ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Н.А. ЕРЁМИЧ, М.П. ШЕСТАКОВ,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва

Аннотация
В статье приводится экспериментальный материал, связанный с количественной оценкой выполнения произвольных движений, полученных с использованием стабилометрического комплекса с биологической обратной связью «Стабилан-01». Были получены первичные данные выполнения тестовых проб, которые составили базу данных общим количеством 1743 случая. В результате было установлено три кластера. В первом кластере доминирующим компонентом является ритм выполнения движения, во втором – амплитуда выполнения движения, а в третьем – особо выделяется направленность на выполнение заключительной, финальной части движения. При этом в каждом кластере выделяется способность ориентироваться в ближайшем к спортсмену пространстве.

Ключевые слова: управление движением, координация, стабилометрия.

CLUSTERIZATION OF MOTOR CONTROL MARKERS IN ELITE ATHLETES

N.A. ERYOMICH, M.P. SHESTAKOV,
VNIIFK, Moscow city

Abstract
The article presents experimental material related to the quantitative assessment of the performance of voluntary movements obtained using the stabilometric complex with biofeedback Stabilan-01. Primary data on the performance of test samples were obtained, which compiled a database with a total of 1743 cases. As a result, three clusters were obtained. In the first cluster, the dominant component is the rhythm of the movement, in the second – the amplitude of the movement, and in the third – the focus on the execution of the final, final part of the movement is emphasized: in each cluster, the ability to orientation in the space close to the athlete is highlighted.

Keywords: motion control, coordination, stabilometry.

Введение

Двигательное качество «координация» – способность спортсменов координировать свои движения – определяет результативность и эффективность спортивной деятельности. Эта способность лежит в основе обучения и совершенствования технической подготовленности спортсменов. Без совершенствования координационных способностей невозможен процесс спортивной тренировки. Поэтому к вопросу изучения закономерностей, лежащих в основе координации движений, обращено внимание большого количества исследователей в области спортивной педагогики [1, 2, 3, 4].

Цель исследования: выявление и исследование закономерности управления движениями [5], которые лежат в основе проявления способности координировать движения.

Материал и методы исследования

Определение уровня развития координационных способностей включало оценку системы управления движениями с использованием биомеханического стенда на основе инструментальной методики – компьютерного комплекса «Стабилан-01» с биологической обратной связью [6].

Стабилометрическая платформа устанавливалась на расстоянии 1,5–2 м от экрана, который располагался на уровне глаз испытуемого. Спортсмен встает в позицию «пятки вместе, носки врозь» по линиям, нарисованным на стабилометрической платформе; положение рук вы-

бирается произвольно из трех вариантов: на поясе, за спиной или скрещены на груди; все упражнения выполняются с прямой спиной и коленями за счет голеностопного сустава.

Регистрировались стабилограммы перемещения общего центра давления в сагиттальном и фронтальном направлениях. Общее время тестирования составило около 10 минут.

Тестирование включало выполнение из исходного положения, стоя на стабилометрической платформе, следующих тестовых процедур.

1. *Стабилографическая проба* – «оценка кинезиологической чувствительности при движении всем телом. Движение связано со способностью ЦНС дифференцировать движения общего центра тяжести и оценку уровня чувствительности при управлении телом» [6].

Испытуемый встает на стабилометрическую платформу в «основную» стойку, руки убраны в одно из трех положений, глаза закрыты. Далее его задача – сделать максимальное количество наклонов вперед, при этом перед каждым следующим наклоном он должен вернуться в исходное положение. Первый наклон должен быть самым минимальным по ощущениям, а каждый следующий – с минимальным приростом относительно предыдущего. Завершается проба на максимально возможном отклонении от вертикали, когда пятки начинают отрываться от опоры.

2. *Тест со ступенчатым воздействием* «позволяет оценить реакцию на ступенчатое воздействие. Вид переходного процесса позволяет судить о предполагаемой реакции человека в экстремальных условиях» [7].

В данном тесте испытуемый на экране видит мишень, которая двигается вверх и вниз. В центре мишени находится красный маркер, отображающий его центр давления. Задача заключается в том, чтобы своевременно реагировать на изменение положения мишени и как можно быстрее возвращать маркер в центр мишени и удерживаться в нем.

