

Научная статья

УДК 796.01:519.2
EDN: VTJQYI



**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ КОМАНД В ВУЗАХ СИЛОВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ
КОНТРОЛЬНЫХ ТЕСТОВ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

Михаил Львович Куликов¹, Алексей Иванович Примакин²

¹ Санкт-Петербургский университет МВД России, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии, Санкт-Петербург, Россия

¹ mptica@yandex.ru

² a.primakin@mail.ru

Аннотация. В статье предлагается методика формирования спортивных команд в вузах силовых структур на основе контрольных тестов посредством применения алгоритмов кластерного анализа. Тестирование в теории и практике физической подготовки является широко распространенным методом определения уровня физической подготовленности курсантов и слушателей. Приводится пример использования многофакторного кластерного анализа в среде программы Statistica по обработке результатов контрольных тестов легкоатлетов бегунов для формирования спортивных команд на этапе отбора к соревнованиям.

Ключевые слова: тестирование, физическая подготовленность, математический инструментальный, многофакторный кластерный анализ

Для цитирования: Куликов М.Л., Примакин А.И. Методика формирования спортивных команд в вузах силовых структур на основе контрольных тестов посредством применения алгоритмов кластерного анализа // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. 2024. № 1 (26). С. 207–218. URL: <https://vestnik-spvi.ru/2024/03/021.pdf>. EDN: VTJQYI.

Original article

**METHODOLOGY OF FORMATION OF SPORTS TEAMS IN UNIVERSITIES OF POWER STRUCTURES
ON THE BASIS OF CONTROL TESTS THROUGH APPLICATION OF CLUSTER ANALYSIS ALGORITHMS**

Mikhail L. Kulikov¹, Alexey I. Primakin²

¹ Saint-Petersburg university of the ministry of internal affairs of Russia, Saint-Petersburg, Russia

² Saint-Petersburg Military Order of Zhukov Institute of the National Guard Troops, Saint-Petersburg, Russia

¹ mptica@yandex.ru

² a.primakin@mail.ru

Abstract. The article proposes a methodology for the formation of sports teams in universities of law enforcement agencies based on control tests through the use of cluster analysis algorithms. Testing in the theory and practice of physical training is a widespread method of determining the level of physical fitness of cadets and students. An example is given of the use of multivariate cluster analysis in the environment of the Statistica program for processing the results of control tests of track and field runners to form sports teams at the selection stage for competitions.

Keywords: testing, physical fitness, mathematical tools, multivariate cluster analysis

For citation: Kulikov M.L., Primakin A.I. Methodology of formation of sports teams in universities of power structures on the basis of control tests through application of cluster analysis algorithms. Vestnik Sankt-Peterburgskogo voennogo instituta vojsk nacional'noj gvardii. 2024;1(26): 207–218. (In Russ.). Available from: <https://vestnik-spvi.ru/2024/03/021.pdf>. EDN: VTJQYI.

© Куликов М.Л., Примакин А.И., 2024

Введение

Физическая подготовка является важнейшим элементом профессиональной готовности сотрудников силовых структур [1, 2, 3]. Одним из действенных средств физической подготовки являются служебно-прикладные виды спорта, способствующие формированию различных двигательных навыков, воспитанию необходимых физических качеств. Являясь эффективным средством повышения функциональных возможностей организма, служебно-прикладные виды спорта, способствуя повышению работоспособности сотрудников, реально влияют на результативность выполнения ими служебных задач [4, 5, 6]. Развитие служебно-прикладных видов спорта предполагает проведение соревнований, отбор и подготовку соответствующих спортивных команд. Проблемы отбора и подготовки в спортивной деятельности широко обсуждаются в научных изданиях [7, 8, 9]. Одним из методов, используемых при решении данных проблем, является спортивное тестирование.

Основные положения

Использование тестирования в области физической культуры и спорта обусловлено необходимостью получения точной информации об уровне физической подготовленности на данном этапе учебно-тренировочного процесса. Сам термин «test» в переводе означает «испытание», «проверка», «проба». Тестирование – это процесс проведения того или иного испытания с целью получения определенных результатов. Проводя тестирование, мы измеряем те или иные показатели у спортсмена и на этой основе строим своё умозаключение по интересующим нас вопросам подготовки или отбора. Эта область спортивно-педагогической деятельности, являясь одной из важнейших, позволяет проводить сравнительный анализ, как отдельных спортсменов, так и спортивных команд, осуществлять отбор для участия в соревнованиях, для занятий тем или иным видом спорта, определять динамику подготовленности спортсменов и вносить необходимые коррективы в методику тренировочного процесса.

В теории и практике физической культуры и спорта в качестве тестов используются определенные двигательные действия (упражнения), отвечающие необходимым требованиям, а именно: информативность используемых тестов, их надёжность, целесообразность, стандартизация методики тестирования. Проведение процедур те-

стирования, как правило, привязано к определенным этапам спортивной подготовки, например, начало или окончание подготовительного этапа подготовки, предсоревновательный этап, этап формирования команды для участия в турнире и т. п. Информация о степени подготовленности спортсмена, получаемая при помощи тестирования, является одним из важнейших факторов управления учебно-тренировочным процессом [10, 11, 12].

Результаты, получаемые в ходе тестирования спортсменов, требуют корректных методов обработки. Задача обработки всего массива данных, полученных в ходе тестовых испытаний, предполагает использование определенных инструментов, позволяющих получить достоверные результаты, основываясь на которых тренер-преподаватель принимает те или иные управленческие решения. В качестве математического инструментария для решения выше поставленной задачи предлагается использовать многофакторный кластерный анализ [13, 14].

