

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

О. В. КУВАЛДІНА

СПОРТИВНА МЕТРОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою НУК



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2025

УДК 159.9 (075.8)

K88

Укладач

О. В. Кувалдіна, канд. наук з фіз. виховання та спорту, доцент

Рецензенти:

О. Ю. Рибак, доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор, професор кафедри водних та неолімпійських видів спорту Львівського державного університету фізичної культури імені Івана Боберського;

М. В. Ушкац, доктор фізико-математичних наук, професор, зав. кафедри фізики та математики Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова;

О. О. Черно, доктор технічних наук, професор, зав. кафедри КСУ ННІАЕ Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

*Рекомендовано Вченою радою НУК імені адмірала Макарова
як навчальний посібник
(протокол засідання № 2 від 23.02.2024 р.)*

Кувалдіна О. В.

K88 Спортивна метрологія : навчальний посібник / уклад. О. В. Кувалдіна. – Миколаїв : НУК, 2025. – 198 с.

ISBN 978-966-321-479-5

Посібник спрямовано на вивчення найскладнішої та важливої частини спортивної метрології – статистичних методів, що застосовуються в галузі фізичної культури та спорту. Розглянуто основні розділи, які відповідають робочій програмі навчальної дисципліни «Спортивна метрологія». Наприкінці кожного розділу наведені завдання для практичних робіт з поясненнями та прикладами їх виконання, питання для самостійної роботи, що робить посібник цікавим і корисним.

Призначено для аудиторної, самостійної та дистанційної роботи студентів спеціальності 017 «Фізична культура і спорт».

УДК 159.9 (075.8)

ISBN 978-966-321-479-5

© О. В. Кувалдіна, 2025

© Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2025

ЗМІСТ

Опис навчальної дисципліни.....	6
Мета вивчення навчальної дисципліни.....	7
Програма навчальної дисципліни.....	8
Змістовий модуль 1. Метрологічні основи вимірювань і контролю у фізичному вихованні та спорті.....	8
Змістовий модуль 2. Метрологічні основи контролю підготовленості спортсменів.....	9
ТЕМА 1. Предмет «Спортивна метрологія». Основи теорії вимірювань.....	11
1.1. Предмет і завдання курсу «Спортивна метрологія».....	11
1.2. Роль спортивної метрології у фізичній культурі та спорті	14
1.3. Методи спортивної метрології	15
1.4. Вимірювання фізичних величин	23
1.5. Параметри, що вимірюються у фізичній культурі та спорті	26
1.6. Шкали вимірювання	29
1.7. Точність вимірювання.....	31
Практична робота № 1.....	35
ТЕМА 2. Основи теорії тестів. Основи теорії оцінок.....	40
2.1. Основні поняття теорії тестів	40
2.2. Інформативність тестів.....	44
2.3. Комплексні тести.....	51
2.4. Проблема оцінювання у спорті	52
2.5. Шкали оцінювання	52

2.6. Норми оцінювання.....	54
Практична робота № 2.....	56
ТЕМА 3. Статистичні методи обробки результатів вимірювання.....	60
3.1. Поняття статистики, предмет та об'єкт її вивчення.....	60
3.2. Вибірковий метод. Організація вибірки.....	63
3.3. Метод середніх величин.....	66
3.4. Нормальний розподіл.....	74
Практична робота № 3.....	79
ТЕМА 4. Методи порівняння вибірок та аналіз взаємозв'язку результатів вимірювань.....	85
4.1. Методи порівняння двох вибірок.....	85
4.2. Порівняння декількох вибірок (дисперсійний аналіз).....	93
Практична робота № 4.....	99
ТЕМА 5. Основи теорії кореляції.....	107
5.1. Види взаємозв'язків між параметрами.....	107
5.2. Види кореляції.....	109
5.3. Способи вираження кореляції.....	111
5.4. Коефіцієнт кореляції Пірсона.....	113
5.5. Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена.....	116
5.6. Регресія.....	117
Практична робота № 5.....	123
ТЕМА 6. Кваліметрія, або методи кількісної оцінки якості показників.....	130
6.1. Основні поняття кваліметрії.....	130
6.2. Метод експертних оцінок.....	131
6.3. Метод анкетування.....	137
Практична робота № 6.....	141

ТЕМА 7. Основи контролю фізичної підготовленості спортсменів.....	146
7.1. Загальні вимоги до контролю.....	146
7.2. Контроль за рівнем розвитку швидкісних якостей.....	148
7.3. Контроль за рівнем розвитку силових якостей.....	155
7.4. Контроль за рівнем розвитку витривалості	157
7.5. Контроль за рівнем розвитку гнучкості.....	159
7.6. Контроль за рівнем розвитку спритності	162
Практична робота № 7.....	165
ТЕМА 8. Метрологічні основи технічної та тактичної підготовленості спортсменів.....	170
8.1. Метрологічний контроль технічної підготовленості спортсменів.....	170
8.2. Контроль тактичної підготовленості у фізичній культурі та спорті	173
8.3. Метрологічні основи контролю тренувальних і змагальних навантажень	175
Додатки.....	177
Рекомендована література.....	194

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 01 Освіта/Педагогіка	Обов'язкова	
Модулів – 1		Рік підготовки: 1-й	
Змістових модулів – 2		Семестр 2-й	
Загальна кількість годин – 90	Спеціальність 017 «Фізична культура і спорт» Освітня програма «Олімпійський та професійний спорт»	Лекції, год	
		15	4
		Практичні, год	
		15	4
		Самостійна робота, год	
		60	82
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи студента – 4	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Вид контролю: залік	
		Форма контролю: комбінована	

МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Спортивна метрологія» є ознайомити студентів з основами сучасної спортивної метрології, забезпечити єдність і точність вимірювань за станом спортсмена, тренувальними навантаженнями, технікою виконання рухів і спортивними результатами.

Основним завданням вивчення дисципліни «Спортивна метрологія» є формування у студентів об'єктивного уявлення про метрологічні основи вимірювань і контроль у фізичному вихованні та спорті; навчити студентів математично-статистичним методам обробки й аналізу результатів контролю та планування навчально-тренувального процесу; сформувані у студентів навички та вміння самостійної організації дослідження, вибору й вибіркового використання основних засобів спортивної метрології; навчити технології та методичним прийомам реєстрації, обробки й аналізу показників фізичного стану спортсменів, техніко-тактичної майстерності та тренувального навантаження; забезпечити широку теоретичну та практичну підготовку студентів до майбутньої професійної діяльності; сприяти формуванню системи спеціальних знань і умінь, вихованню пізнавальної активності; навчити використовувати знання та вміння інших наукових дисциплін для вирішення завдань фізичного виховання і спорту на високому методичному рівні; навчити узагальнювати досвід передової спортивної практики, самостійно розробляти нові педагогічні технології; сприяти вихованню почуття професійного обов'язку, відповідальності за якість підготовки до професійної діяльності, розуміння соціальної значущості майбутньої професії.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Метрологічні основи вимірювань і контролю у фізичному вихованні та спорті

Тема 1. Предмет «Спортивна метрологія». Основи теорії вимірювань.

Предмет і завдання курсу «Спортивна метрологія». Роль спортивної метрології у фізичному вихованні та спорті. Методи спортивної метрології. Вимірювання фізичних величин. Параметри, які вимірюються у фізичному вихованні та спорті. Шкали вимірювань. Точність вимірювання.

Тема 2. Основи теорії тестів. Основи теорії оцінок.

Основні поняття теорії тестів. Надійність тестів. Інформативність тестів. Комплексні тести. Проблема оцінювання у спорті. Шкали оцінювання. Норми оцінювання.

Тема 3. Статистичні методи обробки результатів вимірювання.

Поняття статистики, предмет та об'єкт її вивчення. Метод середніх величин. Вибірковий метод.

Тема 4. Методи порівняння вибірок та аналіз взаємозв'язку результатів вимірювань.

Методи порівняння двох вибірок. Порівняння декількох вибірок (дисперсійний аналіз).

Тема 5. Основи теорії кореляції.

Види взаємозв'язків між параметрами. Види кореляції. Способи вираження кореляції. Коефіцієнт кореляції Пірсона. Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена. Регресія.

Тема 6. Кваліметрія, або методи кількісної оцінки якості показників.

Основні поняття кваліметрії. Метод експертних оцінок. Метод анкетування.

Змістовий модуль 2. Метрологічні основи контролю підготовленості спортсменів

Тема 7. Основи контролю фізичної підготовленості спортсменів.

Загальні вимоги до контролю. Контроль швидкісних якостей. Контроль силових якостей. Контроль рівня розвитку витривалості. Контроль гнучкості. Контроль спритності.

Тема 8. Метрологічні основи технічної та тактичної підготовленості спортсменів.

Метрологічний контроль технічної підготовленості спортсменів. Контроль тактичної підготовленості у фізичному вихованні та спорті. Метрологічні основи контролю тренувальних і змагальних навантажень.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма					заочна форма		
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	п	с.р.		л	п	с.р.
Змістовий модуль 1. Метрологічні основи вимірювань і контролю у фізичному вихованні та спорті								
Тема 1. Предмет «Спортивна метрологія». Основи теорії вимірювань.	12	2	2	8	12	1	1	10
Тема 2. Основи теорії тестів. Основи теорії оцінок.	12	2	2	8	12	–	–	12

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	п	с.р.		л	п	с.р.
Тема 3. Статистичні методи обробки результатів вимірювання.	12	2	2	8	12	1	1	10
Тема 4. Методи порівняння вибірок та аналіз взаємозв'язку результатів вимірювань.	13	2	2	9	13	1	1	11
Тема 5. Основи теорії кореляції.	13	2	2	9	13	–	–	13
Тема 6. Кваліметрія, або методи кількісної оцінки якості показників.	13	2	2	9	13	–	–	13
Разом за змістовим модулем 1	75	12	12	51	75	3	3	69
Змістовий модуль 2. Метрологічні основи контролю підготовленості спортсменів								
Тема 7. Основи контролю фізичної підготовленості спортсменів.	9	2	2	5	9	1	1	7
Тема 8. Метрологічні основи технічної та тактичної підготовленості спортсменів.	6	1	1	4	6	–	–	6
Разом за змістовим модулем 2	15	3	3	9	15	1	1	13
Разом за курсом	90	15	15	60	90	4	4	82

ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ «СПОРТИВНА МЕТРОЛОГІЯ». ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ

Теоретичні відомості

План

- 1.1. Предмет і завдання курсу «Спортивна метрологія»
 - 1.2. Роль спортивної метрології у фізичному вихованні та спорті
 - 1.3. Методи спортивної метрології
 - 1.4. Вимірювання фізичних величин
 - 1.5. Параметри, які вимірюються у фізичному вихованні та спорті
 - 1.6. Шкали вимірювань
 - 1.7. Точність вимірювання
- Практична робота № 1

1.1. Предмет і завдання курсу «Спортивна метрологія»

У повсякденній практиці людства та кожного індивіда вимірювання є цілком звичайною процедурою. Вимірювання поряд з обчисленням безпосередньо пов'язане з матеріальним життям суспільства, тому що воно одержало розвиток у процесі практичного освоєння світу людиною. Вимірювання, так само як рахунок і обчислення, стало невід'ємною частиною суспільного виробництва та розподілу, об'єктивною відправною точкою появи математичних дисциплін, і в першу чергу

геометрії, а звідси й необхідною передумовою розвитку науки й техніки.

На самому початку, в момент свого виникнення, вимірювання, наскільки б різними вони не були, носили, природно, елементарний характер. Так, вираховування множини предметів певного виду ґрунтувалося на порівнянні з кількістю пальців. Вимірювання довжини тих або інших предметів будувалося на порівнянні з довжиною пальця руки, стопи чи кроку (*п'ять, лікоть, фут, дюйм* та ін.). Цей доступний спосіб був споконвічно в буквальному сенсі «експериментальним обчислювальним і вимірювальним методом». Він сягає своїм корінням у далеку епоху «дитинства» людства. Пройшли цілі сторіччя, перш ніж розвиток математики й інших наук, поява вимірювальної техніки, викликані потребами виробництва й торгівлі, комунікаціями між окремими людьми й народами, привели до появи добре розроблених та диференційованих методів і технічних засобів у різних галузях знань.

Зараз важко собі уявити яку-небудь діяльність людини, в якій не використовувалися б вимірювання. Вимірювання здійснюються в науці, промисловості, сільському господарстві, медицині, торгівлі, військовій справі, охороні праці й навколишнього середовища, в побуті, спорті та ін. Завдяки вимірюванням можливе управління технологічними процесами, промисловими підприємствами, підготовкою спортсменів і народним господарством у цілому.

Різно підвищилися та продовжують підвищуватися вимоги до точності вимірювань, швидкості одержання вимірювальної інформації, вимірювання комплексу фізичних величин. Збільшується кількість складних вимірювальних систем і вимірювально-обчислювальних комплексів. Вимірювання на певному етапі свого розвитку призвели до виникнення метрології, яка визначається як «наука про вимірювання, методи та засоби

забезпечення його єдності й необхідної точності». Це визначення свідчить про практичну спрямованість метрології, що вивчає вимірювання фізичних величин і елементи, які утворюють ці вимірювання, й створює необхідні правила та норми. Слово «метрологія» складається з двох давньогрецьких: «метро» – міра і «логос» – вчення, наука.

Сучасна метрологія включає в себе три складові: законодавчу метрологію, фундаментальну (наукову) та практичну (прикладну) метрологію.

Спортивна метрологія – це наука про вимірювання у фізичному вихованні та спорті. Її слід розглядати як конкретний додаток до загальної метрології, як одну зі складових практичної (прикладної) метрології. Однак як навчальна дисципліна спортивна метрологія виходить за рамки загальної метрології.

У фізичному вихованні та спорті деякі з фізичних величин (*час, маса, довжина, сила*), на проблемах єдності й точності яких зосереджують основну увагу фахівці-метрологи, також підлягають вимірюванню. Але найбільше фахівців цієї науки цікавлять педагогічні, психологічні, соціальні, біологічні показники, які за своїм змістом не можна назвати фізичними. Методикою їх вимірювання загальна метрологія практично не займається, і тому виникла необхідність розробки спеціальних вимірювань, результати яких всебічно характеризують підготовленість спортсменів.

Особливістю спортивної метрології є те, що в ній термін «вимірювання» трактується в самому широкому змісті, тому що в спортивній практиці недостатньо вимірювати тільки фізичні величини. У фізичній культурі та спорті крім вимірювання довжини, висоти, часу, маси та інших фізичних величин доводиться оцінювати технічну майстерність, чіткість й артистичність рухів та інші нефізичні величини. **Предметом спортивної метрології** є комплексний контроль у фізичному

вихованні та спорті й використання його результатів у плануванні та управлінні підготовкою спортсменів.

Разом з розвитком фундаментальної та практичної метрології відбувалося становлення законодавчої метрології. **Законодавча метрологія** – це розділ метрології, що включає комплекси взаємозалежних і взаємообумовлених загальних правил, а також інші питання, які регламентовані й контролюються державою та спрямовані на забезпечення однакових засобів вимірювання. Законодавча метрологія служить засобом державного регулювання метрологічної діяльності за допомогою законів і законодавчих положень, які вводяться в практику через Державну метрологічну службу і метрологічні служби державних органів управління та юридичних осіб. До сфери законодавчої метрології відносяться випробування і затвердження типів засобів вимірювання та їх перевірка, калібрування, сертифікація, державний метрологічний контроль і нагляд за засобами вимірювання. Метрологічні правила й норми законодавчої метрології узгоджені з рекомендаціями та документами відповідних міжнародних організацій. Тим самим законодавча метрологія сприяє розвитку міжнародних економічних і торговельних зв'язків та сприяє взаєморозумінню в міжнародному метрологічному співробітництві.

1.2. Роль спортивної метрології у фізичній культурі та спорті

Спортивна метрологія займається комплексним контролем у спорті, що дозволяє використовувати існуючі результати спортсмена в плануванні його підготовки. Для того щоб спортивне тренування було дійсно керованим процесом, необхідно, щоб тренер вирішував завдання з урахуванням результатів об'єктивних вимірювань. Тренування, побудоване

з урахуванням тільки самопочуття спортсмена та інтуїції тренера, не може дати хороших результатів у сучасному спорті. Хоча може бути і навпаки. Якщо не враховувати цих факторів, то можливе допущення вагомих помилок. Тільки узгодженість комплексу об'єктивних і суб'єктивних показників може забезпечити успіх. Будь-який контроль починається з вимірювання, але цього недостатньо. Потрібно знати, які саме показники необхідно виміряти, вміти вибрати найбільш інформативні показники. А також не менш важливо вміти математично грамотно обробляти отримані результати спостережень.

Сучасний фахівець у галузі фізичної культури та спорту повинен обов'язково володіти методами контролю. Звичайно, контроль за станом спортсмена у процесі тренування – справа представників багатьох спеціальностей: тренерів, педагогів, медиків, біохіміків та ін. Однак логіко-теоретична основа вимірювання і контролю, а також використовуваний при цьому математичний апарат є багато в чому загальними для всіх конкретних наукових спеціальностей. Щобільше, саме участь у процесі контролю представників багатьох дисциплін вимагає узагальнення єдиної системи понять, однакової термінології, яка легко узгоджується, а також уніфікованих методів вимірювання, вимог вибору тестів, шкал оцінок та ін. Без цього дані різних фахівців не можна буде узагальнити. Спортивна метрологія і створює основу для такого єдиного підходу.

1.3. Методи спортивної метрології

Основним методом спортивної метрології є комплексний контроль.

Класифікувати різні види контролю у фізичному вихованні та спорті можна за декількома ознаками:

1. Станом систем організму людини та особливістю діяльності її у фізичному вихованні і спорті.

2. Періодичністю проведення контролю.

За першою ознакою можна виділити такі види контролю: медичний, педагогічний, біомеханічний, змагальної діяльності, морфологічний, функціональний, біохімічний, психологічний, генетичний і комплексний. Такими видами, як контроль змагальної діяльності та генетичний контроль, користуються в основному в спорті (Сергієнко Л. П., Селезньова Т. В., 2003). Контроль дає можливість вивчати особливості розвитку рухових здібностей, морфологічних і психологічних ознак, функціональних можливостей, рухових дій і процесів.

Медичний контроль здійснюється загалом у трьох напрямках: оцінка фізичного розвитку; оцінка біологічного віку; оцінка стану здоров'я.

Оцінка фізичного розвитку здійснюється в декількох напрямках: визначаються **соматометричні величини** – довжина, маса тіла, обхват грудей; **фізіометричні** – життєва ємність легенів, сила згиначів кисті й розгиначів спини; **соматоскопічні** – будова тіла, постава, розвиток кістково-м'язової системи, наявність жирової маси, статевий розвиток. Інтегральну оцінку фізичного розвитку дає метод індексів. Частіше в медичному контролі використовуються індекси Ерісмана, Кетле, життєвий індекс, індекс фізичного розвитку тощо.

Оцінка стану здоров'я визначається шляхом аналізу анкетних даних, вивчення медичного профілю та оцінки існуючих травм і захворювань. В анкеті здоров'я повідомляються дані про перенесені захворювання, про захворювання членів сім'ї, які проявляються сьогодні, симптоми, прийом ліків, харчових добавок та ін.

Оцінка медичного профілю осіб, які займаються фізичними вправами та спортом, включає проведення стандартних

процедур обстеження шкіри, центральної нервової системи, очей, вух, носа, горла, органів дихання, серцево-судинної, кістково-м'язової та інших систем. У фізичному вихованні та спорті використовують стандартні методи оцінки травм і захворювань.

Педагогічний контроль частіше здійснюється у двох напрямках: контроль розвитку фізичних якостей; контроль фізичного (тренувального і змагального) навантаження.

Контроль розвитку фізичних здібностей дозволяє визначити ступінь змінюваності й відповідності модельним характеристикам координаційних, силових, швидкісних здібностей, здібності до витривалості та гнучкості в суглобах дітей, підлітків і спортсменів. Враховуючи складну структуру даних здібностей, при оцінці координаційних здібностей диференційовано визначають такі їх види: здібність до диференціювання параметрів рухів, до збереження стійкості пози (рівноваги), до ритмічної діяльності, до орієнтації в просторі, до довільного розслаблення м'язів, до координованості рухів (спритність), до виконання пластичних дій. При вивченні силових здібностей визначають максимальну, швидкісну силу і силову витривалість; швидкісних здібностей – швидкість реакції (просту і складну: реакцію вибору рухів, реакцію на рухомий об'єкт), швидкісних одиничних рухів, частоту (темп) рухів і швидкісні здібності в цілісних рухових актах. Враховуючи те, що витривалість – також комплексна рухова здібність, вимірюють **загальну** (кардіореспіраторну, тотальну, регіональну, локальну), **специфічну** (швидкісну, швидкісно-силову, координаційну) і **спеціальну** (розумову, емоційну, зорову, слухову та ін.) витривалість. Існують різні тестові методики визначення гнучкості хребетного стовпа, плечових, кульшових, ліктьових, колінних, гомілковоступневих суглобів.

Контроль фізичного навантаження відбувається як змагального, так і тренувального. Реєструють такі компоненти

навантаження, як: обсяг, інтенсивність, координаційна складність та ін.

Біомеханічний контроль. Сучасний розвиток біомеханіки дає можливість об'єктивно здійснити реєстрацію біокінематичних характеристик рухів (використовується відеознімання), зробити оцінку біостатики тіла (визначення загального центра маси тіла і його ланок, стійкості тіла в різних положеннях), вивчити біодинамічні характеристики рухів: використання тензодинамометрії, міотонометрії, електроміографії.

Контроль змагальної діяльності. Даний вид контролю здійснюється загалом у трьох напрямках: контроль ефективності ігрової діяльності, стенографування рухів, реєстрація різних характеристик рухів. Контроль ефективності ігрової діяльності (техніко-тактичних дій) за розробленими оціночними шкалами здійснюється шляхом співставлення командних та індивідуальних дій.

Морфологічний контроль. Можна виділити декілька напрямів морфологічного контролю: визначення складу тіла, діагностика соматотипу, визначення м'язової композиції, проведення антропометричних вимірювань, рентгенографія. Антропометричні вимірювання дозволяють визначити довжині та обхватні антропометричні показники, а також антропометричні діаметри. Схильність до занять певним видом спорту залежить від соматичної належності людини. Діагностику соматотипу здійснюють у дітей і підлітків, дорослих спортсменів, використовуючи різні технології. М'язова композиція у людини багато в чому індивідуальна. Від наявності певного процентного співвідношення повільно скорочуваних (ПС червоних) і швидко скорочуваних (ШС білих) типів м'язових волокон залежить схильність людини до певної рухової діяльності. Прямі (біопсія) і непрямі методи дають можливість визначити індивідуальне співвідношення типів волокон у спортсменів. Рентгенографія в морфологічному контролі

дозволяє вивчити нормальний стан і деформування хребетного стовпа, кісток кінцівок і суглобів.

Функціональний контроль у фізкультурно-спортивній практиці здійснюється в декількох напрямках при вивченні функціональної діяльності: серцево-судинної, дихальної, нервово-м'язової, аналізаторних систем. При обстеженні функцій серцево-судинної системи визначають частоту серцевих скорочень у стані спокою, при роботі та відновленні; артеріальний тиск; проводять функціональні проби, в основі яких здійснюється реєстрація різних показників серцево-судинної системи. Діагностика функцій дихальної системи проводиться на основі вивчення життєвої ємності легень, максимальної вентиляції легень, функціональних спроб, визначення порогу анаеробного обміну. При контролі функцій нервово-м'язової системи використовується термографія, електроенцефалографія. При діагностиці функцій сенсорних систем обстежуються зоровий, слуховий і руховий аналізатори.

Біохімічний контроль. Суттєвими тут є декілька напрямів: біохімічний контроль повітря, біологічних рідин, м'язової тканини, застосування допінгу.

Повітря, яке видихається – один з основних об'єктів дослідження енергетичного обміну в організмі. Співвідношення спожитого кисню і вуглекислого газу відображає інтенсивність процесів енергозабезпечення.

З біологічних рідин у біохімії спорту вивчаються кров, сеча, слина, піт. Найбільш інформативним показником у біохімічному контролі є кров. За змінюваністю складу крові або рідинної її частини – плазми можна зробити висновок про гомеостатичний стан внутрішнього середовища організму чи його зміни при руховій діяльності. При біохімічній діагностиці функціонального стану спортсмена інформативними показниками є рівень гормонів у крові. За даним показником визначають стан спортсмена: функціональну тренуваність,

особливість протікання процесів втоми; відновлення. Біохімічний аналіз сечі дозволяє певною мірою вивчити роботу нирок, а також динаміку обмінних процесів у різних органах і тканинах.

М'язова тканина є достатньо вагомим показником біохімічного контролю м'язової діяльності. Аналізуючи м'язові тканини, визначають кількість скорочувальних білків, АТФ-азну активність міозина, показники енергетичного обміну, електроліти та інші речовини.

Актуальною проблемою в біохімічному контролі є визначення застосування спортсменом допінгу. Його використання не тільки створює нерівні умови під час спортивної боротьби, але й шкодить здоров'ю спортсмена в результаті побічної дії, а інколи є навіть причиною його смерті.

Психологічний контроль загалом дає можливість вивчати: розвиток загальних здібностей інтелекту, пам'яті, уваги, мислення, типологічних властивостей нервової системи. Контроль інтелектуальних здібностей можливий за допомогою вербальних, словесних, числових, зорово-просторових тестів. Кількісним показником рівня інтелектуального розвитку людини є коефіцієнт інтелекту IQ (англ. – Intelligence Quotient). У спортивній діяльності спостерігається прямий зв'язок між розвитком інтелектуальних здібностей спортсмена та його спортивними результатами. Ефективність навчальної діяльності дітей і підлітків (спортсменів) залежить від розвитку пам'яті. Доцільно при психологічному контролі тих, хто займається руховою діяльністю, вивчати короточасну (використовуються цифрові та наочно-образні тести), логічну, механічну і рухову пам'ять. За допомогою тестів вивчають ступінь концентрації, властивість переключення (лабільність) і стійкість (стабільність) уваги. У психологічному контролі спортсменів важливе місце займає діагностика розвитку мислення. Тут можливим

є використання таких тестів: інтерпретація прислів'я, відгадування загадок, виділення суттєвих ознак, виключення понять, методики «кількісні відношення», «словесний лабіринт» та інші. Типологічні властивості нервової системи враховуються під час спортивного відбору. Їх можна визначити за допомогою спостереження і тестових методик.

Необхідність **генетичного контролю** визначилась відносно недавно. Використання його пов'язують з проблемою пошуку спортивних талантів. Розрізняють декілька напрямів генетичного контролю: діагностика спортивного таланту, визначення наявності чи відсутності генетичних маркерів (серологічних, дерматогліфічних, іридологічних, хромосомних, функціональних, гормональних і морфологічних), визначення статевої належності спортсмена (під час допуску до змагань спортсменок).

Комплексний контроль дає інтегральну характеристику рухової функції людини чи рухової підготовленості спортсмена. Часто при такому контролі розраховується один узагальнюючий показник. Кінцева мета комплексного контролю – одержати надійну та достовірну інформацію для управління процесом спортивної підготовки.

За другою ознакою – періодичністю проведення – контроль класифікують як:

- оперативний;
- поточний;
- етапний.

Оперативний контроль дозволяє врахувати термінову реакцію організму людини на певне тренувальне навантаження. Це дає змогу підвищити ефективність оптимізації навантаження залежно від стану здоров'я людини та індивідуальних особливостей спортсменів. **Поточний контроль** дозволяє врахувати слідовий ефект, який сформований навантаженням попереднього дня. Такий підхід дозволяє

вносити корективи до норм тренувального навантаження, що планується протягом тижня. **Етапний контроль** дає можливість визначити адаптаційні реакції рухової функції людини (спортсмена) після певного етапу тренувальних занять.

В усіх випадках контролю для оцінки стану спортсмена використовують певні вимірювання чи випробування – тести. Побудова й вибір їх повинні відповідати встановленим вимогам, які розглядаються в так званій **теорії тестів**.

Результати проведеного тестування необхідно оцінити. Аналіз різних способів оцінки здійснюється за **теорією оцінок**. Теорія тестів і теорія оцінок є розділами спортивної метрології, що мають загальне значення для всіх конкретних різновидів контролю та використовуються у процесі підготовки спортсмена.

Крім того, суттєвою допомогою в аналізі даних служать методи математичної статистики, які так само використовуються в спортивній метрології. Дані методи застосовуються для аналізу результатів масових повторюваних вимірювань. Результати таких вимірювань завжди відрізняються один від одного через численні причини, які не піддаються контролю та змінюються від одного вимірювання до іншого.

Масові вимірювання однорідних об'єктів, які характеризуються якісною подібністю, мають певні закономірності. При використанні статистичних методів виділяють три етапи дослідження:

а) статистичне спостереження, яке становить собою планомірний, науково обґрунтований збір даних, що характеризують досліджуваний об'єкт;

б) статистичне зведення й розподіл на групи, що є важливою підготовчою частиною до статистичного аналізу даних;

в) аналіз статистичного матеріалу, який є завершальним етапом статистичного підходу.

1.4. Вимірювання фізичних величин

Фізична величина (ФВ) – властивість, загальна в якісному відношенні для багатьох фізичних об'єктів (фізичних систем, їх станів, процесів, які відбуваються в них), але в кількісному відношенні індивідуальна для кожного об'єкта. Поняття фізичної величини застосовується до тих властивостей фізичних об'єктів або їх характеристик, які піддаються вимірюванню. Для вимірювання фізичної величини використовуються такі параметри й характеристики фізичних об'єктів, як маса, температура, довжина, об'єм та ін.

Значення ФВ визначається у результаті вимірювання. Вимірювання ФВ – це знаходження фізичної величини дослідним способом за допомогою спеціальних технічних засобів. В основі будь-якого вимірювання лежить принцип вимірювань. Кожному вимірюванню властива погрішність вимірювання.

Обробка результатів вимірювання проводиться статистичними методами. Найпростішими методами вимірювання є метод безпосередньої оцінки, при якому значення ФВ визначається за показниками вимірювального приладу (наприклад, сила струму – амперів (А) за шкалою амперметра та ін.); метод порівняння з мірою, при якому ФВ порівнюється з певною встановленою мірою (наприклад, маса тіла (кг, г) з гирями (кг, г) на важільних вагах) та ін.

Вимірювання фізичної величини можна проводити прямим або непрямим методами.

При **прямому методі вимірювання** ФВ визначається дослідним способом (наприклад, довжина дистанції, час забігу та ін.).

При **непрямому методі вимірювання** ФВ обчислюється на підставі відомої залежності фізичних величин одна від одної, отриманих дослідним шляхом (наприклад, визначення

величини середньої швидкості спортсмена від довжини дистанції й часу забігу та ін.).

Таким чином, q – числове значення фізичної величини, яке визначається в процесі вимірювання. Одиниця вимірювання ФВ[Q] – це розмірність даної величини. Розмірність – співвідношення фізичних величин, яке показує, як змінюються одиниці певної ФВ стосовно основних одиниць вимірювання.

Основні одиниці вимірювання визначаються за Міжнародною системою одиниць СІ (Système International d'Unités – франц.), яка була прийнята в 1960 р. на XI Генеральній конференції з мір і мас. Принцип створення СІ заснований на семи основних і двох додаткових одиницях вимірювання (табл. 1.4.1).

Таблиця 1.4.1

Основні та додаткові одиниці системи СІ

Величина	Одиниці		
	Найменування	Означення	
		українське	міжнародне
	<i>Основні</i>		
Довжина	Метр	м	m
Маса	Кілограм	кг	kg
Час	Секунда	с	s
Сила електричного струму	Ампер	А	A
Термодинамічна температура	Кельвін	К	K
Кількість речовини	Моль	моль	mol
Сила світла	Кандела	кд	cd
	<i>Додаткові</i>		
Плоский кут	Радіан	рад	rad
Тілесний кут	Стерадіан	ср	sr

Крім перелічених у табл. 1.4.1, в систему СІ введені одиниці кількості інформації біт (от binary digit – двоїчний розряд) і байт (1 байт дорівнює 8-и бітам).

Система СІ нараховує 18 похідних одиниць, які мають спеціальні назви. Деякі з них представлені в табл. 1.4.2.

Таблиця 1.4.2

Деякі похідні одиниці системи СІ

Величина	Одиниці	
	Найменування	Позначення
Частота	Герц	Гц
Сила	Ньютон	Н
Тиск	Паскаль	Па
Енергія, робота	Джоуль	Дж
Потужність	Ватт	Вт
Електрична напруга	Вольт	В
Електричний опір	Ом	Ом
Освітлення	Люкс	лк

Існують також позасистемні одиниці вимірювання, які не входять до системи СІ (наприклад, одиниця потужності, яка вилучається з обігу, – кінська сила (к.с.); одиниця часу, рівна добі, та ін.).

Крім основних, додаткових і позасистемних одиниць вимірювання, часто використовуються кратні та часткові одиниці вимірювання. Кратна одиниця вимірювання – це одиниця, яка в ціле число разів більша системної чи позасистемної одиниці (наприклад, кілометр, мегават, тонна та ін.). Часткова одиниця вимірювання – одиниця, яка в ціле число разів менша системної чи позасистемної одиниці (наприклад, міліметр, мікросекунда та ін.). Для утворення кратних і часткових одиниць вимірювання використовуються спеціальні приставки.

Як правило, ФВ виражаються в абсолютних або відносних величинах.

Абсолютні величини – це числа, виражені в певних одиницях вимірювання (вага, об'єм, довжина, маса, швидкість та ін.).

Відносні величини показують результат порівняння чисел і виражаються у відсотках, частинах та ін. (наприклад, 1 % є сота частина від загального числа).

Число, згідно з яким визначається відносна величина, називається базою порівняння (наприклад, порівнюючи максимальну та реальну потужність спортсмена, його реальна потужність становить 75 % від максимальної, яка в цьому випадку прийнята за базу порівняння).

1.5. Параметри, що вимірюються у фізичній культурі та спорті

Наявність різних приладів і технічних обладнань, застосовуваних у дослідженнях фахівцями педагогічних, біомеханічних і психологічних дисциплін спорту, дозволяє одержувати інформацію про понад 3000 окремих параметрів. Усі параметри, які вимірюються у спортивній науці, поділяються на чотири рівні:

- **інтегральні**, які відбивають сумарний (кумулятивний) ефект функціонального стану різних систем організму (наприклад, спортивна майстерність);

- **комплексні**, які відносяться до однієї з функціональних систем організму спортсмена (наприклад, фізична підготовленість);

- **диференціальні**, які характеризують тільки одну властивість системи (наприклад, силові якості);

- **одиничні**, які розкривають одну величину (значення) окремої властивості системи (наприклад, максимальна сила м'язів).

