Богдан Виноградський

Моделювання параметрів специфічних координаційних якостей лучників

Резюме

На основе учета кинематических параметров микродвижений стрелков обоснована корректность диагностики уровня развития специальной координации. Разработаны модели структурных образований специальной координации лучников и стрелков из пневматического оружия высокой квалификации в форме простых и множественных регрессий.

Summary

On the basis of kinematical parameters consideration of shooters micromotions, diagnostics of special co-ordination development is grounded. Models of special co-ordination structural formations for high skill archers and shooters from the pneumatic weapon are developed in the multiregression forms.

© Богдан Виноградський, 2005

Постановка проблеми. На думку більшості фахівців, стрілецькі види спорту доречно відносити до складнокоординаційних. Проте цілком зрозуміло, що різні види спорту висувають об'єктивно інші координаційні вимоги до спортсмена. Немає сумніву, що час, обсяг і зміст координаційного тренування в технічно-композиційних видах спорту, в спортивних іграх і єдиноборстві відрізняються від відповідних параметрів у стрілецьких дисциплінах, які містять відносно невелике число спортивно-специфічних навичок, мають обмежений набір спеціальних вправ, але висувають значно жорсткіші вимоги щодо збереження кількісних динамічних характеристик під час виконання мікрорухів. Потрібно звернути увагу і на те, що зі зростанням спортивної майстерності спортсменів проблема вдосконалення їх спеціальних координаційних здібностей різко ускладнюється. Це пов'язано зі зменшенням ефекту під час позитивного перенесення здібностей і умінь та збільшенням специфічності й індивідуалізації координаційної складової у формуванні технічної майстерності [3, 10, 11]. Враховуючи значні технічні труднощі, що виникають під час контролю специфічних мікрорухів, які, в свою чергу, є техніко-тактичними діями стрільців з лука в процесі виконання змагальної вправи, відсутність обґрунтованих теоретичних положень інтерпретації якісних та кількісних показників, суттєвий вплив помилок у мікрорухах на спортивний результат, достатньо гостро постає проблема їх наукового дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових робіт виявив, що основними структурними елементами рухової координації є їх різновидність і вияв; компоненти; чинники, що обумовлюють їхній розвиток; критерії оцінки [4, 6, 7]. Такі основні компоненти, як синхронізація рухових і вегетативних функцій, перерозподіл м'язових зусиль у просторі та в часі, ступінь взаємодії сенсорних систем, рівень міжм'язової і внутрішньом'язової координації характерні для переважної більшості рухових координацій.

Водночас якою б складною не була фізична вправа, всі рухові координації відображають лише її певні параметри і тільки в сукупності характеризують якість виконання цієї рухової дії. Отже всі рухові координації взаємозумовлені та взаємопов'язані між собою, зберігаючи при цьому певну специфіку [5].

Сучасний рівень технічного забезпечення, зокрема високоточних комп'ютерних комплексів безпровідникового контролю, відкривають нові можливості для фіксації та аналізу спеціальних характеристик мікрорухів в стрілецьких видах спорту. Тому з'явилися наукові праці, в яких використовуються дані щодо часових і просторових параметрів виконання змагальної вправи стрільців, зокрема в кульовій стрільбі [8, 9]. В них подаються "модельні характеристики", а точніше середні значення визначених параметрів, які, на думку авторів, можуть суттєво впливати на отримання результату не нижче "десятки" у стрільбі. Проте у вказаних працях не подаються глибинні механізми, взаємозв'язки та шляхи вдосконалення параметрів, що можуть впливати на кінцевий спортивний результат. Отже дане дослідження є продовженням наукових пошуків з розширення застосування методів дослідження,

об'єкта дослідження, латентних механізмів функціонування мікрорухів.

Дослідження виконувалось згідно зі Зведеним планом науково-дослідної роботи на 2002—2005 рр. Державного комітету України з питань фізичної культури і спорту за темою 1.2.14. "Теоретико-методичні основи моделювання складних систем (на прикладі стрілецького спорту та біатлону)".

