

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ
КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Кутек Тамара, Ахметов Рустам, Набоков Юрий

Житомирский государственный университет имени Ивана Франко

Аннотации:

В статье рассматривается проблема разработки прогноза результативности прыгунов в высоту с разбега, используя важнейшие параметры спортсменов – степень использования силовых возможностей при отталкивании в сочетании с антропометрическими параметрами (длина тела, масса тела) и возрастом спортсменов.

Программа прогнозирования результативности прыгунов в высоту была разработана на базе таких важных параметров как степень использования силовых возможностей при отталкивании, возраст, длина и масса тела спортсменов.

Для исследования была создана группа спортсменов, специализирующихся в прыжках в высоту с разбега и проанализирована динамика повышения результатов, в зависимости от спортивных параметров по разным возрастным периодам (от 10 до 17 лет).

Установлено, что среди одномерных параметров: степень использования силовых возможностей, возраст, масса тела и длина тела наиболее информативным параметром является степень использования силовых возможностей, который позволяет осуществить прогноз результативности спортсмена до 17 лет.

Наиболее информативным параметром среди антропометрических (длина тела, масса тела) есть масса тела спортсменов.

Исследование двухмерных параметров позволило определить наиболее информативные параметры для возраста 10-14 лет спортсменов. Установлено, что такими параметрами являются возраст и длина тела.

Среди трехмерных параметров установлено наиболее информативную комбинацию для возрастного периода 10-14 лет: возраст, масса тела и длина тела спортсменов.

Четырехмерная комбинация параметров (возраст, степень использования силовых возможностей, масса тела, длина тела) оказалась менее информативной по сравнению с другими комбинациями параметров. Результаты исследования подтверждают вывод о том, что включение возраста в состав многомерных информативных параметров нецелесообразно.

Полученные экспериментальные данные полностью подтверждают основные теоретические положения о решении задач прогноза результативности прыгунов в высоту.

Ключевые слова:

аппроксимация, регрессионная матрица, линейная регрессия.

Development of predicting the results of qualified athletes.

The article deals with the problem of developing the forecast of the effectiveness of jumpers in height from the takeoff using the most important parameters of athletes - the degree of use of power capabilities in repulsion in combination with anthropometric parameters (body length, body weight) and age of athletes.

The program for predicting the effectiveness of jumpers in height was developed on the basis of such important parameters as the degree of use of power capabilities in repulsion, the age, length and weight of the athletes.

For the study, a group of athletes specializing in high jump with a take-off was created and the dynamics of increasing the results was analyzed, depending on the sports parameters for different age periods (from 10 to 17 years).

It has been established that among the one-dimensional parameters: the degree of use of power capabilities, age, body weight and body length, the most informative parameter is the degree of use of power capabilities, which makes it possible to carry out the forecast of the athlete's performance to 17 years.

The most informative parameter among the anthropometric (body length, body weight) is the body weight of the athletes.

The study of two-dimensional parameters made it possible to determine the most informative parameters for the age of 10-14 years of athletes. It is established that such parameters are the age and length of the body.

Among the three-dimensional parameters, the most informative combination for the age period of 10-14 years is established: age, body weight and body length of athletes.

The four-dimensional combination of parameters (age, degree of use of power capabilities, body weight, body length) turned out to be less informative than other combinations of parameters. The results of the study confirm the conclusion that the inclusion of age in the composition of multidimensional information parameters is inexpedient.

The obtained experimental data fully confirm the main theoretical positions on the solution of problems of predicting the effectiveness of jumpers in height.

Розробка програм прогнозування результативності кваліфікованих спортсменів.

У статті розглядається проблема розробки прогнозу результативності стрибунів у висоту з розбігу, використовуючи найважливіші параметри спортсменів – ступінь використання силових можливостей при відштовхуванні в поєднанні з антропометричними параметрами (довжина тіла, маса тіла) та віком спортсменів.

Програму прогнозування результативності стрибунів у висоту було розроблено на основі таких важливих параметрів як ступінь використання силових можливостей під час відштовхування, вік, довжина та маса тіла спортсменів.

Для дослідження було створено групи спортсменів, які спеціалізуються у стрибках у висоту з розбігу та проаналізовано динаміку підвищення результатів, залежно від спортивних параметрів за різними віковими періодами (від 10 до 17 років).

Встановлено, що серед одномірних параметрів: ступінь використання силових можливостей, вік, маса тіла та довжина тіла найбільш інформативним параметром є ступінь використання силових можливостей, який дозволяє здійснити прогноз результативності спортсмена до 17 років.

Найбільш інформативним параметром серед антропометричних (довжина тіла, маса тіла) є маса тіла спортсменів.

Дослідження двомірних параметрів дало змогу визначити найбільш інформативні параметри для віку 10-14 років спортсменів. Встановлено, що такими параметрами є вік і довжина тіла.

Серед тримірних параметрів встановлено найбільш інформативну комбінацію для вікового періоду 10-14 років: вік, маса тіла та довжина тіла спортсменів.

Чотиримірна комбінація параметрів (вік, ступінь використання силових можливостей, маса тіла, довжина тіла) є менш інформативною порівняно з іншими тримірними комбінаціями параметрів. Отримані результати підтверджують висновок про те, що включення віку до складу багатомірних інформативних параметрів є недоцільним.

