

**ПРИМАКИН А.И.,**

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры информатики и математики  
Санкт-Петербургского военного ордена  
Жукова института войск национальной  
гвардии Российской Федерации  
*a.primakin@mail.ru*

**КУЛИКОВ М.Л.,**

кандидат педагогических наук,  
доцент, доцент кафедры физической  
подготовки и прикладных единоборств  
Санкт-Петербургского университета МВД России  
*mptica@yandex.ru*

УДК 378.14

# ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КУРСАНТОВ И СЛУШАТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ СИЛОВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МНОГОФАКТОРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

**Многофакторный анализ,**  
**корреляционный анализ, регрессионный**  
**анализ, общефизическая подготовка,**  
**уровень физической подготовленности,**  
**скоростные показатели, показатели**  
**силы и выносливости, обучающийся,**  
**образовательная организация,**  
**силовая структура.**

*В статье представлены методики применения многофакторных статистических алгоритмов корреляционного и регрессионного анализа, позволяющих с высокой степенью достоверности оценивать результаты различных педагогических подходов и тренировочных воздействий, направленных на совершенствование уровня общей физической подготовленности курсантов и слушателей образовательных организаций силовых структур. Использование предложенных методик в практической деятельности позволяет на основе выявленных тенденций взаимного влияния различных факторов научно обоснованно подходить к выбору наиболее эффективных средств физической подготовки курсантов и слушателей.*

**В** образовательных организациях, осуществляющих подготовку сотрудников силовых ведомств (МВД России, Росгвардии, МЧС России и др.), физической подготовке всегда уделялось и уделяется особое внимание, что находит свое отражение в соответствующих регламентирующих документах<sup>1</sup>. Актуальность материала, представленного в статье, продиктована необходимостью поиска математического инструментария, методик и алгоритмов его применения для оценки эффективности педагогических подходов и тренировочных воздействий по совершенствованию физической подготовленности курсантов и слушателей образовательных организаций силовых ведомств<sup>2</sup>.

Учебно-тренировочный процесс по физической подготовке делится на два больших раздела: общая физическая подготовка и прикладная физическая подготовка,

<sup>1</sup> Приказ МВД России от 01.07.2017 № 450 «Об утверждении Наставления по организации физической подготовки в органах внутренних дел Российской Федерации»; Приказ МВД России от 05.05.2018 № 275 «Об утверждении порядка организации подготовки кадров для замещения должностей в органах внутренних дел Российской Федерации» и др.

<sup>2</sup> См., например: Павлова А.А., Подрезов И.Н. Общая физическая подготовка как составляющая профессионально-прикладной физической подготовки курсантов образовательных организаций МВД России // Наука-2020. 2023. № 3 (64). С. 61-66; Куликов М.Л., Науменко С.В. Общая физическая подготовка курсантов в образовательных организациях МВД России // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2023. № 2 (98). С. 201-207.

Таблица 1.

**Результаты успеваемости курсантов по итогам сдачи  
контрольных нормативов по общефизической подготовке**

Ведомость сдачи контрольных нормативов по ОФП									
№ п/п	Пол	Челночный бег, 10x10 м		Упражнение на силу		Кросс, 5 км		Общее количество баллов	Оценка за ОФП
		время	баллы	кол-во	баллы	время	баллы		
1	м	25,8	72	10	58	21:50	88	218	5
2	м	25,3	82	17	73	23:08	78	233	5
3	м	27,1	52	10	58	24:11	62	172	3
4	м	26,4	60	19	77	23:25	74	211	5
5	м	26,8	55	13	65	23:52	68	188	4
6	м	26,3	62	17	73	23:35	72	207	5
7	м	27,4	49	11	61	21:46	87	197	5
8	м	26,4	60	20	79	23:30	73	212	5
9	м	26,3	62	15	69	22:51	82	213	5
10	м	26,4	60	14	67	24:50	52	179	3
11	м	26,1	66	12	63	23:40	71	200	5
12	м	26,4	60	19	77	23:30	73	210	5
13	м	25,3	82	12	63	33:01	34	179	3
14	м	25,9	70	22	83	22:45	82	235	5
15	м	25,2	84	14	67	24:42	59	210	5
16	м	26,1	66	14	67	23:40	71	204	5
17	м	27,7	49	10	58	23:56	68	175	3
18	м	27,2	51	14	67	23:38	72	190	5
19	м	25,9	70	9	53	24:27	56	179	3
20	м	24,6	93	19	77	23:50	69	239	5
21	м	26,0	68	19	77	22:50	82	227	5
<i>Ср. знач.</i>		<b>26,22</b>	<b>65.38</b>	<b>14.76</b>	<b>68.19</b>	<b>23.57</b>	<b>70.14</b>	<b>203.71</b>	-
22	ж	29,7	68	24	75	04:25	50	193	5
23	ж	29	75	30	85	04:09	66	226	5
<i>Ср. знач.</i>		<b>29.35</b>	<b>71.50</b>	<b>27.00</b>	<b>80.00</b>	<b>04:17</b>	<b>58.00</b>	<b>209.50</b>	-

