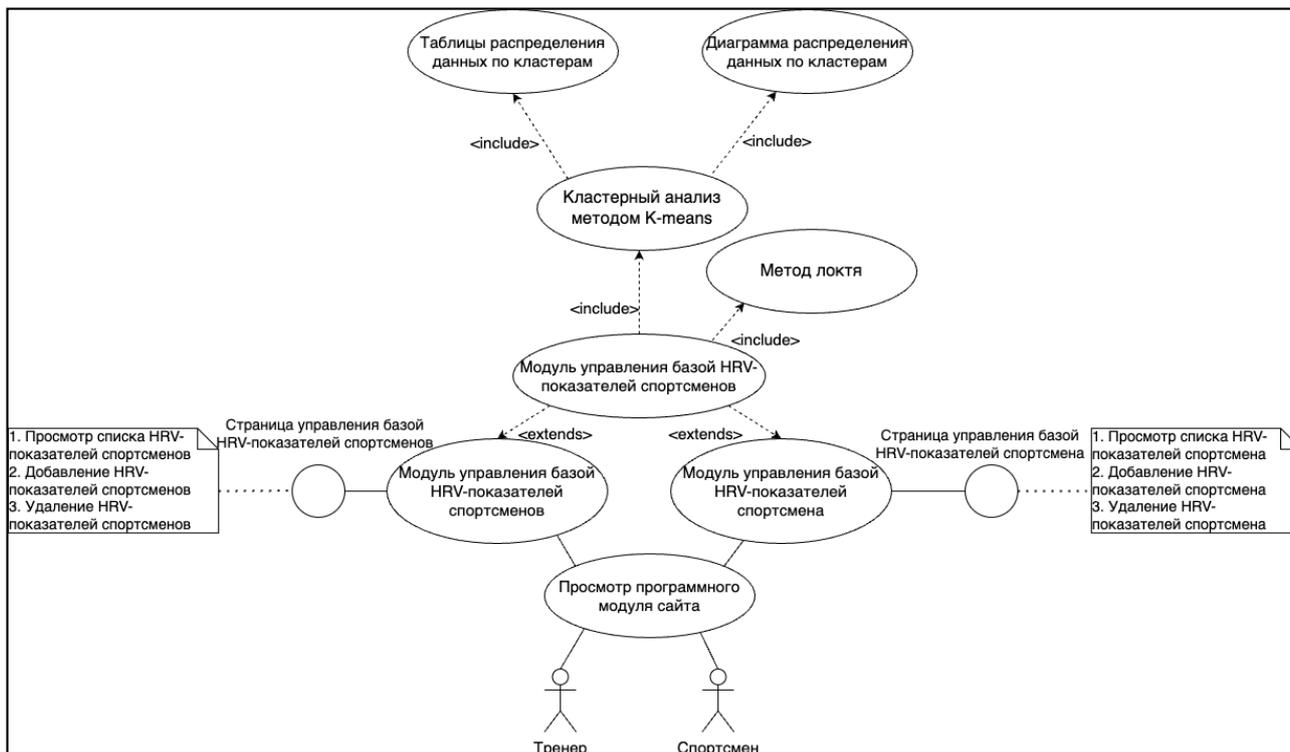


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования

Источник: Авторский материал

Для реализации программного модуля были использованы следующие инструментальные средства:

- кросс-платформенная интегрированная среда разработки для .NET – Rider;
- язык программирования C# 11 совместно с фреймворком разработки веб-приложений
- ASP.NET Core и фреймворком Extreme.Statistics для проведения статистического анализа;
- язык программирования для создания интерактивных веб-страниц JavaScript;
- формальный язык описания внешнего вида страницы CSS;
- язык гипертекстовой разметки HTML;
- среда разработки Azure Data Studio для администрирования базы данных MySQL.