Материалы и методы

Рассмотрим ряд теоретических положений и рекомендаций, лежащих в основе методик и алгоритмов этого достаточно емкого раздела многомерного статистического анализа [15], который позволяет осуществлять разделение объектов не по одному параметру, а по целому набору факторов-показателей (признаков). Кроме того, в отличие от многих математико-статистических методов, многофакторный кластерный анализ не накладывает никаких ограничений на особенности изучаемых объектов.

Главная цель кластерного анализа – разделение множества изучаемых объектов, которые характеризуются некоторым набором факторов-показателей, на однородные (в некотором смысле) группы или кластеры. Говоря про однородность объектов в кластере, мы не можем утверждать, что это «лучшие» (или «худшие») объекты из изучаемой выборки. Главная особенность объектов кластера – их однородность; уникальная структура взаимосвязи факторов-показателей, присущая каждому объекту соответствующего кластера. Важно, чтобы объекты одного и того же кластера были сходными (однородными по структуре взаимосвязи показателей), а разных кластеров – разнородными.

Применение алгоритмов кластерного анализа позволяют изучать объекты самого разнообразного вида и различных шкал

размерностей (секунды, метры и т. п.), не накладывая каких-либо существенных ограничений. Первоначальный объем информации может быть достаточно большой, а в ходе обработки сокращается и становится наглядным и компактным.

Существенную роль в ходе проведения многофакторного кластерного анализа играет правильно выбранный масштаб измеряемых единиц. Впрочем, эта особенность характерна и для других видов существующих математико-статистических методов – корреляционного, факторного, дискриминантного и других видов анализов [16].

Предварительным этапом в этом случае является стандартизация (нормирование) исходных данных, когда из текущего числового значения фактора-показателя вычитают среднее выборочное и делят на среднеквадратическое отклонение – СКО (1):

$$z = \frac{(x-\bar{x})}{\sigma}, \quad (1)$$

где z – стандартизированное (нормированное) значение; x – текущее числовое значение фактора-показателя; \bar{x}, σ – среднее выборочное и среднеквадратическое отклонение (СКО) соответственно [17].

В результате операции стандартизации характеристики положения – средние выборочные по каждому фактору становятся равными нулю, а характеристики разброса – дисперсии и среднеквадратические отклонения (СКО) – единице. Это соответствует как бы «выравниванию» всех факторов-показателей, устраняя соответствующие размерности и приводя их к единому диапазону значений.

Методы кластерного анализа условно можно разделить на два вида: иерархические и неиерархические, каждый из которых включает большое разнообразие приемов и алгоритмов. Применяя различные методы, исследователь может получить для одних и тех же исходных данных различные рекомендации и решения задачи, причем, это будет расцениваться, как допустимое и нормальное явление [18].

Алгоритмы иерархической кластеризации позволяют большие кластеры разделять на меньшие (дивизимные методы – Divisive ANALysis, DIANA), а исходные элементы и меньшие кластеры последовательно объединять в большие (агломеративные методы – Agglomerative Nesting, AGNES), уменьшая, тем самым, число кластеров.

Как правило, иерархические методы кластерного анализа применяют при незначительных объемах выборок, помимо этого, они дают наглядное представление о

процедуре кластеризации, осуществляя построение дендрограмм (dendron – «дерево»). Дендрограмма визуализирует близость (однородность) отдельных элементов и кластеров друг к другу, показывая в графической форме последовательность шагов по разделению или объединению (в зависимости от применяемого метода кластеризации – DIANA или AGNES) кластеров.

Алгоритм древовидной кластеризации производит расчет расстояний между объектами в одномерном или многомерном пространстве и в дальнейшем применяет эти расстояния при формировании кластеров. Наиболее наглядным и очевидным методом расчета можно считать вычисление евклидовых расстояний, которые отражают реальные геометрические расстояния между объектами в многомерном пространстве (2):

$$d_{ij} = d(Y_i, Y_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ki} - x_{kj})^2}, \quad (2)$$

где $d(Y_i, Y_j)$ – геометрическое расстояние между i и j объектами; m – количество переменных (факторов-показателей); x_{ki} и x_{kj} – значения по k -ой переменной (фактору-показателю) i и j объектов.

Не менее популярной метрикой можно считать квадрат евклидова расстояния, которая применяется для придания большего веса наиболее отдаленным друг от друга переменным (3):

$$d_{ij} = d(Y_i, Y_j) = \sum_{k=1}^m (x_{ki} - x_{kj})^2. \quad (3)$$

В зависимости от характера решаемой задачи существует практика придания каждому фактору-показателю веса или коэффициента важности в виде экспертных оценок, которые формируются в результате опроса экспертов-специалистов соответствующей предметной области.

«Взвешенное» евклидово расстояние применяется в тех случаях, когда каждой переменной (фактору-показателю) удаётся приписать некоторый коэффициент важности (вес) – w_k , определяющий его значимость в решаемой задаче (4):

$$d_{ij} = d(Y_i, Y_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^m w_k (x_{ki} - x_{kj})^2}. \quad (4)$$

На этом этапе кластерного анализа проводится процедура объединения отдельных объектов, первоначально представляющие из себя, как бы отдельные кластеры, в более крупные структуры – группы-кластеры. В дальнейшем эти группы-кластеры предстоит по определенным правилам объединять друг с другом. К таким правилам в процессе кластеризации можно отнести: принцип «ближайшего со-

седа», принцип «дальнего соседа» и принцип «средней связи».