Дослідження показують, що кількість вимірюваних комплексних параметрів у спорті коливається від 11 до 13.

Комплексні параметри, які найчастіше вимірюються у спорті:

1. Тренувальне навантаження та відновлення (фізіологічні, фізичні, психічні величини).

2. Фізична підготовленість (сила, швидкість, витривалість, спритність та гнучкість).

3. Серцево-судинна система (рух серця та великих судин, рух крові в серці та судинах, біопотенціали серця).

4. Розміри тіла та кінцівок (лінійні й дугові розміри тіла).

5. Технічна підготовленість (статика, кінематика, динаміка, час і ритм спортивних рухів).

6. Дихальна система (легенева ємність, механіка дихання, газообмін).

7. Біофізичні та біохімічні проби (кров і лімфа, сеча, мокроти, піт, слина та ін.).

8. Нервово-м'язова система (біоелектрична та біомеханічна діяльність м'язів).

9. Тактична підготовленість (змагальна активність і ефективність дій).

10. Відділи ЦНС (параметри головного мозку та відділів ЦНС).

11. Система аналізаторів (зоровий, вестибулярний, тактильний, слуховий, руховий).

12. Зовнішня форма тіла та пропорцій (статура, постава, стопа).

13. Склад тіла (вміст жиру, питома вага та щільність тіла).

Основними вимірюваними та контрольованими параметрами в спортивній медицині, тренувальному процесі та наукових дослідженнях зі спорту є наступні:

– фізіологічні («внутрішні»), фізичні («зовнішні») та психологічні параметри тренувального навантаження й відновлення;

- параметри якостей сили, швидкості, витривалості, гнучкості та спритності;
- функціональні параметри серцево-судинної та дихальної систем;
- біомеханічні параметри спортивної техніки;
- лінійні та дугові параметри розмірів тіла.

Для вивчення цих параметрів і контролю над ними широко використовується об'ємна номенклатура різноманітних способів, прийомів і методів вимірювання наступних фізичних величин:

- силових (це причини, які викликають зміни у швидкості та напрямку руху тіла: сили відштовхування, деформації, удари, кидки та ін., моменти сил і моменти обертання: розгойдування, розмахування, обороти й обертання при виконанні локомоторних і гімнастичних вправ; тиск на спортивні снаряди та ін.);
- швидкісних величин (витрата кількості енергії протягом заданого часу; швидкість розгону, переміщення, зупинки та зміни напрямку в рухових діях; лінійне й кутове прискорення при виконанні вправ);
- темпових (проміжки часу та частота дій за одиницю часу – момент часу, тривалість дії, темп і ритм рухів);
- геометричних (положення спортсмена: координати розташування тіла чи його ланок у заданій системі; розміри: відстані між двома заданими точками при вимірюванні результатів у стрибках, метаннях та ін., контурів або форм при вимірюванні правильності креслення обов'язкових фігур у фігурному катанні; при вимірюванні постави та плоскостопості);
- величин, які характеризують фізичні властивості (щільність, питома вага тіла людини; вимірювання вологості в спортивній гігієні; в'язкість, твердість, пластичність кістково-м'язової системи);

- кількісних (маса та вага тіла й окремих його ланок);
- величин, які характеризують хімічний склад;
- теплових (температура тіла та його теплопровідна здатність, зумовлена кількістю тепла, яке виділяється чи поглинається тілом за певних умов);
- радіаційних (ядерна радіація – радіоізотопні методи вимірювання маси окремих ланок тіла людини та сканування; визначення біологічного віку юних спортсменів; фотометричні вимірювання скелета та ін.);
- електричних (біопотенціали різних органів: серця, м'язів, мозку та ін.).

Одним із перспективних підходів щодо вирішення проблеми виявлення найбільш інформативних параметрів і методів обстежень спортсменів служить метод моделювання різних сторін підготовленості, основна мета якого – визначення та наукове обґрунтування конкретних кількісних модельних характеристик функціональної, техніко-тактичної, психологічної підготовленості, при досягненні яких спортсмен з найбільшим ступенем імовірності може виграти певні змагання чи встановити рекорд.

1.6. Шкали вимірювання

При використанні різних приладів та обладнання дослідник постійно працює зі шкалами. Шкала (від лат. *scala* – сходи) – елемент вимірювальної системи, за допомогою якого відбувається розподіл досліджуваного об'єкта до певної групи. Поняття «шкала» вживається у двох значеннях. По-перше, на шкалі фіксуються показання відлікового обладнання приладу. У цьому значенні шкала містить набір певних умовних знаків. Показчик приладу, зупиняючись на певному знаку, фіксує зміну тих або інших вимірюваних параметрів.

Наприклад, шкала амперметра – це лінійка з поділками, кожна з яких відповідає певній кількості амперів. Зупинившись на поділці 2А, показчик фіксує силу струму в мережі, рівну двом амперам. Проміжок між сусідніми оцінками шкали називається поділками шкали. Значення шкали – це значення вимірюваної величини, відповідне до відстані між двома сусідніми поділками шкали.

Встановлення значення шкали здійснюється за допомогою тарування. **Шкала** – це певна система, яка здійснює класифікацію об'єктів. Це може бути множина шкал залежно від кількості систем, які впорядковують. Найпоширенішими та загальновизнаними шкалами є номінальна шкала, порядкова шкала, інтервальна шкала та шкала відносин.

За **номінальною** (найменувань) шкалою (від лат. *nomen* – ім'я) класифікують об'єкти відповідно до умовних позначок. Наприклад, спортсмени, які брали участь у кросі, одягнені в майки різного кольору. Введемо як умовні показники сім кольорів веселки. Підрахуємо, скільки спортсменів бере участь у кросі в майках кожного кольору. У цьому випадку перерахування семи кольорів веселки є номінальною шкалою.

Порядкова (рангова) шкала – це ряди натуральних чисел, розташованих у зростаючому чи спадаючому порядку. На основі встановленого порядку визначається класифікація об'єктів. Наприклад, при визначенні порядкового місця для кожного об'єкта за досліджуваною ознакою в процесі виконання певного тесту місця розподілилися так: перше, друге, третє та ін. – це і є порядкова шкала.

Інтервальна (різниць) шкала – це перелік об'єктів, розділених на певні інтервали: від ... до Об'єкти класифікуються згідно з цими інтервалами. Наприклад, перша група складається зі спортсменів, у яких довжина тіла від 155 до 165 см, друга – від 165 до 175 см, третя – від 175 до 185 см.

Розподіл спортсменів по трьох групах є класифікацією відповідно до інтервальної шкали.

Шкала відношень. Вимірювання за цією шкалою відрізняється від інтервальної шкали тим, що визначається нульова точка, яка відповідає повній відсутності прояву вимірюваної ознаки. За такою шкалою вимірюють довжину, масу тіла, час виконаного завдання. До значень, одержаних за цією шкалою, можна застосувати всі арифметичні дії, що має важливе значення при вимірюваннях фізичних величин.

Отже, шкали можна вишиковувати за будь-якою зручною системою, а також застосовувати сукупність систем.

1.7. Точність вимірювання

Ніяке вимірювання не може бути виконане абсолютно точно. Результат вимірювання неминуче містить похибку, величина якої тим менша, чим точніше метод вимірювання та вимірювальний прилад. Наприклад, за допомогою звичайної лінійки з міліметровими поділками не можна виміряти довжину з точністю до 0,01 мм.

Основна та додаткова похибки. *Основна* похибка – це похибка методу вимірювання чи вимірювального приладу, яка має місце в нормальних умовах їх застосування.

Додаткова похибка – це похибка вимірювального приладу, викликана відхиленням від нормальних умов його роботи.

Зрозуміло, що прилад, призначений для роботи при кімнатній температурі, буде давати неточні показання, якщо користуватися ним улітку на стадіоні під палючим сонцем або взимку на морозі. Похибки вимірювання можуть виникати й у тому випадку, коли напруга електричної мережі чи батарейного джерела живлення нижче норми, чи мінлива

по величині. До додаткових відноситься й так звана динамічна похибка, зумовлена інерційністю вимірювального приладу, яка виникає в тих випадках, коли вимірювана величина коливається надзвичайно швидко.

Наприклад, деякі пульсотахометри (прилади для вимірювання частоти серцевих скорочень – ЧСС) розраховані на вимірювання середніх величин ЧСС і не здатні фіксувати нетривалі відхилення частоти від середнього рівня. Величини основної та додаткової похибок можуть бути представлені як в абсолютних, так і у відносних одиницях.

Абсолютна та відносна похибки. Величина ΔA (1.7.1), рівна різниці між показником вимірювального приладу A і дійсним значенням вимірюваної величини A_0 , називається *абсолютною похибкою вимірювання*. Вона вимірюється в тих же одиницях, що й сама вимірювана величина:

$$\Delta A = A - A_0. \quad (1.7.1)$$

На практиці часто зручніше користуватися не абсолютною, а відносною похибкою.

Відносні похибки зазвичай вимірюються у відсотках, це відношення абсолютної похибки ΔA до значення вимірюваної величини A_0 :

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100, \%. \quad (1.7.2)$$

Відносна похибка вимірювальних засобів характеризується класом точності K . Клас точності – це відношення абсолютної похибки приладу до максимального значення вимірюваної ним величини:

$$K = \frac{\Delta A}{A_{\max}} \cdot 100\%. \quad (1.7.3)$$

У тих випадках, коли оцінюється не похибка вимірювання, а похибка вимірювального приладу, за максимальне значення вимірюваної величини береться граничне значення шкали приладу. У такому розумінні найбільш припустиме значення A , виражене у відсотках, визначає в нормальних умовах роботи клас точності вимірювального приладу. При цьому враховується тільки основна похибка.

Наприклад, пульсотахометр класу точності 1,0, розрахований на вимірювання ЧСС у діапазоні до 200 уд./хв, може в нормальних умовах роботи вносити у вимірювання похибку, рівну $200 \text{ уд./хв} \times 0,01 = 2 \text{ уд./хв}$.

Відносні похибки, як правило, вимірюються у відсотках. При цьому знак абсолютної похибки не враховується: абсолютна похибка може бути і позитивною, і негативною, а відносна похибка завжди позитивна.

Контрольні питання

1. Що таке одиниці вимірювання?
2. Перерахуйте основні методи спортивної метрології.
3. Наведіть приклади основних показників спортивної метрології.
4. Що таке шкала оцінок?
5. Які бувають шкали?
6. Перерахуйте об'єкти вимірювання спортивної метрології.

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Годик М. А. Спортивная метрология. Москва, 1988. 192 с.
3. Зациорский В. М. Кибернетика, математика, спорт. Москва, 1979. 152 с.

4. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.
5. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.

Практична робота № 1

Основи теорії вимірювань. Точність вимірювань

Мета роботи: засвоєння понять, що характеризують якість вимірювання – точність вимірювання, похибка вимірювання.

Теоретичні відомості

Похибкою результату вимірювання називається різниця між результатом вимірювання та істинним (фактичним) значенням вимірюваної величини. Точністю вимірювання називається наближення похибки до нуля. За закономірностями прояву похибки бувають:

- систематичні, тобто завжди присутні при даному вимірюванні, мають постійну чи закономірно змінну величину;
- випадкові, тобто змінюються випадково при однакових ретельних вимірюваннях;
- грубі помилки;
- ці результати виключаються з розгляду. Залежно від джерела розрізняють похибки:
 - інструментальні, які є наслідком конструктивних недоліків вимірювальної апаратури (основна похибка) чи неправильної її експлуатації (додаткова похибка);
 - методичні, які є наслідком неправильного вибору методу вимірювання на підставі хибних теоретичних установок;
 - особисті, викликані індивідуальними особливостями спостерігача (експериментатора).

За способом розрахунку розрізняють похибки абсолютні й відносні.

Величина ΔA (1.7.1), рівна різниці між показником вимірювального приладу A і дійсним значенням вимірюваної величини A_0 , називається абсолютною похибкою вимірювання.

Вона вимірюється в тих же одиницях, що й сама вимірювана величина:

$$\Delta A = A - A_0. \quad (1.7.1)$$

На практиці часто зручніше користуватися не абсолютною, а відносною похибкою.

Відносні помилки зазвичай вимірюються у відсотках, це відношення абсолютної похибки ΔA до значення вимірюваної величини A_0 :

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100\%. \quad (1.7.2)$$

Відносна похибка вимірювальних засобів характеризується класом точності K . Клас точності – це відношення абсолютної похибки приладу до максимального значення вимірювальної ним величини:

$$K = \frac{\Delta A}{A_{\max}} \cdot 100\%. \quad (1.7.3)$$

У тих випадках, коли оцінюється не похибка вимірювання, а похибка вимірювального приладу, за максимальне значення вимірюваної величини береться граничне значення шкали приладу. У такому розумінні найбільш припустиме значення A , виражене у відсотках, визначає в нормальних умовах роботи клас точності вимірювального приладу. При цьому враховується тільки основна похибка.

Відносні похибки, як правило, вимірюються у відсотках. При цьому знак абсолютної похибки не враховується: абсолютна похибка може бути і позитивною, і негативною, а відносна похибка завжди позитивна. Для визначення випадкових похибок використовують методи математичної статистики.

Випадкові похибки виявляються при багаторазовому вимірюванні певної величини:

- а) при багаторазовому вимірюванні того самого об'єкта;
- б) при однократному вимірюванні множини об'єктів, які за вимірюваним показником вважаються однаковими (приклад, ЧСС спокою у лижників високої кваліфікації). У цих випадках результатом вимірювання є середнє арифметичне $\bar{X}$:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1.8.1)$$

де X_i – одиничний вимір; n – кількість вимірювань. Коливання одиничних результатів відносно $\bar{X}$ визначається за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}, \quad (1.8.2)$$

де S – середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання від $\bar{X}$, його називають середньою квадратичною похибкою певної кількості вимірювань. Ця похибка виражена в одиницях вимірюваної величини. Її відносне значення називають коефіцієнтом варіації V , %:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%. \quad (1.8.3)$$

Порядок виконання роботи

1. Виконати вимірювання А та Б.

А. Зробити вимірювання довжини (стола чи кімнати) в сантиметрах трьома способами, результати занести в таблицю:

- а) візуально «на око» – це $X'_{\text{вим}}$ (виконують усі студенти);
- б) лінійкою 50 см – це $X''_{\text{вим}}$ (його виконує 1 студент);
- в) рулеткою 2 м чи 5–10 м – це $X_{\text{іст}}$ (виконує 1 студент).

Б. *Виміряти пальпаторно ЧСС спокою:*

- а) за 10 секунд – $X'_{\text{вим}} = \text{ЧСС}_{10} \cdot 6;$
- б) за 30 секунд – $X''_{\text{вим}} = \text{ЧСС}_{30} \cdot 2;$
- в) за 60 секунд – $X_{\text{іст}}.$

2. Таблиця результатів вимірювання та розрахунків

	$X'_{\text{вим}}$	$X''_{\text{вим}}$	$X_{\text{іст}}$
Абсолютна похибка			
Відносна похибка, %			
Джерело похибки			
Закономірність прояву			

Обчислити значення абсолютної та відносної похибок. Результат занести в таблицю. Вказати джерело похибки та закономірність її прояву.

Контрольні питання

- Яка з розрахованих похибок є:
 - а) інструментальною, методичною, особистою;
 - б) систематичною та випадковою;
 - в) абсолютною і відотною?
- Які заходи потрібно прийняти для зменшення систематичної та випадкової похибки?
- У яких випадках виправдано подання похибки в абсолютному й відносному вигляді?

Література

- Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія: навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
- Зацюрский В. М. Основы спортивной метрологии. Москва : Физкультура и спорт, 1979. 152 с.

3. Годик М. А. Спортивная метрология. Москва : Физкультура и спорт, 1988. 192 с.
4. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.
5. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.

ТЕМА 2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТЕСТІВ. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ОЦІНОК

Теоретичні відомості

План

- 2.1. Основні поняття теорії тестів. Надійність тестів
- 2.2. Інформативність тестів
- 2.3. Комплексні тести
- 2.4. Проблема оцінювання у спорті
- 2.5. Шкали оцінювання
- 2.6. Норми оцінювання
- Практична робота № 2

2.1. Основні поняття теорії тестів

Тестування (від англ. test – проба, випробування, дослідження) – це спосіб вимірювання властивостей (психофізіологічних, фізичних та ін.), які не мають числового вираження. Таким чином, властивості, які піддаються тестуванню, вимірюються непрямым шляхом. Здібності людини, її творчий потенціал, психічні особливості, моральні якості, тренуваність, спеціальна працездатність і багато інших якостей безпосередньо не вимірюються. У цих випадках для оцінки подібних властивостей користуються тестами.

У практиці фізичної культури та спорту тестування використовується для контролю за станом спортсмена, тобто

проводиться систематична оцінка рівня тренованості випробуваного. У фізичній культурі та спорті застосовуються два види тестування:

- 1) тестування дітей з метою оцінювання рівня їх фізичної підготовленості;
- 2) тестування спортсменів при відборі на певний вид спортивної діяльності.

Тестуються також різні немоторні властивості: швидкість переробки інформації, здібності до комбінації тактичних прийомів, варіації техніки та ін. Існує два принципово різних підходи до тестування як до наукового методу. Ці підходи найчастіше називають європейським і американським тестуванням.

Надійністію тестів називається ступінь збігу результатів при повторному тестуванні тих самих людей в однакових умовах. Цілком зрозуміло, що повний збіг результатів при повторних вимірюваннях практично неможливий.

Варіацію результатів при повторних вимірюваннях називають внутрішньоіндивідуальною, внутрішньогруповою або внутрішньокласовою. Основними причинами такої варіації результатів тестування, яка спотворює оцінку дійсного стану підготовленості спортсмена, тобто вносить певну помилку чи погрішність у цю оцінку, є наступні обставини:

- 1) випадкові зміни стану випробуваних у процесі тестування (психологічний стрес, звикання, втома, зміна мотивації до виконання тесту, зміна концентрації уваги, нестабільність вихідного положення та інших умов процедури вимірювання при тестуванні);
- 2) неконтрольовані зміни зовнішнього середовища (температура, вологість, вітер, сонячна радіація, присутність сторонніх осіб та ін.);
- 3) нестабільність метрологічних характеристик технічних засобів вимірювання, які використовуються при

тестуванні. Нестабільність може викликатися декількома причинами, обумовленими недосконалістю застосовуваних технічних засобів вимірювання: погрішністю результатів вимірювання через зміни напруги мережі, нестабільністю характеристик електронних вимірювальних приладів і датчиків при змінах температури, вологості, наявності електромагнітних перешкод та ін. Слід зазначити, що з цієї причини погрішності вимірювання можуть становити значні величини;

4) зміни стану експериментатора (оператора, тренера, педагога, судді), який здійснює чи оцінює результати тестування, і заміна одного експериментатора іншим;

5) недосконалість тесту для оцінювання певної якості чи конкретного показника підготовленості.

Для визначення коефіцієнта надійності тесту існують спеціальні математичні формули.

Тести, надійність яких менше значення 0,60 (табл. 2.1.1), використовувати не рекомендується.

Таблиця 2.1.1

Градація рівнів надійності тестів

Значення коефіцієнтів	Надійність
0,99–0,95	Відмінна
0,94–0,90	Добра
0,89–0,80	Середня
0,79–0,70	Прийнятна
0,69–0,60	Низька

Що стосується надійності тестів, розрізняють їх стабільність (відтворюваність), узгодженість та еквівалентність.

Під **стабільністю** тесту розуміють відтворюваність результатів при його повторенні через певний час в однакових

умовах. Повторне тестування зазвичай називають ретестом. Стабільність тесту залежить від наступних компонентів:

- виду тесту;
- контингенту випробуваних;
- тимчасового інтервалу між тестом і ретестом.

Узгодженість тесту характеризується незалежністю результатів тестування від індивідуальних якостей особи, яка проводить або оцінює тест. Якщо результати спортсменів у тесті, який проводять різні фахівці (експерти, судді), збігаються, то це свідчить про високий ступінь узгодженості тесту. Ця властивість залежить від збігу методик тестування у різних фахівців.

Коли створюється новий тест, обов'язково потрібно перевірити його на узгодженість. Робиться це так: розробляється уніфікована методика проведення тесту, а потім два чи більше фахівців по чергово в стандартних умовах тестують тих самих спортсменів.

Еквівалентність тестів. Ту саму рухову якість (здібність, сторону підготовленості) можна виміряти за допомогою декількох тестів. Наприклад, максимальну швидкість – за результатами пробігання з ходу відрізків по 10, 20 або 30 м. Силу витривалість – за кількістю підтягувань на перекладині, згинання та розгинання рук в упорі лежачи, кількості підйомів штанги в положенні лежачи на спині та ін.

Еквівалентність тестів визначається таким способом: спортсмени виконують один різновид тесту, а потім після невеликого відпочинку – інший тест та ін.

Якщо результати оцінювання збігаються (наприклад, кращі в підтягуванні виявляються кращими й у віджиманні), то це свідчить про еквівалентність тестів.

Застосування еквівалентних тестів підвищує надійність оцінювання контрольованих властивостей моторики спортсменів. Тому якщо потрібно провести поглиблене обстеження, то краще застосувати кілька еквівалентних тестів. Такий

комплекс називається гомогенним. У всіх інших випадках краще використовувати гетерогенні комплекси: вони складаються з нееквівалентних тестів.

Не існує універсальних гомогенних або гетерогенних комплексів. Так, наприклад, для слабо підготовлених людей такий комплекс, як біг на 100 і 800 м, стрибок у довжину з місця, підтягування на перекладині, буде гомогенним. Для спортсменів високої кваліфікації він може виявитися гетерогенним.

Надійність тестів може бути підвищена до певного ступеня таким чином:

- більш суворою стандартизацією тестування;
- збільшенням кількості спроб;
- збільшенням кількості оцінювачів (суддів, експертів) і підвищенням узгодженості їх думки;
- збільшенням кількості еквівалентних тестів;
- кращою мотивацією випробуваних;
- метрологічно обґрунтованим вибором технічних засобів вимірювання, які забезпечують задану точність вимірювання у процесі тестування.

2.2. Інформативність тестів

Інформативність тесту – це ступінь точності, з якою він вимірює властивість (якість, здатність, характеристику та ін.), для оцінки якої використовується. У літературі до 1980 р. замість терміна «інформативність» застосовувався еквівалентний йому термін «валідність».

У наш час інформативність розділяють (класифікують) на кілька видів.

Так, зокрема, якщо тест використовується для визначення стану спортсмена в момент обстеження, то говорять про діагностичну інформативність. Якщо ж на основі результатів

тестування прагнуть зробити висновок про можливі майбутні показники спортсмена, тест повинен мати прогностичну інформативність. Тест може бути діагностично інформативний, а прогностично – ні, і навпаки.

Ступінь інформативності може характеризуватися *кількісно* – на основі дослідних даних (так звана емпірична інформативність) – і *якісно* – на основі змістовного аналізу ситуації (змістова чи логічна інформативність). У цьому випадку тест називають змістовно, або логічно, інформативним на основі думок експертів-фахівців.

Просту чи складну інформативність розрізняють за кількістю тестів, для яких обрано критерій, тобто для одного чи двох і більше тестів. З питаннями взаємного відношення простої та складної інформативності тісно пов'язані наступні три види інформативності. Чиста інформативність виражає ступінь підвищення складної інформативності батареї тестів, коли даний тест включають у батарею тестів більш високого порядку. Параморфна інформативність виражає внутрішню інформативність тесту в рамках прогнозу обдарованості до певної діяльності. Вона визначається фахівцями-експертами з урахуванням професійної оцінки обдарованості. Її можна визначити як приховану (для фахівців – «інтуїтивну») інформативність окремих тестів.

Очевидна інформативність значною мірою пов'язана зі змістовною та показує, наскільки очевидним є зміст тестів для тестованих осіб. Вона пов'язана з мотивацією випробуваних. Інформативність внутрішня чи зовнішня виникає залежно від того, чи визначається інформативність тесту на основі порівняння з результатами інших тестів або на основі критерію, який стосовно даної батареї тестів є зовнішнім.

Абсолютна інформативність стосується визначення одного критерію в абсолютному розумінні, без залучення будь-яких інших критеріїв.

Диференціальна інформативність характеризує взаємні відмінності між двома чи більше критеріями. Наприклад, при виборі спортивних талантів може зустрітися ситуація, коли тестований проявляє здібності за двома різними спортивними видами. При цьому постає питання, до якого з цих двох видів він більше здібний.

Відповідно до тимчасового інтервалу між вимірюванням (тестуванням) і визначенням результатів критерію розрізняють два види інформативності – синхронну й діахронну. Діахронна інформативність, або інформативність до неодночасних критеріїв, може мати дві форми. Однією з них є випадок, коли критерій вимірювався б раніше, ніж тест – ретроспективна інформативність.

Якщо говорити про оцінку підготовленості спортсменів, то найбільш інформативним показником є результат у змагальній вправі. Однак він залежить від великої кількості факторів, і той самий результат у змагальній вправі можуть показувати люди, які помітно відрізняються за структурою підготовленості. Наприклад, спортсмен з відмінною технікою плавання й відносно невисокою фізичною працездатністю та спортсмен із середньою технікою, але з високою працездатністю будуть змагатися однаково успішно (за інших рівних умов).

Для виявлення провідних факторів, від яких залежить результат у змагальній вправі, й використовуються інформативні тести. Але як встановити міру інформативності кожного з них?

Наприклад, які з перерахованих тестів інформативні при оцінюванні підготовленості тенісистів: час простої реакції, час реакції вибору, стрибок угору з місця, біг на 60 м? Для відповіді на ці питання необхідно знати методи визначення інформативності. Їх два: логічний (змістовний) і емпіричний.

Логічний метод визначення інформативності тестів. Суть цього методу визначення інформативності полягає в логічному

(якісному) порівнянні біомеханічних, фізіологічних, психологічних та інших характеристик критерію й тестів.

Припустимо, що необхідно підібрати тести для оцінювання підготовленості висококваліфікованих бігунів на 400 м. Розрахунки показують, що в цій вправі при результаті 45 % із приблизно 72 % енергії поставляється за рахунок анаеробних механізмів енергозабезпечення та 28 % – за рахунок аеробних. Отже, більш інформативними будуть тести, які дозволяють виявити рівень і структуру анаеробних можливостей бігуна: біг на відрізках 200–300 м з максимальною швидкістю, стрибки з ноги на ногу в максимальному темпі на дистанції 100–200 м, повторний біг на відрізках до 50 м з дуже короткими інтервалами відпочинку. Як показують клініко-біохімічні дослідження, за результатами цих вправ можна судити про потужність і ємність анаеробних джерел енергії й, отже, їх можна використовувати як інформативні тести.

Наведений вище простий приклад має обмежене значення, тому що в циклічних видах спорту логічна інформативність може бути перевірена експериментально. Найчастіше логічний метод визначення інформативності використовується в таких видах спорту, де немає чіткого кількісного критерію. Наприклад, у спортивних іграх логічний аналіз фрагментів гри дозволяє спочатку сконструювати специфічний тест, а потім перевірити його інформативність.

Емпіричний метод визначення інформативності тестів при наявності вимірювального критерію. Раніше говорилося про важливість використання одиничного логічного аналізу для попереднього оцінювання інформативності тестів. Ця процедура дозволяє відсіяти завідомо неінформативні тести, структура яких мало відповідає структурі основної діяльності спортсменів. Інші тести, змістовна інформативність яких визнана високою, повинні пройти додаткову емпіричну

перевірку. Для цього результати тесту порівнюють з одним із критеріїв, у ролі яких зазвичай використовують:

- 1) результат у змагальній вправі;
- 2) найбільш значимі елементи змагальних вправ;
- 3) результати тестів, інформативність яких для спортсменів даної кваліфікації була встановлена раніше;
- 4) суму очок, набрану спортсменом при виконанні комплексу тестів;
- 5) кваліфікацію спортсменів.

При використанні перших чотирьох критеріїв загальна схема визначення інформативності тесту наступна.

1. Вимірюються кількісні значення критеріїв. Для цього необов'язково проводити спеціальні змагання. Можна, наприклад, використовувати результати попередніх змагань. Важливо тільки, щоб змагання та тестування не були розділені тривалим проміжком часу.

Якщо як критерій передбачається використовувати якийсь елемент змагальної вправи, необхідно, щоб він був найбільш інформативним.

Розглянемо методику визначення інформативності показників змагальної вправи на наступному прикладі.

На чемпіонаті країни з лижних гонок на дистанції 15 км на підйомі під кутом 7° реєстрували довжину кроків і швидкість бігу. Отримані значення порівняли із місцем, зайнятим спортсменом на змаганнях (табл. 2.2.1).

Візуальне оцінювання ранжованих рядів показує, що високих результатів на змаганнях досягли спортсмени з більшою швидкістю на підйомі та з більшою довжиною кроку. Розрахунок рангових коефіцієнтів кореляції підтверджує це: між місцем на змаганнях і довжиною кроку $r = 0,88$; між місцем на змаганнях і швидкістю на підйомі – $0,86$. Отже, обидва ці показники мають високу інформативність. Необхідно відзначити, що їх значення також взаємозалежні: $r = 0,86$.

Виходить, довжина кроку та швидкість бігу на підйомі – еквівалентні тести і для контролю змагальної діяльності лижників можна використовувати кожен з них.

Таблиця 2.2.1

Співвідношення результатів у лижній гонці на 15 км до довжини кроків і швидкості на підйомі

Довжина кроку, м	Швидкість, м/с	Зайняте місце в гонці	Ранги	
			Довжина кроку, м	Швидкість, м/с
2,19	3,84	4-е	2	2
2,02	3,73	7-е	7	6
2,20	3,93	1-е	1	1
2,07	3,63	5-е	4	7
2,05	3,79	3-е	5	4
2,17	3,81	2-е	3	3
2,02	3,73	6-е	6	5
1,89	3,57	8-е	8	8

2. Наступний крок – проведення тестування й оцінювання його результатів.

3. Останній етап роботи – обчислення коефіцієнтів кореляції між значеннями критерію та тестів. Отримані в ході розрахунків найбільші коефіцієнти кореляції будуть вказувати на високу інформативність тестів.

Емпіричний метод визначення інформативності тестів при відсутності одиничного критерію. Ця ситуація найбільш типова для масової фізичної культури, де одиничного критерію або немає, або форма його подання не дозволяє використовувати описані вище методи для визначення інформативності тестів.

Припустимо, що нам необхідно скласти комплекс тестів для контролю за фізичною підготовленістю студентів.

З урахуванням того, що студентів у країні кілька мільйонів і такий контроль повинен бути масовим, до тестів пред'являються певні вимоги: вони повинні бути прості за технікою, виконуватися в найпростіших умовах і мати нескладну й об'єктивну систему вимірювання. Таких тестів сотні, але потрібно вибрати найбільш інформативні.

Зробити це можна в такий спосіб:

- 1) відібрати кілька десятків тестів, змістовна інформативність яких безперечна;
- 2) оцінити рівень розвитку фізичних якостей групи студентів;
- 3) обробити отримані результати на ПК, використовуючи для цього факторний аналіз.

В основі цього методу лежить положення про те, що результати множини тестів залежать від порівняно невеликої кількості причин, які для зручності названі факторами. Наприклад, результати в стрибку в довжину з місця, метанні гранати, підтягуванні, жимі штанги граничної ваги, у бігу на 100 і 5000 м залежать від витривалості, силових і швидкісних якостей. Однак внесок цих якостей у результат кожної із вправ неоднаковий. Так, результат бігу на 100 м дуже залежить від швидкісно-силових здібностей і трохи – від витривалості, жим штанги – від максимальної сили, підтягування – від силової витривалості та ін.

Крім того, результати деяких із цих тестів взаємозалежні, тому що в їх основі лежить прояв тих самих здібностей. Факторний же аналіз дозволяє, по-перше, згрупувати тести, які мають загальну якісну основу, і, по-друге (і це найголовніше) – визначити їх питому вагу в цій групі. Тести з найбільшою факторною вагою вважаються найінформативнішими.

Один з кращих прикладів використання такого підходу представлено в роботі В. М. Заціорського та Н. В. Аверковича. Було обстежено 108 студентів по 15 тестах. За допомогою

факторного аналізу вдалося виявити три найважливіших для цієї групи випробуваних фактори: 1) сила м'язів верхніх кінцівок; 2) сила м'язів нижніх кінцівок; 3) сила м'язів черевного преса та згиначів стегна. По першому фактору найбільшу вагу мав тест – згинання та розгинання рук в упорі лежачи, по другому – стрибок у довжину з місця, по третьому – піднімання прямих ніг у висі та піднімання тулуба в сид з положення лежачи на спині протягом 1 хвилини. Ці чотири тести з 15 обстежених і були найбільш інформативними.

При оцінюванні інформативності конкретного тесту необхідно враховувати фактори, які значною мірою впливають на величину коефіцієнта інформативності.

2.3. Комплексні тести

Найчастіше використовується не один, а кілька тестів, які мають єдину кінцеву мету (наприклад, оцінити стан спортсменів у змагальному періоді тренування). Така група тестів називається комплексом або батареєю тестів.

Якщо для оцінювання певної якості використовується серія однотипних тестів, може бути використаний так званий метод паралельних форм, коли випробуваному пропонують виконати два різновиди того самого тесту й потім оцінюють ступінь збігу результатів. Розрахований між результатами тестування коефіцієнт кореляції називають коефіцієнтом еквівалентності.

Якщо всі тести, які входять до певного комплексу тестів, високоеквівалентні, він називається гомогенним. Тобто тести, що входять у такий комплекс, спрямовані на вивчення якої-небудь властивості. І навпаки, якщо в комплексі немає еквівалентних тестів, то всі тести, які входять до нього, вимірюють різні властивості, і такий комплекс називається гетерогенним.

2.4. Проблема оцінювання у спорті

Спортивні досягнення, як правило, виражаються в абсолютних числах (метр, секунда, кілограм та ін.). Для того, щоб мати можливість порівняти між собою показники різних спортсменів або оцінити сумарний результат одного спортсмена по різних видах спорту (наприклад, у багатоборстві), такі показники переводять у відносні числа (очки, бали та ін.). Процес переведення абсолютних величин у відносні називається оцінюванням, а отримані відносні числа – оцінками.

Розрізняють навчальні оцінки, які виставляє викладач учням під час навчального процесу, та кваліфікаційні, під якими розуміють усі інші види оцінок. Великої різниці між навчальними та кваліфікаційними оцінками немає, однак процедура кваліфікаційного оцінювання є більш складною.

Кваліфікаційне оцінювання проводять двома етапами. Спочатку спортивні результати перетворюють на основі шкал оцінок в очки. Потім порівнюють набрані очки з установленими нормами й, за результатами порівняння визначити підсумкову оцінку.