3. *Тест «Треугольник»* – данный тест позволяет оценить кратковременную двигательную память. Тест состоит из двух этапов: обучения и анализа. На этапе обучения испытуемому следует изучить траекторию движения с помощью маркеров. На этапе анализа ему предлагается воспроизвести траекторию движения без вспомогательных маркеров [6].

В начале теста спортсмен должен отклониться по осям треугольника, изображенным на экране, задавая тем самым величины отклонений, которые далее будут использованы при проведении обучающей части.

На этапе обучения необходимо отклонением тела перемещать красный маркер, отображающий центр давления, к загорающимся зеленым цветом вершинам треугольника (по часовой стрелке).

На этапе анализа с экрана монитора пропадают все маркеры. Испытуемый закрывает глаза и пытается продолжить движение по запомненной ранее траектории с той же амплитудой и скоростью.

4. *Тест с «Эвольвентой»* – данный тест позволяет оценить качество выполнения следящего движения.

В центре экрана появляются два маркера: красный, которым управляет испытуемый, и зеленый, вместе с которым он должен осуществлять движение, стараясь всё время его накрывать. Испытуемый должен двигаться по заданной траектории за зеленым маркером по траектории, называемой «эвольвента». Предлагается следовать траектории, которая начинает раскручиваться из центра, достигая определенной амплитуды, затем проходит несколько кругов на заданной амплитуде и начинает сворачиваться обратно к центру.

В наших исследованиях принимали участие спортсмены высокой квалификации – мужчины – 970 (случаев) и женщины – 773 (случая) 13-ти видов спорта (табл. 1).

Таблица 1

Наименования видов спорта и количество проведенных тестирований

Вид спорта	Мужчины	Женщины
Биатлон	345	293
Бобслей	33	8
Горные лыжи	118	172
Двоеборье	57	27
Дзюдо	10	–
Лыжные гонки	22	10
Настольный теннис	16	3
Прыжки с трамплина	70	97
Пятиборье	12	–
Триатлон	5	
Фристайл	226	163
Хоккей	14	–
Хоккей на траве	39	–

Тестирование проводилось в ходе тренировочного процесса спортсменов в подготовительном периоде в рамках запланированных этапных комплексных обследований.

Первичные данные процедур были подвергнуты статистической обработке с использованием машинного обучения для процесса предиктивного моделирования [8]. Статистический анализ полученных данных проводился с помощью программы “R studio”.

Предварительная подготовка экспериментальных данных предусматривала ряд действий, направленных на корректный анализ результатов измерений методами математической статистики; включает центрирование и масштабирование данных, а также удаление выбросов [9]. Экспериментальная выборка была проверена на нормальность распределения, а также коллинеарность.

Результаты исследования и их обсуждение

По многочисленным данным литературы [10, 11, 12], при выполнении спортсменом произвольных движений всем телом управление такими движениями является многофункциональным образованием, которое включает некоторое количество двигательных функций системы управления движениями:

– поддержание равновесия и позы в поле тяжести Земли;

– коррекция более сложных движений в ходе их выполнения с помощью обратных связей;

– коррекция движений на стадии их планирования.

Подчеркнем, что рассматриваются закономерности, связанные с общими проявлениями и особенностями управления движениями.

Целеполагание движения в каждой проведенной пробе и, соответственно, требования к определенным проявлениям системы управления движения предоставило возможность выделить отдельные характеристики, входящие в понятие «координационные способности», которые не противоречат классификациям, выдвинутым ранее Е. Садовски и А.Г. Ляхом:

– «способность оценивать и занимать определенную позу после смещения тела (дифференциация),
– способность к ритмичному движению,
– точность вступления в сложное движение,
– точность при финальном требовании,
– точность выполнения процесса,
– точность воспроизводства требуемой амплитуды,
– ориентация в пространстве,
– способность воспринимать заданную форму движения» [2].

В программе проведения тестирований предусмотрено использование ряда двигательных заданий (проб), связанных с различными классами произвольных движений – баллистических, следящих, смешанных – все выполняемые с четко обозначенной задачей целевой точности.