Допустим, требуется найти расстояние между двумя кластерами S_1 и S_2 , при этом каждый кластер включает в себя некоторое количество объектов. Для каждой пары объектов (Y_i, Y_j) , где $Y_i \in S_1; Y_j \in S_2$, находим расстояние $d(Y_i, Y_j)$ по одной из описанных ниже формул.

Расстояние между кластерами по правилу «ближайшего соседа» определяется по формуле (5):

$$d(S_1, S_2) = \min_{Y_i \in S_1; Y_j \in S_2} d(Y_i, Y_j). \quad (5)$$

Расстояние между кластерами по правилу «дальнего соседа» определяется по формуле (6):

$$d(S_1, S_2) = \max_{Y_i \in S_1; Y_j \in S_2} d(Y_i, Y_j). \quad (6)$$

Расстояние между кластерами по правилу «средней связи» определяется, как среднее арифметическое всех попарных расстояний между объектами рассматриваемых групп (7):

$$d(S_1, S_2) = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum d(Y_i, Y_j), \quad (7)$$

где сумма берется по всем парам объектов (Y_i, Y_j) , при условии: $Y_i \in S_1; Y_j \in S_2$, а величины n_1 и n_2 определяют число объектов в первой и второй группах соответственно.

К иерархическим видам кластерного анализа относится метод k -средних (k -means). Данный метод применяется, когда исследователь понимает, сколько кластеров ему необходимо. Допустим, в случае формирования двух группы-кластеры, как, например, в ходе решения нашей задачи, метод k -средних строит и располагает их на как можно более удаленном расстоянии друг от друга, чтобы они были настолько различны, насколько это возможно.

Алгоритм кластерного анализа случайным образом в пространстве назначает центры будущих кластеров. Затем вычисляет расстояние между центрами кластеров и каждым объектом, и объект приписывается к тому кластеру, к которому он ближе всего. После этого вычисляются средние значения для каждого кластера, как некий центр «тяжести» кластера, – средних будет столько, сколько используется переменных для проведения анализа (k переменных). Этот набор k -средних значений определяет координаты нового положения центра кластера.

В дальнейшем алгоритм кластерного анализа вновь вычисляет расстояние от каждого объекта до центров «тяжести» кластеров и «связывает» объекты с ближайшим кластером. Этот процесс (итерационный

цикл) повторяется до тех пор, пока центры «тяжести» кластеров не перестанут «мигрировать» в пространстве.

Результаты (практическая часть)

Применим рассмотренные алгоритмы многофакторного кластерного анализа для решения практической задачи по формированию спортивных команд [19].

В описываемом исследовании проводилось тестирование спортсменов легкоатлетов Санкт-Петербургского университета МВД России, специализирующихся в беге на средние дистанции. Тестирование проводилось с целью формирования команд для подготовки к серии соревнований летнего сезона. В качестве тестов использовались следующие упражнения: прыжок в длину с места, тройной прыжок с места, бег 60 метров с высокого старта, бег 400 метров, бег 1500 метров. Использование данной батареи тестов обусловлено необходимостью определить, как скоростно-силовые качества, так и уровень развития выносливости, что в итоге влияет на конечный результат выступления в соревнованиях по легкоатлетическому кроссу (бег на 3 км и эстафета 4x1 км) и служебному двоеборью (бег 3 этапа по 1 км (500 м) со стрельбой из ПМ между этапами). Результаты тестирования представлены в таблице 1.

Обработка результатов представленной батареи тестов осуществлялась с помощью специализированной компьютерной программы Statistica [20], в среде которой на начальном этапе кластерного анализа проводилась стандартизация (нормирование) исходных данных в соответствии с формулой (1).

Нормированные результаты тестирования представлены в таблице 2.

После нормирования данных непосредственно приступаем к кластерному анализу, выбирая агломеративный метод иерархической древовидной кластеризации, результатом которой является построение дендрограммы (рисунок 1).

В качестве расстояний между объектами (19 объектов – спортсмены-легкоатлеты) в данном пятимерном пространстве (в нашей задаче пять факторов-тестов: два фактора связаны с прыжками, а три – с бегом), вычисляются евклидовы расстояния (*Euclidean distances*) по формуле (2).

Сформировав первые простейшие кластеры, их дальнейшее объединение осуществляется по правилу «ближайшего соседа» – *Single Linkage* (метод одиночной связи «принцип ближайшего соседа»), которое описывается формулой (5).

Таблица 1 – Результаты тестирования спортсменов легкоатлетов Санкт-Петербургского университета МВД России, специализирующихся в беге на средние дистанции

Table 1 – Test results of athletes of athletes of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia specializing in middle distance running

№ п/п	Тесты				
	Прыжок в длину с места, см	Тройной прыжок с места, см	Бег 60 м с высокого старта, с	Бег 400 м, с	Бег 1500 м, мин.
1.	240	740	8,0	56,0	4,48
2.	244	745	8,7	56,4	4,60
3.	243	748	8,1	57,1	4,70
4.	246	745	8,6	56,0	4,60
5.	243	747	8,2	56,1	4,70
6.	249	748	8,0	55,2	4,70
7.	250	749	8,3	55,0	4,90
8.	246	742	8,2	57,0	4,80
9.	247	743	8,1	56,1	4,70
10.	259	760	7,9	54,9	4,29
11.	255	755	7,8	53,0	4,39
12.	257	759	7,9	54,0	4,36
13.	258	758	7,7	53,0	4,41
14.	250	760	7,8	52,0	4,36
15.	254	757	7,5	54,0	4,35
16.	253	758	7,7	54,6	4,29
17.	242	745	8,2	56,4	4,51
18.	256	759	7,9	54,8	4,30
19.	257	761	7,8	53,0	4,39
Среднее	249,95	751,53	8,02	54,95	4,45
СКО	5,93	7,06	0,29	1,41	0,10