Мета дослідження — визначення закономірностей становлення та вдосконалення мікрорухів у лучників високої кваліфікації на основі розробки моделі структурних утворень спеціальної координації.

Завдання дослідження:

1. Розробити моделі структурних утворень спеціальної координації лучників високої кваліфікації.

2. Виконати порівняльний аналіз чинників формування ступеня розвитку спеціальної координації у стрільців з різних видів зброї.

3. Визначити перспективні напрями вдосконалення спеціальної координації лучників.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань застосовувалися загальнотеоретичні (узагальнення матеріалів літературних джерел і мережі Internet, аналіз та синтез, моделювання, статистичний аналіз цифрових масивів) та спеціалізовані (педагогічне спостереження та порівняльний педагогічний експеримент), в тому числі й інструментальні методи дослідження. Отримання необхідного первинного емпіричного матеріалу стало можливим за умови використання електронно-оптичного комп'ютерного стрілецького стенду — SCATT. Для порівняльного експерименту дослідження проводилися у приміщеннях на 10-метровій дистанції з використанням трьох типів стрілецької зброї: гвинтівки, пістолета і лука.

У педагогічних спостереженнях та експериментах брали участь 60 стрільців високої кваліфікації майстри спорту, майстри спорту міжнародного класу (МС і МСМК). Було утворено три вибірки по 20 спортсменів у кожній, які спеціалізуються у стрільбі з пневматичного пістолета, пневматичної гвинтівки та зі спортивного лука.

Передбачалося, що основними характеристиками координаційних здібностей стрільців будуть якісні та кількісні параметри мікрорухів стрільців під час прицілювання. Опис траєкторії прицілювання обмежувався такими кінематичними параметрами за 1 с до пострілу: середнім результатом, очки; можливим результатом, очки; поперечником стрільби, мм (відстанню між найвіддаленішими точками влучення в серії); стабільністю прицілювання, мм (відстанню між середніми точками траєкторії за 1 с до пострілу); точністю прицілювання, мм; середньою стійкість в десятці, % (відношенням часу перебування точки прицілювання в "десятку" до визначеного часу в 1 с); довжиною траєкторії: загальною, горизонтальною, вертикальною, мм; коефіцієнтом еліпсності влучення і траєкторії (відношенням середнього значення поперечника стрільби (траєкторії) у горизонтальній площині до значення середнього поперечника у вертикальній площині).

Результати дослідження та їх обговорення. Якщо узагальнити теоретичні викладки, то отримаємо підґрунтя аналізу кінематичних параметрів рухів лучника під час виконання змагальної вправи. Однак зважаючи на той факт, що емпіричні дані, отримані, описані та інтерпретовані в окремих роботах, дають альтернативні пояснення кінематичних параметрів мікрорухів стрільців, виникає практична та теоретична доцільність у підтвердженні чи спростуванні тієї чи іншої наукової гіпотези. Зокрема підкреслюється, що швидкість руху проекції зброї в районі прицілювання є інтегральним критерієм якості техніко-тактичних дій стрільців, а точність влучення в мішень — обернено пропорційна швидкості руху зброї в районі прицілювання [1].

Спочатку перевіримо наукове припущення про прямолінійну залежність швидкості переміщення точки прицілювання і величин значення спортивного результату. Побудуємо двомірні графіки співвідношення вказаних показників (рис. 1). Одним із графіків є пряма лінія, яка описується рівнянням $y = 10{,}6808 - 0{,}0288x$. Іншим видом взаємозв'язку може бути згладжений поліном третього ступеня

$$y = 10{,}057 + 0{,}2296x - 0{,}030127x^2 + 0{,}001039x^3.$$

Графічне зображення прямої та кривих ліній, а також коефіцієнти запропонованих рівнянь засвідчують наявність певного впливу швидкості переміщення