В программном модуле была создана база данных, которая хранит как ежедневно измеряемые значения HRV-показателей каждого спортсмена, так и параметры замеров, проводимых методом кластерного анализа, а также результаты этих замеров. Структура базы данных приведена на рисунке 4:



Рис. 4. Схема базы данных

Источник: Авторский материал

Разработанная база данных, которая состоит из 4 таблиц:

- таблица **Пользователи** хранит данные о пользователях системы (спортсменов и тренеров) и содержит поля: идентификатор пользователя, ФИО, дата рождения, пол, спортивный разряд, логин, пароль, статус (спортсмен/тренер);
- таблица **HRV-показатели** содержит данные о показателях спортсмена в тренировочные и выходные дни: идентификатор снятия показателей, дата снятия показателей, идентификатор спортсмена, HRV-показатели, такие как: READINESS, RMSSD, RR, SDNN, SD1, TP, HF, LF, SI, Heart, Load.
- таблица **Параметры кластерного анализа** хранит данные о параметрах кластерного анализа: идентификатор анализа, дата проведения кластерного анализа;
- таблица **Результаты кластерного анализа** содержит информацию распределении HRV-показателей спортсменов по кластерам.

Исследование данных HRV-показателей спортсменов с помощью метода факторного анализа будет состоять из следующих этапов:

1. загрузка данных;
2. предварительная обработка данных;
3. выбор оптимального количества кластеров методом локтя
4. проведение кластерного анализа, которое включает вывод диаграммы и таблиц распределения показателей по кластерам.

После авторизации пользователя в программно-информационной системе у спортсмена появляется возможность ввести свои HRV-показатели с помощью заполнения соответствующей формы добавления (см. рис. 5):

Рис. 5. Форма добавления HRV-показателей

Источник: Авторский материал

Также можно увидеть таблицу всех ранее введенных значений HRV-показателей, в которой можно произвести их редактирование или удаление. Внизу таблицы рассчитаны средние значения каждого из показателей за выбранный период времени (см. рис. 6):

Дата	Id спортсмена	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart	Load	Инструменты
04.05.2023	1	0,62	83	915,56	91,46	58,8	5775,34	2032,07	3743,27	4,67	66		
05.05.2023	1	0,55	73	850,92	77,61	51,48	4341,07	2098,06	2243,01	6,26	71	0,56	
06.05.2023	1	0,70	92	1009,49	95,19	65,37	8008,31	3141,52	4866,81	4,60	59	0,62	
07.05.2023	1	0,50	54	890,97	69,7	38,25	3679,03	954,5	2724,53	6,96	67		
08.05.2023	1	0,52	61	862,45	73,99	43,18	3094,8	873,9	2220,9	6,53	70	0,54	
09.05.2023	1	0,59	65	948,47	68,74	45,8	3285,88	981,79	2304,09	6,78	63		
10.05.2023	1	0,61	69	972,18	83,6	48,65	4191,18	1117,97	3073,21	5,60	62	0,56	
12.05.2023	1	0,58	78	848,03	83,32	55,14	4311,79	2424,84	1886,95	5,15	71	0,66	
Среднее значение	1	0,58	71,9	912,3	80,5	50,83	4585,93	1703,08	2882,85	5,82	75	0,59	

Рис. 6. Таблица с показателями сердечно-сосудистой системы спортсмена №1

Источник: Авторский материал

Перед началом проведения кластерного анализа требуется произвести нормализацию данных, исключим столбцы: идентификатор спортсмена и Load, поскольку они не понадобятся при анализе.

В начале проведения кластерного анализа тренерский штаб с помощью метода локтя определяет оптимальное количество кластеров.

Метод локтя для кластерного анализа заключается в следующем: строится график значения функции потерь в зависимости от количества кластеров. Далее определяется точка на графике, где значение функции потерь начинает уменьшаться медленнее.

В таблице 1 представлен листинг программы для определения оптимального количества факторов методом локтя. Создается объект класса Kmeans, который инициализируем новой конфигурацией для K-Means с текущим значением числа кластеров. Устанавливает евклидово расстояние в квадрате в качестве метрики расстояния и устанавливает допустимую погрешность (tolerance) на изменение центроидов меньше 0.05. Далее проводим обучение модели на обработанных данных и рассчитываем суммы квадратов расстояний между точками данных и их соответствующими центроидами для каждого значения числа кластеров (wcss). После записываем полученные данные в объект класса ElbowMethodViewModel для дальнейшего вывода графического представления метода локтя на клиентской части.