которая включает в себя подготовку к применению боевых приемов борьбы (рукопашный бой). Общая физическая подготовка предполагает развитие и совершенствование силовых качеств (подъем гири, подтягивание на перекладине, сгибание и разгибание рук в упоре лежа), скоростных качеств (челночный бег, бег на дистанцию 100 м) и такого качества, как выносливость (кросс)<sup>1</sup>. Суммарность показателей, характеризующих эти качества, определяет интегральную (результирующую) оценку уровня физической подготовленности курсанта или слушателя.

Задаваясь целью анализа педагогических подходов и тренировочных воздействий, направлен-

ных на совершенствование уровня физической подготовленности обучающихся, необходимо определиться с математическим инструментарием, который бы позволил эффективно, наглядно и просто решить поставленную задачу<sup>2</sup>. В данном случае представляется целесообразным применить методы и алгоритмы многофакторных корреляционного и регрессионного анализов, что в первую очередь продиктовано спецификой решаемой задачи, а именно зависимостью интегрального показателя физической подготовленности обучающегося (будем рассматривать этот показатель, как функцию  $Y$ ) от оценок его силовых ( $X_1$ ), скоростных ( $X_2$ ) достижений и уровня выносливости ( $X_3$ ). Наблюда-

<sup>1</sup> Приказ МВД России от 01.07.2017 № 450 «Об утверждении Наставления по организации физической подготовки в органах внутренних дел Российской Федерации».

<sup>2</sup> См., например: Костенко Е.Г., Костенко А.П., Толстых О.С. Применение математических методов исследования в физической культуре и спорте // Тезисы докладов XLV научной конференции студентов и молодых ученых вузов Южного федерального округа. Ч. 1. Краснодар: Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2018. С. 105; Фураев А.Н., Шмелева Г.А., Порошина И.В. Обзор математических методов психолого-педагогических исследований в физической культуре и спорте // Сборник материалов научных конференций студентов, магистрантов, аспирантов и соискателей МГАФК. Вып. ХХIV. Малаховка: Московская государственная академия физической культуры, 2015. С. 71-76.

Таблица 2.