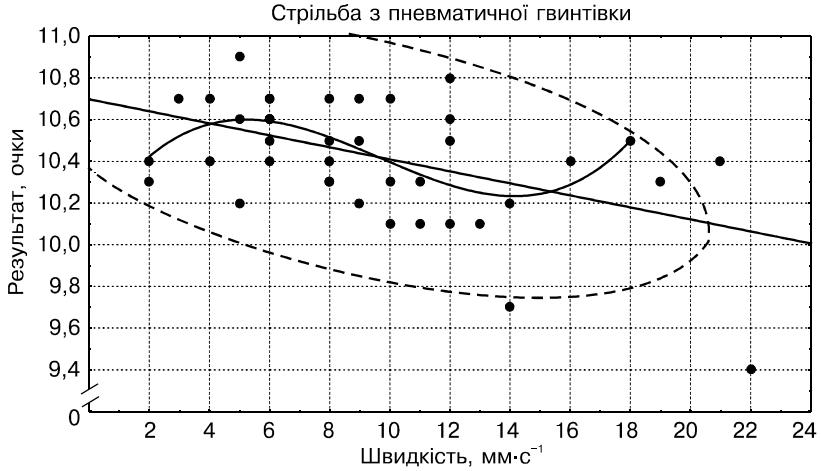


Рис. 1. Співвідношення результативності та швидкості переміщення точки прицілювання у спортсменів високої кваліфікації під час стрільби з пневматичної гвинтівки на 10-метровій дистанції

точки прицілювання на спортивний результат спортсменів у стрільбі з пневматичної гвинтівки.

Кореляційне число взаємозв'язку між показниками, які досліджуються, вказує на ознаку значущості, при цьому r = −0,488 при p = 0,01. Підсумовуючи, можна стверджувати, що існує вплив швидкісних параметрів переміщення точки прицілювання на спортивний результат у вибірці висококваліфікованих спортсменів — стрільців з пневматичної гвинтівки, хоча характер залежності не є прямолінійним, а тим більше прямо пропорційним.

Простежимо за типом та характером зв'язків під час стрільби з іншої пневматичної зброї, а саме з пістолета, на тій же дистанції — 10 м. Розміщення точок влучення на площині змінилося. Практично зникла ознака групування біля ліній регресій як біля прямої, так і біля кривої ліній. Рівняння прямої лінії набуло вигляду

$$y = 9{,}9557 - 0{,}0033x,$$

а поліному —

$$y = 10{,}697 - 0{,}0363x + 0{,}000344x^2 - 0{,}00000093x^3.$$

Порівнявши стандартизовані коефіцієнти відповідних рівнянь у стрільбі з пневматичної гвинтівки та пневматичного пістолета, відмітимо суттєве зменшення їх модулів у контрольній стрільбі з пістолета від 0,0288 до 0,0033 у прямих лініях і від 0,2296 до 0,0363 при першому членові у поліномах третього ступеня (рис. 2).

На розкид даних вибірки вказує також близький до одиниці коефіцієнт еліпсності емпіричних показників. Коефіцієнт кореляції дорівнює −0,28 і не є значущим при p = 0,05.

Якщо аналізувати відповідні характеристики моделей регресій, розміщення точок у двомірній площині, коефіцієнти кореляції у лучників високої кваліфікації, то з упевненістю можна стверджувати про практичну відсутність впливу показників