Табл. 1. Метод локтя

```
const int numFacts = 11;
var clusters = Enumerable.Range(1, numFacts).ToList();
var wcss = new List<double>();
KMeans kmeans;
foreach (var currentClusters in clusters)
{
    kmeans = new KMeans(k:currentClusters){
        Distance = new SquareEuclidean(),
        Tolerance = 0.05
    };
    kmeans.Learn(data);
}
```

```
wcss.Add(kmeans.Error);  
}  
var elbowMethod = new ElbowMethodViewModel()  
{  
    Clusters = clusters,  
    Wcss = wcss  
};  
//передача значений на клиентскую часть
```

В нашем случае после того, как количество кластеров достигает пяти, сумма квадратов внутрикластерных расстояний перестает существенно уменьшаться. Значит, пять кластеров и будет оптимальным значением (см. рис. 7).



Рис. 7. Определение оптимального количества кластеров методом локтя

Источник: Авторский материал

После происходит кластерный анализ методом K-means по выбранному оптимальному числу кластеров. Он используется для разделения множества объектов на k кластеров на основе их признаков.

В таблице 2 представлен листинг программы для проведения кластерного анализа методом Kmeans. Создается объект класса Kmeans, в который в качестве параметров передается ранее полученное оптимальное количество кластеров методом локтя. Далее с помощью метода Learn() проводится обучение модели на обработанных данных. В результате выполнения этой операции объект kmeans

будет содержать информацию о центроидах кластеров, к которым принадлежат данные. Метод Decide() Использует обученный алгоритм для принятия решений относительно кластеров для каждой точки данных. Результат (метки) сохраняются в переменной labels в виде списка. Каждая метка указывает на принадлежность соответствующей точки данных к одному из кластеров

Табл. 2. Кластерный анализ методом Kmeans

```
var kmeans = new KMeans(k: klusterCount);  
var clusters = kmeans.Learn(data);  
var labels = clusters.Decide(data).ToList();  
//передача значений на клиентскую часть
```

Далее на странице программного модуля появляется диаграмма распределения HRV-показателей по кластерам, которая показывает, как данные спортсменов с диаграммы рассеяния распределены по кластерам (см. рис. 8).

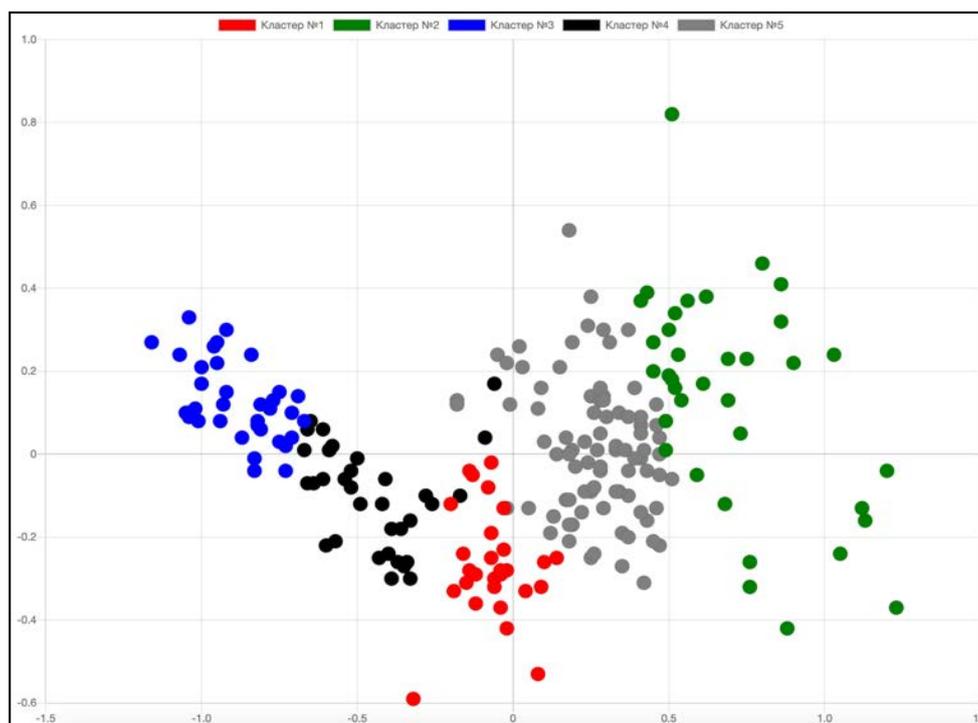


Рис. 8. Диаграмма распределение HRV-показателей по кластерам

Источник: Авторский материал

Распределение показателей сердечно-сосудистой системы спортсменов по кластерам можно сопоставить со спецификой формирования тренировочного процесса в соответствующие дни, входящие в определённый кластер. Рассмотрим кластеры №1, №4 и №5.