Отримані експериментальні результати повністю підтверджують основні теоретичні положення про вирішення завдань прогнозу результативності стрибунів у висоту.

аппроксимация, регрессионная матрица, линейная регрессия.

Постановка проблемы. В работе [3] была исследована информативность параметров – степени использования силовых возможностей при отталкивании и возраста прыгунов в высоту в задаче одномерного прогноза их результативности (в смысле раздельного решения задач одномерной линейной регрессии [1; 2] для каждого из параметров). При этом, отмечая более высокую информативность степени использования силовых возможностей при

отталкивании (СИСВ) по отношению к возрасту, в работе [3] не был рассмотрен вопрос о совместной (двухмерной) информативности обоих параметров, как решение задачи двухмерной линейной регрессии. Последняя задача решается в данной работе на базе общей теории прогноза результативности спортсменов [2; 4; 5]. При этом возраст формально включается в полную совокупность спортивных параметров под номером 5 (для простоты в совокупности из 21 параметра [1] малоинформативный параметр – 5 (длина бедра) – заменяется возрастом 10-17 лет). Кроме того, в данной работе рассматриваются также вопросы повышения информативности степени использования силовых возможностей (СИСВ) при отталкивании в сочетании с двумя антропометрическими параметрами – вес и рост.

Анализ последних исследований и публикаций. Как показано в работе [3], одновременный удовлетворительный прогноз на период до 17 лет по СИСВ и возрасту можно сделать на базе данных в период 10-14 лет (среднеквадратическое отклонение (СКО) прогноза менее 4 см). Задачу прогноза результативности спортсменов можно решать на базе факторного анализа и динамики развития физических параметров и результатов на некотором ограниченном интервале времени (например, 10-13-14 лет) [1; 2; 4; 5]. В данной работе даются приложения общего подхода [2; 5] к частной задаче прогноза результативности прыгунов в высоту при использовании различных одномерных, двухмерных, трехмерных и четырехмерных комбинаций спортивных параметров из четырехмерной совокупности.

Целью настоящего исследования была разработка программы прогнозирования результативности прыгунов в высоту на базе таких важных параметров, как степень использования силовых возможностей при отталкивании (СИСВ), возраст, вес и рост спортсменов.

Результаты исследования. Для анализа была выбрана одна группа из 12 спортсменов [1; 2] и прослежена динамика роста результативности (высоты прыжка - Н) в зависимости от спортивных параметров по 8 возрастным периодам ($t = 10-17$ лет). Расширенный перечень параметров спортсменов представляется в виде:

1. Спортивный результат (высота) – Целевая функция.

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ (2-7)

2. Длина тела.
3. Длина голени.
4. Длина бедра.
5. Окружность бедра (в данной работе заменяется в расчетах на возраст).
6. Окружность икроножной мышцы.
7. Масса тела.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ (8-14)

(Регистрируемые и расчетные показатели технической подготовки)

8. Скорость разбега перед отталкиванием.
9. Скорость вылета ОЦТ (в момент отрыва).
10. Угол вылета ОЦТ.
11. Длительность фазы отталкивания.
12. Высота вылета ОЦТ.
13. Импульс силы отталкивания.
14. СИСВ при отталкивании (%).

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПАРАМЕТРЫ (15-21)

(Уровень специальной физической подготовки)

15. Бег – 30 м (с).
16. Скорость спринтерского бега (10 м с хода).
17. Прыжок вверх в высоту с двух ног с места.

18. Прыжок в длину с места.
19. Тройной прыжок с места.
20. Прыжок вверх с толчковой ноги (махом другой).
21. Прыжок вверх в высоту с трех шагов.

Поскольку результаты и физические параметры спортсменов в группе имеют случайный разброс (дисперсию), то, говоря о задаче прогноза результативности, имеет смысл рассматривать прогноз средней результативности $\bar{H}(t)$, как функции средних по группе физических параметров \vec{X}_p , которые будем представлять в виде матрицы столбца:

$$\vec{X}_p = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_p \end{pmatrix}, P=1,2,\dots,N1-1; N1 \geq 2,$$

где $N1$ – полное количество спортивных параметров, включая сам результат (H). Полное множество P -мерных группировок из $(N1-1)$ по P , которое равно числу сочетаний из $(N1-1)$ по P :

$$\vec{X}_p \in U_{\vec{X}_p} = \{ \vec{X}_p^\alpha, \alpha = 1,2,\dots, C_{N1-1}^P \}, (1)$$

$$C_{N1-1}^P = \frac{(N1-1)!}{P!(N1-1-P)!}.$$

В данной работе $N1=21$, $P=1,2,3,4$:

$$X_1 = x_5(\hat{a}\hat{d}\hat{a}\hat{i}\hat{y}), \quad X_2 = x_{14}(\tilde{N}\hat{A}\hat{O}), \quad X_3 = x_7(\hat{a}\hat{a}\hat{n}), \quad X_4 = x_2(\hat{d}\hat{i}\hat{n}\hat{o}),$$

$$K = C_4^1 + C_4^2 + C_4^3 + C_4^4 = 4 + 6 + 4 + 1 = 15,$$

где $K=15$ – количество различных комбинаций наиболее информативных параметров.