2.5. Шкали оцінювання

Оцінювання здійснюється на основі певних математичних правил і відображається в шкалі оцінок, яка дозволяє виявити, скільком очкам (балам та ін.) відповідає певне число одиниць спортивного результату.

Таким чином, процес оцінювання є переведенням абсолютних показників у відносні за допомогою шкали оцінок. У практиці прийнято використовувати чотири типи шкал оцінок (рис. 2.5.1).

Кожен із чотирьох графіків відбиває принцип нарахування очок. Так, на графіку 1 приріст результатів дорівнює приросту очок, так звана пропорційна шкала; на графіку 2 показана регресуюча шкала – по мірі підвищення результату кількість очок нараховується все менше й менше; на графіку 3 демонструється прогресуюча шкала – по мірі підвищення результату кількість очок нараховується все більше й більше; на графіку 4 відображено сигмовидну шкалу – вона зображує фактично дві ділянки: перша ділянка працює як графік 2, а друга – як графік 3.

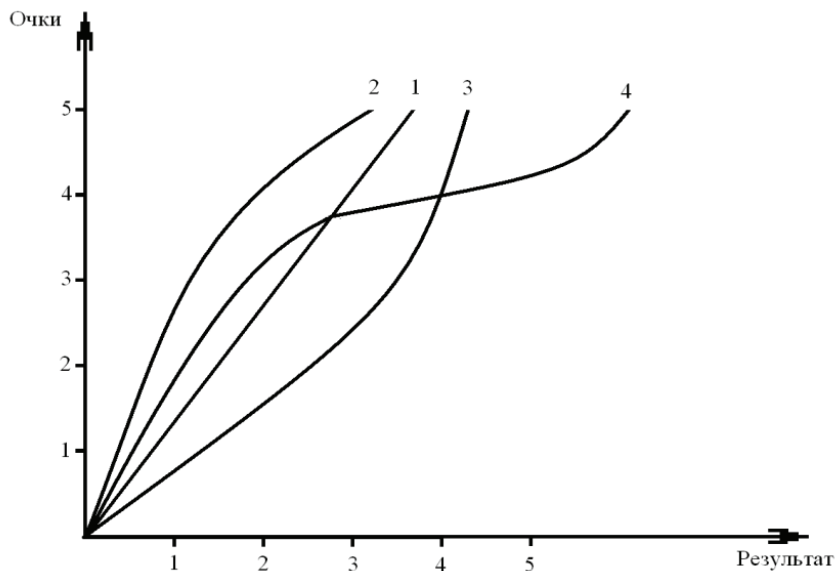


Рисунок 2.5.1. Типи шкал оцінок (в умовних одиницях):

1 – пропорційна; 2 – регресуюча; 3 – прогресуюча; 4 – сигмовидна

2.6. Норми оцінювання

Основні показники спортивної метрології часто представляються у вигляді норм. Норма (від лат. *norma* – регулятивний початок, правило, зразок) – гранично припустимі границі явища, в яких воно є оптимальним. Наприклад, для чоловіків – кандидатів у майстри спорту з плавання вільним стилем – у 50-метровому басейні розрядна норма відповідає межах від 58,5 до 55,0 с, тобто будь-який результат, що перебуває в даних межах, є оптимальним для кандидатів у майстри спорту та може бути визначений як норма. Норматив – це границі норми. У наведеному прикладі нормативи склали від 58,5 до 55,0 с. Нормування – це процес визначення норми та призначення нормативу. У даному прикладі нормування полягає в тому, щоб науково обґрунтувати межі нормативів від 58,5 до 55,0 с.

У практиці фізичної культури та спорту прийняті розрядні, індивідуальні, порівняльні та обов'язкові норми.

Розрядні норми – це гранично припустимі межі спортивних досягнень, у рамках яких визначається спортивний розряд.

Індивідуальні норми – це границі або спортивних досягнень, або функціональних показників, характерні для конкретного індивіда (наприклад, у конкретного спортсмена тиск зазвичай перебуває в межах від 120/170 до 130/180 мм рт. ст.).

Порівняльні норми – границі значень тієї самої ознаки для різного контингенту. Зокрема, існують вікові норми. Наприклад, швидкісні здібності хлопчиків 16 років у бігу на 30 м оцінюються за наступними показниками: від 5,2 с і більше – низька норма; від 5,1 до 4,8 с – середня; до 4,8 с – висока.

Обов'язкові норми – гранично припустимі межі показників певних властивостей спортсмена, які визначають обов'язкове виконання рухового завдання. Так, для ефективного

виконання стрибка у воду стрибунів необхідно показати нахил уперед від 15 до 18 см нижче рівня гімнастичної лави.

Контрольні питання

1. Що таке тест, тестування, результат тестування?
2. Що таке надійність? Назвіть різновиди надійності.
3. Що таке інформативність? Її різновиди.
4. Що таке оцінка? Шкали оцінок.
5. Методи оцінювання комплексних тестів.
6. Що таке норма? Різновиди норм.

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.
3. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.
4. Круцевич Т. Ю., Воробьев М. И. Контроль в физическом воспитании детей, подростков и юношей : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. завед. Киев : НУФВиСУ, 2005. 195 с.
5. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения : учебник [для тренеров]: в 2 кн. Київ : Олімп. літ., 2015. Кн. 1. 680 с.

Практична робота № 2

Перевірка надійності тесту

Мета роботи: уточнити уявлення про стандартизацію процедури тестування та перевірку надійності тестів.

Теоретичні відомості

Надійністю тесту називається ступінь збігу результатів при повторному тестуванні тих самих людей в однакових умовах. Якщо надійність оцінюється при дворазовому тестуванні, розраховують коефіцієнт надійності *rtt*, використовуючи метод кореляції. При більшій кількості паралельних випробувань застосовують дисперсійний аналіз.

Якщо значення $rtt < 0,75$ – тест ненадійний. Основні причини низького збігу результатів при повторному тестуванні наступні: погана інструкція, недосконала методика тестування, невдалий метод визначення результату тесту, суб'єктивні особливості осіб, що проводять і оцінюють тест. Для підвищення надійності тесту уточнюють методику тестування, збільшують кількість спроб у тесті, змінюють спосіб визначення результату тесту (наприклад, не максимальний, а середній), збільшують кількість експертів (якщо результат залежить від їхніх оцінок) та ін. Надійність тестів залежить від виду тесту: найбільш надійні тести, які виконуються у стані спокою, і стандартні функціональні проби, в яких краще забезпечується стандартність процедури тестування, а результат тесту мінімально залежить від мотивації та вольових якостей досліджуваних.

Різновиди надійності тесту: відтворюваність, узгодженість, еквівалентність, стабільність.

Перевірка надійності тесту здійснюється при його розробці з метою вдосконалення методики тестування й уточнення опису тесту.

Спочатку перевіряється відтворюваність тесту шляхом багаторазового повторення тестування тим самим експериментатором, тих самих осіб у тих самих умовах.

Після досягнення високої відтворюваності тесту створюють чіткий опис тесту й потім перевіряють його узгодженість: тест проводять різні експериментатори на цій же (чи такій же) групі.

Якщо при проведенні контролю необхідно використовувати тести однакової спрямованості, але які мають будь-які відмінності (за координатцією, інвентарем, кількістю спроб та ін.), перевіряють їх еквівалентність.

Якщо потрібно врахувати вплив на результати тестування часового проміжку (годин, днів, тижнів, місяців, років), перевіряють стабільність тесту. По суті, це перевірка стабільності досліджуваної ознаки, її стійкості в часі.

Порядок виконання роботи

1. Опис тестів.

Обладнання: ручний цифровий секундомір.

Тест 1. Проба Штанге

Час затримки дихання на вдиху вимірюють після 3–5-хвилинного відпочинку. Спортсмен у положенні стоячи робить три глибокі вдихи й на неповному (~80 %) 4-ому вдиху, затиснувши ніс пальцями, затримує дихання (рот закритий). Одночасно секундометрист включає секундомір. При першій же спробі відновити дихання секундомір вимикається.

Через 5–7 хв після 1-го вимірювання повторити пробу Штанге. Записати результат.

Тест 2. Проба Генчі

Для визначення часу затримки дихання на видиху спортсмен після повного видиху й вдиху знову видихає й затримує подих. Одночасно включається секундомір. При першій же спробі вдихнути повітря секундомір вимикається.

Додаткові зауваження:

- між тестом 1 і тестом 2 зробити паузу 5–7 хв;
- вимірювання проводити в положенні стоячи;
- при затримці дихання не робити ніяких рухів;
- перед кожним заліковим вимірюванням зробити одне пробне вимірювання у півсили.

2. Опис експерименту:

- а) згідно з описом виконати тести. Записати результат;
- б) побудувати таблицю для запису результатів (табл. 2.7.1);
- в) внести в таблицю результати проби Штанге:

$X_{ш1}$ – 1-е вимірювання;

$X_{ш2}$ – 2-е вимірювання;

- г) виконати пробу Генчі. Записати результати в таблицю:

$Y_{Г}$ – вимірювання;

- д) дати орієнтовну оцінку надійності цих тестів.

Таблиця 2.7.1

Таблиця результатів тестування

№ з/п	Досліджуваний	Проба Штанге		Проба Генчі
		$X_{ш1}$	$X_{ш2}$	$Y_{Г}$
1				
2				
...				
n				

Таблиця 2.7.2

Оцінка загального стану, обстежуваного по параметру проби Штанге і Генчі (усереднені дані для дорослих)

Вид тесту	Стать	Оцінка			
		відмінно	добре	задовільно	незадовільно
Проба Штанге, с	жінки	50 і більше	40–49	30–39	30 та нижче
	чоловіки	60 і більше	50–59	35–49	35 та нижче
Проба Генчі, с	жінки	40 і більше	32–39	25–31	24 та нижче
	чоловіки	50 і більше	40–49	30–39	29 та нижче

Добрі та відмінні оцінки відповідають високим функціональним резервам системи киснезабезпечення людини.

Контрольні питання

1. Визначте поняття «надійність тесту».
2. Як перевірити надійність тесту?
3. Як підвищити надійність тесту?
4. Перерахуйте види надійності тесту.

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.
3. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Соколькова О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.
4. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения : учебник для тренеров: в 2 кн. Київ : Олімп. літ., 2015. Кн. 1. 680 с.

ТЕМА 3. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ

Теоретичні відомості

План

- 3.1. Поняття статистики, предмет та об'єкт її вивчення
 - 3.2. Вибірковий метод
 - 3.3. Метод середніх величин
- Практична робота № 3

3.1. Поняття статистики, предмет та об'єкт її вивчення

У даному розділі розглянуто методи обробки вихідної інформації, які отримані у процесі дослідження. Для того, щоб правильно застосовувати ці методи та робити коректні висновки, необхідно розуміти роль статистики та значення наведених методів.

Статистика – це галузь знань, яка досліджує сукупності масових однорідних явищ. Особливість цих явищ полягає, з одного боку, в тому, що вони однорідні, а з іншого – відрізняються одне від одного кількісними показниками.

Наприклад, досліджуючи велику групу спортсменів одного віку, статі, спортивної кваліфікації та стажу, необхідно виміряти величину максимального споживання кисню. У першому випадку ми одержимо масові однорідні показники, а в другому – індивідуальні показники, де кожний показник

максимального споживання кисню відповідає конкретному спортсменові та відрізняється один від одного.

Таким чином, об'єктом дослідження статистики будуть масові однорідні явища, які відрізняються одне від одного чи варіюють за одиничним показником.

Предметом дослідження статистики є оцінки статистичних сукупностей, де застосовують спеціальні математико-статистичні методи, які мають певну мету при обробці своїх результатів, а саме: вимірювання масових статистичних сукупностей замінюються такими показниками, від застосування яких не відбувається чи майже не відбувається втрата вихідної інформації. Таким чином, більші сукупності чисел замінюються декількома параметрами, які несуть у собі всю вихідну інформацію. Скорочення інформації до доступних для огляду розмірів дозволяє проаналізувати досліджуване явище й дати йому адекватну оцінку, що неможливо здійснити при розгляді всієї статистичної сукупності. Крім того, виявлення параметрів сукупності в ряді випадків дозволяє встановити природну закономірність оцінки вихідних даних як у частині її конкретного аналізу, так і при її порівнянні з іншими сукупностями.

Всі ці міркування мають місце в практиці спортивних досліджень. За рідкісним винятком дослідження у фізичній культурі та спорті засновані на спостереженнях, експерименті та тестуванні. Значна частина наукових методів спирається на результати вимірів великих груп спортсменів. Так, спочатку практика фізичної культури та спорту має у своєму розпорядженні вихідні дані у вигляді статистичної сукупності, де її поодинокі показники відображають досягнення конкретного спортсмена, а їх варіювання свідчить про індивідуальну відмінність спортсменів за вимірюваним показником.

Статистичне дослідження – це складний і тривалий процес, він дозволяє отримати уявлення про те чи інше явище,

вивчити його розмір, рівень, виявити закономірності. Виділяють три основні етапи статистичних досліджень:

1. Статистичне спостереження, яке є планомірним і систематичним процесом збору даних, що характеризують об'єкт, який вивчається. Найчастіше воно має практичну мету – отримання достовірної інформації та виявлення закономірностей розвитку явищ і процесів. Статистичне спостереження має відповідати таким вимогам:

- об'єкти спостереження (наприклад спортсмени) повинні бути однаковими (однорідними) з погляду їх властивостей (кваліфікація, спеціалізація, вік, стаж занять та ін.);

- кількість об'єктів спостереження має бути достатньою, щоб можна було виявити закономірності й узагальнити їх властивості.

2. Статистичне зведення та згортка результатів спостереження. Вони є важливою підготовчою частиною статистичного аналізу даних. Цей етап передбачає:

- систематизацію (угруповання) даних;
- оформлення певних статистичних таблиць.

3. Аналіз статистичного матеріалу. Статистичний аналіз є завершальною стадією статистичного дослідження. У процесі статистичного аналізу досліджуються структура, динаміка та взаємозв'язки явищ чи процесів. Його проводять із використанням відповідних математико-статистичних методів.

Отже, **спортивна статистика** – це наука про масові однорідні явища в практиці фізичної культури та спорту. Найпопулярнішим методом статистики в практиці фізичної культури та спорту є метод середніх величин, який складається із трьох основних етапів:

- 1) створення варіаційних рядів на базі вихідної статистичної сукупності;

- 2) визначення параметрів варіаційних рядів, які характеризують сукупність без втрат інформації;

3) практична реалізація знайдених параметрів.

Статистичні сукупності передбачають великі масиви чисел: чим більше вихідних даних, тим точніший кінцевий результат. Зазвичай, практичні сукупності мають обсяги від 30 до 200 од. Однак у практиці спорту є свої особливості. По-перше, на практиці в певних видах спорту чемпіонів буває обмежена кількість (8–10 осіб). У цьому випадку використовують статистичні методи на малих сукупностях, справедливо думаючи, що краще встановити закономірність на малій сукупності, ніж взагалі її не мати. По-друге, у практиці спорту не тільки спортсмени, але й самі явища бувають унікальними, тому сукупності можуть бути малими. Як би там не було, але принцип дії методу середніх величин залишається однаковим і для великих, і для малих сукупностей.

3.2. Вибірковий метод. Організація вибірки

У процесі спостереження чи вимірювання будь-якого показника одержують ряд чисел. Чисельні результати поділяють на перервні (дискретні) та безперервні. До дискретних відносять число підтягувань на перекладині, кількість спроб та ін., тобто результати, що виражаються цілим числом. До безперервних – час проходження дистанції, час реакції, швидкість руху тощо, тобто результати, які можуть виражатися дробовим числом, зокрема безкінченним дробом.

Вибірковий метод – один із головних методів математичної статистики, що включає такі основні поняття, як генеральна сукупність та вибірка сукупність. Будемо вважати, що x_1 – результат вимірювання показника, що вивчається у першого спортсмена, x_2 – у другого спортсмена та ін., всього спортсменів n . Такий ряд результатів вимірювань,

представлений випадковими числами, називається **вибірковою сукупністю**, або **вибіркою**. Сукупність усіх значень, які можна було б отримати для досліджуваної вибірки, називається генеральною сукупністю. Наприклад, довжина тіла студентів одного університету – вибіркова сукупність, а довжина тіла студентів усіх університетів України – генеральна; в той же час довжина тіла студентів України – вибіркова сукупність по відношенню до генеральної сукупності – до всіх студентів земної кулі.

Якщо дослідженням охоплено всю генеральну сукупність, воно називається суцільним. Такі дослідження порівняно рідкісні. Наприклад, якщо комусь вдалося обстежити всіх найсильніших спортсменів світу у якомусь виді спорту, тобто провести суцільне дослідження, отже, обстежено всю генеральну сукупність. Усі інші дослідження називаються вибірковими. Однією з основних характеристик вибірки є її обсяг (об'єм) – n , який визначається кількістю об'єктів спостереження, наприклад спортсменів у цьому дослідженні.

Перше завдання вибіркового методу зводиться до того, щоб організувати вибірку. Тут домінує принцип, згідно з яким необхідно забезпечити можливість усім об'єктам генеральної сукупності однаково бути представленими у вибірці. Встановлено, що при такому підході до організації вибірки та за досить великого обсягу вибірки параметри останньої прагнуть параметрів генеральної сукупності.

Чітких рекомендацій щодо попереднього визначення обсягу вибірки не існує. Були сформовані найбільш узагальнюючі рекомендації (А. Д. Наследов, 2004):

- найбільший обсяг вибірки при розробці діагностичної методики – від 200 до 1000–2500 осіб;
- якщо потрібно порівняти дві вибірки, їх загальна чисельність повинна бути не менше 50 осіб; чисельність порівнювальних вибірок повинна бути приблизно однаковою;

- якщо вивчається взаємозв'язок між будь-якими властивостями, тоді обсяг вибірки повинен бути не менше 30–35 осіб;

- чим більша мінливість досліджуваної властивості, тим більшим повинен бути обсяг вибірки; мінливість ознаки можливо зменшити, збільшуючи однорідність вибірки, наприклад, за статтю, віком;

- кількість досліджуваних має прямий зв'язок із кількістю досліджень, якщо завдання дослідження вимагає багаторазової реєстрації показників, тоді кількість досліджуваних може бути порівняно невеликою;

- кількість досліджуваних залежить від їх характеристики: при проведенні експерименту зі спортсменами високого класу доводиться обмежуватись їх невеликою кількістю (А. І. Кизько, 2004).

Репрезентативність вибірки – це можливість вибірки представляти явище, що вивчається, відповідно до мінливості його в генеральній сукупності. Безумовно, що повне уявлення про явище може дати лише генеральна сукупність. Тому репрезентативність завжди обмежена в тій мірі, в якій обмежена вибірка. Існують прийоми, які дозволяють одержати досліднику достатню репрезентативність вибірки. В основу цих прийомів покладено принцип випадкового відбору осіб у вибірку. Такий випадковий відбір повинен забезпечити можливість потрапляння у вибірку найрізноманітніших представників генеральної сукупності.

Комплектування випадкової вибірки може здійснюватись такими способами:

1. Власно-випадковий відбір. Випадковою буде вибірка, яка одержана способом жеребкування. Наприклад, потрібно відібрати групу, що буде нараховувати 20 осіб, із генеральної сукупності чисельністю 500 осіб. Для цього виготовляють 500 карток, із яких 20 певним чином помічають. Потім

усім пропонують витягнути картку, а з числа осіб, що витягли помічені карточки, формують вибірку. Організаційно простіше вибірку скомплектувати, користуючись методом випадкових чисел. Суть цього методу полягає у використанні таблиці випадкових чисел. У цій таблиці числа розташовані (по горизонталі і вертикалі) так, що мають рівні шанси бути обраними.

2. Механічний відбір. Генеральна сукупність ділиться на групи, кількість яких дорівнює обсягу вибірки, а потім із кожної групи випадковим методом (наприклад, кожний 10-й або кожний 25-й та ін.) обирають один об'єкт.

3. Типовий відбір. Генеральна сукупність ділиться на типові ділянки (наприклад, обирають дітей за принципом проживання в певному місті України). З кожного міста випадковим відбором обирають однакову кількість об'єктів.

3.3. Метод середніх величин

У будь-якій сукупності явищ або суб'єктів спостерігаються відмінності між окремими одиницями цієї сукупності. Одночасно з цими відмінностями існує і щось загальне, що об'єднує сукупність і дозволяє віднести всі розглянуті суб'єкти і явища до одного класу. Роль середніх величин полягає в узагальненні, тобто заміні безлічі індивідуальних значень ознаки середньою величиною, що характеризує всю сукупність явищ. Середня величина узагальнює якісно однорідні значення ознаки й, отже, є типовою характеристикою ознаки в даній сукупності. Зрозуміло, середня величина не фіксована раз і назавжди.

Найбільш популярним методом статистики в практиці фізичної культури й спорту є метод середніх величин, що складається з трьох основних етапів:

1) утворення варіаційних рядів на базі вихідної статистичної сукупності;

2) визначення параметрів варіаційних рядів, що характеризують сукупність без втрат інформації;

3) практична реалізація знайдених параметрів.

Приклад. У 43 легкоатлетів при виконанні старту з наступним бігом на 6 м виміряна величина стартової реакції (с), результати якої представлені в табл. 3.3.1.

Таблиця 3.3.1

Величина стартової реакції, с

1,25	1,36	1,38	1,32	1,32	1,36	1,40	1,30
1,38	1,30	1,40	1,36	1,42	1,45	1,38	1,36
1,42	1,38	1,32	1,25	1,38	1,36	1,30	1,40
1,32	1,36	1,45	1,38	1,42	1,40	1,36	1,42
1,38	1,40	1,36	1,30	1,32	1,36	1,38	1,42
1,32	1,25	1,30					

Зазначений вище приклад являє собою серію однотипних вимірів. Отримана на практиці і представлена вище група безсистемних чисел повинна бути перетворена в систему, тобто сукупність пов'язаних між собою показників, характеристики якої дають уявлення про всю систему, а через неї – і про групу вихідних даних. З метою отримання такої системи здійснюється операція ранжування – розташування чисел у порядку зростання чи зменшення, результати якої наведені в табл. 3.3.2.

Максимально спростимо ранжований матеріал, підрахуємо кількість кожного показника і вибудуємо їх у стовпці, табл. 3.3.3. Отримана група чисел називається варіаційним рядом.

Варіаційний ряд – це подвійний стовпець ранжованих чисел, де ліворуч стоїть власне показник – варіант, а праворуч – його кількість – частота. Сума частот називається обсягом сукупності, тобто загальним числом вихідних даних. Сума всіх частот і являє собою обсяг сукупності.

Таблиця 3.3.2

Ранжування даних величини стартової реакції, с

1,25	1,25	1,25						
1,30	1,30	1,30	1,30	1,30				
1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32			
1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	
1,40	1,40	1,40	1,40	1,40				
1,42	1,42	1,42	1,42					
1,45	1,45	1,45						

Таблиця 3.3.3

Варіаційний ряд

x_j	n_j
1,25	3
1,30	5
1,32	6
1,36	9
1,38	8
1,40	5
1,42	4
1,45	3

Варіант 1,25 у варіаційному ряду стоїть на першому місці і тому може бути визначений як $x_1 = 1,25$, варіант $x_2 = 1,30$, варіант $x_3 = 1,32$ та ін. Якщо розглядати варіаційний ряд з іншим смисловим значенням, відмінним від наведеного, слід позначити його, наприклад, буквою y . У нового варіаційного ряду також будуть порядкові номери варіантів. Стовець варіаційного ряду, що містить частоти, позначається як n , і відображає наявність частот, що стоять відповідно до ранжування.

Основні статистичні показники

Якщо представлений ряд є математичною системою, то цю систему можна охарактеризувати такими показниками:

- середнє арифметичне значення (математичне очікування) $\bar{x}$;
- мода (Mo) – результат вибірки або сукупності, що найчастіше зустрічається в цій вибірці;
- медіана (Me) – значення варіаційного ряду, що ділить його на дві рівні за кількістю значень частини;
- дисперсія D (ще позначається як S^2 або σ^2);
- середнє квадратичне відхилення S (ще позначається як σ сигма);
- коефіцієнт варіації V .

Середнє арифметичне значення. Його прийнято позначати тією самою літерою, як і варіанти спостережень, але над цією літерою ставиться символ усереднення «—» риска. Наприклад, якщо позначити досліджувану ознаку через x , то середнє арифметичне буде позначатись $\bar{x}$. Обчислюється за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.3.1)$$

де x_i – варіант ряду; n – обсяг вибірки. Символом Σ позначають сумування даних, які стоять справа від нього.

Медіана (позначається символом Me – результат вимірювання, який знаходиться в середині ранжованого ряду. Наприклад, у деяких видах спорту, де оцінка спортсмену виставляється кількома суддями (як у гімнастиці), найвищі та найнижчі оцінки відкидаються, і до заліку йде медіана (не середнє арифметичне значення, а те, яке стоїть у середині ряду). *Наприклад, п'ять суддів поставили 9,1–9,1–9,2–9,3–9,4 бала. Відкидаючи нижчі та вищі оцінки, отримуємо медіану, рівну 9,2 бала. Ця оцінка йде у залік спортсмену.*

Моду та медіану використовують для оцінки середнього при вимірі в шкалах порядку (а моду також і в номінальних шкалах). Усі середні показники дають загальну характеристику результатів вимірювань. Але нас також цікавить, як кожен результат відхиляється від середнього значення. Можна уявити, що дві групи результатів вимірювань мають однакові середні, але різні значення вимірювань. *Наприклад, для ряду 3, 6, 3 середнє значення = 4, для ряду 5, 2, 5 середнє значення також = 4, незважаючи на суттєву різницю цих рядів.* Тому середні характеристики необхідно доповнювати показниками варіації чи коливання. Основними характеристиками розсіювання, що застосовуються для оцінки варіації величин щодо вибіркової середньої, є дисперсія, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, помилка середньої арифметичної величини.

Дисперсія D (іноді позначають S^2 або σ^2) вказує на варіювання, тобто розсіювання вихідних даних щодо середньої арифметичної величини (у квадраті). Дисперсія визначається за такою формулою

$$D = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2 \cdot n_i}{n}. \quad (3.3.2)$$

Якщо кількість вимірів не більше 30, тобто $n \leq 30$, використовуються формула:

$$D = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2 \cdot n_i}{n - 1}, \quad (3.3.3)$$

де n – обсяг сукупності;

S – середнє квадратичне відхилення, яке визначає розсіювання даних (стабільність) і визначається за формулою:

$$S = \sqrt{D}. \quad (3.3.4)$$

Середнє квадратичне відхилення має ті ж одиниці виміру, що й результати вимірювання, тобто характеризує ступінь відхилення результатів від середнього значення в абсолютних одиницях. Однак для порівняння коливання двох і більше сукупностей, що мають різні одиниці виміру (наприклад, результати у бігу на 100 м, стрибках у висоту, метаннях гранати тощо), ця характеристика непридатна. І тому використовується коефіцієнт варіації.

Коефіцієнт варіації. Щоб стандартне відхилення могло бути використане як міра порівняння варіативності ознак (незалежно від того, якими одиницями виміру вони виражені), його прийнято виражати у відсотках від середньої арифметичної. Отриманий таким чином показник є числом відносним, що виражає мінливість ознак у відсотках; його називають коефіцієнтом варіації та позначають символом V . Обчислюється він за формулою:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 \% . \quad (3.3.5)$$

Коефіцієнт варіації – величина відносна, дозволяє порівнювати між собою варіабельність (коливання) різнорідних ознак, що мають різні одиниці виміру. За нормальних розподілів V зазвичай не перевищує 45–50 %. У випадках асиметричних розподілів може бути досить високим (до 100 % і вище). У спортивній практиці внутрішня варіабельність ознаки вважається невеликою при V від 0 до 10 %; середньою – при V від 11 до 20 %; великою – $V > 20$ %.

Існує ще один показник розсіювання – помилка репрезентативності (середньої арифметичної) m – величина не технічна, а статистична. Вона характеризує закономірні коливання (варіації) середньої арифметичної величини.

Помилки репрезентативності (m). У статистиці під «помилкою» слід розуміти не помилку дослідження, а міру

представництва даної величини, тобто наскільки середня арифметична величина, одержана з вибіркової сукупності (10–20 випадків), відрізняється від істинної, яка була б одержана на генеральній сукупності (100, 200, 300 і більше випадків). Відомо кілька формул визначення помилки репрезентативності (при невідомій і відомій генеральній сукупності). При невідомій генеральній сукупності та кількості елементів вибірки (n) 20 і більше помилку репрезентативності розраховують за формулою:

$$m = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (3.3.6)$$

Коли кількість елементів генеральної сукупності невідома, а кількість елементів вибірки $n < 20$, використовують таку формулу:

$$m = \frac{S}{\sqrt{n-1}}. \quad (3.3.7)$$

Наступна формула використовується, коли вибірка велика, тобто $n > 20$, а кількість елементів N генеральної сукупності відома:

$$m = \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{1 - \frac{n}{N}}. \quad (3.3.8)$$

І остання формула використовується тоді, коли вибірка мала ($n < 20$), а кількість елементів генеральної сукупності (N) відома:

$$m = \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}. \quad (3.3.9)$$

Приклад розрахунку основних статистичних показників

Скористаємось вихідними даними варіаційного ряду, який представлений у табл. 3.3.3. Для розрахунку скористаємось табл. 3.3.4.

Таблиця 3.3.4

**Попередні розрахунки для визначення
основних статистичних показників**

№ з/п	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i$
1	1,25	3	3,75	-0,11	0,0121	0,0363
2	1,30	5	6,50	-0,06	0,0036	0,0180
3	1,32	6	7,92	-0,04	0,0016	0,0096
4	1,36	9	12,14	0,00	0,0000	0,0000
5	1,38	8	11,04	0,02	0,0004	0,0032
6	1,40	5	7,00	0,04	0,0016	0,0080
7	1,42	4	5,68	0,06	0,0036	0,0144
8	1,45	3	4,35	0,09	0,0081	0,0243
Всього	—	43	58,48	—	—	0,1138

Для розрахунку середнього значення стартової реакції (с) формула (3.3.1) прийме вигляд:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot n_i)}{n}; \quad (3.3.10)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^8 (x_i \cdot n_i)}{n} = \frac{58,48}{43} = 1,36.$$

Наступним показником варіаційного ряду є дисперсія, яка вказує на розсіювання даних щодо середньої арифметичної величини (у квадраті), формула (3.3.2):

$$D = \frac{0,1138}{43} = 0,0025.$$

Середнє арифметичне значення ряду отримано в тих же одиницях (у нашому прикладі – в секундах), що і вихідні вимірювання, водночас як дисперсія обчислена у квадраті цих величин.

Середнє квадратичне відхилення має ті ж одиниці вимірювання, що й результати вимірювання, тобто характеризує ступінь відхилення результатів від середнього значення в абсолютних одиницях формула (3.3.4):

$$S = \sqrt{0,0025} = 0,05.$$

Таким чином, уся група чисел може бути представлена інтервалом в межах від $(1,36 - 0,05) = 1,31$ до $(1,36 + 0,05) = 1,41$ ($1,31 < x < 1,41$) с, який можна записати як: величина стартової реакції 43 атлетів – $1,36 \pm 0,05$ секунд. Коефіцієнт варіації визначається за формулою (3.3.5):

$$V = \frac{0,05}{1,36} \cdot 100\% = 3,68\%.$$

У спортивній практиці коливання результатів від 0 до 10 %, залежно від величини коефіцієнта варіації, вважають невеликим.

Помилку репрезентативності розраховують за формулою (3.3.6):

$$m = \frac{0,05}{\sqrt{43}} = 0,007.$$

3.4. Нормальний розподіл

Говорячи про безперервні випадкові величини, виділимо одну, яка має нормальний розподіл. Особливу увагу цій величині приділяється з тієї причини, що дуже значна кількість процесів у техніці, природі, громадському житті і у спорті підпорядковуються нормальному закону.

Нормальний розподіл, також називається розподілом Гауса або Гауса-Лапласа, або дзвоноподібна крива – безперервний розподіл імовірностей з піком у центрі

і симетричними бічними сторонами, який в одновимірному випадку задається функцією щільності ймовірності, що збігається з функцією Гауса.

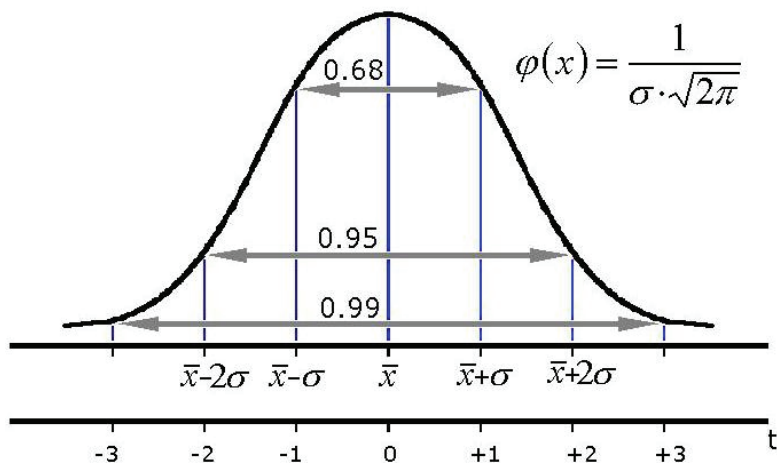


Рисунок 3.4.1. Крива щільності нормального розподілу

Графічне уявлення нормально розподіленої випадкової величини показано на рис. 3.4.1, де $\varphi(x)$ – щільність імовірності; $\bar{x}$ – середнє значення x (або математичне очікування); σ – середнє квадратичне відхилення.

Як видно з рис. 3.4.1, параметр $\bar{x}$ визначає положення симетричної нормальної кривої щодо вертикальної осі, а параметр σ пов'язаний з формою кривої. Чим більше σ , тим більш «сплюснутою» до осі Ox виглядає нормальна крива, чим менше σ , тим більш гостроверхою є крива.

Площа під нормальною кривою дорівнює одиниці. Це пояснюється тим, що потрапляння можливих значень нормально розподіленої випадкової величини в діапазон $x \in (-\infty; \infty)$ є подією достовірною, ймовірність якої дорівнює одиниці.

З властивостей кривої необхідно відмітити:

1. Симетричність кривої відносно середнього значення.
2. Залежність кривої від середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення.
3. Медіана, мода та середнє значення нормального розподілу співпадають.

На кривій нормального розподілу є характерні точки, які відповідають перегину кривої ($\pm\sigma$, $\pm2\sigma$, $\pm3\sigma$).