По средним значениям в кластере №1 заметно, что средние значения всех показателей сердечного ритма спортсменов различаются незначительно, кроме показателей HF (мощность высокочастотных колебаний сердца) и LF (мощность низкочастотных колебаний сердца) (см. рис. 9).

HRV-показатели спортсменов в 1-ом кластере											
Кластер №1											
Дата	Идентификатор спортсмена	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart
15.05.2023	4	0,86	127	1184,14	110,95	89,97	25401,58	6305,91	19095,67	3,77	51,00
16.05.2023	4	0,92	151	1182,6	114,99	107,26	16646,59	5893,97	10752,62	4,05	51,00
17.05.2023	4	0,83	120	1191,36	85,63	85,76	14673,6	4600,14	10073,46	4,07	50,00
18.05.2023	4	0,80	115	1150,89	86,26	80,61	16729,14	5540,73	11188,41	4,44	52,00
18.05.2023	3	0,68	172	1197,32	111,33	121,98	11116,23	9679,44	1436,79	4,30	50,00
19.05.2023	4	0,80	116	1162,5	87,14	82,52	17319,8	6146,01	11173,79	4,89	50,00
20.05.2023	4	0,83	115	1150,5	85,19	85,56	21762,91	5522,85	16240,06	4,45	52,00
21.05.2023	4	0,78	110	1135,11	83,24	80,03	18753,8	3552,53	16201,27	4,05	53,00
22.05.2023	4	0,75	105	1100,45	89,93	75,22	20264,59	4934,96	15329,63	4,85	53,00
23.05.2023	3	0,58	145	1065,58	141,17	103,06	16861,5	4514,82	12346,68	3,56	56,00
23.05.2023	4	0,88	142	1122,02	107,72	100,88	29486,38	7223,22	22263,16	4,09	53,00
24.05.2023	4	0,78	140	1120,45	100,22	105,02	19405,53	5864,68	13540,85	4,31	52,00

Результаты:											
Средние значения по исходным данным:											
	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart	
Среднее значение	0,69	153,58	1074,08	136,84	121,59	17863,82	9440,54	8424,40	4,23	56,95	

Средние значения по кластеру №1:											
	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart	
Среднее значение	0,73	127,82	1175,73	104,79	99,27	16885,37	5386,72	11498,65	3,98	51,18	

Рис. 9. HRV-показатели спортсменов в первом кластере

Источник: Авторский материал

Полученные результаты могут свидетельствовать о нагрузках на организм спортсмена во время тренировочного процесса, связанных с циклическими упражнениями (анаэробными тренировками), что можно заметить в тренировочном расписании на примере спортсмена №4, у которого в большей степени присутствуют только циклические виды тренировок (бег, ходьба,

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

велосипед) с 15.05.2023 по 21.05.2023, при этом нагрузка варьируется от 39% до 63%, что является нормой для спортсмена (см. рис. 10).