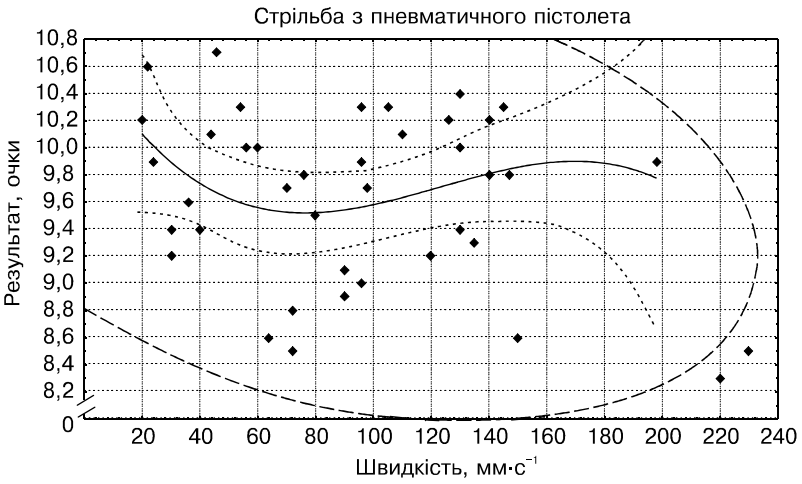


Рис. 2. Співвідношення результативності та швидкості переміщення точки прицілювання у спортсменів високої кваліфікації під час стрільби з пневматичного пістолета на 10-метровій дистанції

швидкості на результативність влучення. При цьому змінився кут нахилу прямої лінії регресії

$$y = 8{,}2525 + 0{,}0031x,$$

а форма поліному другого ступеня практично наближається до прямої лінії

$$y = 7{,}639 + 0{,}014502x - 0{,}0000386x^2$$

(рис. 3). Отже паралельність ліній регресій до осі абсцис, що в даному випадку є шкалою швидкості, вказує на індиферентність впливу цього показника на абсолютний результат, у всякому разі, на відрізку від 30 до 200 мм·с⁻¹. Коефіцієнт кореляції змінив знак, але його значення наближається до нуля (r = 0,2).

Загалом можна розглядати різні діапазони коливання швидкості точки прицілювання, а отже і коливання ланок плечового поясу у стрільців різних спортивних спеціалізацій. У майстрів спорту та майстрів спорту міжнародного класу зі стрільби з пневматичної гвинтівки середня швидкість точки прицілювання на 10-метровій дистанції за 1 с перед пострілом коливається в межах 7—12 мм·с⁻¹, а у "пістолетчиків" тієї самої спортивної кваліфікації — 70—30 мм·с⁻¹. Щоб порівняти діапазон швидкості у стрільців з лука використовувалася аналогічна за величиною електронна мішень. Діапазон показників середньої швидкості виявився в межах 70—150 мм·с⁻¹. З'ясувалося, що певну закономірність встановлено при зіставленні індивідуальної різниці середніх максимальної та мінімальних

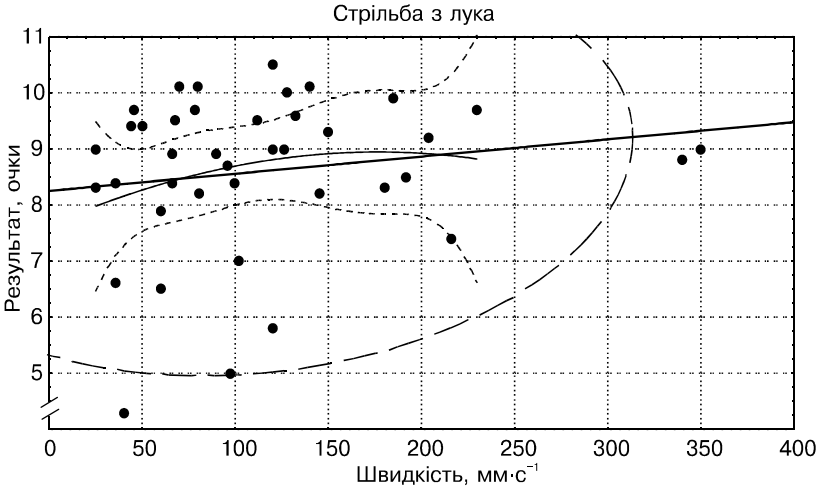


Рис. 3. Співвідношення результативності та швидкості переміщення точки прицілювання у лучників високої кваліфікації на 10-метровій дистанції