**Нормированные исходные данные результатов сдачи контрольных нормативов по общефизической подготовке**

<b>Y (оценка за ОФП)</b>	<b>X1 (бег 10*10)</b>	<b>X2 (сила)</b>	<b>X3 (кроcс)</b>
<b>0.72</b>	<b>-0.56</b>	<b>-1.26</b>	<b>-0.98</b>
<b>1.47</b>	<b>-1.24</b>	<b>0.59</b>	<b>-0.38</b>
<b>-1.60</b>	<b>1.18</b>	<b>-1.26</b>	<b>0.11</b>
<b>0.37</b>	<b>0.24</b>	<b>1.13</b>	<b>-0.25</b>
<b>-0.79</b>	<b>0.78</b>	<b>-0.47</b>	<b>-0.04</b>
<b>0.17</b>	<b>0.11</b>	<b>0.59</b>	<b>-0.17</b>
<b>-0.34</b>	<b>1.59</b>	<b>-1.00</b>	<b>-1.01</b>
<b>0.42</b>	<b>0.24</b>	<b>1.39</b>	<b>-0.21</b>
<b>0.47</b>	<b>0.11</b>	<b>0.06</b>	<b>-0.51</b>
<b>-1.24</b>	<b>0.24</b>	<b>-0.20</b>	<b>0.41</b>
<b>-0.19</b>	<b>-0.16</b>	<b>-0.73</b>	<b>-0.13</b>
<b>0.32</b>	<b>0.24</b>	<b>1.13</b>	<b>-0.21</b>
<b>-1.24</b>	<b>-1.24</b>	<b>-0.73</b>	<b>4.18</b>
<b>1.58</b>	<b>-0.43</b>	<b>1.92</b>	<b>-0.55</b>
<b>0.32</b>	<b>-1.37</b>	<b>-0.20</b>	<b>0.35</b>
<b>0.01</b>	<b>-0.16</b>	<b>-0.20</b>	<b>-0.13</b>
<b>-1.45</b>	<b>1.99</b>	<b>-1.26</b>	<b>-0.01</b>
<b>-0.69</b>	<b>1.32</b>	<b>-0.20</b>	<b>-0.15</b>
<b>-1.24</b>	<b>-0.43</b>	<b>-1.53</b>	<b>0.23</b>
<b>1.78</b>	<b>-2.18</b>	<b>1.13</b>	<b>-0.05</b>
<b>1.17</b>	<b>-0.29</b>	<b>1.13</b>	<b>-0.51</b>

ется сложное взаимосвязанное многообразие факторов ( $X_1, X_2, X_3$ ), оказывающих существенное влияние на функцию  $Y$  как обобщенный показатель физической подготовленности обучающегося. Для исследования тесноты (силы влияния факторов друг на друга и на итоговую функцию), вида и формы зависимостей широко применяются методы многомерного статистического анализа<sup>1</sup>.

Методы многомерного статистического анализа позволяют сформировать такую математическую модель (аналитическую связь  $X_1, X_2, X_3$  с  $Y$ ), которая наиболее точно отражает реальное поведение исследуемой совокупности объектов; способны с высокой точностью и надежностью оценить выводы по интересующему нас явлению. Многомерный статистический анализ состоит из таких методов, как кластерный и дискриминантный анализы, факторный и дисперсионный анализы, метод главных компонент, множественные корреляционный и ре-

грессионный анализы и др. Интересующие нас, в рамках решаемой задачи, множественные корреляционный и регрессионный анализы формируют наше представление о стохастических связях между отдельной зависимой переменной  $Y$  и группой влияющих на нее факторов  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , позволяя оценить тесноту взаимосвязи между факторами  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Исследование подобных зависимостей и взаимосвязей дает возможность глубже понять сложный механизм причинно-следственных отношений между явлениями.

Исходным статистическим материалом являются результаты успеваемости курсантов Санкт-Петербургского университета МВД России, в данном случае, взятое для примера, по итогам сдачи контрольных нормативов по общефизической подготовке (далее - ОФП) (см. таблицу 1).

Поскольку переменные (факторы  $X_1, X_2, X_3$  и функция  $Y$ ) измеряются в разных единицах, то переходим к их нормированию. Процедура нормирования следующая: для каждой переменной находим ее среднее значение и среднеквадратическое отклонение; вычитаем из каждого значения переменной ее среднее; производим деление полученной разности на среднеквадратическое отклонение и получаем нормированную величину (нормированный признак). Результат нормирования исходных данных представлен в таблице 2. Особенностью нормированных данных является отсутствие размерностей у переменных; их средние значения равны нулю, а среднеквадратические отклонения равны единице.

Алгоритм дальнейших расчетов связан с формированием корреляционной матрицы, которая состоит из найденных выборочных парных линейных коэффициентов корреляции  $r_{yx_i}$  и  $r_{x_ix_j}$  и позволяет оценить силу связи не только между  $Y$  и  $X_i$ , но и между  $X_i$  и  $X_j$ .

В общем случае корреляционная матрица имеет вид, представленный на иллюстрации 1. Очевидно, что корреляционная матрица является симметричной относительно главной диагонали, все ее элементы находятся в промежутке от -1 до +1 и элементы главной диагонали равны 1. Корреляционная матрица нормированных результатов сдачи контрольных нормативов по ОФП представлена на иллюстрации 2.