Таблица 2 – Нормированные результаты тестирования спортсменов легкоатлетов Санкт-Петербургского университета МВД России, специализирующихся в беге на средние дистанции

Table 2 – Standardized test results for athletes of athletes of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia specializing in middle distance running

№ п/п	Тесты				
	Прыжок в длину с места	Тройной прыжок с места	Бег 60 м с высокого старта	Бег 400 м	Бег 1500 м
1.	-1,68	-1,63	-0,07	0,75	0,35
2.	-1,00	-0,92	2,30	1,03	1,45
3.	-1,17	-0,50	0,27	1,32	1,35
4.	-0,67	-0,92	1,96	0,75	0,75
5.	-1,17	-0,64	0,61	0,82	1,05
6.	-0,16	-0,50	-0,07	0,18	0,45
7.	0,01	-0,36	0,95	0,04	0,85
8.	-0,67	-1,35	0,61	1,24	1,25
9.	-0,50	-1,21	0,27	0,82	0,55
10.	1,53	1,20	-0,41	-0,03	-1,56
11.	0,85	0,49	-0,75	-1,38	-0,55
12.	1,19	1,06	-0,41	-0,67	-0,85
13.	1,36	0,92	-1,09	-1,38	-0,35
14.	0,01	1,20	-0,75	-2,09	-0,85
15.	0,68	0,78	-1,77	-0,67	-0,95
16.	0,51	0,92	-1,09	-0,25	-1,56

№ п/п	Тесты				
	Прыжок в длину с места	Тройной прыжок с места	Бег 60 м с высокого старта	Бег 400 м	Бег 1500 м
17.	-1,34	-0,92	0,61	1,03	0,65
18.	1,02	1,06	-0,41	-0,10	-1,46
19.	1,19	1,34	-0,75	-1,38	-0,55
Среднее	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
СКО	1	1	1	1	1

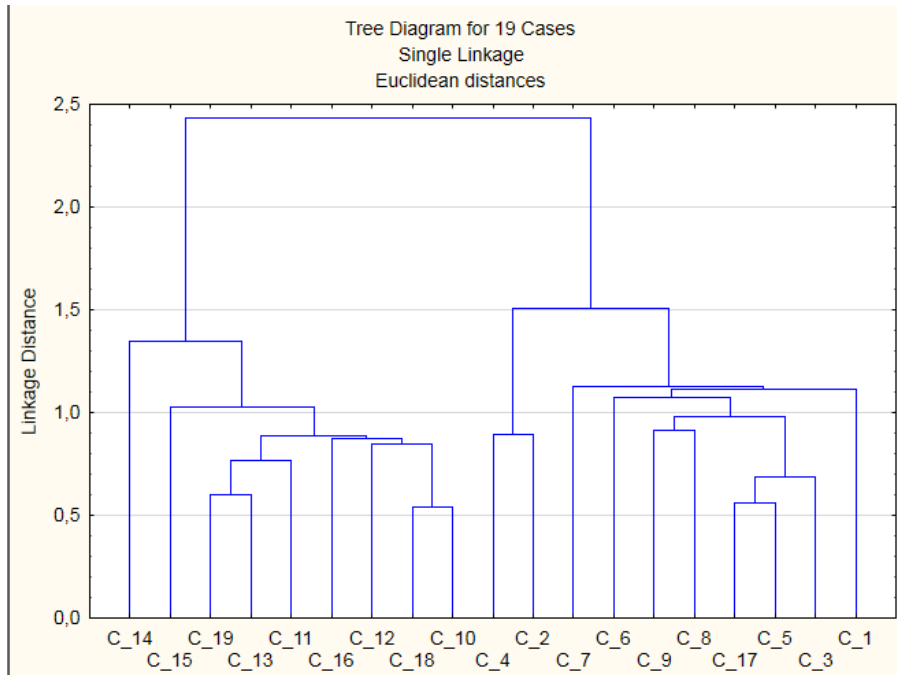


Рисунок 1 – Вертикальная дендрограмма – результат иерархической древовидной кластеризации

Figure 1 – Vertical dendrogram – result of hierarchical tree clustering

Дендрограмма наглядно демонстрирует последовательность объединения сначала однородных объектов друг с другом в кластеры, затем – кластеров друг с другом в зависимости от расстояния *Linkage Distances* (ось ординат).

На первом этапе каждый объект представляет собой один кластер (вертикальная линия), далее наблюдаем объединение таких объектов в кластеры, а потом взаимное объединение кластеров до тех пор, пока все объекты не объединятся в один кластер. Для каждого узла в графе (там, где формируется новый кластер) можно видеть величину расстояния *Linkage Distances*, для которого соответствующие объекты связываются в новый кластер.

Анализируя результаты кластеризации, представленные на рисунке 1, очевидным представляется формирование двух кла-

стеров (команд) на расстоянии *Linkage Distances*, равном 1,5 и более. В первом кластере (команде) близкими (однородными) объектами являются объекты (спортсмены-легкоатлеты) с номерами от 1 до 9 и 17, во втором – с номерами от 10 до 16, 18 и 19.