Так, у діапазонах:

- $\bar{x} \pm \sigma$ міститься 68,3 % усіх можливих значень ознаки;
- $\bar{x} \pm 2\sigma$ – 95,4 % усіх можливих значень ознаки;
- $\bar{x} \pm 3\sigma$ – 99,7 % від усіх можливих значень ознаки.

Отже, переважна більшість можливих значень (99,7 %) потрапляє в діапазон $x \in (\bar{x} - 3\sigma; \bar{x} + 3\sigma)$. Це дає можливість приблизно оцінити належність даного емпіричного розподілу до нормального закону. Справді, якщо 0,99n значень емпіричного розподілу (де n – загальна кількість значень) виявляються в діапазоні $x \in (\bar{x} - 3\sigma; \bar{x} + 3\sigma)$, то можна в першому наближенні вважати цей розподіл нормальним. Ця методика перевірки емпіричного розподілу на належність до нормального отримала назву – правило 3σ (трьох «сигм»).

Точніші прийоми визначення належності емпіричного розподілу нормального розподілу пов'язані з теорією статистичного висновку.

Узагальнюючи досвід вирішення завдань, слід зазначити, що більшість емпіричних розподілів у спорті має нормальний характер. Однак, враховуючи важливість можливих висновків, заснованих на нормальному характері розподілу, необхідно мати методику перевірки «нормальності» даного емпіричного розподілу.

Критерії згоди

Щоб перевірити, чи відповідає розподіл нормальним законом, існує багато методів. Можна використовувати властивості

нормального розподілу (рівність середнього, моди та медіани), а також правило трьох сигм.

Проте точніші результати дають критерії згоди. Залежно від обсягу вибірки (n) слід використовувати різні критерії:

– якщо обсяг вибірки невеликий ($n = 10$) – критерій Шапіро-Уїлка;

– якщо обсяг вибірки понад 40 – застосовують критерій згоди Пірсона χ^2 (хі-квадрат) або критерій Колмогорова-Смирнова.

Контрольні питання

1. З якою метою застосовується метод середніх величин?
2. Поясніть, що означає середнє квадратичне відхилення, дисперсія?
3. З якою метою застосовують коефіцієнт варіації?
4. Поясніть суть вибіркового методу. Поясніть поняття «вибіркова» і «генеральна» сукупність.
5. Назвіть формули розрахунку помилки репрезентативності.
6. Які застосовують способи комплектування вибірок у спорті?
7. Як визначити обсяг вибірки?

Література

1. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія: методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
2. Неделько Е. Ю., Яцунский А. С. Статистические аспекты спортивной метрологии : учебное пособие. Николаев : НУК, 2015. 128 с.
3. Неделько Є. Ю., Кувалдіна О. В., Чорний О. Л. Практикум зі спортивної метрології : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2012. 65 с.

4. Зациорский В. М. Спортивная метрология. Москва : Физкультура и спорт, 1982. 256 с.
5. Клапчук В. В., Самошкін В. В. Кількісна оцінка рівня фізичного здоров'я та превентивна фізична реабілітація курсантів і студентів вищих навчальних закладів МВС України : навч. посіб. Дніпропетровськ : ЮАМВС, 2005. 52 с.
6. Містулова Т. Є. Математичні методи в теорії і практиці спорту : навч. посіб. Київ : Науковий світ, 2004. 90 с.
7. Ромакін В. В. Комп'ютерний аналіз даних : навч. посіб. Миколаїв : МДГУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.
8. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : підручник. Київ : КНТ, 2010. 776 с.

Практична робота № 3

Статистичні методи обробки результатів вимірювання

Мета роботи: засвоєння понять, що характеризують варіаційні ряди, визначення параметрів цих рядів, які характеризують сукупність.

Теоретичні відомості

У переважній більшості випадків при аналізі результатів змагань, оцінці ефективності тренувального процесу, поточному контролю психофізіологічного стану спортсменів доводиться стикатися з необхідністю обробки числових даних. Ці масиви даних прийнято узагальнювати у вигляді варіаційних рядів, які являють собою таблиці, що містять відомості про величини X_i вивчаємої ознаки та їх частоти n_i (кількість повторень). Якщо даних не дуже багато (до ста) і вони незначно відрізняються один від одного, то складають дискретні варіаційні ряди. Приклад представлений у табл. 3.5.1.

Таблиця 3.5.1

Дискретний варіаційний ряд

i	1	2	3	4	5	Σ
x_i	1	3	5	7	9	—
n_i	5	10	15	20	10	60

Якщо даних значна кількість (декілька сотень) і вони суттєво відрізняються один від одного, будують безперервні варіаційні ряди, як це відображено в табл. 3.5.2.

Таблиця 3.5.2

Безперервний варіаційний ряд

i	1	2	3	4	5	6	Σ
$[xi; x_{i+1})$	20...40	40...60	60...80	80...100	100...120	120...140	—
n_i	30	50	20	60	30	10	$n = 200$

При складанні такого ряду знаходять найменше і найбільше значення x . Потім визначають довжину інтервалу за формулою:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{l}, \quad (3.5.1)$$

де l – кількість інтервалів.

Ранжування – це операція розташування чисел у порядку або збільшення, або зменшення.

Варіаційний ряд – це подвійний стовпчик (рядок) ранжованих чисел, де з одного боку стоїть показник – варіанта, а з іншого – його кількість – частота.

Сума частот називається обсягом сукупності, тобто загальним числом варіант. Сума всіх частот і є обсягом сукупності. В наведеному прикладі $n = 60$ обсяг сукупності.

Для наочності варіаційні ряди прийнято представляти графічно у вигляді полігонів і гістограм. Для дискретного варіаційного ряду (див. табл. 3.5.1) полігон та гістограма показані на рис. 3.5.1.

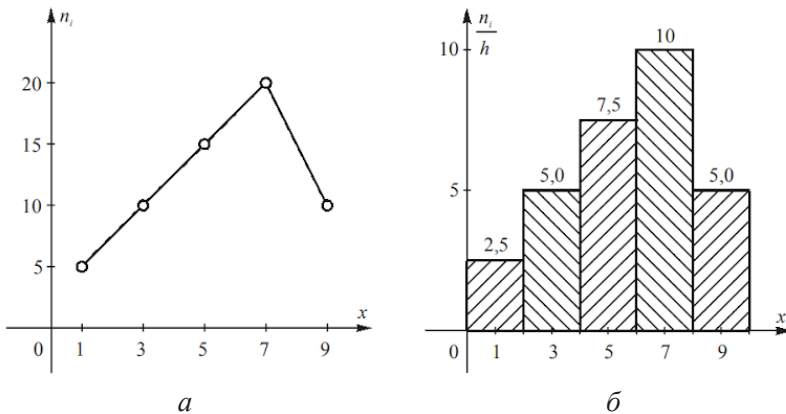


Рисунок 3.5.1. Полігон (а) та гістограма (б) частот дискретного варіаційного ряду

Для аналізу даних, представлених варіаційними рядами, та їх порівняння використовуються числові характеристики, основні з яких: мода, медіана, середнє значення, дисперсія, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації. Опишемо ці характеристики.

Мода Mo – значення варіаційного ряду, що зустрічається із найбільшою частотою. Для дискретного варіаційного ряду (див. табл. 3.4.1) $Mo = 7$.

Медіана Me – значення варіаційного ряду, що ділить його на дві рівні за кількістю значень частини. Для дискретного ряду $Me = 5$.

Середнє значення $\bar{x}$ – значення варіаційного ряду, яке приймається в середньому при випробуваннях. Обчислення середнього значення проводиться за формулою (3.3.10):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot n_i}{n}.$$

Дисперсія – число, що визначає, наскільки далеко або близько від середини розташовуються в середньому всі значення варіаційного ряду, обчислюється за формулою (3.3.2):

$$D = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i}{n}.$$

Порядок виконання роботи

У роботі задіяно масив даних: статистичні спостереження за результатами участі спортсмена у змаганнях різного рівня протягом 10 років. Фіксувалося місце, зайняте спортсменом («0» – неучасть) (додаток 1).

Завдання 1. За даними (додаток 1) скласти дискретний варіаційний ряд, побудувати полігон та гістограму частот.

Завдання 2. Знайти основні числові характеристики цього варіаційного ряду: середнє, моду, медіану, дисперсію, середнє квадратичне відхилення (стандартне відхилення), коефіцієнт варіації.

Приклад виконання практичної роботи № 3

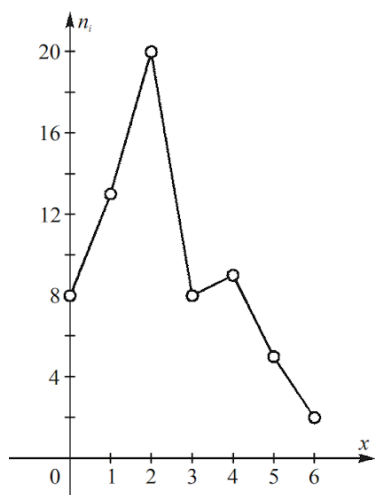
За даними (додаток 1) будуюмо дискретний варіаційний ряд у табл. 3.5.3.

Таблиця 3.5.3

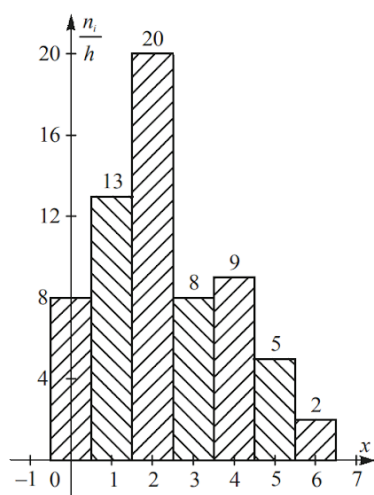
Дискретний варіаційний ряд

№	x_i	n_i
1	0	8
2	1	13
3	2	20
4	3	8
5	4	9
6	5	5
7	6	2
Σ	—	65

Побудуємо полігон частот і гістограму частот (рис. 3.5.2).



а



б

Рисунок 3.5.2. Полігон (а) та гістограма (б) частот

Визначаємо основні числові характеристики:

$$Mo = 2;$$

$$Me = 3.$$

Середнє значення розраховуємо за формулою (3.3.10):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^7 x_i \cdot n_i}{65} = \frac{0 \cdot 8 + 1 \cdot 13 + 2 \cdot 20 + 3 \cdot 8 + 4 \cdot 9 + 5 \cdot 5 + 6 \cdot 2}{65} = 2,3.$$

Для зручності складемо таблицю розрахунків 3.5.4.

Таблиця 3.5.4

Розрахунок попередніх значень

№ з/п	x_i	n_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i$
1	0	8	-2,3	5,29	42,32
2	1	13	-1,3	1,69	21,97
3	2	20	-0,3	0,09	1,8
4	3	8	0,7	0,49	3,92
5	4	9	1,7	2,89	26,01
6	5	5	2,7	7,29	36,45
7	6	2	3,7	13,69	27,38
Σ	—	65			159,85

Для знаходження дисперсії скористаємось формулою (3.3.2):

$$D = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^7 (x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i}{65} = \frac{159,85}{65} = 2,46.$$

Розрахуємо середнє квадратичне відхилення за формулою (3.3.4):

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{2,46} = 1,57.$$

Знайдемо коефіцієнт варіації за формулою (3.3.5):

$$V = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{1,57}{2,3} \cdot 100\% = 68,2\%.$$

Спортсмен за 10 років посів місця в діапазоні $x = \bar{x} \pm S = 2,3 \pm 1,57$.

Високе значення коефіцієнта варіації свідчить про нестабільність показаних результатів.

Контрольні питання

1. З якою метою застосовується метод середніх величин?
2. Поясніть, що означає середнє квадратичне відхилення, дисперсія?
3. З якою метою застосовують коефіцієнт варіації?
4. Як визначити обсяг вибірки?

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.
3. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
4. Неделько Е. Ю., Яцунский А. С. Статистические аспекты спортивной метрологии : учебное пособие. Николаев : НУК, 2015. 128 с.
5. Неделько Е. Ю., Кувалдіна О. В., Чорний О. Л. Практикум зі спортивної метрології : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2012. 65 с.
6. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : підручник. Київ : КНТ, 2010. 776 с.

ТЕМА 4. МЕТОДИ ПОРІВНЯННЯ ВИБІРОК ТА АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

Теоретичні відомості

План

4.1. Методи порівняння двох вибірок

4.2. Порівняння декількох вибірок (дисперсійний аналіз)

Практична робота № 4

4.1. Методи порівняння двох вибірок

Статистична достовірність має істотне значення в практиці фізичної культури і спорту. Раніше було відзначено, що з однієї і тієї ж генеральної сукупності може бути обрано безліч вибірок. Якщо вони підібрані коректно, то їх середні показники і показники генеральної сукупності незначно відрізняються один від одного величиною помилки репрезентативності з урахуванням прийнятої надійності. Якщо вони обираються з різних генеральних сукупностей, розходження між ними виявляється істотним. У статистиці повсюдно розглядається порівняння вибірок. Якщо вони відрізняються несуттєво, тобто фактично належать одній і тій же генеральній сукупності, різниця між ними називається статистично недостовірною.

Статистично достовірною відмінністю характеризуються вибірки, які розрізняються значимо та принципово, тобто належать різним генеральним сукупностям. У практиці фізичної культури і спорту оцінка статистичної достовірності відмінностей вибірок означає рішення безліч практичних завдань. Наприклад, введення нових методик навчання, програм, комплексів вправ, тестів, контрольних вправ пов'язане з їх експериментальною перевіркою, яка має показати, що випробувальна група принципово відрізняється від контрольної. Тому застосовують спеціальні статистичні методи, так звані критерії статистичної достовірності, що дозволяють виявити наявність або відсутність статистично достовірної відмінності між вибірками. Усі критерії поділяються на дві групи: параметричні та непараметричні.

Параметричні критерії передбачають обов'язкову наявність нормального закону розподілу. Параметричні критерії є найбільш точними та коректними. Непараметричні критерії засновані на рангових (порядкових) відмінностях між елементами вибірок. Наведемо основні критерії статистичної достовірності, що використовуються в практиці фізичної культури і спорту: критерій Стьюдента, критерій Фішера, критерій Вілкоксона, критерій Уайта, критерій Ван-дер-Вардена (критерій знаків).

Параметричні методи порівняння вибірок. У практиці спортивної метрології найбільш часто використовуються критерій Стьюдента і критерій Фішера.

Критерій Стьюдента був розроблений англійським ученим Вільямом Госсетом для оцінки якості пива компанії Гіннесс. Стаття Госсета вийшла в 1908 році в журналі Карла Пірсона «Біометрика» («Стьюдент» – псевдонім). Для коректного застосування критерію Стьюдента для двох груп необхідно обов'язкове виконання умов нормального розподілу змінних,

що досліджується, у кожній із груп, що порівнюється. Вибірки при порівнянні за критерієм Стюдента (t) можуть бути різними за обсягом і розраховуються за наступною формулою:

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}}}, \quad (4.1.1)$$

де $\bar{x}$, $\bar{y}$ – середні значення порівнюваних вибірок;

n_x , n_y – обсяг першої та другої вибірок;

S_x , S_y – середнє квадратичне відхилення першої та другої вибірок.

За таблицею критичних значень (додаток 2), в залежності від рівня значущості α та числа ступенів свободи k , знаходимо величину критичного значення критерію $t_{kp}(\alpha, k)$.

Рівень значущості – це ймовірність, за якої конкретна подія в конкретних умовах вважається «практично неможливою». Рівень значущості обирає дослідник; зазвичай беруть 0,05; 0,01; 0,01. У практиці фізичного виховання та спорту достатньо прийняти надійність розрахунку $\rho = 0,95$ ($\alpha = 0,05$). Кількість ступенів свободи (кількість незалежних змінних, які однозначно описують стан фізичної системи) розраховується за формулою:

$$k = n_x + n_y - 2. \quad (4.1.3)$$

Для малих залежних вибірок однакового обсягу використовуємо наступну формулу:

$$t = \frac{|\bar{z}| \sqrt{n(n-1)}}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}, \quad (4.1.4)$$

де

$$z_i = x_i - y_i, \quad (4.1.5)$$

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i. \quad (4.1.6)$$

Число ступенів свободи:

$$k = n - 1, \quad (4.1.7)$$

де n – обсяг вибірки.

Потім порівнюємо t і $t_{кр}$. У випадку, якщо

$t \geq t_{кр}$ – розбіжності між вибірками статично достовірні;

$t \leq t_{кр}$ – розбіжності між вибірками статично не достовірні.

Критерій Фішера. Для визначення стабільності результатів, наявності істотного зрушення з розсіювання вимірювань застосовується параметричний критерій – критерій Фішера (F). В обчисленнях може використовуватися формула:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (4.1.8)$$

де S_1^2 і S_2^2 – дисперсії порівнювальних показників.

Умовами критерію Фішера передбачено, що в чисельнику формули знаходиться більша за значенням дисперсія, тобто число F завжди більше одиниці.

За таблицю (додаток 3) знаходимо критичне значення критерію $F_{кр}(a, k_1, k_2)$, в залежності від рівня значущості a та кількості ступенів свободи:

$$k_1 = n_1 - 1 \text{ – число ступенів свободи більшої дисперсії;} \quad (4.1.9)$$

$$k_2 = n_2 - 1 \text{ – число ступенів свободи меншої дисперсії.} \quad (4.1.10)$$

Порівняння критеріїв дозволяє сформулювати висновки:

якщо $F \geq F_{кр}$, то відмінність між вибірками статистично достовірна;

якщо $F \leq F_{кр}$, то відмінність між вибірками статично недостовірна.

Приклад. Проаналізувати дві групи гандболістів: 16 осіб (x) та 18 осіб (y). Ці групи спортсменів показали результат – час відштовхування (c) при кидку м'яча у ворота.

Чи однотипні показники відштовхування? Вихідні дані та основні розрахунки представлені в таблицях 4.1.1 та 4.1.2.

Таблиця 4.1.1

Вихідні дані та розрахунки для першої групи гандболістів

№ з/п	x_j	n_j	$x_j \cdot n_j$	$(x_j - \bar{x})$	$(x_j - \bar{x})^2$	$(x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	0,18	3	0,54	0,02	0,0004	0,0012
2	0,17	3	0,51	0,01	0,0001	0,0003
3	0,16	4	0,64	0,00	0,0000	0,0000
4	0,15	3	0,45	-0,01	0,0001	0,0003
5	0,14	2	0,28	-0,02	0,0004	0,0008
6	0,13	1	0,13	-0,0	0,0009	0,0009
Усього	—	16	2,55	—	—	0,0035

Таблиця 4.1.2

Вихідні дані та розрахунки для другої групи гандболістів

№ з/п	y_j	n_j	$y_j \cdot n_j$	$(y_j - \bar{y})$	$(y_j - \bar{y})^2$	$(y_j - \bar{y})^2 \cdot n_j$
1	0,18	3	0,54	0,005	0,0025	0,0075
2	0,14	5	0,70	0,01	0,0001	0,0005
3	0,13	6	0,78	0,00	0,0000	0,0000
4	0,12	2	0,24	-0,01	0,0001	0,0002
5	0,11	1	0,11	-0,02	0,0004	0,0004
6	0,10	1	0,10	0,03	0,0009	0,0009
Усього	—	18	2,47	—	—	0,0095

Середнє значення x знаходимо за формулою (3.3.10):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot n_i}{n_x} = \frac{2,55}{16} = 0,16 \text{ с.}$$

Дисперсію розраховуємо за формулою (3.3.2):

$$D_x = S_x^2 = \frac{0,0035}{16} = 0,0002 \text{ с}^2.$$

Середнє значення $\bar{y}$ знаходимо за формулою (3.3.10):

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot n_i}{n_y} = \frac{2,47}{18} = 0,14 \text{ с}.$$

Дисперсію розраховуємо за формулою (3.3.2):

$$D_y = S_y^2 = \frac{0,0095}{18} = 0,0005 \text{ с}^2.$$

Критерій Фішера знаходимо за формулою (4.1.8):

$$F = \frac{D_y}{D_x} = \frac{0,0005}{0,0002} = 2,5;$$

$$\rho = 0,95(a = 0,05).$$

Число ступенів свободи знаходимо за формулами (4.1.9) та (4.1.10):

$$k_1 = n_1 - 1 = 18 - 1 = 17 - \text{число ступенів свободи} \\ \text{більшої дисперсії};$$

$$k_2 = n_2 - 1 = 16 - 1 = 15 - \text{число ступенів свободи} \\ \text{меншої дисперсії}.$$

За даними, наведеними в таблиці критичних значень (додаток 3), з'ясовуємо, що знайдений нами критерій за значенням більше, ніж критичний.

Статистичний висновок. Оскільки знайдений критерій Фішера (2,5) більше за значенням критичного (2,4), вибірки розрізняються статистично достовірно.

Педагогічний висновок. Значення часу відштовхування (с) при кидку м'яча у ворота в гандболістів обох груп істотно розрізняються.

Непараметричні методи порівняння вибірок

Непараметричні методи засновані на рангових (порядкових) відмінностях між елементами вибірок. Непараметричні методи порівняння вибірок значно простіші в розрахунках, ніж їх параметричні аналоги. При вирішенні питання вибору параметричних або непараметричних методів порівняння необхідно мати на увазі, що параметричні методи мають значно більшу статистичну чутливість, ніж непараметричні методи.

Непараметричні методи застосовуються за таких умов: є підстави вважати, що розподіл значень ознаки в генеральній сукупності не відповідає нормальному розподілу; є сумнів щодо нормальності розподілу ознаки в генеральній сукупності, але вибірка достатньо мала, щоб за вибіркоvim розподілом робити висновки про генеральну сукупність; не виконується вимога гомогенності дисперсії при порівнянні середніх значень для незалежних вибірок.

Критерій Вілкоксона. Найчутливішим непараметричним аналогом критерію t -Ст'юдента для вибірок однакового обсягу при попарному порівнянні їх елементів є критерій Вілкоксона (W). Він визначається так:

1. Задаємо надійність підрахунку і визначаємо кількість ступенів свободи $k = n - 1$, де n – кількість пар елементів обох груп. За таблицею «критичних значень» знаходимо критичні значення $W_{кр}$ (додаток 4).

2. Порівняння критеріїв W і $W_{кр}$ дозволяє зробити висновки:

– якщо $W \geq W_{кр}$, різниця між вибірками статистично недостовірна;

– якщо $W \leq W_{кр}$, різниця між вибірками статистично достовірна.

Приклад. У групі ковзанярів у кількості 6 осіб фіксувався час бігу на 30 м (с) до початку (x_j) і в кінці (y_j) серії тренувань.

Завданням дослідження було визначення ефективності тренувань. Вихідні дані: показники швидкості бігу на 30 м ковзанярів до і після тренувань, основні розрахунки наведені в табл. 4.1.1.

Таблиця 4.1.1

Розрахунок критерія Вілкоксона

№ з/п	x_j	y_j	$x_j - y_j$	W	$W(+)$	$W(-)$
1	4,15	4,12	0,03	3,5	3,5	–
2	4,17	4,20	-0,03	3,5	–	3,5
3	4,20	4,15	0,05	6,0	6,0	–
4	4,22	4,25	-0,03	3,5	–	3,5
5	4,24	4,26	-0,02	1,0	–	1,0
6	4,25	4,22	0,03	3,5	3,5	–
Усього	–	–	–	13,0	13,0	8,0

Спочатку визначаємо різницю кожної пари вихідних значень з точною вказівкою її знака. Всім різницям присвоюємо ранги відповідно до їх зростання. При цьому знак різниці не враховується. У даному випадку найменше значення має різницю 0,02 (даному числу присвоюється 1 ранг). Потім чотири рази повторюється різниця 0,03. Тут усім значенням присвоюється однаковий ранг $(2 + 3 + 4 + 5) : 4 = 3,5$. Величині різниці 0,05 присвоюється ранг 6. Таким чином, у графі W таблиці записуємо всі ранги без урахування їх знака. Наступним кроком буде уточнення знаків. Із цією метою окремо визначимо ранги додатних різниць у графі $W(+)$, а від'ємних – у графі $W(-)$. Виписані ранги підсумуємо – менша з цих сум є критерієм Вілкоксона. У даному прикладі $W = 8,0$.

Тепер задамо надійність підрахунку: $\rho = 0,95$ ($\alpha = 0,05$) при кількості порівнюваних пар (6) за таблицею критичних

значень знаходимо критичне значення $W_{кр} = 1$ (додаток 4). Порівнювальні вибірки різняться статистично недостовірно ($W = 8,0 > W_{кр} = 1$).

Педагогічний висновок. Група досліджуваних провела малоефективну серію тренувань.

4.2. Порівняння декількох вибірок (дисперсійний аналіз)

У тренерській практиці доводиться стикатися з ситуацією, коли необхідно порівняти ступінь готовності до відповідальних стартів кількох груп спортсменів, наприклад, під час відбору у збірну команду. Методика попарного порівняння у цьому випадку не придатна. Річ у тому, що зі зростанням числа середніх зростає і найбільша різниця між ними: середня нової вибірки може виявитися більшою за найбільшу або меншою за найменшу із середніх, отриманих до нового досвіду.

Дієвим у цьому випадку буде дисперсійний аналіз. Основна ідея методу полягає в тому, що про випадковості або закономірності різниці групових середніх судять по дисперсії. Розглядають факторну S_{ϕ}^2 або залишкову $S_{зал}^2$ дисперсії. Перша оцінює впливи безпосередньо фактора (ступеня готовності спортсмена), друга – інтегрально оцінює вплив випадкових причин на результат.

Оцінка суттєвості впливу факторів проводиться за критерієм Фішера.

Значення критерію Фішера, що спостерігається, обчислюється за формулою:

$$F = \frac{S_{\phi}^2}{S_{зал}^2}. \quad (4.2.1)$$

Критична точка правосторонньої критичної області $F_{кр}$ знаходиться за таблицею додатка 3 і залежить від величин:

α , k_1 , k_2 , де α – рівень значущості, k_1 , k_2 – число ступенів свободи факторної та залишкової дисперсії:

$$k_1 = p - 1, \quad (4.2.2)$$

$$k_2 = N - p, \quad (4.2.3)$$

де p – кількість рівнів фактора, тобто число груп;
 N – сума спостережень на всіх рівнях фактора, тобто загальна кількість спортсменів у всіх групах.

Якщо F не потрапляє в критичну область, то розбіжність між середніми визнається несуттєвою. Якщо ж F потрапляє в критичну область, розбіжність визнається закономірною. Якщо це так, то можна провести додатково попарне порівняння, щоб з'ясувати, яка група спортсменів підготовлена краще.

Приклад. У семи плавальних центрах пройшли підготовку 28 кандидатів у збірну. На тренувальний збір із кожного центру залучено різну кількість спортсменів. Порівняльна ефективність роботи центрів перевірялася контрольним тестуванням спортсменів і оцінювалась у балах. При рівні значущості $\alpha = 0,05$ перевірити гіпотезу про рівність середніх результатів тестування по всіх плавальних центрах. Результати тестування спортсменів наведено у табл. 4.2.1.

Таблиця 4.2.1

Результати тестування спортсменів

$i \backslash j$	Рівні фактора F_j (плавальні центри)							Σ
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	75	104	96	92	76	92	89	
2	86	89	88	89	89	87	85	
3		92	105		90	88	93	
4		90	90		77	82		

Закінчення таблиці 4.2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5		81	91		75	90		
6						86		
n_j	2	5	5	2	5	6	3	$N = 28$
$\overline{x_{j.гp}}$	80,5	91,2	94	90,5	81,4	87,5	89	

Групові середні розраховуємо за формулою:

$$\overline{x_{j.гp}} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x_i. \quad (4.2.4)$$

Загальна середня:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^7 \overline{x_{j.гp}} \cdot n_j, \quad (4.2.5)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{28} \cdot (80,5 \cdot 2 + 91,2 \cdot 5 + 94 \cdot 5 + 90,5 \cdot 2 + 81,4 \cdot 5 + 87,5 \cdot 6 + 89 \cdot 3) = 88.$$

Перейдемо до нових координат:

$$y_{ij} = x_{ij} - \bar{x}$$

Таблиця 4.2.2

Розрахунок проміжних даних

$i \backslash j$	Рівні фактора F_j (плавальні центри)														Σ
	F_1		F_2		F_3		F_4		F_5		F_6		F_7		
	y_{j1}	y_{j1}^2	y_{j2}	y_{j2}^2	y_{j3}	y_{j3}^2	y_{j4}	y_{j4}^2	y_{j5}	y_{j5}^2	y_{j6}	y_{j6}^2	y_{j7}	y_{j7}^2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-13	169	16	256	8	64	4	16	-12	144	4	16	1	1	
2	-2	4	1	1	2	4	1	1	1	1	-1	1	3	9	
3			4	16	17	289			2	4	0	0	5	25	
4			2	4	2	4			-11	121	-6	36			

Закінчення таблиці 4.2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5			-7	49	3	9			-13	169	2	4			
6											-2	4			
n_j	2		5		5		2		5		6		3		$N = 28$
K_j		173		326		366		17		439		61		35	1417
T_j	-15		16		30		5		-33		-3		3		3
$\frac{T_j^2}{n_j}$	112,5		51,2		180		12,5		217,8		1,5		3		578,5

Для обчислення факторної та залишкової дисперсії використовуємо такі формули:

$$S_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^7 K_j - \frac{1}{N} \left(\sum_{j=1}^7 T_j \right)^2, \quad (4.2.7)$$

$$S_{\Phi} = \sum_{i=1}^7 \frac{1}{n_j} T_j^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{j=1}^7 T_j \right)^2, \quad (4.2.8)$$

де

$$K_j = \sum_{i=1}^{n_j} y_{ij}^2 = 1416,7, \quad (4.2.9)$$

$$T_j = \sum_{i=1}^{n_j} y_{ij}^2 = 3, \quad (4.2.10)$$

$$S_{\text{заг}} = 1417 - \frac{3^2}{28} = 1416,7,$$

$$S_{\Phi} = 578,5 - \frac{3^2}{28} = 578,2,$$

$$S_{\text{зал}} = S_{\text{заг}} - S_{\text{фак}} = 1416,7 - 578,2 = 838,5. \quad (4.2.11)$$

Факторна дисперсія

$$S_{\Phi}^2 = \frac{S_{\Phi}}{p-1}, \quad (4.2.12)$$

$$S_{\Phi}^2 = \frac{578,2}{7-1} = \frac{578,2}{6} = 96,4.$$

Залишкова дисперсія

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{S_{\text{зал}}}{N-p}, \quad (4.2.13)$$

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{838,5}{28-7} = \frac{838,5}{21} = 39,9.$$

Значення критерію Фішера знайдемо за формулою (4.2.1):

$$F = \frac{S_{\Phi}^2}{S_{\text{зал}}^2} = \frac{96,4}{39,9} = 2,42.$$

Критичну точку правосторонньої критичної області знайдемо за таблицею додатка 3:

$$F_{\text{кр}}(\alpha, k_1, k_2) = F_{\text{кр}}(0,05, 6, 21) = 2,6;$$

$$F \leq F_{\text{кр}}.$$

Через те, що F менше критичного значення, то різниця між факторною та залишковою дисперсією визнається несуттєвою. Інакше кажучи, середній рівень підготовки спортсменів у всіх групах приблизно однаковий. Різниця групових середніх пояснюється випадковими причинами. Слід зауважити, що в даному прикладі F і $F_{\text{кр}}$ відрізняються несуттєво. І тут сенс повторити контрольні змагання, розширивши, можливо, представництво учасників від кожного плавального центру. Мале представництво від першого, другого та сьомого центрів могло позначитися на загальному результаті порівняння.

Контрольні питання

1. З якою метою застосовують порівняння вибірок? Наведіть приклади.
2. Охарактеризуйте параметричні методи порівняння вибірок.
3. Охарактеризуйте непараметричні методи порівняння вибірок.
4. Поясніть, що таке дисперсійний аналіз.

Література

1. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
2. Неделько Е. Ю., Яцунский А. С. Статистические аспекты спортивной метрологии : учебное пособие. Николаев : НУК, 2015. 128 с.
3. Неделько Є. Ю., Кувалдіна О. В., Чорний О. Л. Практикум зі спортивної метрології : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2012. 65 с.
4. Зациорский В. М. Спортивная метрология. Москва : Физкультура и спорт, 1982. 256 с.
5. Містулова Т. Є. Математичні методи в теорії і практиці спорту : навч. посіб. Київ : Науковий світ, 2004. 90 с.
6. Ромакін В. В. Комп'ютерний аналіз даних : навч. посіб. Миколаїв : МДГУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.
7. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : підручник. Київ : КНТ, 2010. 776 с.

Практична робота № 4

Методи порівняння вибірок

Мета роботи: ознайомитись з методами порівняння вибірок.

Статистична достовірність має істотне значення в практиці фізичної культури і спорту. Раніше було відзначено, що з однієї і тієї ж генеральної сукупності може бути обрано безліч вибірок. Якщо вони підібрані коректно, то їх середні показники та показники генеральної сукупності незначно відрізняються один від одного величиною помилки репрезентативності з урахуванням прийнятої надійності. Якщо вони обираються з різних генеральних сукупностей, розходження між ними виявляються істотними. У статистиці повсюдно розглядається порівняння вибірок. Якщо вони відрізняються несуттєво, тобто фактично належать одній і тій же генеральній сукупності, різниця між ними називається статистично недостовірною.

Статистично достовірною відмінністю характеризуються вибірки, які розрізняються значимо й принципово, тобто належать різним генеральним сукупностям. У практиці фізичної культури і спорту оцінка статистичної достовірності відмінностей вибірок означає розв'язання безлічі практичних завдань. Наприклад, введення нових методик навчання, програм, комплексів вправ, тестів, контрольних вправ пов'язане з їх експериментальною перевіркою, яка має показати, що випробувальна група принципово відрізняється від контрольної. Тому застосовують спеціальні статистичні методи, так звані критерії статистичної достовірності, що дозволяють виявити наявність або відсутність статистично достовірної відмінності між вибірками. Усі критерії поділяються на дві групи: параметричні та непараметричні.

Параметричні критерії передбачають обов'язкову наявність нормального закону розподілу. Параметричні критерії

є найбільш точними та коректними. Непараметричні критерії засновані на рангових (порядкових) відмінностях між елементами вибірок. Наведемо основні критерії статистичної достовірності, що використовуються в практиці фізичної культури і спорту: критерій Стюдента, критерій Фішера, критерій Вілкоксона, критерій Уайта, критерій Ван-дер-Вардена (критерій знаків).

Параметричні методи порівняння вибірок. У практиці спортивної метрології найбільш часто використовуються критерій Стюдента і критерій Фішера.

Для коректного застосування критерію Стюдента для двох груп необхідно обов'язкове виконання двох умов: нормальний розподіл змінної, що досліджується, у кожній із груп, що порівнюється. Вибірki при порівнянні за критерієм Стюдента (t) можуть бути різними за обсягом.