#### Иллюстрация 1. Общий вид корреляционной матрицы.

$$R = \begin{pmatrix} y & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ y & 1 & r_{yx_1} & r_{yx_2} & \dots & r_{yx_n} \\ x_1 & r_{x_1y} & 1 & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_n} \\ x_2 & r_{x_2y} & r_{x_2x_1} & 1 & \dots & r_{x_2x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & r_{x_ny} & r_{x_nx_1} & r_{x_nx_2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

<sup>1</sup> Большакова Л.В., Примакин А.И., Яковleva Н.А. Методы многомерного анализа в вопросах обеспечения информационной и экономической безопасности: Учебное пособие. СПб: СПБУ МВД России, 2013. 92 с.

**Иллюстрация 2.**  
**Корреляционная матрица**  
**нормированных результатов**  
**сдачи контрольных нормативов**  
**по общефизической подготовке.**

$$R =$$

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Y	1.00	-0.58	0.74	-0.42
X <sub>1</sub>	-0.58	1.00	-0.33	-0.29
X <sub>2</sub>	0.74	-0.33	1.00	-0.20
X <sub>3</sub>	-0.42	-0.29	-0.20	1.00

Проводя анализ корреляционной матрицы, возможно дать только примерную оценку влияния факторов  $X_i$  на функцию  $Y$ , а также выявить примерную тесноту (силу) влияния факторов друг на друга. Учитывая эту «примерность», а также то, что связи между факторами сложно переплетаются, мы видим необходимость в некотором дополнительном исследовании. Так, иногда бывает полезным рассмотреть вопрос о взаимосвязи двух факторов между собой при условии, что остальные факторы остаются неизменными.

Для установления такой взаимосвязи применяют частные коэффициенты корреляции, характеризующие тесноту линейной зависимости между двумя факторами при устраниении влияния остальных переменных, входящих в модель. Напомним, что парный коэффициент корреляции характеризует тесноту взаимосвязи между двумя факторами на фоне действия всех остальных факторов, определяющих модель. Частному коэффициенту корреляции присущи те же свойства, что и парному коэффициенту корреляции: его значения изменяются в пределах от -1 до +1, при этом чем ближе значение частного коэффициента корреляции к -1 или к +1, тем связь между переменными более тесная; чем значение частного коэффициента корреляции ближе к нулю, тем связь между переменными (факторами) слабее.

Если частный коэффициент корреляции имеет положительное значение, то связь между переменными, входящими в модель изучаемого процесса, прямая (увеличение или уменьшение значения фактора ведет, соответственно, к увеличению или уменьшению значения функции). Если значение частного коэффициента корреляции отрицательное, то связь обратная (увеличение или уменьшение значения фактора ведет, соответственно, к уменьшению или увеличению значения функции).

Как правило, частные выборочные коэффициенты корреляции находят с применением корреляционной матрицы по формулам (1), (2):

$$r_{yx_{i/x}} = -\frac{R_{1i}}{\sqrt{R_{11} \cdot R_{ii}}}; \quad (1)$$

$$r_{x_i x_j/(yx)} = -\frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii} \cdot R_{jj}}}; \quad (2)$$

где  $R_{ij}$  - алгебраическое дополнение элемента корреляционной матрицы, стоящего в  $i$ -ой строке и  $j$ -ом столбце.

Помимо частных выборочных коэффициентов корреляции, для полноты и объективности анализа взаимного влияния факторов на обобщенную переменную (или функцию  $Y$ ) представляет интерес множественный коэффициент корреляции, отра-

жающий тесноту (или силу) линейной связи между функцией  $Y$  и совокупностью всех остальных факторов, входящих в модель, то есть тесноту совместного влияния факторов, используемых в модели, на результат. Множественный коэффициент корреляции изменяется от нуля до единицы: чем ближе его значение к нулю, тем слабее совместное влияние факторов на результат (функцию), а чем ближе к единице, тем влияние факторов на результат сильнее.