Список обозначений показателей, используемых во время тестирования на компьютерном комплексе «Стабилан-01»

Обозначение	Показатель
В тесте «Стабилографическая проба»	
Ritm (%)	Показатель ритма движения
Period (с)	Время перехода
$t_{возвр.}$ (с)	Время возврата
RitmStab (%)	Стабильность ритма
FirstStep (мм)	Порог чувствительности
В тесте со ступенчатым воздействием	
Latent (с)	Латентный период
SprA (%)	Амплитуда движения
В тесте «Треугольник»	
TmBegMov (с)	Время начала движения после появления сигнала при обучении
MidSqrErrT (%)	Средняя площадь треугольника «Обучение/Шаблон»
MidPosErrA (%)	Разница по координатам вершин треугольника – заданная и выполненная при обучении
MidAmplErr (%)	Средняя разница длин сторон при обучении
OrientSpc (%)	Оценка ориентации спортсмена в пространстве
AccMidX (%)	Точность позиции по фронтали
AccMidY (%)	Точность позиции по сагиттали
AccRepeat (%)	Точность повторения
AccForm (%)	Точность формы
CapRepMov (%)	Точность восприятия заданной формы движения
В тесте «Эвольвента»	
DAPercent (%)	Опережение маркера цели
MidErrX (мм)	Средняя ошибка по фронтали
MidErrY (мм)	Средняя ошибка по сагиттали
Обобщенные показатели	
ProcPerfAc (%)	Точность выполнения движения
FinalAcc (%)	Точность при финальном требовании (оценка фазы движения)
AmplPerfAc (%)	Точность воспроизводства требуемой амплитуды

Показатель ритма движения рассчитывается по данным проведения стабилографической пробы:

$$Ritm = Period / t_{возвр.}.$$

Кроме того, высчитывается стабильность ритма.

Для оценки качества выполнения все движения были представлены в виде трех фаз: начало, выполнение и окончание выполнения движения. Все фазы описаны в каждом виде движений, что определяет необходимость использования в расчетах значения показателей из разных проб.

Оценка фазы начала движения, обозначаемая как точность вступления в сложное движение, является суммой показателей из разных проб: стабилометрической, «Эвольвента», «Ступенчатый тест», «Треугольник»:

$$FirstStep + DAPercent + Latent + TmBegMov.$$

Фаза выполнения движения (точность выполнения процесса) рассчитывается по данным выполнения двух проб: «Эвольвента» и «Треугольник» при обучении:

$$ProcPerfAc = (MidErrX + MidErrY) / 2 + MidSqrErrT.$$

Показатели проб со ступенчатым отклонением и пробы теста «Треугольник» составляют обобщенный показатель оценки фазы движения:

$$FinalAcc = SprA + MidPosErrA.$$

Данные литературы показывают значительный интерес, проявляемый исследователями к проблеме, обозначаемой термином «схема тела» [13]. Предполагается, что теоретические исследования этого явления будут играть существенную роль в определении амплитуды движения, общей формы выполняемого движения, а также положения спортсмена относительно окружающего мира, в котором он движется.

Показатель точности воспроизводства требуемой амплитуды рассчитывается по данным выполнения проб со ступенчатым отклонением и пробы «Треугольник»:

$$AmplPerfAc = SprA + MidAmplErr.$$

Способность к ориентированию – это способность человека точно определять и своевременно изменять положение тела и осуществлять двигательное действие в определенном направлении.

Показатель оценки ориентации спортсмена в пространстве, по данным стабилометрии, предусматривает только проба «Треугольник» с расчетом на основе показателей точности позиции спортсмена по фронтали и сагиттали, который можно изобразить выражением:

$$OrientSpc = \text{разница координат центра треугольника} - (AccMidX + AccMidY) / 2.$$

Также на основе данных пробы «Треугольник» по показателям точности повторения и точности формы (разница по площади и времени выполнения) задаваемой и воспроизводимой фигуры разработан показатель точности восприятия заданной формы движения:

$$CapRepMov = (AccRepeat + AccForm) / 2.$$

Для практической работы с разработанными показателями, характеризующими частные проявления системы управления, предложен общий показатель координационных способностей (ОПКС), который рассчитывался в процентах (% от максимально возможного результата в каждой пробе, взятого за 100%) как усредненный для 8-ми показателей, рассмотренных выше.