Для великих ($n > 30$) незалежних вибірок даний критерій знаходимо за такою формулою:

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}}} . \quad (4.1.1)$$

Для малих ($n \leq 30$) незалежних вибірок даний критерій знаходимо за такою формулою:

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{(n_x - 1) \cdot S_x^2 + (n_y - 1) \cdot S_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}} , \quad (4.1.2)$$

де $\bar{x}, \bar{y}$ – середні значення порівнюваних вибірок;

n_x, n_y – обсяг першої та другої вибірок;

S_x, S_y – середнє квадратичне відхилення першої та другої вибірок.

Практично у фізичному вихованні та спорті достатньо прийняти надійність розрахунку $\rho = 0,95$ ($\alpha = 0,05$) та кількості ступенів свободи

$$k = n_1 + n_2 - 2, \quad (4.1.3)$$

де n_1, n_2 – обсяг першої та другої вибірок.

За таблицею (додаток 2), в залежності від рівня значущості α та числа ступенів свободи k , знаходимо величину критичного значення критерію $t_{\text{кр}}(\alpha, k)$.

Потім порівнюємо t і $t_{\text{кр}}$. У випадку, якщо

$t \geq t_{\text{кр}}$ – розбіжності між вибірковою статистичністю достовірні;

$t \leq t_{\text{кр}}$ – розбіжності між вибірковою статистичністю не достовірні.

Для малих залежних вибірок однакового обсягу даний критерій знаходимо за такою формулою:

$$t = \frac{|\bar{z}| \sqrt{n(n-1)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}}, \quad (4.1.4)$$

$$z_i = x_i - y_i, \quad \bar{z} = \sum z,$$

$$k = n - 1.$$

Критерій Фішера. Для визначення стабільності результатів, наявності істотного зрушення з розсіювання вимірювань застосовується параметричний критерій – критерій Фішера (F). В обчисленнях може використовуватися формула:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (4.1.8)$$

де S_1^2 і S_2^2 – дисперсії порівнювальних показників.

Умовами критерію Фішера передбачено, що в чисельнику формули знаходиться більша за значенням дисперсія, тобто число F завжди більше одиниці.

За таблицею (додаток 3) знаходимо критичне значення критерію $F_{\text{кр}}(a, k_1, k_2)$, в залежності від рівня значущості a та кількості ступенів свободи:

$$k_1 = n_1 - 1 - \text{число ступенів свободи більшої дисперсії}; \quad (4.1.9)$$

$$k_2 = n_2 - 1. \quad (4.1.10)$$

Порівняння критеріїв дозволяє сформулювати висновки:

якщо $F \geq F_{\text{кр}}$, то відмінність між вибірками статистично достовірна;

якщо $F \leq F_{\text{кр}}$, то відмінність між вибірками статично недостовірна.

Критерій Вілкоксона. Найчутливішим непараметричним аналогом критерію t -Ст'юдента для вибірок однакового обсягу при попарному порівнянні їх елементів є критерій Вілкоксона (W). Він визначається так:

1. Задаємо надійність підрахунку і визначаємо кількість ступенів свободи $k = n - 1$, де n – кількість пар елементів обох груп. За таблицею (додаток 4) знаходимо критичні значення $W_{\text{кр}}$.

2. Порівняння критеріїв W і $W_{\text{кр}}$ дозволяє зробити висновки:

– якщо $W \geq W_{\text{кр}}$, різниця між вибірками статистично недостовірна;

– якщо $W \leq W_{\text{кр}}$, різниця між вибірками статистично достовірна.

Порядок виконання роботи № 3

Завдання 1. За даними (додаток 5) визначити відмінності в результатах потрійного стрибка двох груп спортсменів за критерієм Ст'юдента (дві великі за чисельністю незалежні

вибірки) та критерієм Фішера. Рівень значущості прийняти рівним 0,05.

Завдання 2. За даними, наведеними в додатку 6, оцінити ефективність тренувань силової спрямованості двох груп спортсменів за критерієм Вілкоксона. Рівень значущості прийняти 0,05.

Приклад виконання практичної роботи № 3

Завдання 1. За даними (додаток 5) визначити відмінності в результатах потрійного стрибка двох груп спортсменів за критерієм Стюдента (дві великі за чисельністю незалежні вибірки) та критерієм Фішера. Рівень значущості прийняти рівним 0,05.

Вихідні дані представлені в табл. 4.3.1.

Таблиця 4.3.1

Результати потрійного стрибка двох груп спортсменів

№	$\bar{x}$, см	n_x	S_x , см	y , см	n_y	S_y , см
25	915	49	27,1	940	35	31,8

У таблиці $\bar{x}$, $\bar{y}$ – середні значення результатів у потрійному стрибку двох груп спортсменів;

n_x , n_y – кількість спортсменів першої та другої групи;

S_x , S_y – середнє квадратичне відхилення результатів першої та другої групи спортсменів.

Для порівняння результатів використовуємо критерій Стюдента. Оскільки кількість елементів вибірок велика ($n > 30$), то використовуємо формулу (4.1.1):

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}}} = \frac{|915 - 940|}{\sqrt{\frac{27,1^2}{49} + \frac{31,8^2}{35}}} = 3,78.$$

Число ступенів свободи розраховуємо за формулою (4.1.3):

$$k = n_1 + n_2 - 2 = 49 + 35 - 2 = 82.$$

При заданому рівні значущості $\alpha = 0,05$ та кількості ступенів свободи $k = 83$ за таблицею (додаток 2) знаходимо величину критичного значення критерію $t_{\text{кр}} = 1,99$:

$$3,78 \geq 1,99,$$

тобто $t \geq t_{\text{кр}}$ – розбіжності між вибірками статично достовірні, тобто відмінності в результатах потрійного стрибка двох груп спортсменів статистично значущі.

Використовуємо критерій Фішера за формулою (4.1.8), в чисельнику формули знаходиться більша за значенням дисперсія, тобто число F завжди більше одиниці:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{31,8^2}{27,1^2} = 1,38. \quad (4.1.8)$$

Кількість ступенів свободи знаходимо за формулами (4.1.9) та (4.1.10):

$$k_1 = n_1 - 1 = 35 - 1 = 34;$$

$$k_2 = n_2 - 1 = 49 - 1 = 48.$$

За таблицею (додаток 3) знаходимо критичне значення критерію $F_{\text{кр}}(\alpha, k_1, k_2)$, $F_{\text{кр}} = 1,0$:

$1,38 \geq 1,0$, тобто $F \geq F_{\text{кр}}$ – розбіжності між вибірками статично достовірні, тобто відмінності в результатах потрійного стрибка двох груп спортсменів статистично значущі.

Завдання 2. За даними, наведеними в додатку 6, оцінити ефективність тренувань силової спрямованості двох груп спортсменів за критерієм Вілкоксона. Рівень значущості прийняти 0,05. Вихідні дані представлені в табл. 4.3.2.

Розрахунок критерію Вілкоксона ведемо у табл. 4.3.3.

Таблиця 4.3.2

Кількість підтягувань на перекладині у групі спортсменів на початку (x_i) та в кінці (y_j) серії тренувань силової спрямованості

x_i	9	12	10	11	14
y_i	10	12	12	11	15

Таблиця 4.3.3

Розрахунок критерію Вілкоксона

№ з/п	x_j	y_j	$x_j - y_j$	W	$W(+)$	$W(-)$
1	9	10	-1	3,5 (3)	—	3,5
2	12	12	0	1,5 (1)	1,5	—
3	10	12	-2	5,0 (5)	—	5
4	11	11	0	1,5 (2)	1,5	—
5	14	15	-1	3,5 (4)	—	3,5
6						—
Усього	—	—	—	15,0	3,0	12,0

Спочатку визначаємо різницю кожної пари вихідних значень з точною вказівкою її знака. Усім різницям присвоюємо ранги відповідно до їх зростання. При цьому знак різниці не враховується. У цьому випадку найменше значення різниць має 0 (даному числу присвоюється 1 ранг), найбільше 2 (даному числу присвоюється 5 ранг). Таким чином, у графі W таблиці записуємо всі ранги без урахування їх знака. Наступним кроком буде уточнення знаків. З цією метою окремо визначимо ранги додатних різниць у графі $W (+)$, а від'ємних – у графі $W (-)$. Виписані ранги підсумуємо – менша з цих сум є критерієм Вілкоксона. У даному прикладі $W = 3,0$.

Тепер задамо надійність підрахунку: $\rho = 0,95$ ($\alpha = 0,05$) при кількості порівнюваних пар (5). За таблицею (додаток 4)

знаходимо критичне значення $W_{кр} = 1$. Порівнювальні вибірки різняться статистично недостовірно ($W = 3,0 > W_{кр} = 1$).

Педагогічний висновок. Група досліджуваних провела малоефективну серію тренувань.

Контрольні питання

1. З якою метою застосовують порівняння вибірок? Наведіть приклади.
2. Охарактеризуйте параметричні методи порівняння вибірок.
3. Охарактеризуйте непараметричні методи порівняння вибірок.
4. Поясніть, що таке дисперсійний аналіз.

Література

1. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
2. Неделько Е. Ю., Яцунский А. С. Статистические аспекты спортивной метрологии : учебное пособие. Николаев : НУК, 2015. 128 с.
3. Неделько Є. Ю., Кувалдіна О. В., Чорний О. Л. Практикум зі спортивної метрології : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2012. 65 с.
4. Зациорский В. М. Спортивная метрология. Москва : Физкультура и спорт, 1982. 256 с.
5. Містулова Т. Є. Математичні методи в теорії і практиці спорту : навч. посіб. Київ : Науковий світ, 2004. 90 с.
6. Ромакін В. В. Комп'ютерний аналіз даних : навч. посіб. Миколаїв : МДГУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.
7. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : підручник. Київ : КНТ, 2010. 776 с.

ТЕМА 5. ОСНОВИ ТЕОРІЇ КОРЕЛЯЦІЇ

Теоретичні відомості

План

- 5.1. Види взаємозв'язків між параметрами
 - 5.2. Види кореляції
 - 5.3. Способи вираження кореляції
 - 5.4. Коефіцієнт кореляції Пірсона
 - 5.5. Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена
 - 5.6. Регресія
- Практична робота № 5

5.1. Види взаємозв'язків між параметрами

У спорті, у спортивній команді та в організмі спортсмена існує багато взаємозв'язків між різними параметрами.

Наприклад, зі збільшенням кількості осіб, що займаються будь-яким видом спорту, підвищуються результати; ускладнення у взаємовідносинах між гравцями однієї команди погіршує її результативність; з підвищенням інтенсивності навантаження у спортсмена підвищується пульс, збільшується швидкість кровотоку у працюючих м'язах, зменшуються в них енергетичні ресурси та ін.

Таким чином ставиться питання про наявність чи відсутність взаємозв'язку між двома параметрами, які виражені змінними x та y .

Кореляційний аналіз являє собою статистичний метод, який відображає зв'язок між парою ознак. Під ознакою розуміється деяка сукупність (як генеральна, так і вибіркова) елементів, які варіюються. Таким чином, досліджується зв'язок між двома варіаційними рядами.

Взаємозв'язок може бути значний (тісний вплив ознак одних на інших), або незначний, який виражається слабким впливом ознак. При цьому завжди бажано використовувати певний метод для оцінки тісноти взаємозв'язку.

Існують два види зв'язків між параметрами x та y . Функціональний $y = f(x)$, при якому кожному значенню x відповідає єдине значення y . Функціональний зв'язок між ознаками максимального тісного. Такий зв'язок, як правило, спостерігається в точних науках, основні закономірності яких відображаються у вигляді формул.

Функціональний зв'язок у практиці фізичної культури і спорту – досить рідкісне явище, як правило, взаємозв'язок між досліджуваними параметрами виражається наближено. Наприклад, зрозуміло, що збільшення обсягу навантаження в певних межах призводить до підйому рівня функціональних можливостей спортсмена. Але в цьому випадку пропорції не існує і зв'язок оцінюється наближено. Усім відомий приклад тісного зв'язку між довжиною і масою людини: зі збільшенням довжини тіла маса підвищується, але оцінити це можливо лише приблизно.

Статистичний зв'язок – це зв'язок, при якому взаємний вплив ознак спостерігається, але виражається наближено.

Вивченню статистичних взаємозв'язків між різними показниками в спортивних дослідженнях приділяють велику увагу, оскільки це дозволяє розкрити деякі закономірності та надалі описати їх як словесно, так і математично з метою використання в практичній роботі тренера й педагога. Серед статистичних взаємозв'язків найбільш важливими є кореляційний

(від лат. *correlatio* – співвідношення, відповідність). Статистичний метод, який використовується для дослідження взаємозв'язків, називається кореляційним аналізом. Його основним завданням є:

1. Встановлення форми кореляційної залежності, тобто визначення конкретного виду функції $y = f(x)$.

2. Визначення сили чи тісноти кореляційного зв'язку.

Розв'язання першого завдання починається з побудови кореляційного поля – графіка, на якому у вигляді точок показано пари значень x та y , отримані в результаті експерименту.

Кореляційний аналіз дозволяє досліджувати тільки статистичний взаємозв'язок. Він широко використовується в теорії тестів для оцінки надійності й інформативності.

5.2. Види кореляції

Характер зв'язку між ознаками відображає один із видів кореляції. Існує два види кореляції: пряма (позитивна) і зворотня (негативна). Пряма (позитивна) кореляція відображає такий взаємозв'язок між ознаками, при якому зі збільшенням першої ознаки інша також збільшується. Зворотня (негативна) кореляція – це взаємозв'язок між ознаками, при якому зі збільшенням першої ознаки друга зменшується.

Наприклад, можна виявити вид кореляції і взаємозв'язок між швидкістю бігу x_j (км/хв) та змістом лактату в крові y_j (мг %). Аналізуючи дані таблиці 5.2.1, можна зробити висновок, що збільшення швидкості бігу супроводжується збільшенням вмісту лактату.

Отримана кореляція є прямою (позитивною) і прямолінійною.

Наприклад, можна виявити вид кореляції і взаємозв'язок між швидкістю ходи спортсменів на лижах x_j (км/хв) і результатом (хв) у лижному забігу на 100 км y_j (хв) (табл. 5.2.2).

Таблиця 5.2.1

**Залежність між швидкістю бігу x_j (км/хв)
та змістом лактату в крові y_j (мг %)**

x_j	y_j
3,5	21,4
3,5	22,5
3,5	22,9
3,6	22,9
3,6	23,0
3,7	23,8

Таблиця 5.2.2

**Залежність між швидкістю ходи спортсменів
на лижах x_j (км/хв) і результатом (хв)
у лижному забігу на 100 км y_j (хв)**

x_j	y_j
3,5	28,5
3,7	27
3,9	25,6
4,0	25,0
4,5	22
5,0	20

Аналізуючи дані табл. 5.2.2, зробимо висновок, що збільшення швидкості ходи на лижах супроводжується зменшенням часу подолання дистанції 10 км. Таким чином, зі збільшенням першої ознаки інша зменшується. Отримана кореляція є зворотньою (негативною).

5.3. Способи вираження кореляції

Існують три способи вираження кореляції: кореляційне поле; кореляційна таблиця; коефіцієнт кореляції.

Кореляційне поле

Аналіз взаємозв'язків починається із графічного подання результатів вимірювання у прямокутній системі координат. Припустимо, що в шести випробуваних зареєстрований такий показник, як кількість підтягувань на перекладині, до початку підготовчого періоду тренування (X) і після його закінчення (Y). Запишемо результат вимірювань. Для цих результатів побудуємо графік, на осі абсцис якого відкладемо результати X , а на осі ординат – результати Y . Таким чином, кожна пара результатів у прямокутній системі координат буде відображатися точкою (рис. 5.3.1).

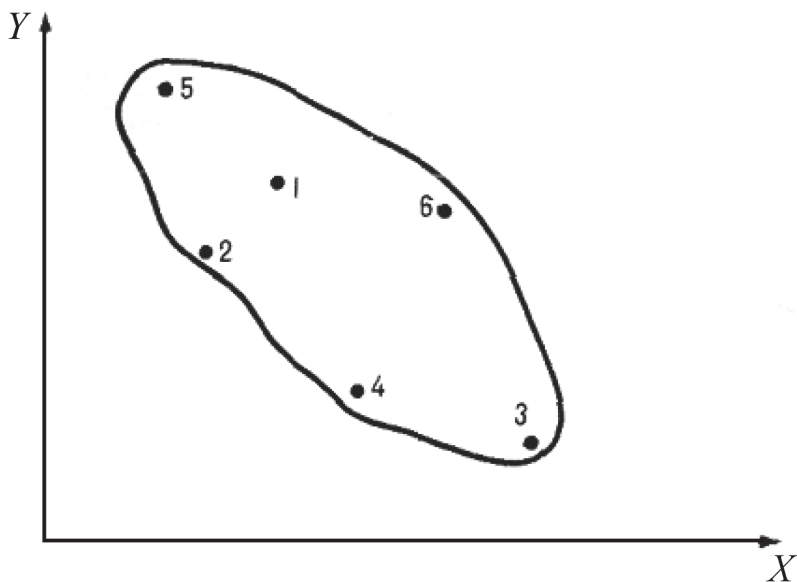


Рисунок 5.3.1. Кореляційне поле (лінійна залежність)

Така графічна залежність називається діаграмою розсіювання, або кореляційним полем. Візуальний аналіз графіка дозволяє виявити форму залежності (принаймні зробити припущення). У даному випадку ця форма близька до звичайної геометричної фігури – еліпса. Таку правильну форма ми будемо називати лінійною залежністю або лінійною формою взаємозв'язку. Однак на практиці можна зустріти й іншу форму взаємозв'язку (наприклад, рис. 5.3.2). Ця залежність, експериментально отримана при подачах у тенісі, є характерною для нелінійної форми взаємозв'язку, або нелінійної залежності.

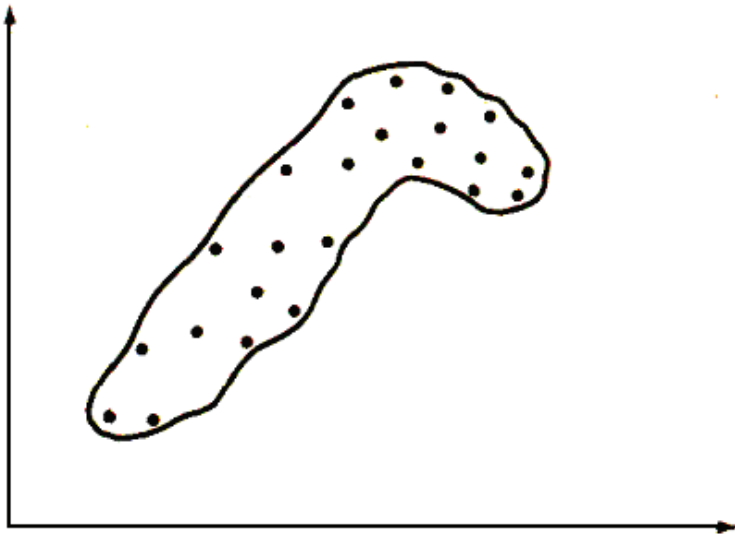


Рисунок 5.3.2. Кореляційне поле (нелінійна залежність):
по абсцисі – швидкість ракетки,
по ординаті – швидкість вильоту м'яча

Таким чином, візуальний аналіз кореляційного поля дозволяє виявити форму статистичної залежності – лінійну чи нелінійну. Це має суттєве значення для наступного кроку

в аналізі – вибору й обчислення відповідного коефіцієнта кореляції.

Загалом за графіком можна виявити такі моменти:

- якщо експериментальні точки розсіяні по полю графіка хаотично і по ньому неможливо провести лінію, то кореляція відсутня;

- якщо точки групуються вздовж якоїсь лінії, то кореляція присутня, залежність лінійна і вона більш тісна, якщо щільніше розташовуються ці точки;

- за напрямом лінії, вздовж якої групуються точки, можна виявити вид кореляції (позитивна чи негативна).

Кореляційна таблиця відображає масштаб обох ознак x_j та y_j . У клітинки таблиці вписується кількість точок, які відповідають експериментальним.

Кореляційний графік показує такі моменти:

- якщо точки розсіяні по полю безсистемно, хаотично, і крива (якою можна охопити всі точки) наближається до вигляду окружності, то кореляції між ознаками немає;

- якщо ця крива витягнута, тобто наближається по виду до лінії, то кореляція є;

- якщо площа витягнута і нагадує криву – кореляція є, і по нахилу кривої можна визначити вид кореляції (позитивна чи негативна).

Найточнішим виразом кореляції є її оцінка за допомогою спеціальних коефіцієнтів кореляції.

5.4. Коефіцієнт кореляції Пірсона

Розглянемо прямолінійну кореляцію, яка відображається коефіцієнтом кореляції. Для відображення прямолінійного кореляційного зв'язку, двох ознак x_j та y_j , які

виражені в абсолютних одиницях, використовують парний коефіцієнт кореляції Пірсона, який визначається такою формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_1^n (x_j - \bar{x}) \cdot (y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_1^n (x_j - \bar{x})^2 \cdot \sum_1^n (y_j - \bar{y})^2}}, \quad (5.4.1)$$

де r_{xy} – коефіцієнт кореляції між ознаками x та y ;

x_j та y_j – значення величин x та y ;

$\bar{x}$, $\bar{y}$ – середнє арифметичне значення x_j та y_j ;

n – обсяг сукупності.

Властивість коефіцієнта кореляції в тому, що його значення не перевищує одиниці. Якщо взяти до уваги абсолютне значення r_{xy} , тобто без урахування знака, його можливі значення можуть бути заключні в інтервалі $0 \leq r_{xy} \leq 1$. Цей інтервал дозволяє досліднику орієнтуватися за тісністю взаємозв'язку: чим ближчий розрахунковий коефіцієнт до одиниці, тим тісніший взаємозв'язок між ознаками; чим ближчий до нуля – тим менший взаємозв'язок.

На практиці фізичної культури та спорту умовно прийняті такі інтервали:

$0 \leq r_{xy} \leq 0,3$ – слабкий зв'язок;

$0,3 \leq r_{xy} \leq 0,7$ – середній зв'язок;

$0,7 \leq r_{xy} \leq 1$ – тісний зв'язок.

Крім того, при розрахунку взаємозв'язку та оцінки показників спортсменів високої кваліфікації, тісна кореляція може дорівнювати 0,85 і вище. За знаком коефіцієнта кореляції визначається, позитивний чи негативний взаємозв'язок.

Приклад. Потрібно оцінити за даними, наведеними у табл. 5.4.1, взаємозв'язок сили удару при кидку м'яча в гандболі x_j (Н) і дальністю польоту м'яча y_j (м).

Таблиця 5.4.1

**Розрахунок взаємозв'язку між силою удару
при кидку м'яча в гандболі і дальністю польоту м'яча**

№ з/п	x_j	y_j	$(x_j - \bar{x})$	$(y_j - \bar{y})$	$(x_j - \bar{x}) \cdot (y_j - \bar{y})$	$(x_j - \bar{x})^2$	$(y_j - \bar{y})^2$
1	10,12	25,2	-0,92	-2,5	2,30	0,85	6,25
2	10,30	26,4	-0,74	-1,3	0,96	0,55	1,69
3	10,65	27,2	-0,39	-0,5	0,19	0,15	0,25
4	11,00	27,9	-0,04	0,2	0,00	0,00	0,04
5	11,90	28,5	0,86	0,8	0,69	0,74	0,64
6	12,30	31,2	1,26	3,5	4,41	1,59	12,25
Усього	66,27	166,4	—	—	8,55	3,88	21,12

Для визначення коефіцієнта кореляції Пірсона скористаємось формулою (5.4.1):

$$r_{xy} = \frac{8,55}{\sqrt{3,88 \cdot 21,12}} = 0,94.$$

Звернемо увагу на знак отриманого коефіцієнта. У цьому випадку цей знак позитивний (+0,94), тому знак коефіцієнта кореляції також позитивний.

Статичні висновки:

1) у зв'язку з тим, що $r_{xy} = 0,94 \geq 0$, кореляція між ознаками x і y існує;

2) оскільки значення $r_{xy} = 0,94$ близьке до верхньої межі інтервалу $0 \leq r_{xy} \leq 1$, то зв'язок дуже тісний;

3) оскільки знак коефіцієнта позитивний, то кореляція є прямою: при збільшенні першої ознаки, друга ознака також збільшується.

Педагогічний висновок. Дальність польоту м'яча значно залежить від сили кидка.

Цей коефіцієнт широко використовується в практиці фізичної культури і спорту, застосовується у всіх кореляційних розрахунках.

5.5. Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена

Ранговий коефіцієнт показує, що тіснота зв'язку виявляється не між самими ознаками, а між їх порядковими показниками. Для виявлення тісноти зв'язку використовують коефіцієнт рангової кореляції (коефіцієнт Спірмена):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_1^n (x_z - y_z)^2}{n(n-1)(n+1)}, \quad (5.5.1)$$

де ρ – ранговий коефіцієнт кореляції;

x_z та y_z – порядкові ранги досліджуваних ознак;

n – кількість пар ознак, між якими встановлюється зв'язок.

Ранговий коефіцієнт має такі ж властивості, що і коефіцієнт Пірсона, і тому статистичні висновки відповідають статичним висновкам коефіцієнта Пірсона.

Приклад. При виконанні програми на змаганнях з фігурного катання місця серед спортсменів розподілились по порядку в обов'язковій x_z та вільній y_z програмі (табл. 5.5.1). Чи існує зв'язок між розподілом місць в обов'язкових і вільних вправах?

Таблиця 5.5.1

Розрахунок взаємозв'язку між розподілом місць в обов'язкових і вільних вправах у фігурному катанні

№ з/п	x_z	y_z	$(x_z - y_z)$	$(x_z - y_z)^2$
1	1	2	-1	1
2	2	1	1	1
3	3	3	0	0
4	4	5	-1	1
5	5	6	-1	1
6	6	4	2	4
7	7	7	0	0
Усього	–	–	–	8

Для визначення коефіцієнта кореляції Спірмена скористаємось формулою (5.5.1):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_1^n (x_z - y_z)^2}{n(n-1)(n+1)} = 1 - \frac{6 \cdot 8}{7 \cdot 6 \cdot 8} = 0,86.$$

Статистичний висновок. Оскільки коефіцієнт рангової кореляції дорівнює 0,86, то зв'язок між ознаками є, він – тісний, позитивний.

Педагогічний висновок. У спортсменів відзначається тісний зв'язок між виконанням обов'язкової та довільної програми.

5.6. Регресія

Регресія (лат. *regresio* – рух назад, зворотний рух) – це залежність попереднього значення (точніше математичного очікування) випадкової величини Y від величини x . При цьому прийнято говорити: «регресія Y на x ».

Регресійний аналіз виявляє форму залежності між випадковою величиною Y і значеннями однієї або декількох змінних величин, причому значення останніх вважається точно заданим.

Найважливішим етапом регресійного аналізу є вибір відповідної регресійної моделі, тобто математичного виразу, що зв'язує значення залежної випадкової величини Y і значення незалежної величини x .

У практичних дослідженнях виникає необхідність апроксимувати (приблизно описати) діаграму розсіювання математичним рівнянням.

Для лінійної залежності це зробити просто: кореляційний еліпс можна замінити прямою лінією. У прямокутній системі координат рівняння прямої лінії записується у вигляді:

$$y = f(x) = a + b \cdot x. \quad (5.6.1)$$

Це математичне вираження кореляційної залежності називається рівнянням регресії. Коефіцієнти a і b називаються параметрами рівняння регресії, a визначає відрізок, який відтинається прямою лінією на осі y , b – зміна y при зміні x на одиницю й називається також коефіцієнтом регресії.

Параметр b показує, як змінюється ознака Y зі зміною ознаки x . Параметр b також показує коефіцієнт регресії.

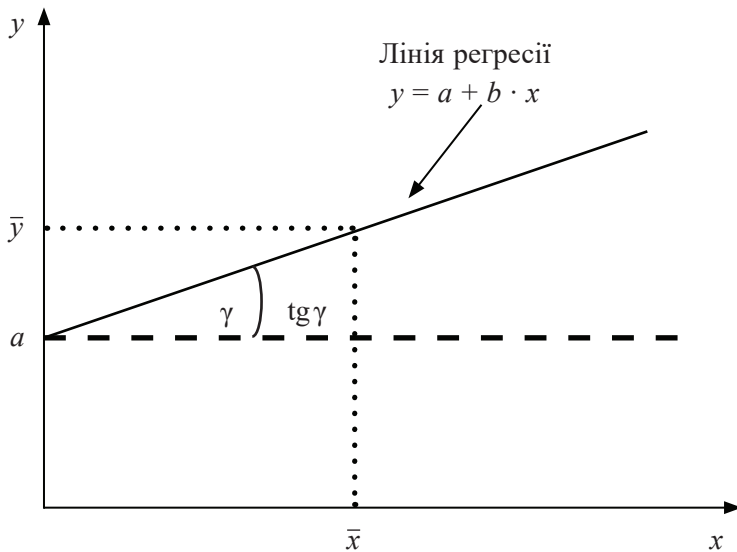


Рисунок 5.6.1. Графічне відображення параметрів рівняння регресії

Рівняння регресії тим краще описує залежність, чим менше розсіювання діаграми та чим більше тіснота взаємозв'язку. Рівняння прямої лінії придатне для опису тільки лінійних залежностей. У випадку нелінійних залежностей математичний запис може відображатися рівняннями параболи, гіперболи та ін.

Підсумовуючи, необхідно зробити одне важливе зауваження про значення показників, які характеризують взаємозв'язок ознак (коефіцієнтів кореляції, регресії та ін.). Усі вони дають лише кількісну міру зв'язку, але не інформують про причини залежності. Визначити ці причини – справа самого дослідника.

Приклад: скласти рівняння лінійної регресії; побудувати пряму лінію, виявити взаємозв'язок між силою удару при кидку м'яча в гандболі x_j (Н) і дальністю польоту м'яча y_j (м). Вихідні дані візьмемо з розділу 5.4. Вихідні дані та розрахунки представлені в табл. 5.6.1.

Таблиця 5.6.1

Розрахунок взаємозв'язку між силою удару при кидку м'яча в гандболі (x_j) і дальністю польоту м'яча (y_j)

№ з/п	x_j	y_j	x_j^2	$x_j \cdot y_j$
1	10,12	25,2	102,41	255,02
2	10,30	26,4	106,09	271,92
3	10,65	27,2	113,42	289,68
4	11,00	27,9	121,00	306,90
5	11,90	28,5	141,61	339,15
6	12,30	31,2	151,29	383,76
Усього	66,27	166,4	735,83	1846,43

Розраховуємо значення середніх арифметичних:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^6 x_j}{6} = \frac{66,27}{6} = 11,05; \quad (5.6.2)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^6 y_j}{6} = \frac{166,4}{6} = 27,73. \quad (5.6.3)$$

Обчислюємо значення b та a :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_j \cdot y_j - \sum_{i=1}^n x_j \cdot \sum_{i=1}^n y_j}{n \sum_{i=1}^n x_j^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_j \right)^2}; \quad (5.6.4)$$

$$b = \frac{6 \cdot 1846,43 - 66,27 \cdot 166,4}{6 \cdot 735,83 - (66,27)^2} = 2,21;$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}; \quad (5.6.5)$$

$$a = 27,73 - 2,21 \cdot 11,05 = 3,37.$$

Рівняння регресії знаходимо за формулою (5.6.1):

$$y = a + b \cdot x;$$

$$y = 3,37 + 2,21 \cdot x.$$

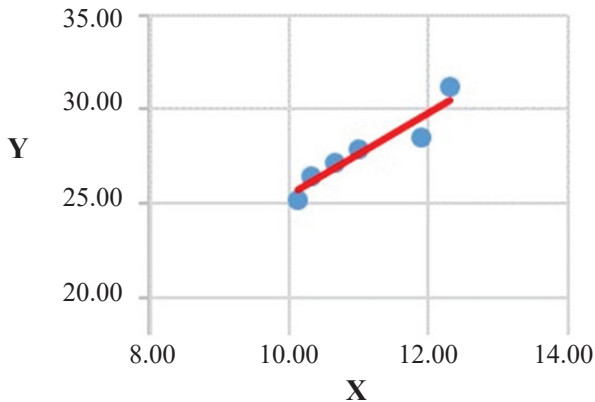


Рисунок 5.6.2. Графік прямої, побудованої за отриманим рівнянням регресії

Висновок. Отримані емпіричні рівняння регресії для прогнозування залежності дальності польоту м'яча від y_j (м)

сили удару при кидку м'яча x_j (Н). Тобто, якщо збільшиться середня сила удару при кидку м'яча до 13 Н, то можна очікувати середній результат дальності польоту м'яча, м:

$$y = 3,37 + 2,21 \cdot 13 = 32,1.$$

Даний результат є одним з найбільш імовірних показників прогнозування результатів за допомогою регресійного аналізу.

Контрольні питання

1. Що означає поняття «кореляція»?
2. Охарактеризуйте роль кореляційного аналізу в галузі спорту.
3. Як розраховують коефіцієнт кореляції?
4. Поясніть на прикладі, які висновки може зробити тренер, якщо був знайдений коефіцієнт кореляції ($r = 0,98$) між довільними та обов'язковими вправами фігуристів.

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
3. Годик М. А. Спортивная метрология : учеб. для ин-тов физ. культ. Москва : Физкультура и спорт, 1988. 192 с.
4. Зациорский В. М. Спортивная метрология. Москва : Физкультура и спорт, 1982. 256 с.
5. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Советский спорт, 2004. 339 с.
6. Містулова Т. Є. Математичні методи в теорії і практиці спорту : навч. посіб. Київ : Науковий світ, 2004. 90 с.
7. Начинская С. В. Спортивная метрология: учеб. пособ. для вузов по спец. 033100 «Физическая культура». Москва : Академия, 2005. 238 с.

8. Неделько Е. Ю., Яцунский А. С. Статистические аспекты спортивной метрологии : учебное пособие. Николаев : НУК, 2015. 128 с.

9. Неделько Є. Ю., Кувалдіна О. В., Чорний О. Л. Практикум зі спортивної метрології : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2012. 65 с.

10. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : підручник. Київ : КНТ, 2010. 776 с.

Практична робота № 5

Основи теорії кореляції

Мета роботи: ознайомлення з основами теорії кореляції.

Теоретичні відомості

Кореляційний аналіз являє собою статистичний метод, який відображає зв'язок між парою ознак. Під ознакою розуміється деяка сукупність (як генеральна, так і вибіркова) елементів, які варіюються. Таким чином, досліджується зв'язок між двома варіаційними рядами.