Информативность различных P -мерных группировок \vec{X}_p в задачах прогноза результативности будет также различной. Вопрос о выборе оптимальной совокупности наиболее информативных параметров из множества (1) при различных P требует самостоятельных глубоких исследований в рамках отдельной НИР (научно-исследовательской работы). В данной работе предлагается один из альтернативных вариантов решения задачи, который вполне приемлем с точки зрения точности прогноза. В первом приближении рассматривается задача линейного прогноза в рамках классической теории линейной регрессии (интерполяции) в математической статистике. Речь идет о нахождении аппроксимации

$$\bar{H} \cong H_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_p X_p, (2)$$

где $H_0, \alpha_1, \dots, \alpha_p$ – неизвестные параметры регрессии, которые требуется оценить по данным некоторого количества возрастных групп. В более точной постановке приближенная линейная регрессия (2) представляется в виде:

$$\bar{H}(t) = H_0 + \alpha_1 X_1(t) + \alpha_2 X_2(t) + \dots + \alpha_p X_p(t) + \xi(t), t \in T = (a, b), (3)$$

где $\xi(t)$ – ошибка прогноза с нулевым средним ($M\xi(t) = 0$) и неизвестной дисперсией $\sigma_\xi^2 = M\xi^2$ (M – оператор математического ожидания – среднего). Если в результате решения задачи линейной регрессии на интервале времени T получены оценки неизвестных

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Вводя т.н. «сигнальный» регрессионный вектор (СРВ):

$$\vec{s}_M = \begin{pmatrix} H_0 \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_P \end{pmatrix}_M = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \dots \\ s_M \end{pmatrix}, \quad M = P + 1, \quad (7)$$

$$s_1 = H_0, s_2 = \alpha_1, s_3 = \alpha_2, \dots, s_M = \alpha_P,$$

матричную систему (6) представляем также в стандартном виде:

$$\sum_{m=1}^M s_m \vec{Y}_N^m = \vec{\bar{H}}_N \Rightarrow Y_{NM} \vec{s}_M = \vec{\bar{H}}_N, \quad (8)$$

$$\vec{Y}_N^1 = \vec{I}_N, \vec{Y}_N^2 = \vec{X}_N^1, \dots, \vec{Y}_N^M = \vec{X}_N^P, \quad Y_{NM} = (\vec{Y}_N^1 \vec{Y}_N^2 \dots \vec{Y}_N^P),$$

где Y_{NM} – измеримая матрица наблюдений (ИМН); $\vec{\bar{H}}_N$ – измеримый вектор средних результатов (ВСР).

Согласно общей теории линейной регрессии система (8) может быть решена, если она полностью определена или переопределена:

$$N \geq M + 1 = P + 2 \Rightarrow \text{Rank} Y_{NM} = M. \quad (9)$$

Отметим, что величина $(M+1)$ обусловлена тем, что в количество неизвестных помимо $M=P+1$ неизвестных параметров регрессии необходимо включить также и неизвестное СКО σ_ξ . При выполнении условия (9) статистическое решение задачи линейной регрессии представляется в виде:

$$\vec{s}_M^{\wedge} = Y_{NM}^- \vec{\bar{H}}_N, \quad Y_{NM}^- = (Y_{NM}^T Y_{NM})^{-1} Y_{NM}^T, \quad (10)$$

$$(\sigma_\xi^2)^{\wedge} = \frac{1}{N - M} // \vec{\bar{H}}_N^{\wedge} - \vec{\bar{H}} //^2 = \frac{// \Lambda_{NN}^{M\perp} \vec{\bar{H}}_N //^2}{N - M}, \quad (11)$$

$$\vec{\bar{H}}_N^{\wedge} = Y_{NM} \vec{s}_M^{\wedge} = \Lambda_{NN}^M \vec{\bar{H}}_N, \quad \Lambda_{NN}^M = Y_{NM} Y_{NM}^-, \quad \Lambda_{NN}^{M\perp} = I_{NN} - \Lambda_{NN}^M,$$

$$\text{Rank} \Lambda_{NN}^M = M, \quad \text{Rank} \Lambda_{NN}^{M\perp} = N - M,$$

где Y_{NM}^- – псевдообратная матрица; Λ_{NN}^M – проектор в линейную оболочку из базисных векторов $\{\vec{Y}_N^m, m = 1, 2, \dots, M\}$; $\Lambda_{NN}^{M\perp}$ – ортогональный проектор.

Специфической математической особенностью задачи регрессии спортивного результата является то, что в силу довольно однородного состава групп столбцовые вектора ИМН Y_{NM} оказываются хотя и случайными, но с малым угловым расхождением относительно «единичного» вектора \vec{I}_N . Последнее обстоятельство требует жесткого контроля точности обращения матрицы Грама $(Y_{NM}^T Y_{NM})_{MM}$, т.к. в случае высокой угловой корреляции («схожести») векторов \vec{Y}_N^m матрица Грама оказывается часто плохо обусловленной с большим динамическим диапазоном собственных чисел в области малых величин. При этом точность обращения матрицы Грама с ростом размерности $P > 3$ (количества учитываемых информативных параметров) начинает резко падать и дальнейшее увеличение размерности P

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

не представляется возможным, – что подтверждается экспериментально в данной работе для $P=4$.