Множественный выборочный коэффициент корреляции рассчитывается по формуле (3):

$$r_{y/(x)} = \sqrt{1 - \frac{|R|}{R_{11}}}, \quad (3)$$

где  $|R|$  - определитель корреляционной матрицы, а  $R_{11}$  - алгебраическое дополнение элемента корреляционной матрицы, стоящего в первой строке и в первом столбце.

Чаше всего на практике применяется не сам множественный коэффициент корреляции, а множественный коэффициент детерминации, получаемый возведением в квадрат множественного коэффициента корреляции, то есть по формуле (4):

$$R_{y/(x)}^2 = r_{y/(x)}^2 \quad (4)$$

Множественный коэффициент детерминации показывает, какая часть изменения признака  $Y$  объясняется комплексным влиянием факторов, составляющих модель изучаемого процесса.

Расчеты, проведенные по формулам (1), (2) и (3), показали следующие значения по частным выборочным коэффициентам корреляции:

$$r_{yx_{1/x}} = -0,83;$$

$$r_{yx_{2/x}} = 0,77;$$

$$r_{yx_{3/x}} = -0,8.$$

Множественный выборочный коэффициент корреляции:

$$r_{y/(x)} = 0,94.$$

Сравнивая полученные значения частных выборочных коэффициентов корреляции с соответствующими результатами, представленными в корреляционной матрице нормированных показателей сдачи контрольных нормативов по ОФП, можем отметить некоторые числовые различия при сохранении общей тенденции взаимного влияния факторов друг на друга. Общая тенденция проявляется в знаках при коэффициентах.

Y (оценка за ОФП)	X1 (бег 10*10)	X2 (сила)	X3 (кросс)
0.72	-0.56	-1.26	-0.98
1.47	-1.24	0.59	-0.38
-1.60	1.18	-1.26	0.11
0.37	0.24	1.13	-0.25
-0.79	0.78	-0.47	-0.04
0.17	0.11	0.59	-0.17
-0.34	1.59	-1.00	-1.01
0.42	0.24	1.39	-0.21
0.47	0.11	0.06	-0.51
-1.24	0.24	-0.20	0.41
-0.19	-0.16	-0.73	-0.13
0.32	0.24	1.13	-0.21
-1.24	-1.24	-0.73	4.18
1.58	-0.43	1.92	-0.55
0.32	-1.37	-0.20	0.35
0.01	-0.16	-0.20	-0.13
-1.45	1.99	-1.26	-0.01
-0.69	1.32	-0.20	-0.15
-1.24	-0.43	-1.53	0.23
1.78	-2.18	1.13	-0.05
1.17	-0.29	1.13	-0.51

Аргументы функции

ЛИНЕЙН

Известные\_значения\_y S4:S24  
Известные\_значения\_x T4:V24  
Конст 1  
Статистика 1

= {0.719343797378625;1.4746547846...  
= {-0.563523961611596;-1.26450648671  
= ИСТИНА  
= ИСТИНА  
= {-0.498617147873696;0.45464043178}

Возвращает параметры линейного приближения по методу наименьших квадратов.

Статистика логическое значение, которое указывает, требуется ли вернуть дополнительную статистику по регрессии (ИСТИНА) или только коэффициенты m и константу b (ЛОЖЬ или отсутствие значения).

Значение: -0.50

Справка по этой функции

OK Отмена

Так, при сопоставлении тесноты связи (силы влияния) между итоговым показателем по ОФП (функция Y) и фактором X<sub>1</sub> по корреляционной матрице ( $r_{yx1} = -0,58$ ) и по частному коэффициенту корреляции ( $r_{yx1/x} = -0,83$ ), знак сохраняет свое значение («минус»), то есть связь обратная: чем меньше значение X<sub>1</sub> (чем за меньшее время курсант пробежит контрольную дистанцию), тем выше итоговый показатель (функция Y) по ОФП. Большее численное значение по модулю частного коэффициента корреляции относительно значения из корреляционной матрицы свидетельствует о более тесной связи фактора X<sub>1</sub> и Y, когда устранено воздействие остальных факторов X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub>, то есть «чистого» влияния X<sub>1</sub> на Y.