Дата	ЧСС	Центральная работа											Силовая подготовка				Средняя подготовка					Интенсивность (%)	Самочувствие			
		Упражн. на вело-во	Бег, ходьба с	Имитация	Лыжи	Лыжи коньки	Лыжи	Прочие	Велосипед	Спортс	ОФПН	Силовой	Выполнение	Общий	СКАТ	Хлопкой	Количество	Количество	Кол-во	Кол-во	Промая			Промая		
15.05.2023	51																							0%	1	
Зарядка																									0%	
Утро 1 тр.		15	55	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%		
Вечер 2 тр.		15	55	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%		
Итого		15	55	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%	1	
18.05.2023	51																							0%	1	
Зарядка																								0%		
Утро 1 тр.		15	45	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%		
Вечер 2 тр.		15	45	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%		
Итого		15	45	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%	1	
17.05.2023	50																							0%	1	
Зарядка																								0%		
Утро 1 тр.		10	45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%		
Вечер 2 тр.		10	45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%		
Итого		10	45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%	1	
18.05.2023	52																							0%	1-10 Баллов	
Зарядка																								0%		
Утро 1 тр.		10	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%		
Вечер 2 тр.		10	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%		
Итого		10	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%	1	
15.05.2023	50																							0%	2	
Зарядка																								0%		
Утро 1 тр.		10	5	1	0	0	0	0	0	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%		
Вечер 2 тр.		10	5	1	0	0	0	0	0	100	20	0	105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%		
Итого		10	5	1	0	0	0	0	0	100	20	0	105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63%	2	
20.05.2023	52																							0%	1	
Зарядка																								0%		
Утро 1 тр.		25	5	1	0	0	0	0	0	90	18	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39%		
Вечер 2 тр.		25	5	1	0	0	0	0	0	90	18	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39%		
Итого		25	5	1	0	0	0	0	0	90	18	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39%	1	
21.05.2023	53																							0%	1-10 Баллов	
Зарядка																								0%		
Утро 1 тр.																								0%		
Вечер 2 тр.																								0%		
Итого																								0%		

Рис. 10. Тренировочное расписание спортсмена №4 с 15.05.2023 по 21.05.2023

Источник: Авторский материал

Значения в кластере №4 ниже средних значений по исходным данным спортсменов, но показатели начинают выравниваться (см. рис. 11).

HRV-показатели спортсменов в 4-ом кластере

Кластер №4											
Дата	Идентификатор спортсмена	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart
01.05.2023	4	0,65	63	950,3	60	61	2534,77	1221,94	1312,83	5,32	50,00
02.05.2023	4	0,63	70	980,35	61	50	4101,65	2000,81	2100,84	5,14	50,00
03.05.2023	4	0,74	120	1084,25	105,82	85,35	10026,32	6531,95	3494,37	5,36	55,00
04.05.2023	4	0,70	101	1061,62	96,43	71,29	8503,45	4119,95	4383,5	5,34	53,00
04.05.2023	1	0,62	83	915,56	91,46	58,8	5775,34	2032,07	3743,27	4,67	66,00
05.05.2023	4	0,73	104	1132,77	83,73	73,99	6488,34	4469,02	2019,32	5,10	50,00
06.05.2023	4	0,70	105	1060,2	80	83	7555,79	3377,55	4178,24	5,20	55,00
06.05.2023	1	0,70	92	1009,49	95,19	65,37	8006,31	3141,52	4866,61	4,60	59,00
07.05.2023	4	0,73	105	1136,82	80,46	75,21	7976	2995,9	4980,1	5,26	53,00
08.05.2023	4	0,75	103	1098,5	75,03	70,73	5743,8	2409,17	3334,03	5,64	55,00
09.05.2023	4	0,71	107	1150,01	73,55	73,87	5292,88	2053,03	3239,85	5,03	52,00
10.05.2023	4	0,71	108	1086,47	86,5	76,52	6691,75	1520,91	5170,84	5,24	55,00

Результаты:											
Средние значения по исходным данным:											
	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart	
Среднее значение	0,69	153,58	1074,08	136,84	121,59	17863,82	9440,54	8424,40	4,23	56,95	

Средние значения по кластеру №4:											
	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart	
Среднее значение	0,73	99,12	992,29	87,99	70,96	6555,87	3402,14	3153,73	5,18	59,88	

Рис. 11. HRV-показатели спортсменов в четвёртом кластере

Источник: Авторский материал

Полученные результаты могут свидетельствовать о незначительной нагрузке на организм спортсмена, что можно заметить в расписании на примере спортсмена №4 за период с 01.05.2023 по 05.05.2023, у которого интенсивность тренировок не превышает 45%, что также связано с началом тренировочного лагеря, когда организм спортсмена тренер не подвергает тяжелым физическим нагрузкам (см. рис. 12).