Отметим также, что в данной работе максимальное количество возрастных групп $N_{\max}=8$. Поэтому в силу условия (9) предельное количество наиболее информативных параметров ограничивается величиной 6:

$$P \leq N - 2 \leq N_{\max} - 2 = 8 - 2 = 6.$$

Разработана специализированная программа `cor2d.com` (модификация программы `corrS2m.com`) в среде Turbo Pascal, которая содержит следующие пункты:

1. Вызов исходных статистических данных (файл `g1_21_9.dat`).
2. Шифр файла: $TN(21)-M(X_{K_1}, X_{K_2}, \dots, X_{K_M})$, где N – количество возрастных групп, по которым проводится прогноз на будущее; M – количество информативных параметров ($N \geq M+2$).
3. Выбор M информативных параметров (из номеров 2-21 [1]).
4. Анализ ранга регрессионной матрицы $Y_{N(M+1)}$ методом Грама-Шмидта.
5. Анализ корреляции информативных параметров по годам.
6. Спектральный анализ матрицы Грама $Y^T Y$ размером $(M+1)*(M+1)$.
7. Оценка точности обращения матрицы Грама.
8. Оценка статистических характеристик информативных параметров (средние, СКО, корреляционная матрица).
9. Решение задачи линейной регрессии.
10. Оценка дисперсии шума (СКО= s).
11. Прогнозирование за пределы выбранных возрастных групп на период до 17 лет.

Далее приводятся только графики по пункту 11 зависимости оценки средней результативности (4) от времени t (возраста), которая называется оперативной динамической характеристикой результативности (ОДХР).

Экспериментальные исследования эффективности прогноза результативности

Исходные данные по 21 параметру (5-годы) для 8 возрастных групп 10-17 лет взяты из [1]:

1=> 1.17 1.38 1.52 1.62 1.72 1.87 1.94 2.01
2=> 1.49 1.54 1.59 1.65 1.70 1.77 1.84 1.89
3=> 0.34 0.35 0.36 0.37 0.38 0.39 0.40 0.41
4=> 0.35 0.36 0.37 0.38 0.39 0.40 0.41 0.42
5=> 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00
6=> 0.27 0.28 0.29 0.30 0.31 0.32 0.33 0.35
7=> 38.13 43.46 48.37 53.83 59.38 65.83 71.29 77.42
8=> 4.39 4.81 5.15 5.41 5.63 5.87 6.07 6.32
9=> 3.02 3.51 3.71 3.92 4.09 4.39 4.57 4.76

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

10=> 48.92 50.03 50.42 51.01 51.37 52.46 52.70 52.94
 11=> 0.27 0.25 0.24 0.24 0.23 0.22 0.20 0.20
 12=> 0.26 0.45 0.56 0.62 0.70 0.79 0.87 0.90
 13=> 106.40 143.17 169.42 200.27 249.09 282.92 320.35 349.93
 14=> 8.37 11.62 12.66 13.84 15.07 16.71 18.46 19.38
 15=> 5.28 5.06 4.82 4.67 4.57 4.44 4.31 4.21
 16=> 6.32 6.71 7.02 7.27 7.57 8.12 8.35 8.60
 17=> 0.37 0.48 0.53 0.57 0.63 0.68 0.73 0.76
 18=> 1.75 1.94 2.11 2.25 2.38 2.52 2.63 2.75
 19=> 6.99 7.49 7.80 8.15 8.47 8.73 8.92 9.16
 20=> 0.32 0.36 0.40 0.45 0.49 0.55 0.60 0.63
 21=> 0.43 0.50 0.56 0.61 0.68 0.74 0.79 0.83

Результаты анализа информативности полной совокупности из 15 возможных комбинаций параметров представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа информативности спортивных параметров

№ комбинации	Количество параметров в комбинации	Сочетания из номеров (1...4) и (/) из (1...21)	СКО прогноза, см (**)	Возможность прогноза до 14/17 лет (*)	Название параметра	Примечание
	1	2	3	4	5	6
1	1	(1)/(5)	3.8	+/-	возраст	
2	1	(2)/(14)	3.1	+/+	СИСВ	мин.
3	1	(3)/(7)	4.1	+/-	Вес	
4	1	(4)/(2)	4.6	+/-	Рост	макс.
5	2	(1,2)/(5,14)	1.6	+/-		
6	2	(1,3)/(5,7)	3.9	+/-		
7	2	(1,4)/(5,2)	0.23	+/-		мин.
8	2	(2,3)/(14,7)	1.9	+/-		
9	2	(2,4)/(14,2)	1.7	+/-		
10	2	(3,4)/(7,2)	3.7	+ /-		макс.
11	3	(1,2,3)/(5,14,7)	0.7	+/-		
12	3	(1,2,4)/(5,14,2)	0.2	+/-		
13	3	(1,3,4)/(5,7,2)	0.1	+/-		мин.
14	3	(2,3,4)/(14,7,2)	1.8	+/-		макс.
15	4	(1,2,3,4)/(5,14,7,2)	1.1	+/-		макс.

1→5 (x_5) – возраст; 2→14 (x_{14}) – степень использования силовых возможностей при отталкивании; 3→7 (x_7) – вес; 4→2 (x_2) – рост; (1, 2, 3, 4) → (5, 14, 7, 2).

(*) – прогноз проводится с малыми ошибками (+), с большими ошибками (-); (**) – СКО даны в период 10-14 лет; мин – минимум; макс – максимум.