Интересно проанализировать скрытые особенности влияния друг на друга факторов X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, которые, как правило, представлены не в явном виде. Судя по корреляционной матрице, мы наблюдаем слабую ( $r_{x2x1} = -0,33$ ;  $r_{x2x3} = -0,2$ ), но, что важно, обратную связь (у коэффициентов корреляции присутствует знак «минус»), а это может быть объяснено особой спецификой каждой из составляющей обобщенного показателя ОФП. Курсант, который показывает хорошие результаты на длинных дистанциях (кросс) и обладает высокой выносливостью, испытывает сложности при челночном беге, где требуется проявить скоростные способности и затратки. Собственно, именно это обстоятельство обуславливает специализацию легкоатлетов на тех или иных дистанциях: на длинных (стайер) или коротких (спринтер).

Значение множественного коэффициента корреляции позволяет найти множественный коэффициент детерминации  $R^2_{y/(x)} = r^2_{y/(x)} = 0,88$ . Это означает, что факторы, в нашем случае это X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, составляющие модель изучаемого процесса, на 88% объясняют особенности обобщенного показателя ОФП (у нас обозначен как Y), а остальные 12% приходятся на неопределенную случайную составляющую.

Логика проводимого анализа результатов тренировок по совершенствованию уровня ОФП курсантов требует от исследователя сформировать математическую модель изучаемого процесса. Для этого воспользуемся многофакторным регрессион-

ным анализом, который обычно непосредственно связан с результатами многофакторного корреляционного анализа. В целом регрессионный анализ занимается определением формы связи, вида функции, устанавливающей зависимость функции от одного или нескольких факторов.

Регрессионный анализ, как и рассмотренный выше корреляционный анализ, подразделяют на парный и множественный, линейный и нелинейный. Вид зависимости функции Y от одного фактора X изучается в рамках парного регрессионного анализа. В нашем случае факторов три, поэтому применяем методы множественного регрессионного анализа. При этом если зависимость определяется линейной функцией, то используются методы линейного регрессионного анализа. В противном случае будем применять методы нелинейной регрессии.

Таким образом, решаемая нами задача предполагает применение методики проведения множественного линейного регрессионного анализа.

Представим многофакторную линейную модель изучаемого нами процесса (влияние на обобщенный показатель ОФП курсантов (функция Y) факторов, характеризующих быстроту (X<sub>1</sub>), силу (X<sub>2</sub>) и выносливость (X<sub>3</sub>)) в виде (5):

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad (5)$$

Данная многофакторная линейная модель (5) называется уравнением многофакторной линейной регрессией, а ее параметры  $b_i$  - коэффициентами выборочной регрессии.

Дальнейшие действия сводятся к нахождению коэффициентов регрессии  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ . Существует несколько способов сделать это, самый простой из которых связан с использованием встроенной в электронную таблицу «Excel» функции «ЛИНЕЙН». Алгоритм ее применения представлен на иллюстрации 3, а результат (значения коэффициентов  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ) - на иллюстрации 4.

Рассчитанные значения коэффициентов выборочной регрессии  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  позволили получить математическую многофакторную линейную модель (уравнение линейной регрессии) изучаемого нами процесса в виде (6):

**Иллюстрация 3.**  
**Интерфейс**  
**и алгоритм**  
**применения**  
**встроенной**  
**в «Excel»**  
**функции**  
**«ЛИНЕЙН».**

**PRIMAKIN A.I.**,  
Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Professor of the  
Department of Informatics  
and Mathematics of the Saint-  
Petersburg Military Institute  
of the National Guard of  
the Russian Federation

**KULIKOV M.L.**,  
PhD in Pedagogical Sciences,  
Associate Professor, Docent  
of the Department of Physical  
Training and Applied Martial  
Arts of the Saint-Petersburg  
University of the Ministry  
of the Interior of Russia

### STUDY OF THE RESULTS OF PHYSICAL FITNESS OF CADETS OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF LAW ENFORCEMENT AGENCIES BASED ON METHODS OF MULTIFACTOR MATHEMATICAL ANALYSIS

Multivariate analysis,  
correlation analysis,  
regression analysis,  
general physical training,  
level of physical fitness,  
speed indicators, strength  
and endurance indicators,  
educational organization,  
power structure, cadet.