Таким образом, в исходных экспериментальных данных, получаемых в ходе проведения тестирования на стабилометрическом компьютерном комплексе с биологической обратной связью «Стабилан-01», обоснованы определения общих проявлений системы управления в различных классах движений и с различными условиями их выполнения.

С целью определения структуры участия в организации движения различных элементов системы управления у спортсменов и выявления типовых групп (классификации) этих элементов необходимо провести соответствующий расчет. Наиболее подходящим для решения этой задачи является метод кластерного анализа экспериментальных данных [14].

В нашем исследовании мы применили кластеризацию в виде «разделения вокруг *k*-медоидов или PAM (Partitioning Around Medoids; Kaufman, Rousseeuw, 1990) [15], где медоид – это центроид, координаты которого смещены к ближайшему из исходных объектов данных. Внутрикластерный разброс оценивается при этом по манхэттенскому [16], а не евклидовому расстоянию» [17].

Для визуализации разделения данных на кластеры используется «построение двумерных диаграмм (ординационных “биплотов”). В этом случае распределение наблюдений по кластерам формируется с предварительным приведением исходного пространства признаков к двум главным компонентам. В работе использовалась функция *“fviz_cluster”* из пакета *“factoextra”* [18], которая использует для создания диаграмм графическую систему *“ggplot”* [19]. На рисунке 1 представлена ординационная диаграмма для результатов кластеризации методом PAM» [19].

Проведённая кластеризация позволила определить три кластера, каждый из которых имеет свои внутрикластерные особенности проявления составляющих системы управления (рис. 2).

Содержательная оценка проведенной кластеризации показала, что в первом кластере оказались случаи, в которых высока доля участия показателей, связанных со способностью к амплитуде движения и высоким уровнем точности выполнения процесса. Второй кластер характеризуется присутствием показателей с высокими значениями точности по ритмичности движений и точности вступления в сложное движение. В третьем кластере обнаружилось значительное преобладание случаев с высокими значениями показателей дифференциации, точности выполнения заключительной фазы движения, способности воспринимать заданное движение, а также точной ориентацией в пространстве выполнения движения. Во всех трех кластерах отмечается наличие пар показателей, в которых имеется показатель, характеризующий одну фазу движения и показатель, связанный с обобщенным проявлением определенной способности.

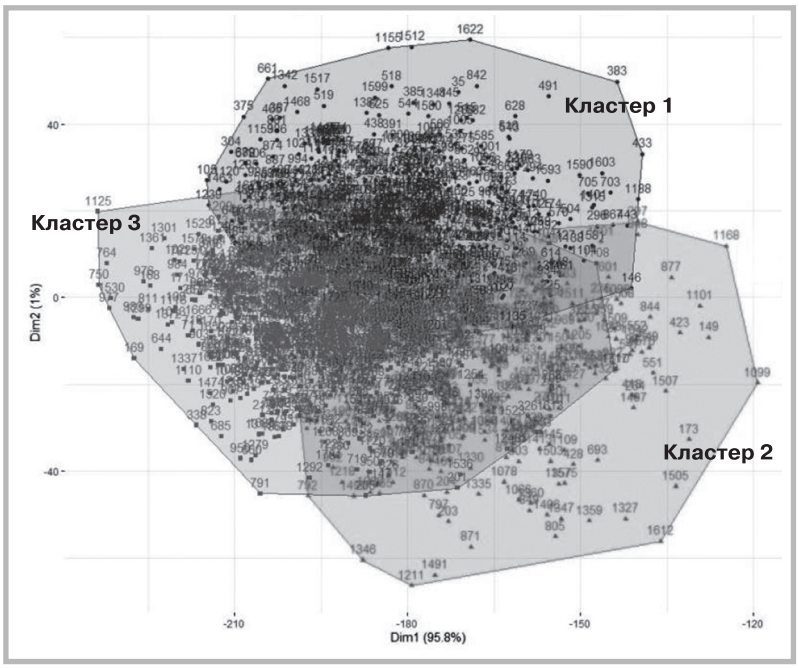

Рис. 1. *Диаграмма распределения координационных показателей по кластерам, полученным методом PAM*