Ниже приводятся графики оперативных динамических характеристик результативности (ОДХР).

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

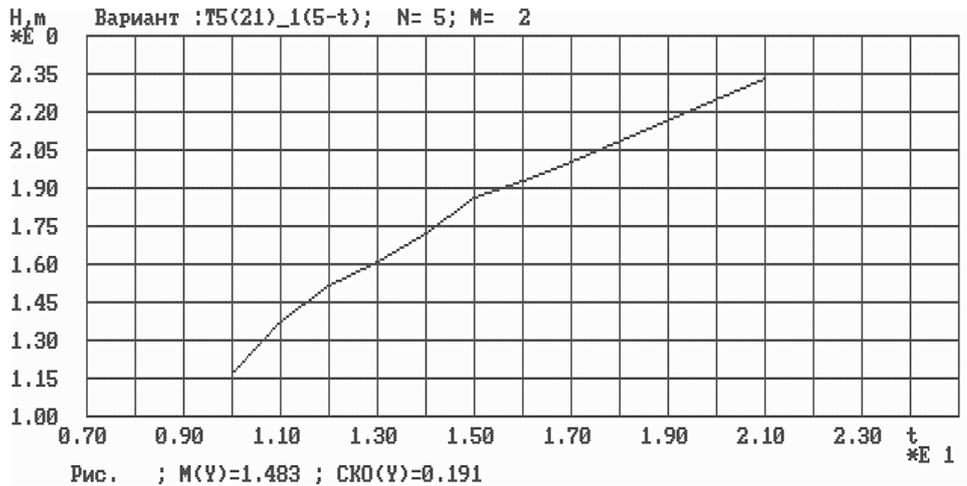


Рис. 1. Исходные данные средней результативности по годам

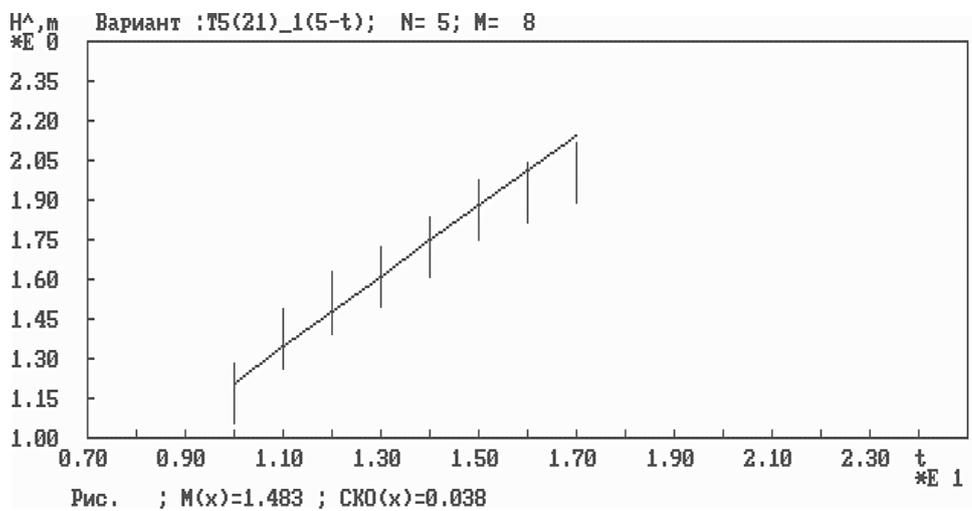


Рис. 2. Оперативная динамическая характеристика результативности для одномерного параметра (возраст)

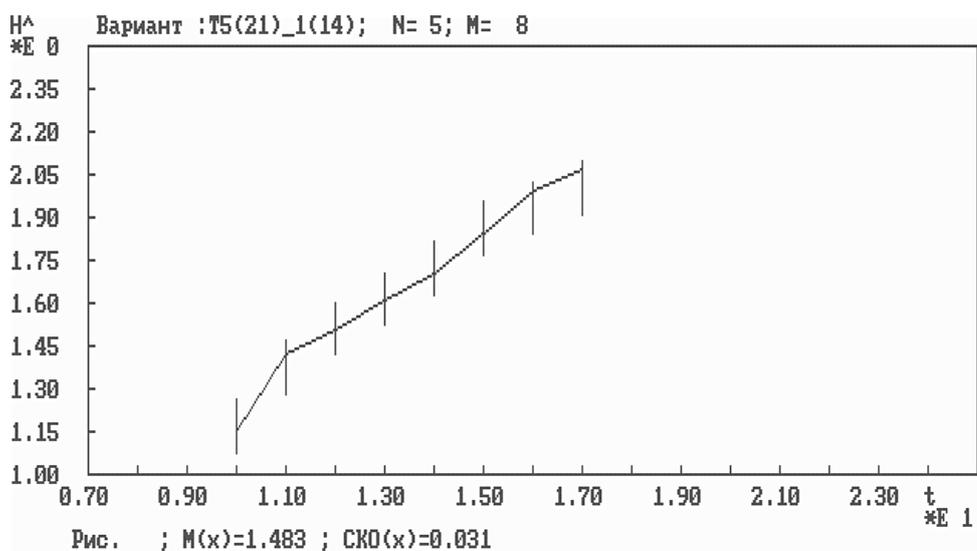


Рис. 3. Оперативная динамическая характеристика результативности для одномерного параметра (СИСВ) – степени использования силовых возможностей при отталкивании