С учетом специализации спортсменов-легкоатлетов представляет определенный интерес проведение кластерного анализа только по профильным тестам – по видам бега (факторы 3, 4 и 5 – Var 3, Var 4 и Var 5), с учётом того, что три фактора предоставляют возможность сформировать трехмерное пространство и определить в нем расположение каждого из объектов по соответствующим координатам (факторам). Результат подобной «усеченной» кластеризации представлен на рисунке 2.

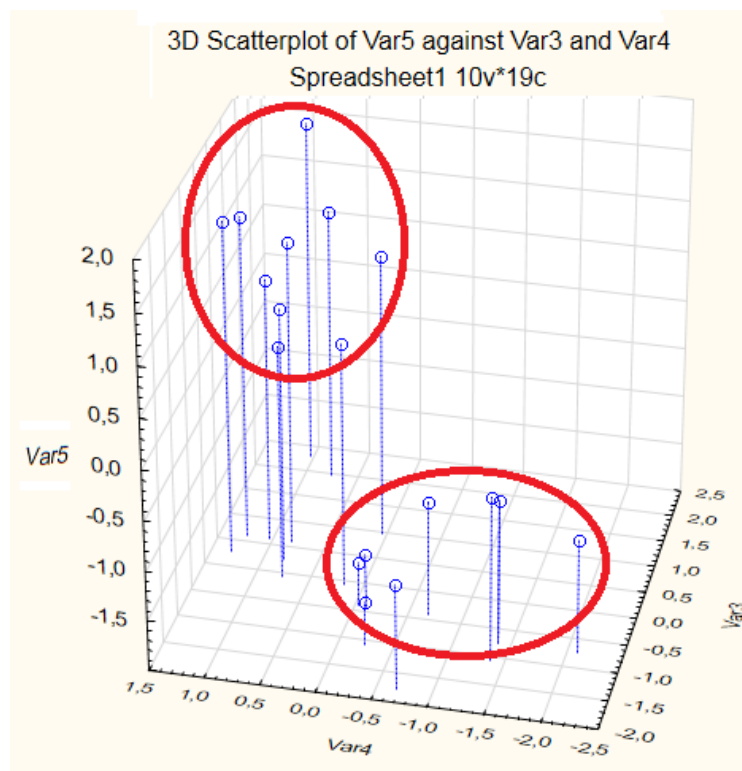


Рисунок 2 – Результат трехфакторной кластеризации с визуализацией формирования двух кластеров (групп-команд спортсменов-легкоатлетов)

Figure 2 – The result of three-factor clustering with visualization of the formation of two clusters (groups-teams of athletes-athletes)

В данном случае очевидно формирование двух кластеров, состоящих из сходных объектов, которые выделены на рисунке 2 посредством эллипсоидных контуров. Стоит отметить, что подобная визуализация результатов кластерного анализа невозможна в случае большого количества факторов (четыре и более).

Возможность формирования по результатам тестирования двух кластеров-групп целесообразно проверить с помощью неиерархического вида кластерного анализа, т.е. посредством метода *k*-средних (*k*-means). Понимая, что все исследуемые объекты необходимо разделить на два кластера, вновь обращаемся к программе *Statistica*, но в стартовой панели модуля *Cluster analysis* (кластерный анализ) выбираем кластеризацию методом *k*-средних (*k*-means clustering). Выбираем показатели, по которым будет происходить кластеризация, указав число кластеров равное двум. Метод *k*-средних основан на итерационных процедурах, где в результате каждой итерации исследуемые объекты перемещаются в различные кластеры. Указав в опциях процесса кластеризации число итераций (*Number of iterations*) и выбрав начальные центры кла-

стеров (*Initial cluster centers*), получаем результаты дисперсионного анализа (*Analysis of Variance*) кластеризации методом *k*-средних (рисунок 3).

Дисперсионный анализ кластеризации методом *k*-средних построен на соотношении межгрупповых и внутригрупповых дисперсий (*SS*), числе степеней свободы (*df*), вычислении *F*-критерия (критерия Фишера) и определении уровней значимости *p* по каждой из переменных. В рассматриваемой задаче уровни значимости переменных малы (значительно меньше, чем 0,01), что говорит об отклонении гипотез о равенстве средних для центров кластеров. Таким образом, убеждаемся в значительном влиянии каждого из факторов на конечный результат кластерного анализа – объединение объектов на однородные схожие группы.

При выборе вкладки *Graph of means* будет построен график координат центров кластеров, который представлен на рисунке 4.

Ломаные линии на этом графике соответствуют сформированным кластерам. Деления горизонтальной оси графика соответствуют переменным (факторам) кластерного анализа, в рассматриваемой

задаче их пять. Вертикальная ось (ось ординат) отображает средние значения по

переменным для объектов, входящих в соответствующий кластер.

Variable	Analysis of Variance (Spreadsheet1)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
Var1	14,67646	1	4,323543	17	57,7073	0,000001
Var2	16,95654	1	2,043463	17	141,0650	0,000000
Var3	11,64246	1	7,357538	17	26,9005	0,000074
Var4	13,42066	1	5,579338	17	40,8922	0,000007
Var5	15,96029	1	3,039709	17	89,2602	0,000000