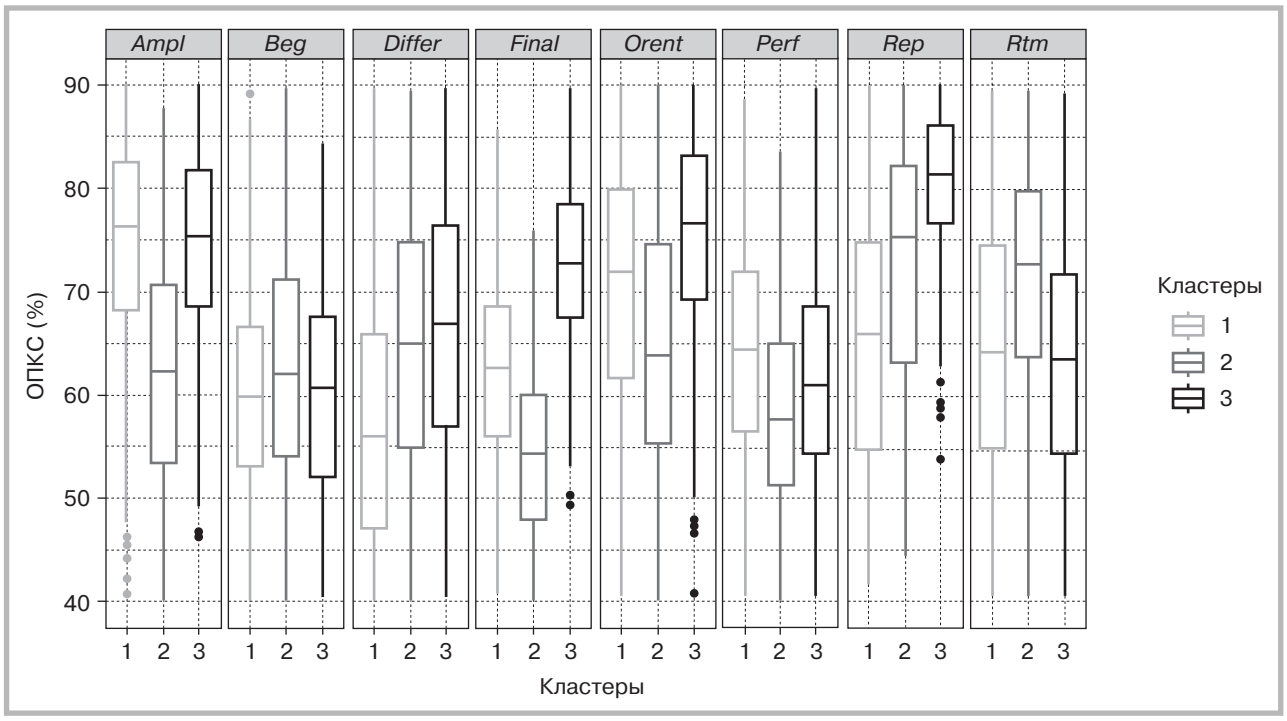

Рис. 2. *Показатели координационных способностей по каждому кластеру:*

Ampl – точность воспроизводства требуемой амплитуды;
Beg – точность вступления в сложное движение;
Differ – способность оценивать и занимать определенную позу после смещения тела (дифференциация);
Final – точность при финальном требовании;
Orient – ориентация в пространстве;
Perf – точность выполнения процесса;
Rep – способность воспринимать заданное движение;
Rtm – способность к ритмичному движению.

Можно предположить, что результаты кластерного анализа установили разделение экспериментальной выборки на способности испытуемых использовать при выполнении произвольных движений ограниченное количество показателей, в итоге определяющих конечную результативность, точность выполняемых движений. Другими словами, определены группы с опорными показателями в управлении движениями.

Заключение

Экспериментальные данные спортсменов высокой квалификации, полученные по результатам выполнения произвольных баллистических, следящих и смешанных движений с различным вкладом сенсорных систем на стабилометрическом компьютерном комплексе с биологической обратной связью «Стабилан-01», показали, что выявленные составляющие системы управления являются обязательными при выполнении любого произвольного движения. Полученные первичные данные были сгруппированы в 8 показателей, характеризующих различные элементы системы управления произвольными движениями.