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

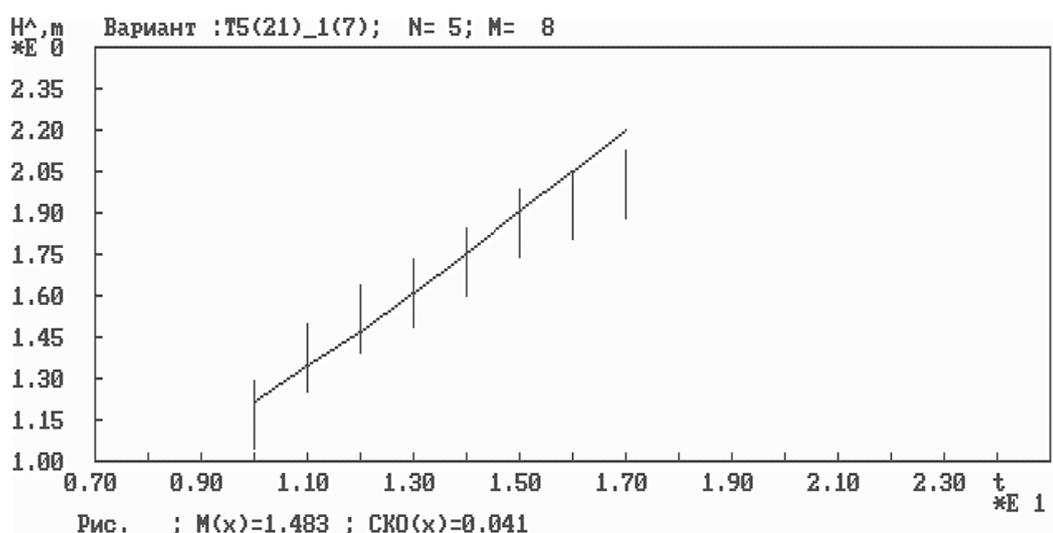


Рис. 4. Оперативная динамическая характеристика результативности для одномерного параметра (вес спортсмена)

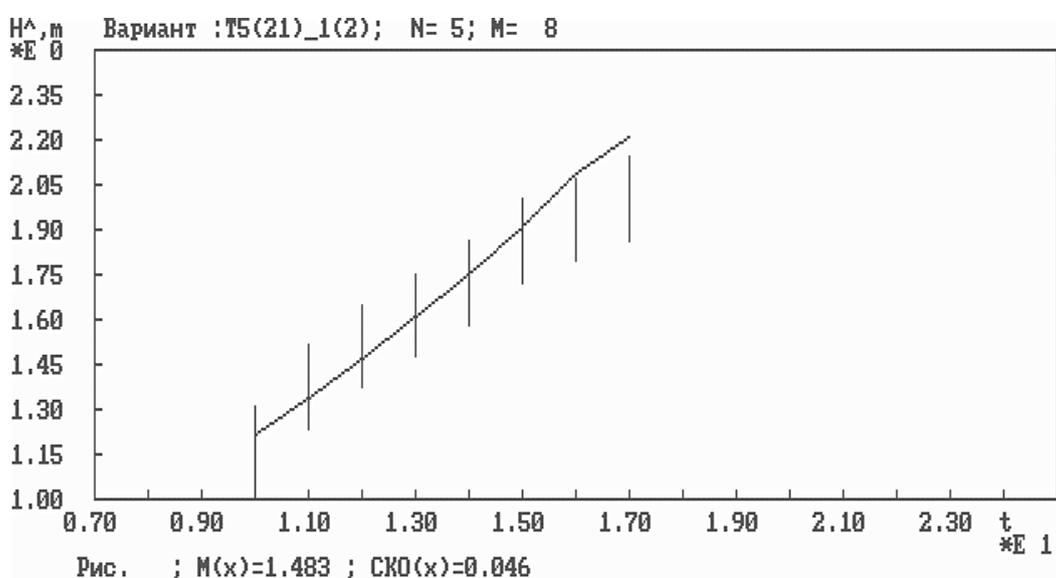


Рис. 5. Оперативная динамическая характеристика результативности для одномерного параметра (рост спортсмена)