Рисунок 3 – Результаты дисперсионного анализа кластеризации методом k-средних

Figure 3 – Results of k-mean clustering analysis of variance

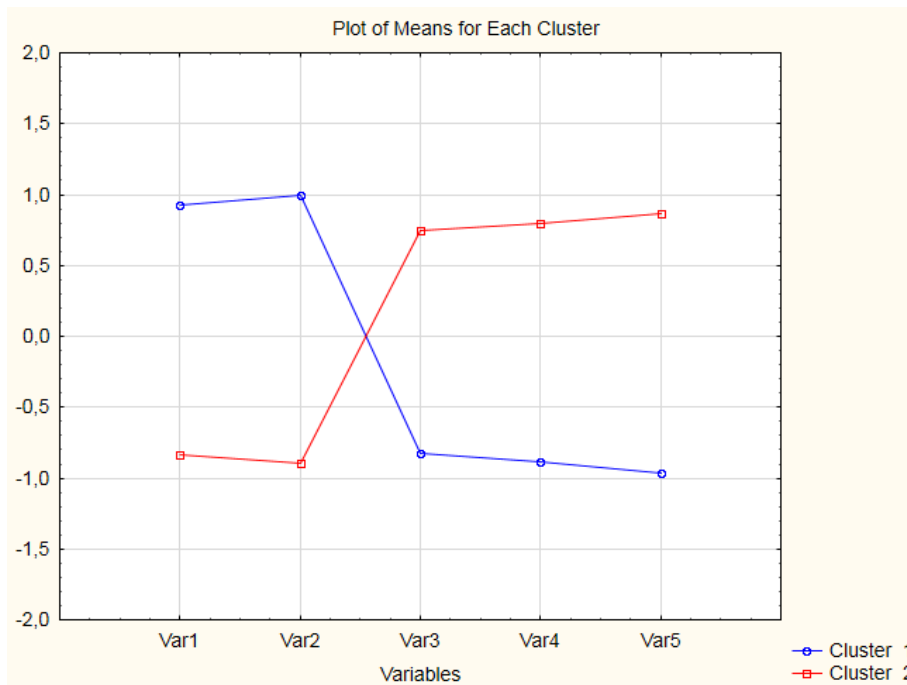


Рисунок 4 – График координат центров кластеров

Figure 4 – Cluster Center Coordinate Plot

Анализируя информацию, представленную на рисунке 4, можно отметить, что просматриваются существенные отличия по результатам тестирования в отношении двух групп спортсменов-легкоатлетов по всем переменным (факторам), т.е. по всем видам тестов: и по прыжкам, и по разновидностям бега.

С помощью вкладки *Save classifications and distances* выводятся номера каждого из

объектов, входящих в соответствующий кластер, и расстояния от объектов до центра каждого кластера. Величина данного расстояния указывает на косвенную принадлежность объекта к соответствующему кластеру. Проведя эту операцию и рассортировав столбец с номерами кластера (*CLUSTER*) по возрастанию, получим результат, приведенный на рисунке 5.

Spreadsheet1								
	1 Var1	2 Var2	3 Var3	4 Var4	5 Var5	6 CASE_NO	7 CLUSTER	8 DISTANCE
C_10	1,53	1,20	-0,41	-0,03	-1,56	10	1	0,57
C_11	0,85	0,49	-0,75	-1,38	-0,55	11	1	0,37
C_12	1,19	1,06	-0,41	-0,67	-0,85	12	1	0,25
C_13	1,36	0,92	-1,09	-1,38	-0,35	13	1	0,42
C_14	0,01	1,20	-0,75	-2,09	-0,85	14	1	0,69
C_15	0,68	0,78	-1,77	-0,67	-0,95	15	1	0,46
C_16	0,51	0,92	-1,09	-0,25	-1,56	16	1	0,45
C_18	1,02	1,06	-0,41	-0,10	-1,46	18	1	0,45
C_19	1,19	1,34	-0,75	-1,38	-0,55	19	1	0,35
C_1	-1,68	-1,63	-0,07	0,75	0,35	1	2	0,66
C_2	-1,00	-0,92	2,30	1,03	1,45	2	2	0,76
C_3	-1,17	-0,50	0,27	1,32	1,35	3	2	0,45
C_4	-0,67	-0,92	1,96	0,75	0,75	4	2	0,55
C_5	-1,17	-0,64	0,61	0,82	1,05	5	2	0,21
C_6	-0,16	-0,50	-0,07	0,18	0,45	6	2	0,61
C_7	0,01	-0,36	0,95	0,04	0,85	7	2	0,57
C_8	-0,67	-1,35	0,61	1,24	1,25	8	2	0,35
C_9	-0,50	-1,21	0,27	0,82	0,55	9	2	0,33
C_17	-1,34	-0,92	0,61	1,03	0,65	17	2	0,28

Рисунок 5 – Состав каждого кластера и расстояния объектов от центров соответствующих кластеров

Figure 5 – Structure of each cluster and distance of objects from the centers of the corresponding clusters

Информация, полученная нами с помощью метода *k*-средних, о принадлежности объектов к соответствующим кластерам совпадает с результатами иерархической древовидной кластеризации, что свидетельствует о достоверности полученных данных.

Заключение

В нашем исследовании была предпринята попытка использования в спортивно-педагогической практике методов многофакторного кластерного анализа с применением специализированной компьютерной программы Statistica при обработке результатов тестирования

спортсменов-легкоатлетов по пяти переменным (факторам). Исследование показало, что многомерный кластерный анализ является действенным математическим инструментом, позволяющим сделать обоснованные выводы, к которым было бы затруднительно прийти, например, просто построив гистограмму средних или посчитав процентное соотношение между результатами различных видов тестирования. Использование программы Statistica облегчает расчеты, позволяя достаточно быстро и наглядно получать данные, необходимые педагогу, тренеру для принятия обоснованных решений.