The article presents methods  
for using multifactor statistical  
algorithms for correlation and  
regression analysis, which make  
it possible to evaluate with a  
high degree of reliability the  
results of various pedagogical  
approaches and training  
influences aimed at improving  
the level of general physical  
fitness of cadets of educational  
organizations of law enforcement  
agencies. The use of the proposed  
methods in practical activities  
allows, based on the identified  
trends in the mutual influence  
of various factors, a scientifically  
sound approach to the selection  
of the most effective means of  
physical training for cadets.

b3	b2	b1	b0
-0.50	0.45	-0.58	0.00
0.09	0.09	0.09	0.08
0.885	0.38	#Н/Д	#Н/Д
43.76	17.00	#Н/Д	#Н/Д
18.59	2.41	#Н/Д	#Н/Д

**Иллюстрация 4.**  
Результаты расчета  
показателей  
многофакторной  
линейной модели с  
изучаемого процесса с  
помощью встроенной  
в «Excel» функции  
«ЛИНЕЙН».

$$Y = -0,58X_1 + 0,45X_2 - 0,5X_3 \quad (6)$$

Коэффициенты выборочной линейной регрессии  $b_i$  несут основное смысловое содержание полученной модели процесса. Числовые значения этих коэффициентов показывают среднее изменение значения функции  $Y$  при изменении значений каждого из факторов ( $X_1, X_2, X_3$ ) на одну нормированную единицу.

В данном случае «вклад» каждого из факторов в результирующую переменную (функцию  $Y$ ) примерно одинаков (числовые значения коэффициентов выборочной линейной регрессии  $b_i$  по модулю практически равны друг к другу), а знаки при  $b_i$  реальны отражают особенности формирования обобщенного показателя ОФП в зависимости от существующих факторов: чем быстрее курсант пробежал дистанцию (меньше значения  $X_1$  и  $X_3$ ), тем выше показатель ОФП (обратная связь); чем большее количество раз курсант поднял гирю или подтянулся (выше значение  $X_2$ ), тем также выше будет значение показателя ОФП (прямая связь).

Равенство по модулю числовых значений коэффициентов выборочной линейной регрессии  $b_i$  служит косвенным доказательством обоснованности развития в процессе тренировочного цикла по совершенствованию ОФП курсантов и слушателей показателей силы ( $X_2$ ), выносливости ( $X_3$ ) и скорости ( $X_1$ ).

В сводных результатах расчета основных показателей уравнения регрессии, полученных с помощью встроенной в «Excel» функции «ЛИНЕЙН» (см. иллюстрацию 4), выделен и множественный коэффициент детерминации ( $R^2_{y/(x)} = 0,885$ ), объясняющий, что сформированное линейное многофакторное уравнение регрессии на 88% описывает комплексное влияние факторов с соответствующими коэффициентами выборочной линейной регрессии  $b_i$  и линейность модели изучаемого процесса.

Необходимо отметить, что описанные тенденции и закономерности проявлялись и в результатах представленного выше многофакторного корреляционного анализа.

Как правило, после нахождения параметров регрессии и построения уравнения регрессии обычно проверяют, насколько найденные значения коэффициентов регрессии  $b_i$  и само уравнение соответствуют действительности, то есть проводится оценка значимости (адекватности) уравнения регрессии в целом и оценка значимости отдельных коэффициентов.

Проверка значимости уравнения регрессии в целом производится на основе дисперсионного анализа, то есть на основе анализа величин, которые определяют некий разброс значений. Все необходимые для этого значения рассчитываемых величин представлены в сводной форме полученных результатов функции «ЛИНЕЙН» (см. иллюстрацию 3). Однако из-за ограниченности объема статьи дать характеристику каждой из этих величин не представляется возможным.

В заключение подчеркнем, что представленная в статье методика, математический инструментарий и алгоритмы проведения многофакторного статистического анализа позволяют эффективно проводить исследования влияния факторов (показателей силы, скорости и выносливости) на уровень ОФП курсантов и слушателей образовательных организаций силовых структур и на этой основе эффективно управлять процессом их физической подготовки. ■