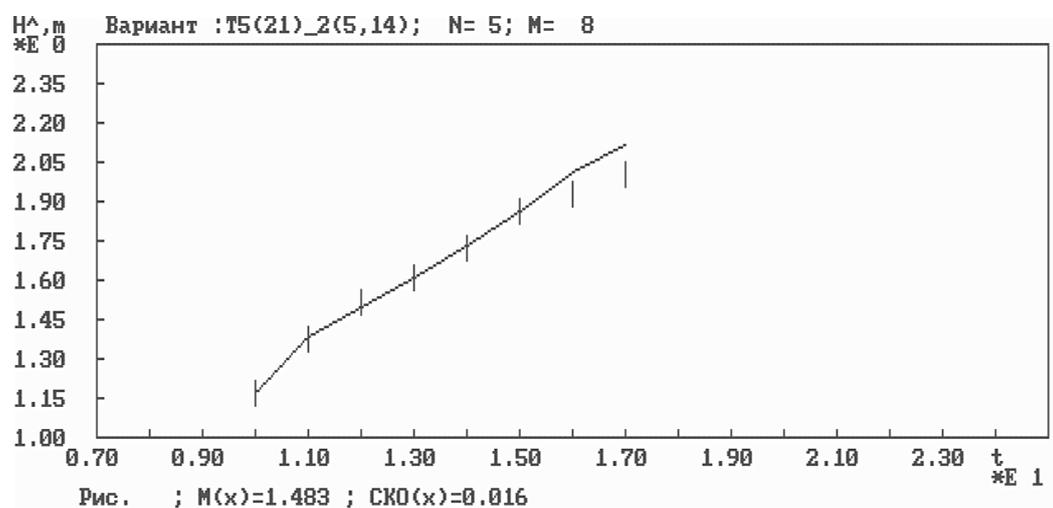


Рис. 6. Оперативная динамическая характеристика результативности для двухмерного параметра (возраст, СИСВ)

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

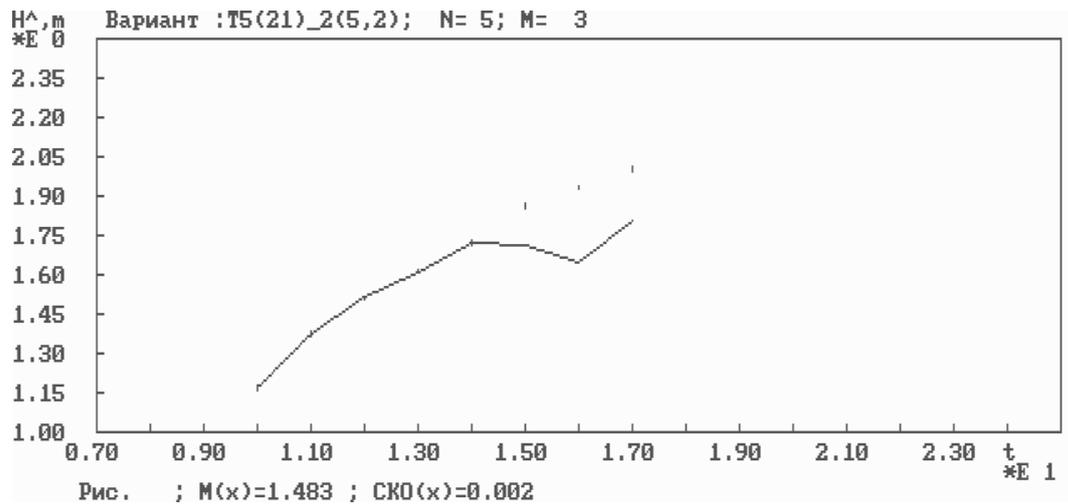


Рис. 7. Оперативная динамическая характеристика результативности для двухмерного параметра (возраст, СИСВ)

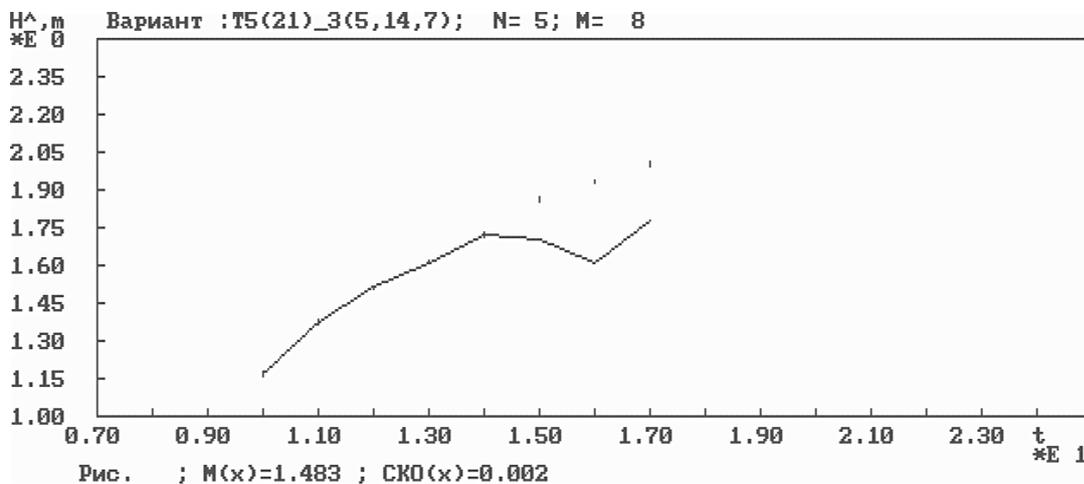


Рис. 8. Оперативная динамическая характеристика результативности для трехмерного параметра (возраст, СИСВ, вес)