Для решения задачи классификации полученных данных был проведен кластерный анализ методом PAM, в результате которого получены три кластера. Интерпретация содержания каждого кластера позволила определить, что спортсмены классифицируются по преимущественному использованию в качестве ведущих пары показателей, составляющих системы управления движениями, дополняющих друг друга. В первом кластере доминирующим компонентом является ритм выполнения движения, во втором – амплитуда выполнения движения, в третьем – особо выделяется направленность на выполнение заключительной, финальной части движения. При этом в каждом кластере выделяется способность ориентироваться в ближайшем к спортсмену пространстве.

Литература

1. *Карпеев, А.Г.* Двигательная координация человека в спортивных упражнениях баллистического типа. – Омск: СибГАФК, 1998. – 324 с.
2. *Садовски, Е.* Структура координационных способностей спортсменов, специализирующихся в спортивных единоборствах / Е. Садовски // Наука в олимпийском спорте. – Киев, 2000. – № 2. – С. 5–9.
3. *Blume, D.D.* Zu einigen wesentlichen theoretischen Grundpositijnen fur die Untersuchung der koordinativen Fähigkeiten // Theorie und Praxis der Koperkultur, 1978. – Nr. 1. – S. 29–36.
4. *Hirtz, P., Ludwig, J., Wellnitz, I.* Potenzen des Sportunterrichts und ihre Nutzung für die Ausbildung und Vervollkommnung koordinativer Fähigkeit // Theorie und Praxix der Korperkultur. 1981. – Nr. 9. – S. 680–683.
5. *Бернштейн, Н.А.* Избранные труды по биомеханике и кибернетике. – М: СпортАкадемПресс, 2001. – 245 с.
6. *Зубкова, А.В., Селуянов, В.Н., Рыбаков, В.А., Гаврилов, В.Б., Никишин, В.А., Шестаков, М.П.* Методика тестирования координационных способностей спортсменов [Текст] / В.Н. Селуянов, В.А. Рыбаков, В.Б. Гаврилов, В.А. Никишкин, М.П. Шестаков, 2012. – 56 с.
7. *Шестаков, М.П., Переяслов, Г.А., Слива, А.С., Ерёмич, Н.А.* Особенности сенсорных коррекций в двигательном управлении спортсменами высокой квалификации. – ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», – 2019. – С. 67–76.
8. *Кун, Макс.* Предиктивное моделирование на практике: 16+ / Макс Кун и Кьелл Джонсон // перевод с англ. Е. Матвеев. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2019. – 637 с.
9. Умная нормализация данных [Электронный ресурс] // Хабр: веб-сайт. – URL: https://habr.com/ru/post/527334/?
10. *Гимазов, Р.М.* Управление движениями в спорте: уровень мышечно-суставных увязок (по классификации Н.А. Бернштейна) [Текст]: монография [в 2 ч.]. Ч. 1 / Р.М. Гимазов, Г.А. Булатова. – БУВПО ХМАО – Югра «Сургут. гос. пед. ун-т». – Сургут: РИО СурГПУ, 2016. – 239 с.
11. *Руденик, В.В.* Взаимосвязь механизмов управления движениями как основа методики развития координационных способностей у спортсменов / В.В. Руденик, И.Г. Тихон // Вестник Полоцк. гос. ун-та (Серия Е. Педагогические науки), 2013. – № 15. – С. 138–144.
12. *Фарфель, В.С.* Управление движениями в спорте / В.С. Фарфель, 2-е изд., стер. – М.: Советский спорт, 2011. – 202 с.
13. *Левик, Ю.С.* Стабилография в исследованиях управления позой / Ю.С. Левик // Известия ЮФУ, Технические науки. – Таганрог, 2008. – № 6 (83). – С. 108–112.
14. *Михалевич, И.М., Примина, С.П.* Применение математических методов при анализе геологической информации (с использованием компьютерных технологий): учеб. пособие, ч. III. – Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2006. – 115 с.
15. *Kaufman, L.I., Rousseeuw, P.J.* Partitioning Around Medoids (Program PAM), Wiley Series in Probability and Statistics / N. Hoboken. – 2020. – USA: John Wiley & Sons, Inc. – Pp. 68–125.

16. *Половникова, О.Н., Фокина, В.В.* Использование евклидова и манхэттенского расстояний в качестве меры близости для решения задачи классификации / О.Н. Половникова, В.В. Фокина // Известия Алтайского государственного университета. – 2010. – № 1-1. – С. 101–102.