Дата		ЧСС	Упражн. на	Бег, ходьба	Имитация	Лыжи	Лыжи коньки	Лыжи	Прочие	Велосипед	Спортив	ООПН	Силовой	Выполнение	Общий	СКАТТ	Колестой	Колестой	Кол-во	Кол-во	Кол-во	Кол-во	Промая	Промая	Игнорность	Саморазвитие
		кол-во	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	мин	кол-во	кол-во	кол-во	кол-во	кол-во	кол-во	кол-во	%	1-10 баллов
01.05.2023		50																							0%	1
Зарядка			100																						41%	
Утро 1 тр.																									0%	
Вечер 2 тр.																									0%	
Итого			0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	1

Рис. 12. Тренировочное расписание спортсмена №4 с 01.05.2023 по 06.05.2023

Источник: Авторский материал

По средним значениям в кластере №5 заметно, что средние значения всех показателей сердечного ритма спортсменов незначительно начинают отличаться от средних показателей в кластере №5 (см. рис. 13).

HRV-показатели спортсменов в 5-ом кластере

Дата	Идентификатор спортсмена	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart
04.05.2023	3	0,74	185	1268,43	133,64	131,56	15439,79	12295,19	3144,6	3,32	47,00
06.05.2023	3	0,72	211	1060,25	165,03	149,81	22078,53	20282,15	1796,38	3,07	57,00
09.05.2023	3	0,69	196	1086,1	160,1	138,97	22154,36	16124,59	6029,77	3,16	55,00
11.05.2023	3	0,72	213	1127,36	182,43	151,43	30387,12	14581,71	15805,41	2,70	53,00
13.05.2023	3	0,58	165	953,77	156,31	116,77	23513,53	10456,79	13056,74	3,78	63,00
14.05.2023	4	0,80	250	1108	180,57	100,2	26297,58	5648,81	20648,77	2,78	52,00
14.05.2023	3	0,50	131	947,57	142,68	92,83	18574,46	6298,9	12275,56	3,53	63,00
15.05.2023	3	0,49	131	923,8	158,66	92,68	19848,62	3953,04	15895,58	3,72	65,00
16.05.2023	3	0,68	180	1212,19	152,93	127,95	22105,42	12411,43	9693,99	3,38	49,00
17.05.2023	3	0,79	228	1193	153,86	161,89	21647,19	18964,19	2683	3,49	50,00
19.05.2023	3	0,62	176	1010,08	184,37	125,07	30536,41	7057,4	23479,01	3,18	59,00
20.05.2023	3	0,70	179	1208,35	152,64	125,04	21592,4	12123,52	9468,88	3,56	50,00

Результаты:

Средние значения по исходным данным:

	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart
Среднее значение	0,69	153,58	1074,08	136,84	121,59	17863,82	9440,54	8424,40	4,23	56,95

Средние значения по кластеру №5:

	READINESS	RMSSD	RR	SDNN	SD1	TP	HF	LF	SI	Heart
Среднее значение	0,68	182,36	1123,52	167,82	152,79	22605,18	12136,18	10472,22	3,12	53,88

Рис. 13. HRV-показатели спортсменов в пятом кластере

Источник: Авторский материал

Библиографический список:

1. Степанов В. С., Кочергин И. А., Татаренцев В. Л., Терещенко А. С. Проведение кластерного и дискриминантного анализов спортсменов в силовых видах спорта / Степанов В. С., Кочергин И. А., Татаренцев В. Л., Терещенко А. С. // Физическая культура студентов. – 2019. – С. 354-357. URL <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38318788>
2. Кириллова К.А., Лукойло Е.А. Кластерный анализ сенсомоторных реакций у лиц с различной спортивной подготовкой / К.А. Кириллова, Е.А.Лукойло// Гродненский государственный медицинский университет. - 2019. - С. 214-215. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44748479>
3. Реуцкая Е. А., Павлова Н. В., Николаев Е. М. Критерии интегральной подготовленности высококвалифицированных биатлонистов к соревнованиям // Наука и спорт: современные тенденции. 2017. Т. 16, № 3(16). С. 67-72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29909532>
4. Polar H10 – обзор нагрудного пульсометра // SPORT RITM. URL: <https://sport-ritm.ru/blogs/obzory/polar-H10-obzor-nagrudnogo-pulsometra> (дата обращения: 28.10.2023)
5. Polar Flow // POLAR FLOW. URL: <https://flow.polar.com/> (дата обращения: 28.10.2023)
6. Heart Rate Variability (HRV) software // Kubios. URL: <https://www.kubios.com/> (дата обращения: 28.10.2023)

Оригинальность 80%