Список источников

1. Приказ Росгвардии от 24.05.2021 № 178 «О внесении изменения в Квалификационные требования к уровню физической подготовки для должностей рядового состава. URL: <https://pravo.ppt.ru/prikaz/rosgvardiya/n-178-251992> (дата обращения: 14.12.2023).
2. Радченко Д. Г. Проблемы повышения эффективности физической подготовки курсантов, слушателей образовательных организаций и сотрудников силовых ведомств // Оптимизация учебно-воспитательного и тренировочного процесса в учебных организациях высшего образования. Здоровый образ жизни как фактор профилактики наркомании: материалы всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 19 мая 2018 года / отв. ред. Е. В. Панов. Красноярск: Сибирский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2018. С. 96–98.
3. Ивахненко Г. А. К вопросу эффективности физической подготовки на начальном этапе обучения в вузах силовых ведомств // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2020. № 9 (187). С. 121–123.

4. Ефимов В. В. Пути развития служебно-прикладных и военно-прикладных видов спорта среди офицеров Росгвардии // Перспективные направления научных исследований в области физической культуры и спорта (теория и практика): сборник статей Итоговой научно-практической конференции за 2018 год, посвященной 65-ой годовщине образования Научно-исследовательского центра (по физической подготовке и военно-прикладным видам спорта в Вооружённых Силах Российской Федерации: в 2 ч. Санкт-Петербург, 26-27 февраля 2019 года. Ч. 1. СПб. : Военный институт физической культуры, 2019. С. 155–160.

5. Пестерев Н. Н. Вопросы популяризации служебно-прикладных видов спорта МВД России / Н. Н. Пестерев, Е. В. Архипов // Совершенствование методики преподавания специальных профессиональных дисциплин в образовательных организациях МВД России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 18 февраля 2019 года. Краснодар: Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации», 2019. С. 110–112.

6. Василенко Д. В. Организация и развитие в органах внутренних дел служебно-прикладных видов спорта // Инновации. Наука. Образование. 2021. Т. 1. № 44. С. 36–40.

7. Уголькова Е. Р. Спортивный отбор и его теоретические аспекты, спортивный отбор на этапе углубленной специализации // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2020. № 2(180). С. 426–430.

8. Насевич С. В. Проблема спортивного отбора // Вопросы студенческого спорта и теории спортивной тренировки: Материалы Республиканской научно-практической конференции, Элиста, 14 июня 2019 года / отв. ред. И. Т. Балдашинов. Элиста: Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, 2019. С. 6–8.

9. Попова И. Е. Критерии спортивного отбора в легкую атлетику // Проблемы и достижения современной науки. 2020. № 1(7). С. 14–16.

10. Диянова С. Н. Показатели физической подготовки – тестирование / С. Н. Диянова, И. Ю. Арушанян, Н. А. Михайлова // Инновационные проекты и программы в психологии, педагогике и образовании: сборник статей Международной научно-практической конференции, Магнитогорск, 01 декабря 2018 года. Магнитогорск: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2018. С. 74–77.

11. Андреева О. В. Тестирование по физической подготовке / О. В. Андреева, К. Е. Жарова, Н. Н. Котляр, Е. В. Шестопапов. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, 2021. 100 с.

12. Антрофиков С. А. Применение различных видов тестирования физической подготовленности военнослужащих для разработки нормативных требований по физической подготовке: сборник статей научно-практической конференции профессорско-преподавательского и научного составов института за 2021 г.: в 2 ч. Санкт-Петербург, 16–17 февраля 2022 года. Ч. 2. СПб. : Военный институт физической культуры, 2022. С. 183–188.

13. Черных А. К. Математические методы в психологии: учебное пособие / А. К. Черных, Н. В. Ярмоленко, С. Е. Сычев [и др.]. Ч. 3. СПб. : Изд-во СПВИ войск национальной гвардии, 2020. 91 с.

14. Грачев М. И. Математическое моделирование организационных систем / М. И. Грачев, В. Г. Бурлов, Н. Г. Грачева // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2022. Т. 14. № 5. С. 14–20. DOI 10.36724/2409-5419-2022-14-5-14-20. EDN SBRDUD.

15. Большакова Л. В., Примакин А. И., Яковлева Н. А. Математико-статистические методы обработки экспериментальных данных при проведении научных исследований (методические рекомендации) / Л. В. Большакова, А. И. Примакин, Н. А. Яковлева. СПб. : Изд-во СПб ун-та МВД России, 2014. 92 с.

16. Ермолаев-Томин О. Ю. Математические методы в психологии: учебник. 5-е изд., испр. и доп. М. : Изд-во Юрайт, 2014. 511 с.

17. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для прикладного бакалавриата. 12-е изд. М. : Юрайт, 2015. 480 с.

18. Мандель И. Д. Кластерный анализ. М. : Финансы и статистика. 1988. 176 с.

19. Афонин П. Н. Статистический анализ с применением современных программных средств: учебное пособие / П. Н. Афонин, Д. Н. Афонин. СПб. : ИЦ «Интермедия», 2017. 100 с.

20. Стукач О. В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством: учебное пособие / О. В. Стукач; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.