Взаємозв'язок може бути значний (тісний вплив ознак одних на інших), або незначний, який виражається слабким впливом ознак. При цьому завжди бажано використовувати певний метод для оцінки тісноти взаємозв'язку.

Існує три способи аналізу тісноти взаємозв'язку: функціональний, статистичний і кореляційний зв'язки.

Функціональний зв'язок між ознаками відображає максимально тісний зв'язок, коли одному значенню першої ознаки відповідає одне значення другої ознаки. Такий зв'язок, як правило, спостерігається в точних науках, основні закономірності яких відображаються у вигляді формул.

Статистичний зв'язок – це зв'язок, при якому взаємний вплив ознак спостерігається, але виражається наближено.

Кореляційний зв'язок виникає тоді, коли між ознаками виявляється наближений взаємозв'язок, але вигляд цього наближення особливий. Кожному значенню першої ознаки відповідає середня арифметична декількох значень іншої.

Коефіцієнт кореляції Пірсона

Розглянемо прямолінійну кореляцію, яка відображається коефіцієнтом кореляції. Для відображення прямолінійного кореляційного зв'язку, двох ознак x_j та y_j , які

виражені в абсолютних одиницях, використовують парний коефіцієнт кореляції Пірсона, який визначається такою формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_1^n (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_1^n (x_j - \bar{x})^2 \cdot \sum_1^n (y_j - \bar{y})^2}}, \quad (5.4.1)$$

де r_{xy} – коефіцієнт кореляції між ознаками x та y ;
 x_j та y_j – значення величин x та y ;
 $\bar{x}$, $\bar{y}$ – середнє арифметичне значення x_j та y_j ;
 n – обсяг сукупності.

Властивість коефіцієнта кореляції в тому, що його значення не перевищує одиниці. Якщо взяти до уваги абсолютне значення r_{xy} , тобто без урахування знака, його можливі значення можуть бути в інтервалі $0 \leq r_{xy} \leq 1$. Цей інтервал дозволяє досліднику орієнтуватися за тісністю взаємозв'язку: чим ближче розрахунковий коефіцієнт до одиниці, тим тісніше взаємозв'язок між ознаками; чим ближче до нуля – тим менше взаємозв'язок.

На практиці фізичної культури та спорту умовно прийняті такі інтервали:

$0 \leq r_{xy} \leq 0,3$ – слабкий зв'язок;
 $0,3 \leq r_{xy} \leq 0,7$ – середній зв'язок;
 $0,7 \leq r_{xy} \leq 1$ – тісний зв'язок.

Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена

Ранговий коефіцієнт показує, що тіснота зв'язку виявляється не між самими ознаками, а між їх порядковими показниками. Для виявлення тісноти зв'язку використовують коефіцієнт рангової кореляції (коефіцієнт Спірмена):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_1^n (x_z - y_z)^2}{n(n-1)(n+1)}, \quad (5.5.1)$$

де ρ – ранговий коефіцієнт кореляції;

x_z та y_z – порядкові ранги досліджуваних ознак;

n – кількість пар ознак, між якими встановлюється зв'язок.

Ранговий коефіцієнт має такі ж властивості, що і коефіцієнт Пірсона, і тому статистичні висновки відповідають статичним висновкам коефіцієнта Пірсона.

Порядок виконання роботи

За даними, наведеними у додатку 7, відповідно до свого варіанта (номер по списку) визначити наявність і тісноту лінійного зв'язку між показником індексу Кетле x та станової сили y за допомогою розрахунку коефіцієнтів кореляції Пірсона та визначити рівняння лінійної регресії для цих показників.

Приклад виконання практичної роботи № 5

Визначити наявність лінійного зв'язку між показником індексу Кетле x та станової сили y (в табл. 5.7.1) та оцінити його тісноту за допомогою розрахунку коефіцієнта Пірсона.

Таблиця 5.7.1

Вихідні дані

№ з/п	x_j	y_j
1	10,12	25,2
2	10,30	26,4
3	10,65	27,2
4	11,00	27,9
5	11,90	28,5
6	12,30	31,2
Σ	66,27	166,4

Знаходимо середні значення $\bar{x}$ та $\bar{y}$ за допомогою формул (5.6.2) та (5.6.3):

$$\bar{x} = \frac{66,27}{6} = 11,05;$$

$$\bar{y} = \frac{166,4}{6} = 27,73.$$

Подальші розрахунки ведемо в таблиці 5.7.2.

Таблиця 5.7.2

**Розрахунок взаємозв'язку між показниками
індексу Кетле x та станової сили y**

№ з/п	x_j	y_j	$(x_j - \bar{x})$	$(y_j - \bar{y})$	$(x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})$	$(x_j - \bar{x})^2$	$(y_j - \bar{y})^2$
1	10,12	25,2	-0,92	-2,5	2,30	0,85	6,25
2	10,30	26,4	-0,74	-1,3	0,96	0,55	1,69
3	10,65	27,2	-0,39	-0,5	0,19	0,15	0,25
4	11,00	27,9	-0,04	0,2	0,00	0,00	0,04
5	11,90	28,5	0,86	0,8	0,69	0,74	0,64
6	12,30	31,2	1,26	3,5	4,41	1,59	12,25
Усього	66,27	166,4	—	—	8,55	3,88	21,12

Для визначення коефіцієнта кореляції Пірсона скористаємось формулою (5.4.1):

$$r_{xy} = \frac{8,55}{\sqrt{3,88 \cdot 21,12}} = 0,94.$$

Статичні висновки:

- 1) у зв'язку з тим, що $r_{xy} = 0,94 \geq 0$, кореляція між показником індексу Кетле x та станової сили y існує;
- 2) оскільки значення $r_{xy} = 0,94$ близьке до верхньої межі інтервалу $0 \leq r_{xy} \leq 1$, то зв'язок дуже тісний;
- 3) оскільки знак коефіцієнта позитивний, то кореляція є прямою: при збільшенні першої ознаки друга ознака також збільшується.

Педагогічний висновок. Дальність польоту м'яча значно залежить від сили кидка.

Визначення рівняння лінійної регресії

Розрахунок показників ведемо у табл. 5.7.3.

Таблиця 5.7.3

№ з/п	x_j	y_j	x_j^2	$x_j \cdot y_j$
1	10,12	25,2	102,41	255,02
2	10,30	26,4	106,09	271,92
3	10,65	27,2	113,42	289,68
4	11,00	27,9	121,00	306,90
5	11,90	28,5	141,61	339,15
6	12,30	31,2	151,29	383,76
Усього	66,27	166,4	735,83	1846,43

Розраховуються значення середніх арифметичних:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_j}{6} = \frac{66,27}{6} = 11,05; \quad (5.6.2)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_j}{6} = \frac{166,4}{6} = 27,73. \quad (5.6.3)$$

Обчислюються значення b та a :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_j \cdot y_j - \sum_{i=1}^n x_j \cdot \sum_{i=1}^n y_j}{n \sum_{i=1}^n x_j^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_j \right)^2}; \quad (5.6.4)$$

$$b = \frac{6 \cdot 1846,43 - 66,27 \cdot 166,4}{6 \cdot 735,83 - (66,27)^2} = 2,21;$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}; \quad (5.6.5)$$

$$a = 27,73 - 2,21 \cdot 11,05 = 3,37.$$

Рівняння регресії знаходимо за формулою (5.6.1):

$$y = a + b \cdot x;$$

$$y = 3,37 + 2,21 \cdot x.$$

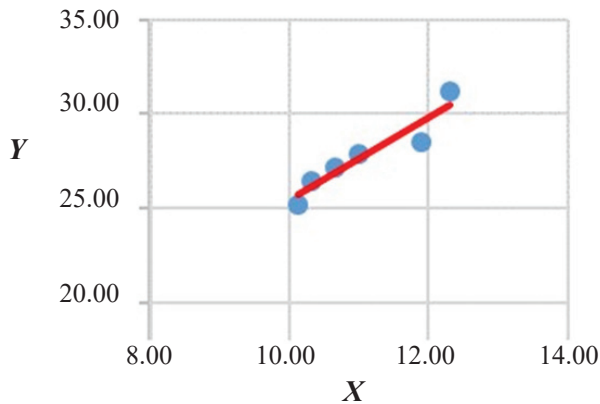


Рисунок 5.7.2. Графік прямої, побудованої за отриманим рівнянням регресії

Контрольні питання

1. Що означає поняття «кореляція»?
2. Охарактеризуйте роль кореляційного аналізу в галузі спорту.
3. Як розраховують коефіцієнт кореляції?
4. Поясніть на прикладі, які висновки може зробити тренер, якщо був знайдений коефіцієнт кореляції ($r = 0,98$) між довільними та обов'язковими вправами фігуристів.

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.
3. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
4. Неделько Е. Ю., Яцунский А. С. Статистические аспекты спортивной метрологии : учебное пособие. Николаев : НУК, 2015. 128 с.
5. Неделько Є. Ю., Кувалдіна О. В., Чорний О. Л. Практикум зі спортивної метрології : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2012. 65 с.
6. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : підручник. Київ : КНТ, 2010. 776 с.

ТЕМА 6. КВАЛІМЕТРІЯ, АБО МЕТОДИ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОКАЗНИКІВ

Теоретичні відомості

План

6.1. Основні поняття кваліметрії

6.2. Метод експертних оцінок

6.3. Метод анкетування

Практична робота № 6

6.1. Основні поняття кваліметрії

Кваліметрія – це сукупність статистичних методів, придатних для оцінювання вихідних даних, які виражені атрибутивно, тобто не числом. Іншими словами, кваліметрія застосовується для кількісної оцінки якості досліджуваних показників. Ідея кваліметричних методів полягає в тому, що вихідні дані виражаються через певні числа, з якими згодом і проводяться розрахунки. У практиці фізичної культури та спорту часто виникають ситуації, пов'язані з подібними числами. Відмітимо, що основне поняття теорії фізичної культури та спорту – тренованість – є атрибутивним. Багато педагогічних понять, наприклад, ефективність виконання рухового завдання, техніко-тактична майстерність спортсмена, краса виконання спортивних вправ та ін., є атрибутивними

поняттями. Існує два принципові підходи до оцінки атрибутивних явищ:

- кваліметричні методи – за певними правилами наділяються певним числовим вираженням, яким оперують надалі;
- тестування – оцінюється якістю виконання певних завдань.

Завдання дослідника полягає в тому, щоб розпоряджатися загальним обсягом кваліметричних методів, а в конкретній дослідницькій ситуації вміти застосувати адекватний метод. До кваліметричних методів належать: метод експертних оцінок та анкетування, які досить різнопланові.

6.2. Метод експертних оцінок

Експертною називається оцінка, яка отримується шляхом з'ясування думок фахівців. Експерт (від лат. *expertus* – досвідчений) – знаюча особа, запрошена для вирішення питання, яке вимагає спеціальних знань. Цей метод дозволяє за допомогою спеціально обраної шкали зробити необхідні вимірювання суб'єктивними оцінками фахівців-експертів. Такі оцінки – випадкові величини, які можуть бути оброблені певними методами багатовимірною статистичного аналізу.

Методи експертних оцінок широко використовуються у галузі Фізична культура і спорт, як інструмент прогнозування спортивних результатів, для оцінки рівня техніко-тактичної майстерності спортсменів та ін.

Як правило, експертне оцінювання, або експертиза, проводиться у вигляді опитування, чи анкетування, групи експертів. Анкетою називається аркуш з питаннями, на які потрібно відповісти. Техніка експертизи й анкетування – це збір і узагальнення думок окремих людей. Девіз експертизи: «Одна голова – добре, а дві – краще!».

Характерні приклади експертизи: суддівство в гімнастиці та фігурному катанні на ковзанах, конкурс на звання кращого за професією чи кращу наукову працю та ін.

До думки фахівців звертаються щоразу, коли необхідно здійснити вимірювання, а більш точними методами неможливо чи дуже важко. Часом краще одержати приблизне вирішення проблеми, ніж довго шукати способи точного вирішення. Але суб'єктивна оцінка значно залежить від індивідуальних особливостей експерта: кваліфікації, ерудиції, досвіду, особистих смаків, стану здоров'я та ін. Тому індивідуальні думки розглядаються як випадкові величини й обробляються статистичними методами. Таким чином, сучасна експертиза – це система організаційних, логічних і математико-статистичних процедур, спрямованих на одержання від фахівців інформації, її аналіз із метою прийняття оптимальних рішень. Кращий тренер (педагог, керівник та ін.) той, хто опирається одночасно на власний досвід, на дані науки та на знання інших людей. Методика групової експертизи містить у собі:

- 1) формулювання завдань;
- 2) відбір і комплектування групи експертів;
- 3) складання плану експертизи;
- 4) проведення опитування експертів;
- 5) аналіз і обробку отриманої інформації.

Вибір експертів – важливий етап експертизи, тому що достовірні дані можна одержати не від кожного фахівця. Експертом може бути людина, яка володіє високим рівнем професійної підготовки, здатна до критичного аналізу минулого й сьогодення та до прогнозування майбутнього, психологічно стійка, не схильна до конформізму.

Є й інші важливі якості експертів. Так, наприклад, професійна компетентність експерта визначається:

- а) за ступенем узгодженості його оцінювання до середньогрупового;

б) за показниками вирішення тестових завдань.

Для об'єктивної оцінки компетентності експертів можуть бути розроблені спеціальні анкети, відповідаючи на запитання яких протягом певного часу кандидати в експерти повинні продемонструвати свої знання. Крім того, корисно запропонувати їм заповнити анкету самооцінки своїх знань. Досвід показує, що люди з високою самооцінкою помиляються менше інших.

Інший підхід до відбору експертів заснований на визначенні ефективності їх діяльності. Абсолютна ефективність діяльності експерта визначається відношенням числа випадків, коли експерт вірно передбачив подальший хід подій, до загального числа експертиз, проведених даним фахівцем.

Наприклад, якщо експерт брав участь у 10 експертизах і 6 разів його точка зору підтвердилася, то ефективність діяльності такого експерта рівна 0,6. Відносна ефективність діяльності експерта – це відношення абсолютної ефективності його діяльності до середньої абсолютної ефективності діяльності групи експертів. Об'єктивна оцінка придатності експерта визначається за формулою:

$$\Delta M = M - M_{\text{дійсна}}, \quad (6.2.1)$$

де $M_{\text{дійсна}}$ – дійсна оцінка;

M – оцінка експерта.

Бажано мати однорідну групу експертів, але якщо це не вдається, то для кожного з них вводиться ранг. Очевидно, що експерт представляє тим більшу цінність, чим вищі показники його діяльності. Для підвищення якості експертизи намагаються підвищити кваліфікацію експертів за допомогою спеціального навчання, тренувань і ознайомлення з якомога більшою об'єктивною інформацією з аналізованої проблеми. Суддів у багатьох видах спорту можна розглядати як своєрідних експертів, які оцінюють майстерність спортсмена (наприклад, у гімнастиці) чи хід двоєю (наприклад, у боксі).

При експертній оцінці рухової діяльності людині бажано мати однорідну групу експертів. Узгодженість розраховується за допомогою коефіцієнта конкордації Кендала:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (6.2.2)$$

де m – кількість експертів;

n – кількість ознак;

S – сума квадратів відхилень сум рангів, одержаних за кожною ознакою, від середньої суми рангів.

При проведенні експертизи використовують індивідуальну та групову (колективну) форми.

При індивідуальній формі прогноз здійснюється одним спеціалістом незалежно від інших. При груповій формі роботи експертів прогноз визначається шляхом обміну думками (усно чи письмово, очно або заочно).

Індивідуальна форма експертизи передбачає проведення інтерв'ю або аналітичний аналіз.

При групових формах використовуються такі методи: «мозкова атака»; звичайна дискусія та звичайне опитування; метод Дельфі; багатокрокове опитування. Найбільш поширеними є методи «мозкової атаки» і Дельфі.

Метод «мозкової атаки» передбачає разовий обмін думками між експертами в умовах особистих контактів. Ефективність цієї експертизи залежить від чітко визначених питань, які мають обговорювати висококваліфіковані спеціалісти в умовах спокійної атмосфери.

Метод Дельфі передбачає відмову від контактів типу «обличчям до обличчя». Опитування здійснюється в декілька турів, з результатами опитування у попередніх турах відбувається ознайомлення експертів у другому та наступних турах. Такий метод характеризується анонімністю експертів, зворотним зв'язком, груповою оцінкою.

Переваги методу Дельфі полягають у тому, що анонімність експертизи передбачає вільне (без тиску) висловлювання своїх думок щодо прогнозу спортивних результатів чи вдосконалення техніко-тактичної майстерності спортсменів.

До недоліків цього методу варто віднести відсутність безпосередніх контактів між експертами, достатньо велику витрату часу на складання анкет, відсутність вихідної інформації про проблему, що виноситься на прогнозування.

У ході проведення експертизи найчастіше використовують:

- метод простого ранжування (або метод переваги);
- метод задання вагових коефіцієнтів;
- метод послідовних порівнянь;
- метод парних порівнянь.

Метод простого ранжування полягає в тому, що кожен експерт складає експертну оцінку за порядком переваги. Цифрою 1 позначається найбільш важлива експертна оцінка, цифрою 2 – наступна за нею і т. д.

Метод задання вагових коефіцієнтів передбачає присвоєння ознаки вагових коефіцієнтів. Вагові коефіцієнти можуть бути представлені двома способами:

1) всім ознакам призначають вагомий коефіцієнти так, щоб сума коефіцієнтів дорівнювала якому-небудь фіксованому числу (наприклад 1, 10, 100);

2) найбільш вагомій зі всіх ознак надають коефіцієнт, що дорівнює якому-небудь фіксованому числу, а всім решта – коефіцієнти, що дорівнюють часткам цього числа.

Найбільш поширений приклад застосування вагових коефіцієнтів – розрахунок конкурсного балу (КБ) при вступі до ЗВО у 2023 р.:

$$КБ = \frac{K1 \cdot П1 + K2 \cdot П2 + K3 \cdot П3}{K1 + K2 + K3} + ОУ ,$$

де П1, П2, П3 – оцінки з першого, другого та третього предметів;

K1, K2, K3 – вагові коефіцієнти оцінок предметів для кожної спеціальності;

ОУ – бал за успішне закінчення у рік вступу підготовчих курсів НУК.

Метод послідовних порівнянь дозволяє провести експертизу в такій послідовності:

1) експерт упорядковує всі ознаки шляхом зменшення їх значущості;

2) присвоює першій ознаці значення, що дорівнює одиниці; решті ознак визначає вагові коефіцієнти у частках одиниці;

3) порівнює значення першої ознаки із сумою всіх наступних;

4) порівнює значення першої ознаки із сумою всіх наступних, мінус значення останньої ознаки;

5) процедура повторюється до порівняння першої із сумою другої та третьої ознак, після чого експерт переходить до уточнення оцінки другої ознаки за такою ж схемою, що у випадку з першою, тобто здійснюється порівняння оцінки другої ознаки із сумою наступних.

Перевагою цього методу є те, що експерт у процесі оцінювання ознак сам аналізує свої оцінки.

Метод парних порівнянь передбачає порівняння всіх ознак явища, що прогнозуються, між собою. Для цього заповнюється таблиця, у клітинах якої проставляються цифри: 1 (у випадку переваги певної ознаки над тією, що попарно порівнюється) або 0 (у випадку програшу цієї ознаки).

Метод парних порівнянь дозволяє провести чіткий, статистично обґрунтований аналіз узгодженості думок експертів.

За допомогою експертних оцінок можна визначити рівень техніко-тактичної майстерності спортсменів.

6.3. Метод анкетування

Анкетування відноситься до статистичного методу, який дозволяє виявити думку великої кількості людей про досліджуваний об'єкт. Метод називається статистичним тому, що дослідник отримує велику кількість відповідей: чим більше відповідей, тим надійнішим буде отриманий результат. Ідея методу полягає в тому, що випробувані, названі респондентами, заповнюють анкету, за результатами якої й відбувається оцінка їх думок.

Анкета є бланком, у який вносяться відповіді респондента на поставлені питання. Питання в анкеті повинні бути короткими, зрозумілими респондентові та мати точне уявлення про мету дослідження.

Анкета складається із двох частин: демографічної та основної.

Демографічна частина анкети містить питання, які характеризують особистість респондента: ім'я, вік, стать, адреса та ін.

Основна частина анкети містить питання, відповіді на які дозволяють вирішити основне завдання дослідження. Характер питань визначає вид анкетування.

Пряме анкетування включає такі питання, які вимагають прямих відповідей від респондента про об'єкт досліджень, наприклад: *«Що ви думаєте про метод Вашого тренування?»*, *«Чи подобається Вам програма наших занять?»*, *«Чи любите Ви баскетбол?»* та ін.

Непряме анкетування передбачає питання, відповіді на які респондент може вибрати, наприклад: *«Поліпшить чи погіршить програму введення нових вправ?»*, *«Який буде ефект від збільшення обсягу навантаження: позитивний чи негативний?»*, *«Як Ви оцінюєте новий комплекс вправ: а) ефективний, б) неефективний чи в) малозначимий?»* та ін.

Безумовне анкетування містить питання, які припускають прямі відповіді без будь-яких умов, наприклад: *«Чи проводили Ви тестування своїх учнів?»*, *«Чи працюєте Ви за власною програмою?»*, *«Чи робите Ви ранкову зарядку?»* та ін.

Умовне анкетування включає питання, які припускають відповіді респондента при дотриманні певних умов, наприклад: *«Чи варто змінити характер занять, якщо тестування покаже суттєву зміну в рівні витривалості?»*, *«Чи варто проводити спортивні змагання на початку навчального року, якщо учні ще не почали займатися в секціях?»* та ін.

Відкрите анкетування припускає такі питання, відповіді на які не мають ніяких обмежень і вимагають розгорнутої відповіді, наприклад: *«Що Ви думаєте про спорт?»*, *«Яка Ваша думка про останній футбольний матч?»* та ін.

Закрите анкетування включає такі питання, які перераховують можливі відповіді. Респондент повинен підкреслити потрібні відповіді, тобто вибрати із запропонованих, наприклад: *«Який вид спорту Вам подобається найбільше: футбол, плавання, легка атлетика?»*, *«Яким видам спортивної діяльності Ви віддаєте перевагу: спортивним іграм, заняттям на тренажерах, єдиноборствам?»*, *«Чи любите Ви займатися спортом: індивідуально, у малій групі, у колективі?»* та ін.

Очне анкетування – спосіб заповнення анкети респондентом у присутності дослідника. У цьому випадку досліджуваний має можливість проконсультуватися з питань заповнення анкети, з'ясувати думку інших респондентів та ін.

Заочне анкетування – спосіб заповнення анкети на розсуд респондента. Анкета відправляється поштою.

Індивідуальне анкетування – спосіб роботи респондента, коли анкета заповнюється однією особою.

Групове анкетування – спосіб роботи респондентів, коли анкета заповнюється групою осіб.

Персональне анкетування припускає заповнення анкети, коли в її демографічній частині потрібні паспортні дані респондента.

Анонімне анкетування проводиться без запису паспортних даних, що дозволяє респондентові бути повністю відвертим у відповідях на будь-які питання.

Після проведення анкетування відбувається підрахунок відповідей респондентів, тобто підводиться підсумок анкетування, на базі якого вивчається досліджуваний об'єкт. Підраховані відповіді повинні бути занесені в спеціальну таблицю, розмір якої повністю залежить від демографічної та основної частин. Наприклад, *анкета складається із двох частин: демографічна частина – «Вік», основна частина – «Чи прагнете Ви займатися футболом?»*. Анкету заповнили 130 респондентів (табл. 6.3.1).

Таблиця 6.3.1

Аналіз анкетних даних

Основна частина	Демографічна частина			
	15...16 років	16...18 років	18...20 років	Усього респондентів
	Респонденти			
Так	55	18	12	85
Ні	7	12	18	37
Важко відповісти	1	3	4	8
Разом	63	33	34	130

За даними, наведеними в табл. 6.3.1, видно, що демографічна частина формує стовпці, а основна – рядки. У цілому утворюється таблиця, складність якої повністю залежить від бажання дослідника. Таблиця практично завжди супроводжується графічним зображенням.

Контрольні питання

1. Що таке кваліметрія?
2. Що таке експертиза, експерт, експертне оцінювання?
3. Як оцінюється ефективність роботи експертів?
4. Різновиди експертного оцінювання.
5. У чому полягає метод анкетування?

Література

1. Olga Kuvaldina, Asta Sarkauskiene, Oleh Rybak, Larysa Taran, Viktor Derkach, Svitlana Biryuk, Cesar Agostinis-Sobrinho – Top 10 needs of Ukraine's Olympic sports in hostile conditions: a Delphi study: BMJ Open Sport & Exercise Medicine 2024;10:e001653.
2. Kuvaldina O, Agostinis-Sobrinho CRebuilding dreams: prioritising the needs of Ukraine's Olympic sports amidst warBritish Journal of Sports Medicine 2024;58:816-817.
3. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
4. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
5. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.
6. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.

Практична робота № 6

Кваліметричні методи оцінювання

Мета роботи: ознайомитися з методами експертної оцінки, визначення ступеня узгодженості думок експертів.

Теоретичні відомості

Кваліметрія (*cvalitas* – якість, *metron* – міра) – наука про вимірювання та кількісне оцінювання складних явищ і об'єктів, таких як виконавська майстерність або якість спортивного екіпірування та ін. В її основі – представлення складного якісного явища у вигляді «ієрархічного дерева» якостей, найнижчий рівень якого становлять характеристики, що піддаються вимірюванню чи експертному оцінюванню (експертизі). Для відбору експертів проводять тестування. Завданням експертів є: розробка «ієрархічного дерева», вибір вагових коефіцієнтів, оцінювання окремих характеристик. Наприклад, якість спортивного взуття – це його функціональна придатність + міцність + зовнішній вигляд. Своєю чергою, функціональна придатність складається з таких властивостей, як безпека, гігієнічність, зручна застібка. Кожну з цих трьох якостей також можна деталізувати. Так складається «ієрархічне дерево», яке має кілька рівнів. Характеристики найнижчого рівня оцінюють експерти, або вимірюють і переводять у бали. Остаточну оцінку об'єкта (в цьому випадку якість взуття) одержують шляхом підсумовування окремих оцінок з урахуванням їх внеску (вагових коефіцієнтів).

Методи експертної оцінки. При роботі з експертами використовують метод анкетування. Ефективність експертизи залежить від якості анкет, форми запитань (відкриті – закриті, прямі – непрямі), системи експертних оцінок.

Коефіцієнт конкордації. Існує кілька способів експертного оцінювання. Найпростіший – ранжування оцінюваних

об'єктів у порядку їх значущості. При значній кількості порівнюваних об'єктів використовують метод попарного порівняння: одному з двох порівнюваних між собою об'єктів присвоюється 1, іншому – 0 (аналогічно турнірній таблиці), а отримані суми балів ранжують. Більшу розпізнавальну здатність має шкала оцінок. Шкала оцінок може містити 3, 5, 7, 9 рівнів прояву якості. У ході експертизи визначається узгодженість думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації. Його значення від 0 до 1 трактуються подібно коефіцієнту кореляції. При низькій узгодженості думок після додаткових роз'яснень проводиться новий етап експертизи.

Порядок виконання роботи

Скласти таблицю навчальних дисциплін за перший семестр та дати власні оцінки за параметрами І (професійна зацікавленість), ІІ (стиль викладання), ІІІ (особистість викладача). Визначити, які дисципліни залишили найкраще враження.

Таблиця 6.6.1

Оцінка якості викладання навчальних дисциплін за параметрами І, ІІ, ІІІ

Бали	І (професійна зацікавленість)	ІІ (стиль викладання)	ІІІ (особистість викладача)
1	Не потрібний	Ніякий	Противна
2	Низька	Примітивний	Сіра
3	Середня	Посередній	Як усі
4	Значна	Нормальний	Цікава
5	Висока	Супер	Яскрава

Таблиця 6.6.2

Оцінювання якості викладання навчальних дисциплін

№	Навчальна дисципліна	Оцінка I параметра	Оцінка II параметра	Оцінка III параметра	Середня оцінка	Ранги
1						
....						
8						

Приклад виконання практичної роботи № 6

Таблиця 6.6.3

Оцінювання якості викладання навчальних дисциплін

№	Навчальна дисципліна	Оцінка I параметра	Оцінка II параметра	Оцінка III параметра	Середня оцінка	Ранги
1	Математика	3	3	3	3	(7) 7
2	Психологія	4	5	5	4,5	(3) 3
3	Анатомія	5	2	3	3,7	(6) 6
4	Фізіологія	5	5	5	5	(2) 1,5
5	ТМФВ	4	5	4	4,2	(4) 4
6	Вікова психопатологія	5	5	5	5	(1) 1,5
7	Біохімія	4	4	4	4	(5) 5
8	Фізика	2	2	1	1,8	(8) 8

Після того як ми порахували середню оцінку, ми маємо розташувати дисципліни у порядку спадання: від найбільшого до найменшого. В нашому прикладі – найбільшу

оцінку 5 отримали «Вікова психопатологія» та «Фізіологія», ми ставимо оцінки (1) і (2) та ін. Зазвичай ці порядкові номери є рангами, але якщо порядковий номер повторюється, то ставиться ранг, значення якого буде відповідати середньому значенню цих оцінок, у нашому прикладі ранги у «Віковій психопатології» та «Фізіології» будуть однаковими $(1 + 2) / 2 = 1,5$.

Відповідно до отриманих рангів визначаємо рейтинг навчальних дисциплін, який представлений у табл. 6.4.4.

Таблиця 6.4.4

Рейтинг викладання навчальних дисциплін

№	Навчальна дисципліна	Ранги
1	Фізіологія	1,5
2	Психологія	3
3	ТМФВ	4
4	Біохімія	5
5	Анатомія	6
6	Математика	7
7	Фізика	8

Висновок. Серед навчальних дисциплін найкраще враження залишили «Фізіологія» та «Вікова психопатологія».

Контрольні питання

1. Які методи експертного оцінювання Ви знаєте?
2. Що вивчає кваліметрія?
3. Розкрийте суть методу ранжування.

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О.О., 2017. 176 с.

2. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
3. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.
4. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.

ТЕМА 7. ОСНОВИ КОНТРОЛЮ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СПОРТСМЕНІВ

Теоретичні відомості

План

- 7.1. Загальні вимоги до контролю
 - 7.2. Контроль за рівнем розвитку швидкісних якостей
 - 7.3. Контроль за рівнем розвитку силових якостей
 - 7.4. Контроль за рівнем розвитку витривалості
 - 7.5. Контроль за рівнем розвитку гнучкості
 - 7.6. Контроль за рівнем розвитку спритності
- Практична робота № 7

7.1. Загальні вимоги до контролю

Контроль фізичної підготовленості включає в себе вимірювання рівня розвитку швидкісних і силових якостей, витривалості, спритності, гнучкості. Можливі три основні варіанти тестування:

- 1) комплексна оцінка фізичної підготовленості з використанням широкого кола різноманітних тестів;
- 2) оцінка рівня розвитку однієї якості (наприклад, витривалості у бігунів);
- 3) оцінка рівня розвитку однієї форми прояву рухової якості (наприклад, рівня швидкісної витривалості у бігунів).

При тестуванні фізичної підготовленості необхідно попередньо:

- 1) визначити мету тестування;
- 2) забезпечити стандартизацію вимірювань;
- 3) вибрати тести з високою надійністю та інформативністю, техніка виконання яких порівняно проста й не спричиняє суттєвого впливу на результат;
- 4) засвоїти тести на такому рівні, щоб при їх виконанні основна увага була спрямована на досягнення максимального результату, а не на прагнення виконати технічно правильний рух;
- 5) сформувати високу мотивацію на досягнення граничних результатів у тестах (ця умова не поширюється на стандартні функціональні проби);
- 6) мати систему оцінювання досягнень під час тестування.

Дотримання всіх цих умов обов'язкове, але особливу увагу при проведенні тестування слід приділяти створенню такого психічного настрою, який би дозволив повністю виявити справжні можливості кожного спортсмена. Цього можна досягнути, наблизивши умови тестування до змагальних, у яких зазвичай демонструються найвищі результати. Розглянемо приклад (табл. 7.1.1) тестування велосипедистів високої кваліфікації, кожен з яких тестувався протягом трьох днів у різних умовах.

Як видно з таблиці, величина та спрямованість фізіологічних показників, які характеризують терміновий тренувальний ефект (у цьому випадку саме він є мірою рухових можливостей спортсмена), досить сильно відрізняються залежно від умов тестування. При використанні в значенні тесту моделі гіту на велоергометрі рівень фізичної підготовленості необхідно визнати середнім; якщо ж як тест використовувати змагання, оцінка повинна бути високою. Тому найкраще вимірювати фізичну підготовленість в умовах змагань або в умовах, максимально близьких до них.

Таблиця 7.1.1

**Вплив умов тестування на величину
й спрямованість результатів ($n = 18$)**

Показник	Рухові завдання		
	Модель гіту на 1 км на VELOERGOМЕТРІ	Прикидка на треку в гіті на 1 км	Змагання в гіті на 1 км
Результат, с	75	77,67	75,65
ЧСС за 3–5 с до старту, уд./хв	123	130	144
ЧСС на останніх 10 с роботи, уд./хв	186	197	208
O ₂ -споживання, л/хв	4,9	5,18	5,51
Алактатна фракція O ₂ -дефіциту, л	8,06	11,79	14,5
Загальний O ₂ -дефіцит, л	10,96	15,29	18,5

7.2. Контроль за рівнем розвитку швидкісних якостей

Швидкісні якості спортсменів проявляються в здатності виконувати рухи за мінімальний проміжок часу. Прийнято виділяти елементарні та комплексні форми прояву швидкісних якостей.

Елементарні форми включають:

- а) час реакції,
- б) час поодинокого руху,
- в) частоту (темп) локальних рухів.

Комплексні форми представлені швидкістю виконання спортивних рухів (часом виконання спринтерського бігу, ривків футболіста чи хокеїста, ударів боксера та ін.).

Контроль за швидкістю реакції

Тривалість виконання будь-якої вправи, як правило, складається із двох змінних: швидкості реакції та швидкості руху.

Наприклад, результат бігу на 100 м, рівний 10,5 с, є сумою швидкості стартової реакції бігуна (0,15 с) і часу пробігання дистанції (10,35 с). «Питома вага» швидкості реакції виявляється найбільшою у тих вправах, де її значення близькі до часу наступних за реагуванням рухів (найбільш типова така ситуація в спортивних іграх та єдиноборствах).

Наприклад, швидкість специфічних реакцій у боксі та фехтуванні коливається в межах 0,3–0,7 с, швидкість виконання удару чи атаки – 0,25–0,47 с. Видно, що швидкість реакції становить близько 50 % від загальних витрат часу на виконання вправи.