17. *Мастицкий, С.Э., Шитиков, В.К.* Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С.Э. Мастицкий, В.К. Шитиков. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 496 с.

18. actoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses [Электронный ресурс] (2020). – URL: https://cran,r-project,org/web/packages/factoextra/readme/README,html

19. *Villanueva, R.A.M., Chen, Z.J.* Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis (2nd Ed.,), Meas, Interdiscip. Res. Perspect, 2019. – Pp. 160–167.

References

1. Karpeev, A.G. (1998), *Motor coordination of a person in sports exercises of a ballistic type*, Omsk: SibGAFK, 324 p.

2. Sadovski, E. (2000), The structure of the coordination abilities in athletes specializing in martial arts**,** *Nauka v olimpiyskom sporte (Kiev)*, no. 2, pp. 5–9.

3. Blume, D.D. (1978), Zu einigen wesentlichen theoretischen Grundpositijnen fur die Untersuchung der koordinativen Fähigkeiten, *Theorie und Praxis der Koperkultur*, nr. 1, s. 29–36.

4. Hirtz, P., Ludwig, J. and Wellnitz, I. (1981), Potenzen des Sportunterrichts und ihre Nutzung für die Ausbildung und Vervollkommnung koordinativer Fähigkeit, *Theorie und Praxix der Korperkultur*, nr. 9, s. 680–683.

5. Bernshteyn, N.A. (2001), *Selected works on biomechanics and cybernetics,* Moscow: SportAkademPress, 245 p.

6. Zubkova, A.V., Seluyanov, V.N., Rybakov, V.A., Gavrilov, V.B., Nikishin, V.A. and Shestakov, M.P. (2012), *Methodology for testing the coordination abilities of athletes,* 56 p.

7. Shestakov, M.P., Pereyaslov, G.A., Sliva, A.S. and Eryomich, N.A. (2019), *Features of sensory corrections in the motor control of elite athletes*, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, pp. 67–76.

8. Kun, M. and Johnson, K. (2019), *Predictive modeling in practice: 16+,* Sankt-Peterburg: Piter, 637 p.

9. Habr web-site (2020), *Smart data normalization* [Online], URL: https://habr.com/ru/post/527334/?

10. Gimazov, R.M. and Bulatova, G.A. (2016), *Movement control in sports: the level of muscular-articular linkages (according to the classification of N.A. Bernshtein): monograph: in 2 pts., pt. 1*, Surgut: RIO SurGPU, 239 p.

11. Rudenik, V.V. and Tikhon, I.G. (2013), Interrelation of Movement Control Mechanisms as a Basis for Methods of Development of Athletes' Coordination Abilities, *Vestnik Polotsk. Gos. Un-ta (Seriya E, Pedagogicheskie nauki*), no. 15, pp 138–144.

12. Farfel, V.S. (2011), *Motion control in sports*, 2nd ed., ster., Moscow: Sovetskiy sport, 202 p.

13. Levik, Yu.S. (2008), Stabilography in Posture Control Research, *Izvestiya YUFU, Tehnicheskie nauki*, no. 6 (83), pp. 108–112.

14. Mihalevich, I.M. and Primina, S.P. (2006), *Application of mathematical methods in the analysis of geological information (using computer technology): textbook, Part III*, Irkutsk: Irkut. Gos. Un-t, 115 p.

15. Kaufman, L. and Rousseeuw, P.J. (1990), *Phartitioning Around Medoids (Program PAM)*, Wiley Series in Probability and Statistics, Hoboken, N.J., USA: Jon Wiley & Sons, Inc., pp. 68–125.

16. Polovnikova, O.N. and Fokina, V.V. (2010), Using the Euclidean and Manhattan distances as a proximity measure for solving a classification problem, *Izvestiya Altayskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, no. 1-1, pp. 101–102.

17. Mastickiy, S.E. and Shitikov, V.K. (2015), *Statistical analysis and data visualization with R.* Moscow: DMK Press, 496 p.

18. cran.r-project.org (2020), *Actoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses* [Online] URL: https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra/readme/README,html

19. Villanueva, R.A.M. and Chen, Z.J. (2019), *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (2nd Ed.), Meas, Interdiscip. Res. Perspect, pp. 160–167.