References

1. Prikaz Rosgvardii ot 24.05.2021 № 178 «O vnesenii izmeneniya v Kvalifikacionnye trebovaniya k urovnyu fizicheskoy podgotovki dlya dolzhnostej ryadovogo sostava. Available from: <https://pravo.ppt.ru/prikaz/rosgvardiya/n-178-251992> [Accessed 14th December 2023]. (In Russ.).
2. Radchenko D. G. Problemy povysheniya effektivnosti fizicheskoy podgotovki kursantov, slushatelej obrazovatel'nyh organizacij i sotrudnikov silovyh vedomstv. In: Optimizaciya uchebno-vospitatel'nogo i trenirovochnogo processa v uchebnyh organizacijah vysshego obrazovaniya. Zdorovyj obraz zhizni kak faktor profilaktiki narkomanii. Krasnoyarsk: Sibirskij yuridicheskij institut Ministerstva vnutrennih del Rossijskoj Federacii, 2018: 96–98. (In Russ.).
3. Ivahnenko G. A. On the issue of the effectiveness of physical training at the initial stage of education in law enforcement agencies. In: Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta. 2020;9 (187): 121–123. (In Russ.).
4. Efimov V. V. Puti razvitiya sluzhebno-prikladnyh i voenno-prikladnyh vidov sporta sredi oficerov Rosgvardii. In: Perspektivnye napravleniya nauchnyh issledovanij v oblasti fizicheskoy kul'tury i sporta (teoriya i praktika). Saint-Petersburg: Voennyj institut fizicheskoy kul'tury, 2019: 155–160. (In Russ.).
5. Pesterev N. N. Voprosy populyarizacii sluzhebno-prikladnyh vidov sporta MVD Rossii / N. N. Pesterev, E. V. Arhipov. In: Sovershenstvovanie metodiki prepodavaniya special'nyh professional'nyh disciplin v obrazovatel'nyh organizacijah MVD Rossii. Krasnodar: Federal'noe gosudarstvennoe kazennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Krasnodarskij universitet Ministerstva vnutrennih del Rossijskoj Federacii», 2019: 110–112. (In Russ.).
6. Vasilenko D. V. Organizaciya i razvitie v organah vnutrennih del sluzhebno-prikladnyh vidov sporta. In: Innovacii. Nauka. Obrazovanie. 2021. T. 1;44: 36–40. (In Russ.).
7. Ugol'kova E. R. Sports selection and its theoretical aspects, sports selection at the stage of advanced specialization. In: Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta. 2020;2(180): 426–430. (In Russ.).
8. Nasevich S. V. Problema sportivnogo otbora In: Voprosy studencheskogo sporta i teorii sportivnoj trenirovki. Elista: Kalmyckij gosudarstvennyj universitet imeni B.B. Gorodovikova, 2019: 6–8. (In Russ.).
9. Popova I. E. Criteria for athletic selection in athletics. In: Problemy i dostizheniya sovremennoj nauki. 2020;1(7): 14–16. (In Russ.).
10. Diyanova S. N., Arushanyan I. Yu., Mihajlova N. A. Pokazateli fizicheskoy podgotovki – testirovanie. In: Innovacionnye proekty i programmy v psihologii, pedagogike i obrazovanii. Magnitogorsk: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Aeterna», 2018: 74–77. (In Russ.).
11. Andreeva O. V., Zharova K. E., Kotlyar N. N. Testirovanie po fizicheskoy podgotovke. Magnitogorsk: Magnitogorskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. G. I. Nosova, 2021. (In Russ.).
12. Antrofikov S. A. Primenenie razlichnyh vidov testirovaniya fizicheskoy podgotovlennosti voennosluzhashchih dlya razrabotki normativnyh trebovanij po fizicheskoy podgotovke. Saint-Petersburg: Voennyj institut fizicheskoy kul'tury, 2022: 183–188. (In Russ.).
13. Chernyh A. K., Yarmolenko N. V., Sychev S. E. Matematicheskie metody v psihologii. Saint-Petersburg: Izd-vo SPVI vojsk nacional'noj gvardii, 2020. (In Russ.).
14. Grachev M. I., Burlov V. G., Gracheva N. G. Matematicheskoe modelirovanie organizacionnyh sistem. In: Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyah Zemli. 2022. Vol. 14;5: 14–20. DOI 10.36724/2409-5419-2022-14-5-14-20. EDN SBRDUD. (In Russ.).
15. Bol'shakova L. V., Primakin A. I., Yakovleva N. A. Matematiko-statisticheskie metody obrabotki eksperimental'nyh dannyh pri provedenii nauchnyh issledovanij (metodicheskie rekomendacii). Saint-Petersburg: Izd-vo SPb un-ta MVD Rossii, 2014. (In Russ.).
16. Ermola ev-Tomin O. Yu. Matematicheskie metody v psihologii. Moscow: Izd-vo Yurajt, 2014. (In Russ.).
17. Gmurman V. E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: uchebnik dlya prikladnogo bakalavriata. Moscow: Yurajt, 2015. (In Russ.).
18. Mandel' I. D. Klasternyj analiz. Moscow: Finansy i statistika. 1988. (In Russ.).
19. Afonin P. N., Afonin D. N. Statisticheskij analiz s primeneniem sovremennyh programnyh sredstv. Saint-Petersburg: IC «Intermediya», 2017. (In Russ.).
20. Stukach O. V. Programmnyj kompleks Statistika v reshenii zadach upravleniya kachestvom: uchebnoe posobie / O. V. Stukach; Tomskij politekhnicheskij universitet. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011. (In Russ.).

Информация об авторах

Information about the authors

М. Л. Куликов – кандидат педагогических наук,
доцент

M. L. Kulikov – Candidate of Sciences
(Pedagogy), Docent

А. И. Примакин – доктор технических наук,
профессор

A. I. Primakin – Doctor of Sciences (Technical),
Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.12.2023;
одобрена после рецензирования 28.02.2024;
принята к публикации 25.03.2024.

The article was submitted 20.12.2023;
approved after reviewing 28.02.2024;
accepted for publication 25.03.2024.