У видах спорту циклічного характеру «внесок» швидкості реакції у результат порівняно невеликий: наприклад, у бігу на 100 м він становить 2–3 %, а в бігу на 1000 м – 0,02 %.

Це дає підставу вважати, що інформативність показників швидкості реакції повинна бути найбільшою в іграх та єдиноборствах і невеликою у тривалих вправах циклічного характеру.

Розрізняють прості та складні реакції. Останні, у свою чергу, розділяються на реакції вибору та реакції на рухомий об'єкт.

Швидкість **простої реакції** вимірюють у таких умовах, коли заздалегідь відомий і тип сигналу, і спосіб відповіді (наприклад, при загорянні лампочки треба відпустити кнопку, на постріл стартера почати біг). Тривалість простих реакцій порівняно невелика і, як правило, не перевищує 0,3 с.

У лабораторних умовах вимірювання швидкості реакції проводиться за допомогою реакціометрів (хронорефлексометрів). Сигнал (звуковий, світловий або тактильний) повинен бути стандартним. Погрішність вимірювального комплексу

не повинна перевищувати одиниць мілісекунд. Наприклад, при вимірюванні швидкості реакції на світловий подразник повинні бути стандартизовані: відстань між спортсменом і сигналом, форма, колір і яскравість сигналу, фон, на якому він пред'являється, освітленість приміщення, розмір і форма датчика, зусилля, які прикладаються до нього, спосіб відповіді (натискання чи відрив). У змагальних умовах спосіб вимірювання швидкості реакції зумовлюється особливостями старту чи умовами виконання елементів змагальної вправи. Наприклад, у стартові колодки (стартову тумбу басейну та ін.) вмонтовують контактні датчики, припустима погрішність спрацювання яких не повинна перевищувати 1–2 мс. Стартовий пістолет, датчики та часовимірювальне обладнання з'єднані між собою так, що постріл пістолета запускає часовимірювальне обладнання, а замикання (чи розмикання) контакту зупиняє його.

Складна реакція характеризується тим, що тип сигналу та внаслідок цього спосіб відповіді невідомі (такі реакції властиві переважно іграм і єдиноборствам, де відповідні рухи спортсмена цілком визначаються діями суперника). Зареєструвати швидкість такої реакції у змагальних умовах досить важко. У лабораторних умовах швидкість реакції вибору вимірюють таким чином: спортсменові представляють слайди з ігровими чи бойовими ситуаціями. Тривалість експозиції кожного слайда чи часові інтервали між експозиціями повинні бути стандартними. Оцінивши ситуацію, спортсмен приймає рішення й натискає одну з кнопок на пульті (кожній кнопці відповідає певне доцільне в цій ситуації тактичне рішення: наприклад, натискання на першу кнопку означає, що необхідно зробити пас праворуч, на другу – кинути в кільце, на третю – почати ведення). Початок експозиції слайда запускає часовимірювальне обладнання, натискання кнопки зупиняє його.

Результатами такого тестування будуть:

- 1) швидкість реакції;
- 2) точність прийняття рішення (за еталон точності в цьому випадку приймається узгоджена думка експертів про те, як необхідно діяти в даній ситуації). Можливі чотири варіанти реагування: а) швидко й точно; б) швидко й неточно; в) повільно й точно; г) повільно й неточно. При одночасному вимірюванні швидкості реакції та точності прийняття рішення пред'являються різні за змістом, але рівні за складністю ситуації.

Вимірювання швидкості реакції на рухомий об'єкт проводиться так: у полі зору спортсмена з'являється об'єкт (це може бути суперник, м'яч, шайба, точка на екрані та ін.), на який потрібно реагувати певним рухом. Тривалість таких реакцій становить 0,3–0,8 с. У досвідчених спортсменів (наприклад, воротарів), які досить точно вгадують рухи суперника чи м'яча, швидкість реакції на рухомий об'єкт може бути значно меншою.

Тривалість реакцій усіх типів залежить від багатьох факторів (виду спорту, віку, кваліфікації та стану спортсмена в момент вимірювання часу реакції, складності й освоєння руху, яким він реагує на сигнал; типу сигналу та ін.). У зв'язку з цим варіативність швидкості реакції як показника швидкісних якостей (внутрішньоіндивідуальна та міжіндивідуальна) є досить значною (табл. 7.2.1).

Таблиця 7.2.1

**Варіативність швидкості реакції чоловіків 17...53 років
($n = 178$)**

Тип сигналу	x_{cp}	Швидкість реакції, мс		
		min	max	розмах, max–min
Звуковий	192	121	432	311
Світловий	289	190	476	286

Зумовленість швидкості реакції за багатьма факторами позначається на рівні її надійності (стабільності). Навіть при значній кількості тих самих змін стабільність швидкості реакції, як правило, невелика: коефіцієнт відтворюваності при 3–5 повтореннях не перевищує 0,40; 7–11 повторень – 0,60–0,70; 19–25 повторень – 0,75–0,85.

Виключенням є ті види спорту, результат у яких значною мірою зумовлений стабільністю швидкості реакції.

Інформативність показників швидкості реакції визначається двома способами. У першому на підставі логічного аналізу структури змагальної вправи та факторів, які визначають його результат, встановлюється приблизний рівень інформативності тестів швидкості реакції.

Малоінформативними й, отже, непридатними для контролю швидкісних якостей є такі тести, як частота рухів кисті (так званий теппінг-тест, від англ. *taping-test*) і тривалість досягнення максимальної швидкості.

Інформативність швидкісних тестів не має універсального характеру; її величина суттєво відмінна для спортсменів різних кваліфікаційних груп (табл. 7.2.2).

Таблиця 7.2.2

**Інформативність швидкісних показників
(критерій – результат бігу на 100 м)**

Показник	Коефіцієнт інформативності	
	майстри спорту	першорозрядники
Швидкість досягнення, $V_{\max}$	-0,27	0,44
Тривалість утримання, $V_{\max}$	0,14	0,27
Швидкість падіння, $V_{\max}$	0,10	0,58
Максимальна швидкість, $V_{\max}$	-0,94	-0,97
Швидкість на фініші, $V_{\max}$	-0,80	-0,96
Швидкість реакції	0,42	0,46

Як видно з таблиці, у новачків кожен із показників характеризується середньою чи високою інформативністю, в той час як у кваліфікованих спортсменів таких показників усього два.

Значення коефіцієнтів інформативності тестів, розрахованих для групи, не завжди будуть збігатися з аналогічними значеннями для конкретних спортсменів. Як приклад розглянемо дані табл. 7.2.3, у першому стовпчику якої представлені коефіцієнти, розраховані за результатами бігу 20 спринтерів, а в інших колонках – по 20 спроб, які виконувалися кожним із трьох спортсменів.

Таблиця 7.2.3

Співвідношення групових та індивідуальних коефіцієнтів інформативності (спринтери I розряду, чоловіки)

Показник	Коефіцієнт групової інформативності	Коефіцієнти індивідуальної інформативності		
		А.С.	Б.М.	В.П.
Швидкість досягнення $V_{\max}$	0,27	-0,39	0,89	0,01
Тривалість утримання $V_{\max}$	0,14	-0,26	0,25	0,13
Швидкість зниження $V_{\max}$	0,10	-0,33	0,43	0,57
Максимальна швидкість	-0,94	-0,87	-0,42	-0,85
Швидкість на фініші	-0,80	-0,81	-0,60	-0,85
Швидкість реакції	0,42	0,75	-0,43	0,01
Результат бігу на 100 м, с	11,37	11,51	11,61	0,13

Видно, що тільки у спортсмена А.С. структура коефіцієнтів інформативності є близькою до середньогрупової, в інших же відмінності суттєві.

Тому при контролі швидкісних якостей спортсменів потрібно орієнтуватися не лише на загальні показники (для груп спортсменів певної кваліфікації), але й на специфічні (для конкретного спортсмена). Останні особливо важливі в організації контролю підготовленості висококваліфікованих спортсменів. У цьому випадку можна використовувати, зазвичай, лише індивідуальні системи оцінок, зокрема індивідуальні норми.

Надійність тестів, призначених для контролю часу руху, залежить, по-перше, від складності тестів і, по-друге, від того, наскільки добре вони засвоєні спортсменами. Найбільшою надійністю характеризуються такі прості в координаційному відношенні тести, як біг з максимальною швидкістю на 15...40 м ($r = 0,85...0,95$). Надійність цих же вправ, але виконуваних з веденням м'яча, з оббіганням стійок виявляється суттєво меншою ($r = 0,70...0,80$). Ще менш надійні швидкісні тести в ігрових видах спорту, де необхідно виконувати передачі м'яча, відбір, удари в ціль тощо.

Еквівалентність швидкісних тестів визначається за величиною розрахованих між їх результатами коефіцієнтів кореляції. Всі тести, які вимірюють час простої неспецифічної реакції, еквівалентні: який би тип сигналу (звуковий, світловий, тактильний) не використовували і якою би частиною тіла не реагували (рукою, ногою та ін.), завжди більш швидкі в одному випадку спортсмени виявляються більш швидкими і в іншому. Тому комплекс, складений з таких тестів, буде гомогенним. Залежності між показниками швидкості простих специфічних реакцій невеликі. Це пояснюється тим, що швидкість таких реакцій значною мірою зумовлена засвоєнням наступних за реакцією рухів. Тому швидко реагуючий на стартовий сигнал бігун-спринтер може не виявитися настільки ж швидким у момент старту в плаванні, веслуванні тощо. Ця ж причина пояснює відсутність залежності між показниками швидкості

складних реакцій. Немає залежностей (або вони дуже невеликі) між елементарними та комплексними формами прояву швидкісних якостей.

Тому використовувати для контролю спеціальної підготовки такі тести, як швидкість простої неспецифічної реакції, тривалість локального руху, частота рухів кистю та ін., недоцільно.

На підставі даних еквівалентності швидкісних тестів можна підсумувати, що комплексна оцінка швидкісних якостей повинна включати вимірювання тривалості руху, швидкості досягнення максимального рівня ($V_{\max}$) та швидкості специфічної реакції.

7.3. Контроль за рівнем розвитку силових якостей

Здатність долати зовнішній опір або протидіяти йому за допомогою м'язових зусиль називають силовими якостями. Рівень їх розвитку зумовлює досягнення практично в усіх видах спорту, і тому методам контролю й удосконалення силових якостей приділяється значна увага.

Методи контролю силових якостей мають давню історію. Перші механічні обладнання, призначені для вимірювання сили людини, були створені ще в XVIII ст. При контролі над силовими якостями враховують, як правило, три групи показників (рис. 7.3.1).

I. Основні: а) миттєві значення сили в певний момент руху, зокрема максимальна сила; б) середня сила.

II. Інтегральні – імпульс сили.

III. Диференціальні – градієнт сили та ін.

Пояснимо їх зміст і значення.

Максимальна сила досить наочна, але у швидких рухах порівняно погано характеризує кінцевий результат руху.

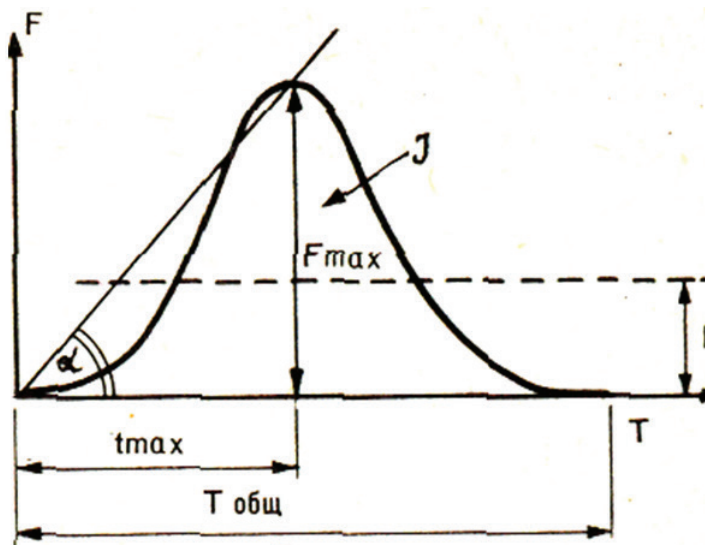


Рисунок 7.3.1. Схема динамограми: $F_{\max}$ – найвище значення сили; $t_{\max}$ – час її досягнення; $T_{\text{заг}}$ – загальний час дії сили; $F_{\text{сер}}$ – середня сила; J – імпульс сили (площа під кривою)

Згідно із законами механіки, кінцевий ефект дії сили, зокрема досягнута у результаті її дії швидкість тіла, визначається **імпульсом сили**. Графічно – це площа, обмежена кривою $F(t)$. Якщо сила постійна, то імпульс – це добуток сили на час її дії. При чисельних розрахунках імпульсу сили проводиться операція інтегрування, тому цей показник називається інтегральним. Особливо часто імпульс сили використовують при контролі над ударними рухами (удар у боксі та ін).

Середня сила – це умовний показник, дорівнює частці від ділення імпульсу сили на час дії сили. Введення середньої сили рівносильне припущенню, що на тіло протягом того ж часу діяла постійна сила (рівна середній).

Диференціальні показники отримують у результаті застосування математичної операції диференціювання. Вони

показують, як швидко змінюються миттєві величини сили. Розрізняють два способи реєстрації силових якостей:

1) без вимірювальної апаратури (у цьому випадку оцінка рівня силової підготовленості проводиться по тій найбільшій вазі, яку здатен підняти чи утримати спортсмен);

2) з використанням вимірювальних обладнань – динамометрів.

Як відомо, результатом дії сили на яке-небудь тіло може бути: а) деформація тіла; б) його прискорення. Відповідно до цього всі силовимірювальні прилади діляться на дві групи:

а) прилади, що вимірюють деформацію тіла, до якого прикладена сила;

б) прилади, що вимірюють прискорення рухомого тіла. Прилади другої групи одержали назву інерційних динамографів. Їхня перевага полягає в тому, що вони дають можливість вимірювати силу дії спортсмена в русі, а не в статичних умовах. Найбільшого поширення на практиці набули вимірювання сили за допомогою динамометрів.

7.4. Контроль за рівнем розвитку витривалості

Витривалість – це здатність тривалий час виконувати вправи без зниження їх ефективності на фоні втоми. Вправ, які використовуються у спорті, багато, і вони різнохарактерні (за структурою, тривалістю, координаційною складністю та ін.). Тому витривалість поділяють на два види: загальну та спеціальну (швидкісну, силову та ін.). Витривалість вимірюється за допомогою двох груп тестів: неспецифічних (за результатами яких оцінюються потенційні можливості спортсмена ефективно змагатися чи тренуватися в умовах наростаючого стомлення) та специфічних (результати яких вказують на ступінь реалізації цих потенційних можливостей). Відповідно до рекомендацій

Міжнародного комітету зі стандартизації до неспецифічних тестів визначення витривалості відносять: 1) біг на тредбані; 2) педалювання на велоергометрі; 3) степ-тест (рис. 7.4.1).

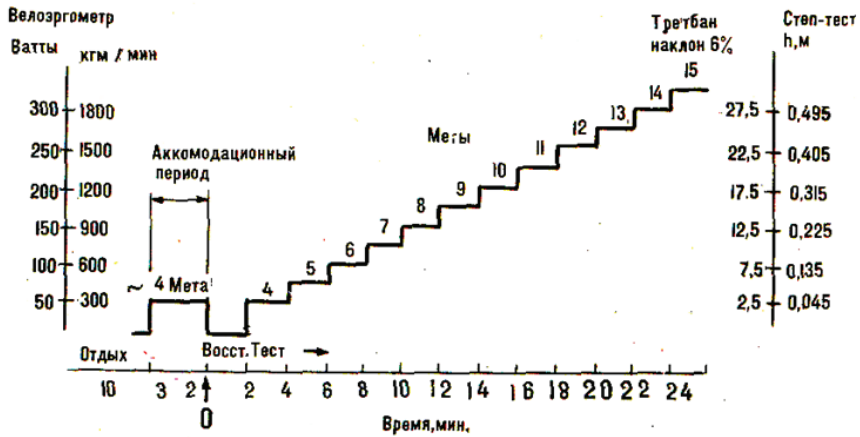


Рисунок 7.4.1. Методика проведення стандартних тестів на тредбані, велоергометрі та степергометрі

Спортсмену дається ступеневе навантаження. Енергія, необхідна для виконання того чи іншого навантаження, вимірюється спеціальними одиницями – мітками. Одна мітка дорівнює рівню витрат енергії організмом у стані спокою. Умови виконання цих рухових завдань повинні бути чітко стандартизовані; вимірюють зазвичай ергометричні та фізіологічні показники.

До основних ергометричних показників відносять: час, обсяг та інтенсивність виконання завдань; до фізіологічних – O_2 -споживання, ЧСС, поріг анаеробного обміну та ін.

Специфічними вважають такі тести, структура виконання яких близька до змагальної, тому для бігунів тестування на тредбані та для велосипедистів на велоергометрі необхідно розглядати як метод контролю за спеціальною витривалістю.

Близьким до поняття «витривалість» є поняття «фізична працездатність», під якою розуміють можливість людини виконувати фізичну роботу. Витривалість і фізична працездатність спортсмена визначаються рядом факторів, зокрема, функціональними можливостями різних систем організму (серцево-судинної, дихальної та ін.). Коли виконується велика механічна робота за участю великих м'язових груп, витривалість багато в чому визначається аеробною та анаеробною продуктивністю організму, тобто можливістю поставки енергії, необхідної для м'язової роботи, за рахунок аеробних і анаеробних джерел. Високі показники аеробної та анаеробної продуктивності – умова хорошої витривалості (зокрема, у циклічних видах спорту). Однак витривалість залежить і від інших причин (наприклад, від техніки рухів), тому функціональної залежності між показниками аеробної та анаеробної продуктивності, з одного боку, і витривалості з іншого, немає.

7.5. Контроль за рівнем розвитку гнучкості

Здатність виконувати рухи з великою амплітудою називається гнучкістю. Отже, щоб оцінити рівень розвитку цієї рухової якості, необхідно виміряти амплітуду рухів. Зробити це можна такими способами:

- 1) механічним (гоніометричним);
- 2) механоелектричним (електрогоніометричним);
- 3) оптичним;
- 4) рентгенографічним.

У першому випадку гнучкість вимірюють за допомогою механічного гоніометра – кутоміра, до однієї з ніжок якого прикріплений транспортер. Ніжки гоніометра кріпляться на поздовжніх осях сегментів, які утворюють суглоб. При виконанні

руху (згинання, розгинання, обертання та ін.) змінюється кут між осями сегментів, і зміна реєструється гоніометром. Якщо транспортир замінити потенціометричним датчиком, вийде електрогоніометр. Вимірювання з його допомогою дають графічне зображення гнучкості (рис. 7.5.1). Цей метод контролю більш точний. Крім того, він дозволяє простежити за зміною суглобних кутів у різних фазах руху.

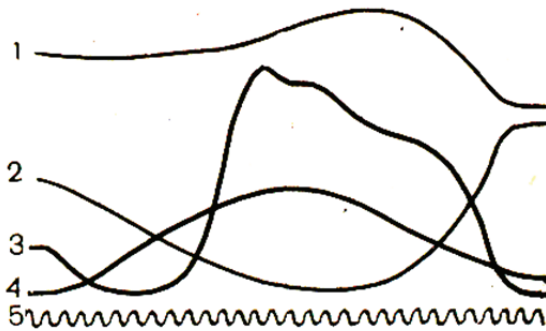


Рисунок 7.5.1. Гоніограма руху. По вертикалі – зміна кута в суглобі, град.; по горизонталі – час, с; 1–4 – кути у різних суглобах; 5 – оцінка часу

Оптичні методи вимірювання гнучкості засновані на застосуванні фото- та кінопристроїв. На суглобових точках тіла спортсмена закріплюються датчики-маркери; зміна їх розміщення у різних точках амплітуди руху фіксується реєструючою апаратурою. Наступна обробка фотознімків або фотоплівки дозволяє визначити рівень розвитку гнучкості. Рентгенографічний метод дає можливість визначити теоретично припустиму амплітуду руху, розрахувавши її на підставі рентгенологічного аналізу будови суглоба.

Гнучкість вимірюється: 1) кутовими градусами, 2) лінійними мірами. У другому випадку спортсмен виконує тест

(наприклад, викрут із палицею), і найменша відстань між великими пальцями рук (у см) буде характеризувати його рухливість у цій вправі. При використанні лінійних показників гнучкості необхідно в результат вимірювання вносити корективи з урахуванням неоднакових у різних людей розмірів тіла (довжини рук, ніг та ін.). Розрізняють активну та пасивну гнучкість.

Активна гнучкість характеризує здатність виконувати рухи з великою амплітудою за рахунок активності м'язів.

Пасивна гнучкість визначається за тією найбільшою амплітудою, яка може бути досягнута за рахунок зовнішньої сили (рис. 7.5.2). Величина цієї сили повинна бути однаковою для всіх вимірювань; тільки в цьому випадку можна отримати об'єктивну оцінку пасивної гнучкості.

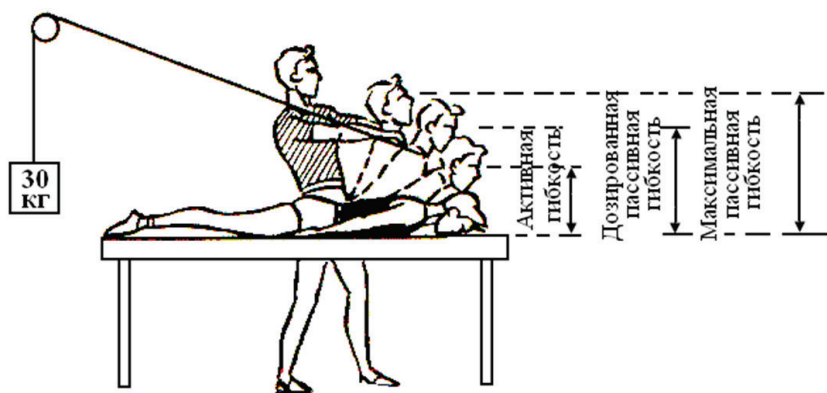


Рисунок 7.5.2. Методика вимірювання активної та пасивної гнучкості

Величину пасивної гнучкості визначають у момент, коли дія зовнішньої сили викликає болючі відчуття. Отже, показники пасивної гнучкості гетерогенні та залежать не тільки від стану м'язового й суглобного апаратів, але й від здатності спортсмена певний час витримувати неприємні відчуття.

Тому важливо так мотивувати спортсмена, щоб він не припинив виконання вправи з появою перших ознак болю. Різниця між величинами активної та пасивної гнучкості (у см або кутових градусах) називається дефіцитом активної гнучкості та є досить інформативним показником стану м'язового апарату спортсмена.

Безпосередньо реєстровані показники гнучкості залежать від часу тестування (у 10 годин гнучкість менша, ніж у 18 годин), температури повітря (при 30 °С гнучкість більша, ніж при 10 °С). Тому вимірювати гнучкість потрібно в стандартних умовах; необхідно також стандартизувати розминку (під її впливом, як відомо, дещо підвищується температура м'язів і відповідно збільшується гнучкість). Надійність більшості показників гнучкості становить 0,85...0,95, а їх інформативність залежить від того, наскільки амплітуда руху, який тестується, збігається з амплітудою змагального руху. Так, інформативність показників гнучкості махових рухів ногами велика у бар'єристів і стрибунів у висоту та довжину. Еквівалентність показників гнучкості порівняно невелика: спортсмен, гнучкий в одних рухах, може мати низькі показники гнучкості в інших. Тому для оцінки так званої загальної гнучкості необхідні її вимірювання у різних суглобах, у різних рухах.

7.6. Контроль за рівнем розвитку спритності

Високий рівень розвитку спритності припускає, що спортсмен: 1) вміє виконувати координаційні складні рухи; 2) виконує їх точно (точність у цьому випадку означає, що біомеханічні характеристики виконуваного руху близькі до еталонних); 3) швидше за інших навчається рухам із заданим рівнем точності; 4) швидше за інших перебудовує свою рухову діяльність при зміні зовнішніх умов.

Спритність – це складна комплексна рухова якість людини, яка може бути визначена як здатність швидко оволодівати складнокоординаційними руховими діями, точно виконувати їх відповідно до вимог техніки і перебудовувати свою діяльність залежно від ситуації, що склалася. Спритність як рухова якість людини лежить в основі спортивної майстерності. У зв'язку з цим способів вимірювати спритність багато, але деякі з них тотожні способам вимірювання інших рухових якостей, інших сторін підготовки тощо. Наприклад, показники спритності, які характеризують уміння виконувати координаційні складні рухи та точність їх виконання, використовуються для контролю за ефективністю техніки, а показники швидкості перебудови рухової діяльності – для визначення швидкості складної рухової реакції та тактичного мислення.

Контрольні питання

1. У чому полягають швидкісні якості спортсмена? Методи їх контролю.
2. З чого складається час виконання будь-якої вправи?
3. Що включає в себе поняття «силові якості»? Різновиди сили та їх контроль.
4. Що таке витривалість?
5. Що таке фізична працездатність?
6. У чому полягає контроль гнучкості?
7. Що таке спритність?

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Матвеев Л. П. Теория и методика физической культуры : учеб. для ин-тов физ. культуры. Москва, 1991.
3. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические

приложения : учебник для тренеров: в 2 кн. Киев : Олимп. лит., 2015. Кн. 1. 2015. 680 с.

4. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.

5. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.

Практична робота № 7

Види метрологічного контролю

Мета роботи: закріпити відомості про особливості проведення різних видів контролю: етапного, поточного, оперативного.

Під дією тренувальних навантажень змінюється стан спортсмена. Розрізняють етапний, поточний та оперативний стан. Цілеспрямована зміна цих станів неможлива без відповідного контролю.

Етапний контроль проводять на початку та в кінці тренувального етапу й визначають кумулятивний тренувальний ефект. Мета етапного контролю – оцінити рівень підготовленості спортсмена, досягнутий за період, етап, рік тренувальних занять для формування плану тренувальних навантажень на наступний етап тренувань.

Поточний контроль проводять щодня або в рамках мікроциклу й визначають відтермінований тренувальний ефект. Мета поточного – виявити повсякденні зміни стану спортсмена для своєчасної корекції плану найближчого тренувального заняття.

При оперативному контролі визначають терміновий тренувальний ефект. Мета оперативного контролю – визначити зміни стану спортсмена в ході виконання вправи або відразу після виконання з метою оперативної корекції навантаження чи техніки вправ.

Етапний контроль

Етапний контроль у спорті носить найчастіше комплексний характер і включає в себе тести, які відображають:

- 1) стан здоров'я, фізичний розвиток;
- 2) рівень фізичної підготовленості;
- 3) рівень техніко-тактичної майстерності.

За результатами цих тестів установлюється кумулятивний тренувальний ефект, проводиться аналіз специфічних та індивідуальних особливостей підготовленості спортсмена, її динаміки (наскрізні тести) і розробляються плани тренувальних навантажень на наступні етапи тренувань.

Як критерії інформативності при виборі тестів етапного контролю використовуються наступні показники: змагальні результати й окремі характеристики змагальної вправи; спортивна кваліфікація; стаж занять; вік; складові та загальні обсяги навантажень; думка експертів.

Надійність тестів етапного контролю залежить від їхнього виду: найбільшу надійність мають тестові показники стану спокою, а також результати стандартних проб. Результати максимальних рухових і функціональних тестів залежать від мотивації та вольових якостей спортсмена й тому менш надійні. Для етапного контролю слід використовувати тести, результати яких мало залежать від повсякденних змін у стані спортсменів.

Поточний контроль

Основне завдання поточного контролю – збір і аналіз інформації, необхідної для планування навантажень або їх корекції в мікроциклах тренування. Мета корекції – наблизити реальні результати тренування до планових, не допускаючи при цьому патологічного перенапруження спортсмена. Вимірювані показники повинні відображати відтермінований тренувальний ефект, тобто зміни в організмі й ступінь відновлення його до початку нового тренувального мікроциклу.

Для поточного контролю застосовують фізіологічні, біохімічні, психо-рухові тести. Інформативність їх визначається на основі порівняння щоденної динаміки результатів тестування

з такими критеріями інформативності, як: 1) показники тренувального навантаження в мікроциклі; 2) результати інших, завідомо інформативних тестів.

Надійними вважають тести, у яких варіативність результатів від дня до дня (при наявності зміни стану спортсмена) ймовірно більша варіативності від спроби до спроби. Найчастіше використовують тести спокою та стандартні функціональні проби.

Оперативний контроль

Оперативний контроль проводиться для визначення зміни стану спортсмена при виконанні вправи чи відразу після виконання для встановлення термінового тренувального ефекту різних тренувальних завдань із метою оперативної корекції навантаження чи техніки вправ. Ці дані використовують також згодом при плануванні тренувальних навантажень.

При виборі інформативних тестів для оперативного контролю визначають, наскільки вони чутливі до виконувального навантаження (за принципом «доза–ефект»). Найбільш інформативними для оперативного контролю є біомеханічні та фізіологічні характеристики, а також психорухові тести. Як критерії інформативності при виборі тестів оперативного контролю використовують: характеристики зовнішнього навантаження (обсяг, інтенсивність); досягнення у рухових завданнях (швидкість, дальність, час); якісні показники стану спортсмена (спокій – навантаження – відновлення). При перевірці надійності тестів оперативного контролю необхідне точне відтворення параметрів навантаження й упевненість, що стан спортсмена при повторному тестуванні такий же, як і при першому. Коротка характеристика видів контролю представлена в табл. 7.7.1.

Таблиця 7.7.1

Характеристика видів контролю

Показники	Вид контролю		
	оперативний	поточний	етапний
Терміни проведення	Під час вправи чи відразу після виконання	Один раз за мікроцикл	На початку і в кінці етапу
Який тренувальний ефект визначається	Терміновий тренувальний ефект	Відтермінований тренувальний ефект	Кумулятивний тренувальний ефект
Організаційні особливості	Не спотворює тренувального процесу	Простий і без навантаження	Кількість тестів, необхідних і достатніх

Порядок виконання роботи

Мета тестування: провести оперативний контроль емоційного стану студентів на початку та в кінці заняття зі спортивної метрології.

Обладнання – ручний секундомір.

Логічне обґрунтування тесту: життєвий досвід і дослідження психологів показують, що при збудженому стані час хочеться прискорити, при загальмованому – він сприймається більш уповільнено.

Провести уявне оцінювання заданого проміжку часу (певного часового інтервалу, наприклад 30 секунд). Одна спроба.

Результат тесту записати у табл. 7.7.2:

$$\Delta t = t_{\text{вимір}} - t_{\text{зад.}}$$

Емпірична перевірка інформативності тесту, для якої вибираються два критерії інформативності:

- самооцінка емоційного стану за шкалою (сес) (додаток 8);
- ЧСС спокою.

За результатами оцінки емоційного стану за допомогою тесту та критеріїв оцінити інформативність тесту графічним методом – побудувати кореляційне поле.

Таблиця 7.7.2

Таблиця результатів тестування

№ з/п	Ім'я	На початку заняття			Наприкінці заняття			Δ ЧСС	Δ с/о
		Δt	сес	ЧСС ₁₀	Δt	сес	ЧСС ₁₀		
1	А–Н	-1	28	15	-1	32	13	-2	4
2	С–К	-2	30	13	-1	30	11	-2	0
3	П–В	+2	34	12	0	36	11	-1	2
...									

Оцінка інформативності за графіком показує, що між результатами тесту і сес спостерігається схожа динаміка. ЧСС як показник емоційного стану вимагає допрацювання.

Контрольні питання

1. Що таке етапний контроль?
2. Поясніть мету поточного контролю.
3. Що таке відтермінований тренувальний ефект?
4. Що таке оперативний контроль?

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Зациорский В. М. Основы спортивной метрологии. Москва : Физкультура и спорт, 1979. 152 с.
3. Годик М. А. Спортивная метрология. Москва : Физкультура и спорт, 1988. 192 с.
4. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.
5. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Соколькова О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.

ТЕМА 8. МЕТРОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ТА ТАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СПОРТСМЕНІВ

Теоретичні відомості

План

- 8.1. Метрологічний контроль технічної підготовленості спортсменів
- 8.2. Контроль тактичної підготовленості у фізичному вихованні та спорті
- 8.3. Метрологічні основи контролю тренувальних і змагальних навантажень

8.1. Метрологічний контроль технічної підготовленості спортсменів

Контроль технічної підготовленості, чи технічної майстерності, полягає в оцінюванні вмінь спортсмена та виконанні ним засвоєних рухів (рис. 8.1.1).

Розрізняють два основні методи контролю технічної майстерності: візуальний та інструментальний.

Візуальний – є найпоширенішим методом й одним з основних у спортивних іграх, єдиноборствах, гімнастиці, фігурному катанні і деяких інших видах спорту. В ігрових видах спорту, в єдиноборствах можливості оцінки технічної майстерності за допомогою спеціальних тестів обмежені:

показники, які вимірюються під час тестування (визначення точності та дальності передач, точності ударів по воротах), як правило, неінформативні. Коефіцієнти кореляції між точністю виконання цих прийомів під час тестів і змагань (ігор, боксерських двобоїв та ін.) наближаються до нуля. І це зрозуміло, тому що умови виконання прийомів і дій під час змагань різко відрізняються від умов під час тестувань. Тому за результатами таких тестів, як правило, не можна передбачити ефективність змагальної діяльності.

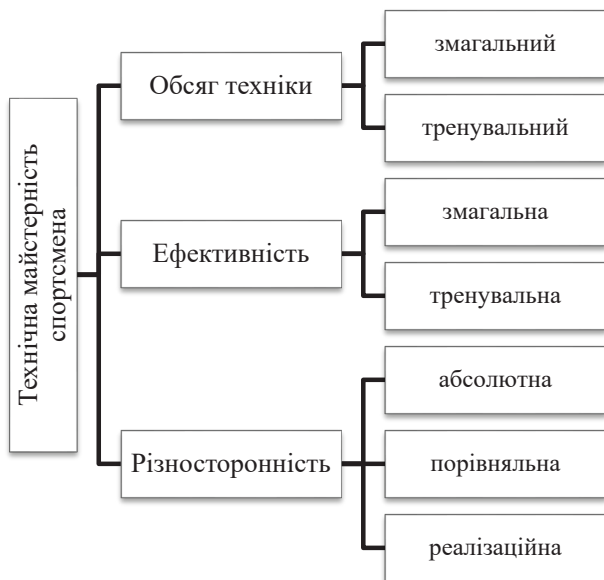


Рисунок 8.1.1. Показники технічної майстерності спортсменів

Однак тести технічної майстерності все ж таки корисні. Вони дозволяють визначити рівень технічної майстерності в умовах без впливу змагальних факторів. Візуальний контроль за технічною майстерністю проводиться двома способами: 1) під час безпосередніх спостережень; 2) за допомогою

відеотехніки. Другий спосіб стає все більше розповсюдженим. Це пов'язано з можливістю:

- 1) документально зафіксувати рухи спортсмена;
- 2) при систематичному відеозаписі мати відеотеку рухів і аналізувати їх техніку в динаміці;
- 3) використовувати стоп-кадр, а також уповільнено показувати дії, що підвищує вірогідність їх аналізу;

4) усунути вплив змагальної обстановки на процес спостереження, бо навіть досвідчений експерт, спостерігаючи за діями спортсмена на змаганнях, може помилятися внаслідок емоційного збудження, захопленості якимось моментом та ін.