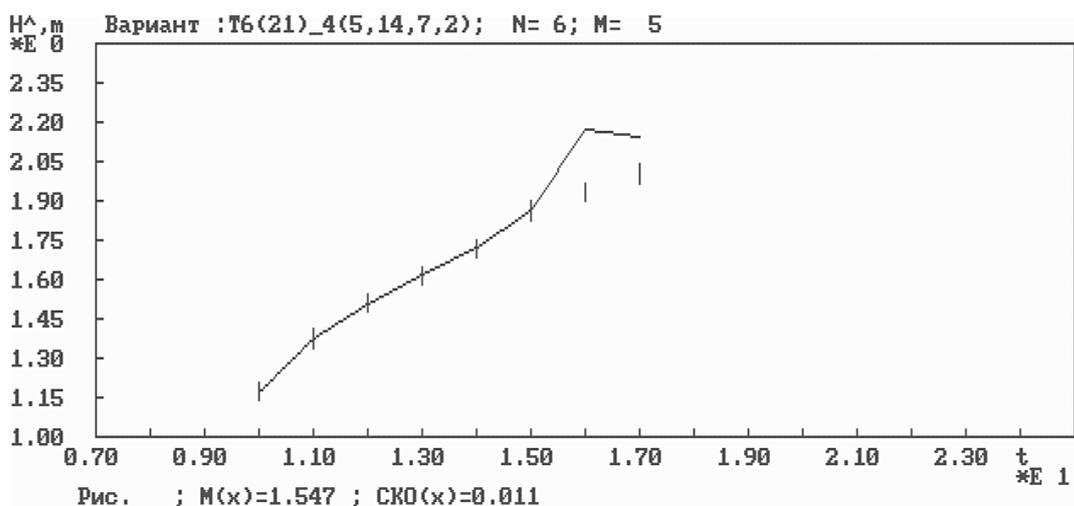


Рис. 9. Оперативная динамическая характеристика результативности для четырехмерного параметра (возраст, СИСВ, вес, рост)

Выводы. Полученные экспериментальные результаты полностью подтверждают основные теоретические положения по решению задач прогноза результативности прыгунов

в висоту. Среди рассмотренных одномерных параметров (СИСВ, возраст, вес, рост) наиболее информативным параметром попрежнему [3] является СИСВ, который в отличие от всех других параметров (одномерных, двухмерных, трехмерных и четырехмерных) позволяет спрогнозировать результативность вплоть до 17 лет с СКО=3,1 см. Среди антропометрических параметров (вес, рост) более информативным оказывается вес (СКО=4,1 см). Среди двухмерных параметров наиболее информативной комбинацией оказывается (возраст, рост) (СКО=0,23 см, однако только для периода 10-14 лет). Среди трехмерных параметров наиболее информативной комбинацией оказывается (возраст, вес, рост) (СКО=0,1 см, однако также для ограниченного периода 10-14 лет). Четырехмерный параметр (возраст, СВТ, вес, рост) уступает по информативности всем четырем трехмерным параметрам, что подтверждает теоретический вывод о том, что включение возраста в многомерные информативные параметры нецелесообразно, ввиду ограниченной точности количественного решения задач прогноза и квазилинейной зависимости физических параметров от времени (возраста).

Список літературних джерел:

1. Ахметов Р. Ф. Групповые статистические характеристики и факторный анализ многомерной совокупности параметров спортсменов в задачах прогноза результативности. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. № 6. 2004, с. 91-104.
2. Ахметов Р. Ф. Прогноз результативности спортсменов на базе статистического факторного анализа и экспертного ранжирования полной совокупности антропометрических, технических и специализированных параметров. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. № 7. 2004, с. 82-95.
3. Ахметов Р. Ф. Анализ информативности степени использования силовых возможностей при отталкивании в задачах прогноза результативности прыгунов в высоту. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. № 9. 2004, с. 48-61.
4. Кутек Т. Б. Прогнозирование результативности спортсменов, которые специализируются в легкоатлетических прыжках. Теорія і практика фізичного виховання. № 2. 2010, с. 367-373.
5. Кутек Т. Б. До питання прогнозування результативності спортсменок, які спеціалізуються в стрибках у висоту. Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві. № 2. 2012, с. 291-297.

References:

1. Akhmetov R. F. Group statistical characteristics and factor analysis of a multidimensional totality of parameters of athletes in the tasks of performance forecast. Pedagogy, psychology and medico-biological problems of physical education and sports. No. 6. 2004, p. 91-104.
2. Akhmetov R. F. Forecast of the performance of athletes on the basis of statistical factor analysis and expert ranking of the complete set of anthropometric, technical and specialized parameters. Pedagogy, psychology and medico-biological problems of physical education and sports. No. 7. 2004, pp. 82-95.
3. Akhmetov R. F. An analysis of the informative value of the degree of use of power capabilities when repelling the results of high jumpers in tasks of forecasting. Pedagogy, psychology and medico-biological problems of physical education and sports. No. 9. 2004, pp. 48-61.
4. Kutek T. B. Forecasting the performance of athletes who specialize in athletics jumps. Theory and practice of physical education. No. 2. 2010, pp. 367-373.
5. Kutek T. B. To the question of forecasting the effectiveness of athletes who specialize in high jumps. Physical education, sports and health culture in modern society. No. 2. 2012, p. 291-297.

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1293770>

Відомості про авторів:

Кутек Т. Б., orcid.org/0000-0001-9520-4708; kuttam2010@rambler.ru; Житомирський державний університет імені Івана Франка, 40, вулиця Велика Бердичівська, Житомир, 10002, Україна.

Ахметов Р. Ф.; orcid.org/0000-0003-3059-3604; Житомирський державний університет імені Івана Франка, 40, вулиця Велика Бердичівська, Житомир, 10002, Україна.

Набоков Ю. orcid.org/0000-0003-3442-9094; Житомирський державний університет імені Івана Франка, 40, вулиця Велика Бердичівська, Житомир, 10002, Україна.