Інструментальний контроль за технічною майстерністю вимірює біомеханічні характеристики техніки. Реєстрації підлягають зусилля, які застосовуються при виконанні рухів (рис. 8.1.2), час, швидкість і прискорення руху в цілому чи окремих його фаз (рис. 8.1.3), положення тіла чи його сегментів. Зареєстровані показники підлягають аналізу (графоаналітичному, математико-статистичному та ін.), результати якого використовуються як критерії ефективності спортивної техніки.

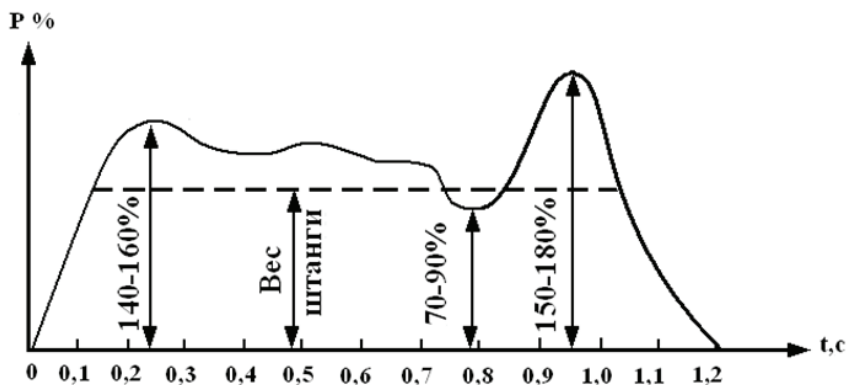


Рисунок 8.1.2. Сила, зафіксована при підйомі штанги до підсиду:

P – сила в % від ваги штанги; t – час

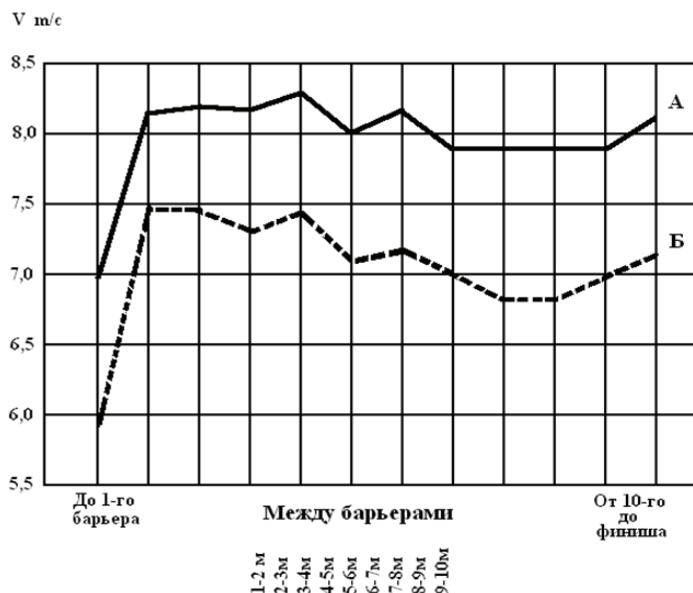


Рисунок 8.1.3. Динаміка швидкості в бар'єрному бігу на 110 м у спортсменів високої (А) та низької (Б) кваліфікації

8.2. Контроль тактичної підготовленості у фізичній культурі та спорті

Поглиблений аналіз результатів змагальної діяльності безпосередньо пов'язаний з контролем над тактичною підготовленістю (тактичною майстерністю) спортсмена. Тактикою називається сукупність способів ведення спортивної боротьби. Елементами тактики є техніко-тактичні дії, а також застосування психологічного впливу на суперника, вибір позиції та приховування намірів. Комбінації тактичних дій називаються тактичними варіантами. Тактичні варіанти реалізуються за допомогою рухової діяльності, але їх вибір є результатом розумової діяльності спортсмена. Тому при тестуванні тактичної майстерності

фіксується не тільки ефективність техніко-тактичних дій, але й перевіряється тактичне мислення. Тактичним мисленням називається здатність швидко оцінювати ситуацію та приймати рішення. В усіх видах спорту основою для вибору показників, які вимірюються при контролі тактичної майстерності, є дані про структуру змагальної вправи. Разом з тим, у різних видах спорту метрологічні питання спортивної тактики вирішуються по-різному. Це пояснюється неоднаковою структурою змагальної діяльності та розбіжністю критеріїв оптимальної тактики. Оптимальним вважається той тактичний варіант, який забезпечує найбільше (найменше) значення критерію оптимальності. Виділяють декілька груп таких показників. Це показники обсягу різнобічності, раціональності, ефективності й освоєння тактики. Вони аналогічні показникам, які використовуються для оцінки технічної майстерності спортсменів.

Загальним обсягом тактики називається перелік тактичних дій і варіантів, які використовуються в умовах змагань та якими володіє спортсмен або команда. Як правило, змагальний обсяг тактики менший за загальний обсяг тактики, при чому тим менший, чим відповідальніші змагання. Різнобічність тактики показує, наскільки різноманітний тактичний арсенал спортсмена чи команди. Наприклад, одна з численних класифікацій тактичних ходів ділить їх на монотонні, гострі, дезінформуючі та страхуючі. Монотонним називають тактичний хід, який позбавлений елемента несподіванки тому, що не має вирішального впливу на результат змагання.

Розрізняють загальну та змагальну різнобічність тактики. Нерідко на тренувальних заняттях спортсмени демонструють різноманітну тактику, а змагальний арсенал тактичних дій і варіантів виявляється досить бідним і притому таким, що складається переважно з монотонних ходів. Це свідчить про недостатньо високу тактичну підготовленість спортсменів. Ефективність і раціональність тактичного варіанта (ходу)

характеризується можливістю досягнення поставленої мети за умови застосування даного варіанта. Раціональність характеризує тактичний хід (варіант) відносно конкретного спорту-смена. Відомо, наприклад, що, гострі тактичні ходи частіше приносять успіх, ніж монотонні. У видах спорту з об'єктивно вимірюваними результатами існує два різновиди тактики, залежно від того, яку мету ставить спортсмен перед собою: показати найкращий для себе результат або виграти дані змагання в конкретних суперників (установка «на результат» або «на виграш»). При другій установці не існує раціональних варіантів тактики, придатних на всі випадки. Все залежить від індивідуальних особливостей спортсмена та його суперників.

Що ж стосується першої установки, то тут можливі раціональні варіанти, при яких з найбільшою ймовірністю буде показаний найкращий результат. Ефективність тактики характеризує тактичну майстерність конкретного спортсмена. Тактика тим ефективніша, чим ближче вона до індивідуально оптимального (раціонального) варіанта. Найпростіший спосіб контролю ефективності тактичних варіантів збігається з контролем результативності окремих техніко-тактичних дій. В ідеалі кожен тактичний прийом повинен виконуватись успішно. І тому результативність (успішність) того чи іншого тактичного варіанта визначається як відсоток випадків успішного застосування даного варіанта.

8.3. Метрологічні основи контролю тренувальних і змагальних навантажень

Контроль і планування навантажень є найважливішими елементами спортивного тренування. Конкретні показники, які використовуються при контролі, різноманітні. Це пояснюється тим, що в кожному виді спорту склад тренувальних засобів містить у собі десятки, а то й сотні вправ. Оцінити

кожну з них і вибрати найбільш ефективні – одне з основних завдань контролю навантажень. В основі вирішення цього завдання лежить класифікація тренувальних засобів – розподіл їх на групи за певними ознаками (характеристиками). Доцільно використовувати наступні характеристики:

- спеціалізованість, тобто міру подібності даного тренувального засобу до змагальної вправи;
- спрямованість, яка проявляється у впливі тренувальної вправи на розвиток тієї чи іншої рухової якості;
- координаційну складність, яка впливає на величину тренувальних ефектів;
- ступінь впливу вправи на організм спортсмена.

Враховуються також умови, в яких проходять тренувальні заняття (наприклад, умови середньогір'я, температура та вологість повітря).

Контрольні питання

1. Які показники містить у собі технічна майстерність спортсмена?
2. Що таке обсяг техніки?
3. Що таке різнобічність техніки?
4. Що таке ефективність техніки?
5. Що таке тактика? Назвіть її основні показники.

Література

1. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О. О., 2017. 176 с.
2. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Соколькова О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.
3. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения : учебник для тренеров: в 2 кн. Киев : Олимп. лит., 2015. Кн. 1. 2015. 680 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Варіанти завдань до виконання практичної роботи № 3

Варіант 1

1 0 1 1 1 2 0 2 1 0 0 0 1 0 3 2 1 1 1 0
0 0 1 1 0 2 0 3 1 2 1 3 2 1 0 0 1 0 1 1
0 2 3 1 0 3 1 1 1 2 1 1 0 0 1 1 3 0 2 3
2 1 1 0 4 2 2 1 1 2 0

$n = 71$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 2

3 7 4 6 1 4 2 4 6 5 3 2 9 0 5 6 7 7 3 1
5 5 4 2 6 2 1 5 3 3 1 5 6 4 4 3 4 1 5 5
8 4 8 7 4 5 6 7 5 2 4 6 6 7 7 3 5 4 4 3
5 5 7 6 6 1

$n = 66$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 3

0 0 2 0 1 3 0 1 0 1 2 1 3 0 0 2 1 3 2 2
1 3 3 2 0 2 4 3 2 1 2 2 2 2 3 3 1 1 1 3

2 1 0 1 2 1 4 4 2 3 3 5 5 2 1 2 3 2 3 1
1 0 1 0 4 1 1 0 2 2 4 2 1 4 3 0 2 0 2 0
3 1

$n = 82$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 4

3 3 1 0 0 3 3 5 3 0 0 4 1 5 1 6 5 4 7 4
5 3 3 0 2 3 1 4 1 2 4 3 4 5 4 0 5 6 6 3
5 4 1 3 3 6 3 1 1 5 2 3 5 3 3 4 1 5 6 1
3 3 3 5 6 1 2 1 3 4

$n = 70$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 5

0 2 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 1 0 0 0 0
1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 2 0 0 0 1 1 1 1
0 0 0 1 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 2 1 0 1
0

$n = 81$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 6

4 10 7 6 3 7 8 7 4 7 10 7 3 9 3 1 5 8 10 11
6 5 7 6 3 8 4 3 8 4 10 6 8 7 8 7 7 7 4 6
7 10 4 4 0 5 4 4 8 5 5 10 7 3 8 5 5 6 6 3
5 7 8 5 7 10 9 10 8 2 3 6 9

$n = 73$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 7

2 4 2 4 3 3 3 2 0 6 1 2 3 2 2 4 3 3 5 1

0 2 4 3 2 2 3 3 1 3 3 3 1 1 2 3 1 4 3 1

7 4 3 4 2 3 2 3 3 1 4 3 1 4 5 3 4 2 4 5

3 6 4 1 3 2 4 1 3 1 0 0 4 6 4 7 4 1 3

$n = 79$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 8

3 5 6 8 4 5 5 7 2 7 7 3 7 4 4 5 4 4 5 2

4 8 8 4 6 5 9 4 0 4 4 4 9 3 3 2 1 5 2 5

5 3 4 4 7 8 9 10 4 5 2 5 7 6 1 2 5 6 3 1

2 6 7 3 3 2 5 4 8 2 6 5 9 5 5 2 8 3 6 4

6 6 8 7 3 3 7 3

$n = 88$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 9

4 5 6 1 1 6 2 2 8 4 5 5 4 2 3 4 7 5 4 7

3 3 4 4 3 5 4 3 5 5 2 1 4 3 5 1 4 3 3 3

1 0 2 2 1 7 5 2 6 2 1 1 8 4 5 4 1 4 5 4

4 2 3 4 3 3 9 2 6 2 3 2 7 1 4 7 3 5 7 2

5 5 4 4 6 1

$n = 86$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 10

11 6 7 8 7 3 7 3 3 12 7 9 12 5 10 4 7 2 7 7

4 5 11 5 5 6 4 5 8 9 8 12 5 6 7 10 11 9 13 9

3 8 11 9 7 12 6 6 14 11 9 8 14 6 4 10 8 4 6 8
3 6 6 7 7 6 10 11 3 11 8 5 8 11 11 6 11 7 8 7
12 5 5 9 5 7 10 5 7

$n = 89$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 11

0 4 2 0 5 1 1 3 0 2 2 4 3 2 3 3 0 4 5 1
3 1 5 2 0 2 2 3 2 2 2 6 2 1 3 1 3 1 5 4
5 5 3 2 2 0 2 1 1 3 2 3 5 3 5 2 5 2 1 1
2 3 4 3 2 3 2 4 2

$n = 69$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 12

6 6 5 6 11 8 7 4 4 8 3 2 3 9 7 6 9 5 8 8
7 10 8 6 9 9 10 3 10 5 7 6 8 9 9 3 8 4 11 4
6 9 2 8 7 7 7 8 4 3 6 12 10 2 3 8 6 8 2 3
8 8 7 6 9 4 4 7 6 9 6

$n = 71$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 13

2 0 1 2 0 0 2 2 1 1 0 0 0 0 1 2 0 4 0 0
1 0 4 1 1 0 2 1 0 0 2 1 1 1 1 0 1 1 0 3
1 2 1 0 1 2 1 2 3 0 2 4 0 0 0 3 0 2 0 2
2 2 1 1

$n = 64$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 14

5 4 4 4 5 0 3 7 2 2 3 0 5 6 3 4 6 1 2 5

3 2 3 6 6 2 3 1 7 2 3 2 2 5 2 0 2 2 6 1

3 6 7 7 2 0 4 6 1 1 6 7 1 3 4 6 6 3 2 1

7 2 5 4 2 3 4 5 6 6 5 3 2

$n = 73$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Варіант 15

4 8 4 11 7 7 5 8 9 6 7 1 6 5 8 4 7 4 8 4

6 5 7 4 8 7 4 3 2 8 7 5 0 4 7 6 3 5 7 2

6 6 5 8 1 3 8 6 6 8 8 9 6 8 7 5 12 5 3 9

5 7 7 8 3 7 9 6 5 4 4 4 7 7 4 7 5 9 5 9

3 4 4 8 5 1 10 6 1 7 6 8 6 7 9

$n = 95$; початок першого інтервалу $x_{\min} = 0$; довжина інтервалу $h = 1$.

Критичні точки розподілу Стюдента (t)

Число ступенів свободи f	Рівень значущості α			
	0,10	0,05	0,01	0,001
1	6,31	12,70	63,70	637,00
2	2,92	4,30	9,92	31,60
3	2,35	3,18	5,84	12,90
4	2,13	2,78	4,60	8,61
5	2,01	2,57	4,03	6,86
6	1,94	2,45	3,71	5,96
7	1,89	2,36	3,50	5,40
8	1,86	2,31	3,36	5,04
9	1,83	2,26	3,25	4,78
10	1,81	2,23	3,17	4,59
11	1,80	2,20	3,11	4,44
12	1,78	2,18	3,05	4,32
13	1,77	2,16	3,01	4,22
14	1,76	2,14	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,92	4,01
17	1,74	2,11	2,90	3,96
18	1,73	2,10	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,86	3,88
20	1,73	2,09	2,85	3,85
21	1,72	2,08	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,80	3,74
25	1,71	2,06	2,79	3,72

Продовження Додатка 2

Число ступенів свободи f	Рівень значущості α			
	0,10	0,05	0,01	0,001
26	1,71	2,06	2,78	3,71
27	1,71	2,05	2,77	3,69
28	1,70	2,05	2,76	3,66
29	1,70	2,05	2,76	3,66
30	1,70	2,04	2,75	3,65
40	1,68	2,02	2,70	3,55
60	1,67	2,00	2,66	3,46
120	1,66	1,98	2,62	3,37
∞	1,64	1,96	2,58	3,29

Критичні точки розподілу критерію Фішера
(k_1 – число ступенів свободи більшої дисперсії;
 k_2 – число ступенів свободи меншої дисперсії,
при рівні значущості $\alpha = 0,05$)

$\begin{smallmatrix} v_1 \\ v_2 \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	∞
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	249	254
2	18,50	19,00	19,20	19,30	19,30	19,30	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	19,50
3	10,10	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,69	2,51	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,01	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	1,98	1,73

Продовження Додатка 3

$\begin{matrix} v_1 \\ v_2 \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	∞
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	1,96	1,71
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	1,89	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,79	1,51
∞	3,84	3,00	3,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,83	1,83	1,75	1,52	1,00

Критичні значення критерію Вілкоксона

<i>n</i>	Критичні значення		<i>n</i>	Критичні значення	
	<i>P</i> = 0,05	<i>P</i> = 0,01		<i>P</i> = 0,05	<i>P</i> = 0,01
6	1	–	16	31	21
7	3	–	17	36	24
8	5	1	18	41	29
9	7	3	19	47	33
10	9	4	20	53	39
11	12	6	21	60	44
12	15	8	22	67	50
13	18	11	23	74	56
14	22	14	24	82	68
15	26	17	25	90	69

Результати спортсменів у потрійному стрибку

№	$\bar{x}$ (см)	n_x	S_x (см)	$\bar{y}$ (см)	n_y	S_y (см)
1	921	40	28,5	930	35	31,4
2	850	42	27,1	300	32	30,5
3	940	45	26,2	870	38	26,9
4	900	37	31,2	920	46	31,0
5	850	30	25,2	970	40	29,4
6	910	32	27,3	940	31	32,4
7	950	36	28,1	910	39	26,3
8	890	31	31,2	940	34	27,4
9	905	37	28,5	945	30	25,1
10	960	32	24,1	900	42	38,5
11	870	40	25,7	915	45	24,7
12	965	38	26,0	910	41	30,2
13	895	41	29,5	935	36	29,7
14	925	37	28,4	905	32	23,2
15	897	32	21,6	930	36	31,7
16	915	36	24,7	950	42	27,6
17	890	39	31,8	925	46	31,7
18	935	42	27,8	890	32	26,4
19	940	45	31,6	910	37	24,2
20	960	37	29,2	905	31	27,1
21	895	51	24,5	911	47	24,9
22	906	48	30,2	920	39	27,3
23	910	44	28,5	880	41	25,2
24	920	53	24,7	903	45	29,4
25	915	49	27,1	940	35	31,8

**Кількість підтягувань на перекладині у групі спортсменів
на початку (x_i) та в кінці (y_i) серії тренувань силової
спрямованості**

№2	x_i						№2	x_i					
	y_i							y_i					
1	12	10	13	12	10	10	14	10	10	9	8	9	8
	15	17	14	19	17	13		12	14	12	13	14	13
2	11	16	13	12	10	9	15	8	11	12	14	10	9
	15	18	15	19	13	14		11	12	16	18	13	11
3	12	10	11	9	10	12	16	10	10	11	11	13	12
	13	14	11	13	14	16		12	15	12	16	15	13
4	10	11	11	13	10	9	17	11	10	9	12	10	11
	15	14	13	17	11	14		12	11	14	18	17	15
5	9	8	10	10	11	10	18	10	9	8	8	11	10
	12	13	11	12	14	15		12	13	13	18	16	15
6	10	12	10	13	11	8	19	9	10	10	11	10	11
	12	15	10	13	11	8		12	14	13	15	14	13
7	12	14	10	9	10	9	20	10	12	12	11	11	10
	15	18	13	12	11	10		13	15	16	17	15	13
8	12	10	9	9	7	10	21	11	10	12	10	9	11
	16	13	14	12	10	12		15	16	13	14	13	12
9	10	12	10	11	9	10	22	10	10	12	11	12	11
	15	14	13	12	10	11		15	14	13	12	16	12
10	9	10	12	11	10	10	23	9	10	12	10	9	11
	15	18	16	13	12	13		13	12	14	16	14	15
11	8	10	12	11	13	9	24	12	13	10	9	12	11
	9	12	11	12	13	12		12	14	12	10	12	11
12	10	7	9	10	12	11	25	9	12	10	11	14	13
	12	9	9	12	14	13		10	12	12	10	15	13
13	8	10	13	15	11	13							
	9	10	13	14	14	15							

У таблиці наведені відношення x/y ,
де x – значення індексу Кетле ($\text{кг}/\text{м}^2$);
 y – значення станової сили (кг).

№	Спортсмени							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	$\frac{18}{70}$	$\frac{21}{73}$	$\frac{20}{75}$	$\frac{19}{74}$	$\frac{22}{75}$	$\frac{25}{80}$	$\frac{26}{80}$	$\frac{23}{76}$
2	$\frac{19}{81}$	$\frac{21}{84}$	$\frac{21}{84}$	$\frac{24}{85}$	$\frac{25}{83}$	$\frac{26}{87}$	$\frac{23}{87}$	$\frac{27}{90}$
3	$\frac{20}{92}$	$\frac{22}{93}$	$\frac{22}{96}$	$\frac{25}{100}$	$\frac{26}{110}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{30}{120}$	$\frac{29}{105}$
4	$\frac{21}{81}$	$\frac{23}{84}$	$\frac{24}{84}$	$\frac{25}{86}$	$\frac{25}{90}$	$\frac{26}{90}$	$\frac{28}{105}$	$\frac{29}{110}$
5	$\frac{22}{73}$	$\frac{24}{76}$	$\frac{26}{82}$	$\frac{26}{85}$	$\frac{27}{87}$	$\frac{28}{90}$	$\frac{29}{90}$	$\frac{30}{107}$
6	$\frac{23}{82}$	$\frac{25}{94}$	$\frac{25}{96}$	$\frac{27}{96}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{29}{110}$	$\frac{30}{110}$	$\frac{28}{1058}$
7	$\frac{24}{92}$	$\frac{25}{92}$	$\frac{27}{103}$	$\frac{28}{109}$	$\frac{28}{115}$	$\frac{29}{120}$	$\frac{31}{120}$	$\frac{32}{125}$
8	$\frac{25}{87}$	$\frac{26}{89}$	$\frac{29}{92}$	$\frac{27}{95}$	$\frac{30}{93}$	$\frac{28}{95}$	$\frac{31}{104}$	$\frac{32}{106}$
9	$\frac{26}{85}$	$\frac{28}{90}$	$\frac{28}{92}$	$\frac{30}{106}$	$\frac{31}{102}$	$\frac{34}{120}$	$\frac{34}{105}$	$\frac{35}{120}$
10	$\frac{27}{93}$	$\frac{29}{95}$	$\frac{29}{94}$	$\frac{30}{107}$	$\frac{32}{110}$	$\frac{34}{107}$	$\frac{35}{115}$	$\frac{36}{121}$
11	$\frac{28}{85}$	$\frac{29}{79}$	$\frac{26}{79}$	$\frac{25}{70}$	$\frac{26}{74}$	$\frac{22}{70}$	$\frac{28}{70}$	$\frac{21}{72}$
12	$\frac{29}{100}$	$\frac{31}{100}$	$\frac{30}{94}$	$\frac{32}{106}$	$\frac{34}{120}$	$\frac{35}{140}$	$\frac{36}{140}$	$\frac{39}{130}$
13	$\frac{30}{92}$	$\frac{32}{94}$	$\frac{34}{96}$	$\frac{34}{98}$	$\frac{36}{102}$	$\frac{38}{102}$	$\frac{38}{110}$	$\frac{39}{110}$

№	Спортсмени							
	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
14	$\frac{31}{110}$	$\frac{34}{110}$	$\frac{37}{92}$	$\frac{37}{90}$	$\frac{38}{90}$	$\frac{40}{89}$	$\frac{41}{88}$	$\frac{42}{85}$
15	$\frac{32}{95}$	$\frac{30}{98}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{27}{110}$	$\frac{26}{110}$	$\frac{25}{115}$	$\frac{25}{120}$	$\frac{25}{125}$
16	$\frac{33}{115}$	$\frac{31}{105}$	$\frac{30}{105}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{28}{98}$	$\frac{26}{90}$	$\frac{25}{90}$	$\frac{24}{84}$
17	$\frac{34}{90}$	$\frac{36}{92}$	$\frac{36}{94}$	$\frac{37}{100}$	$\frac{38}{100}$	$\frac{38}{105}$	$\frac{39}{110}$	$\frac{40}{115}$
18	$\frac{35}{95}$	$\frac{32}{90}$	$\frac{31}{100}$	$\frac{30}{100}$	$\frac{28}{105}$	$\frac{26}{107}$	$\frac{26}{107}$	$\frac{24}{110}$
19	$\frac{36}{98}$	$\frac{38}{100}$	$\frac{40}{120}$	$\frac{40}{125}$	$\frac{42}{125}$	$\frac{44}{130}$	$\frac{44}{135}$	$\frac{45}{135}$
20	$\frac{37}{90}$	$\frac{34}{95}$	$\frac{34}{96}$	$\frac{32}{96}$	$\frac{31}{96}$	$\frac{30}{100}$	$\frac{30}{105}$	$\frac{30}{110}$
21	$\frac{38}{120}$	$\frac{36}{120}$	$\frac{35}{100}$	$\frac{32}{96}$	$\frac{30}{90}$	$\frac{28}{91}$	$\frac{28}{90}$	$\frac{26}{85}$
22	$\frac{39}{160}$	$\frac{33}{150}$	$\frac{30}{150}$	$\frac{30}{140}$	$\frac{27}{130}$	$\frac{25}{125}$	$\frac{24}{125}$	$\frac{20}{110}$
23	$\frac{40}{150}$	$\frac{35}{140}$	$\frac{30}{140}$	$\frac{30}{130}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{25}{95}$	$\frac{25}{95}$	$\frac{20}{90}$
24	$\frac{41}{160}$	$\frac{38}{130}$	$\frac{35}{130}$	$\frac{32}{125}$	$\frac{28}{120}$	$\frac{28}{110}$	$\frac{26}{110}$	$\frac{25}{100}$
25	$\frac{42}{190}$	$\frac{40}{180}$	$\frac{38}{180}$	$\frac{36}{170}$	$\frac{30}{160}$	$\frac{300}{150}$	$\frac{28}{150}$	$\frac{27}{140}$

**Методика «Самооцінка емоційних станів» –
опитувальник, розроблений американськими
психологами А. Вессманом та Д. Ріксом**

Виберіть у кожному із запропонованих наборів суджень те, що найкраще описує ваш стан зараз. Номер судження, вибраного з кожного набору, запишіть у відповідному рядку для відповідей.

Спокій – тривожність

10. Досконалий спокій. Непохитно впевнений у собі.
9. Винятково холоднокровний, на диво впевнений і не хвилююся.
8. Відчуття повного благополуччя. Впевнений і почуваюся невимушено.
7. Загалом впевнений та вільний від занепокоєння.
6. Ніщо не турбує мене особливо. Почуваюся більш-менш невимушено.
5. Дещо стурбований, відчуваю себе скуто, трохи стривожений.
4. Переживаю деяке занепокоєння, страх, стурбованість чи невизначеність. Нервовий, хвилююся, роздратований.
3. Значна невпевненість. Дуже травмований невизначеністю. Страшно.
2. Величезна тривожність, стурбованість. Охоплений страхом.
1. Цілком збожеволів від страху. Втратив розум. Наляканий нерозв'язними труднощами.

Енергійність – втома

10. Порив, який не знає перешкод. Життєва сила виплескується через край.

9. Життєздатність, що б'є через край, величезна енергія, сильне прагнення діяльності.

8. Багато енергії, сильна потреба у дії.

7. Почуваюся свіжим, у запасі значна енергія.

6. Почуваюся досить свіжим, у міру бадьорий.

5. Злегка втомився. Лінощі. Енергії не вистачає.

4. Досить втомлений. У запасі не дуже багато енергії.

3. Велика втома. Млявий. Дуже низькі ресурси енергії.

2. Жахливо стомлений. Майже виснажений і практично не здатний до дії. Майже не лишилося запасів енергії.

1. Абсолютно видихся. Нездатний навіть до найменшого зусилля.

Піднесеність – пригніченість

10. Сильний підйом, захоплення, веселощі.

9. Збуджений, у піднесеному стані. Захоплення.

8. Збуджений, у гарному настрої.

7. Почуваюся дуже добре. Життєрадісний.

6. Почуваюся досить добре, «гаразд».

5. Почуваюся трохи пригнічено, «так собі».

4. Настрій пригнічений і дещо похмурий.

3. Пригнічений і почуваюся дуже пригнічено. Настрій однозначно похмурий.

2. Дуже пригнічений. Почуваюся просто жахливо.

1. Крайня депресія та зневіра. Пригнічений. Все чорне та сіре.

Впевненість у собі – безпорадність

10. Для мене немає нічого неможливого. Зможу зробити все, що хочу.

9. Відчуваю велику впевненість у собі. Впевнений у своїх звершеннях.

8. Дуже впевнений у своїх здібностях.

7. Відчуваю, що моїх здібностей достатньо та мої перспективи хороші.
6. Почуваюся досить компетентним.
5. Відчуваю, що мої вміння та здібності дещо обмежені.
4. Почуваюся досить нездатним.
3. Пригнічений своєю слабкістю та нестачею здібностей.
2. Почуваюся жалюгідним та нещасним. Втомився від своєї некомпетентності.
1. Почуття слабкості і марності зусиль, що давить. У мене нічого не вийде.

Обробка результатів тесту

Вимірюються такі показники:

I_1 – «спокій – тривожність»;

I_2 – «енергічність – втома»;

I_3 – «піднесеність – пригніченість»;

I_4 – «почуття впевненості у собі – почуття безпорадності».

Індивідуальна самооцінка I – дорівнює номеру судження, обраного випробуваним із відповідної шкали;

I_5 – сумарна (за чотирма шкалами) оцінка стану:

$$I_5 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4.$$

Якщо сума балів від 26 до 40, то випробуваний високо оцінює свій емоційний стан, якщо від 15 до 25 балів – то оцінка емоційного стану середня, і низька – якщо сума від 4 до 14 балів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Olga Kuvaldina, Asta Sarkauskiene, Oleh Rybak, Larysa Taran, Viktor Derkach, Svitlana Biryuk, Cesar Agostinis-Sobrinho – Top 10 needs of Ukraine's Olympic sports in hostile conditions: a Delphi study: BMJ Open Sport & Exercise Medicine 2024;10:e001653.
2. Kuvaldina O, Agostinis-Sobrinho CRebuilding dreams: prioritising the needs of Ukraine's Olympic sports amidst warBritish Journal of Sports Medicine 2024;58:816-817.
3. Андрєєва Р. Біомеханіка і основи метрології : навчально-методичний посібник. Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2015. 224 с.
4. Ахметов Р. Ф. Спортивна метрологія : навчальний посібник. Житомир : ФОП Євенок О.О., 2017. 176 с.
5. Базилевич Н. О. Спортивна метрологія : курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів факультету фізичного виховання. Переяслав-Хмельницький : ФОП Домбровська Я. М., 2018. 90 с.
6. Бондаренко І. Г. Спортивна метрологія : методичні рекомендації. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 104 с.
7. Вайнберг Дж., Шумекер Дж. Статистика. Москва, 1979.
8. Годик М. А. Спортивная метрология. Москва, 1988.
9. Карченкова М. В. Теоретичні та методичні основи навчання з дисципліни «Спортивна метрологія» : методичний посібник. Переяслав-Хмельницький : Буклет, 2002. 52 с.
10. Кедровський Б. Г., Матвіїв В. І., Малярєнко І. В., Степанюк С. І. Інструментальні методи контролю. Методичні

вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів. Херсон : ХДПУ, 2002. 40 с.

11. Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей. Москва, 1994.

12. Клапчук В. В., Самошкін В. В. Кількісна оцінка рівня фізичного здоров'я та превентивна фізична реабілітація курсантів і студентів вищих навчальних закладів МВС України : навч. посіб. Дніпропетровськ : ЮАМВС, 2005. 52 с.

13. Коренберг В. Б. Спортивная метрология. Москва : Физическая культура, 2008. 358 с.

14. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Соколькова О. Г. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Вінниця : Планер, 2015. 256 с.

15. Круцевич Т. Ю., Воробйов М. І., Безверхня Г. В. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків та молоді : навч. посіб. Київ : Олімпійська література, 2011. С. 153–187.

16. Лапутін А. М., Носко М. О., Кашуба В. О. Біомеханічні основи техніки фізичних вправ. Київ : Науковий світ, 2001. 201 с.

17. Містулова Т. Є. Математичні методи в теорії і практиці спорту : навч. посіб. Київ : Науковий світ, 2004. 90 с.

18. Начинская С. В. Спортивная метрология. Москва, 2005.

19. Неделько Е. Ю., Яцунский А. С. Статистические аспекты спортивной метрологии : учебное пособие. Николаев : НУК, 2015. 128 с.

20. Неделько Є. Ю., Кувалдіна О. В., Чорний О. Л. Практикум зі спортивної метрології : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2012. 65 с.

21. Огієнко Н. Проблеми вивчення курсу «Спортивна метрологія» та його значення для майбутніх фахівців. *Молода спортивна наука України: зб. наук. праць з галузі фізичної культури та спорту*. 2003. Вип. 7. Т. 1. С. 135–136.

22. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения : учебник для тренеров: в 2 кн. Київ : Олімпійська література, 2015. Кн. 1. 2015. 680 с.

23. Спортивная метрология : учеб. / под общ. ред. В. М. Зациорского. Москва, 1982.

24. Ромакін В. В. Комп'ютерний аналіз даних : навч. посіб. Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.

25. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : підручник. Київ : КНТ, 2010. 776 с.

26. Солопчук М. С., Федірко А. О. Основи науково-методичної діяльності у галузі фізичної культури і спорту : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О. А., 2006. 224 с.

27. Шиян Б. М., Єдинак Г. А., Петришин Ю. В. Основи наукових досліджень у фізичному вихованні та спорті : навчальний посібник для факульт. фіз. вих. і спорту вищих навч. закладів II–IV рівнів акредитації. Кам'янець-Подільський, 2012. 302 с.



НОТАТКИ

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

Навчальне видання

КУВАЛДІНА Ольга Вікторівна

СПОРТИВНА МЕТРОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Комп'ютерне верстання *Н. М. Ковальчук*

Коректор *О. Є. Вакула*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 11,51. Вид. № 11. Зам. № 1903-14.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007
E-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.