Таблиця 1. **Кореляційна матриця впливів кінематичних показників мікрорухів стрільців високої кваліфікації з різних типів зброї на спортивний результат**

Кінематичний показник мікрорухів	Типи зброї			
	всі типи зброї	пневматичний пістолет	пневматична гвинтівка	стрільба з лука
Поперечник стрільби	**–0,86**	–0,63	–0,35	–0,29
Стабільність прицілювання	**–0,82**	–0,44	–0,50	–0,55
Точність прицілювання	**–0,68**	**–0,92**	–0,44	**–0,94**
Середня стійкість в "десятці"	0,70	**0,71**	**0,78**	**0,75**
Загальна довжина траєкторії	**–0,52**	–0,66	–0,65	0,34
Еліпсність влучення	–0,15	**–0,76**	–0,40	0,05
Еліпсність траєкторії	0,12	–0,36	–0,63	0,12

швидкостей руху точки прицілювання і спортивним стрілецьким результатом кожного пострілу. Коефіцієнти кореляції такі: у стрільців з пневматичної гвинтівки — 0,15; у стрільців з пневматичного пістолета — 0,42; у стрільців з лука — 0,63; у всіх стрільців загалом — 0,47.

На наш погляд, величина зазначених показників залежить, передусім, від особливостей геометричного взаємного розташування точок опори біомеханічної системи "стрілець-зброя" та характеру контакту ланок тіла стрільця зі зброєю залежно від технічних особливостей виконання тієї чи іншої стрілецької вправи. Отже виявлено необхідність конкретного підходу до аналізу та трактування швидкісних характеристик точки прицілювання в спортивній стрільбі у завершальній фазі цілісного пострілу. Загальні положення призводитимуть до неправильної оцінки розвитку спеціальних координаційних здібностей стрільців і розробки практичних рекомендацій.

З метою окреслення необхідного набору придикторів та визначення їх внесків у абсолютний результат стрільців побудовано кореляційні та регресійні залежності у кількох вибірках, сформованих за ознакою зброї. Порівняльні результати наведено в табл. 1.

Величини показників кореляції (табл. 1) у вибірках в багатьох випадках відрізняються між собою. З'явилася потреба детальнішого вивчення виявлених зв'язків. Показники кореляції однобоко показують вплив тої чи іншої незалежної змінної на залежну змінну. Оскільки нами досліджувалися кілька предикторів, то залежності можуть суттєво трансформуватися, набувати нових особливостей. При обчисленні величин кореляційних залежностей з поля зору випадають значно складніші взаємовпливи, які є присутніми в процесах функціонування біомеханічних систем. В нашому випадку значущі показники кореляції (виділені у табл. 1 при $\alpha = 0,05$) виступають важливими відправними точками при побудові адекватніших статистичних моделей. Одними з принципів побудови моделей множинної регресії на основі врахування кінематичних параметрів мікрорухів стільців є: включення до числа незалежних змінних значущих показників парної кореляції; врахування виявлених особливостей впливів на спортивний результат залежно від типу зброї; перевірка гіпотез про наявність авторегресійної залежності.

Щоб побудувати множинну регресію для вибірки, до якої належать всі стрільці загалом, обрано п'ять незалежних змінних — відповідна кількість значущих показників тісноти взаємозв'язків (1-й стовпчик табл. 1). У результаті статистичної обробки отримано такі коефіцієнти множинної регресії: нестандартизований коефіцієнт — 10,71; стандартизований коефіцієнт при показникові, що характеризує поперечник стрільби — 1,1, стабільність прицілювання — 0,08, точність прицілювання — 0,21, середню стійкість в "десятку" — 0,06, загальну довжину траєкторії — 0,28. Але тільки два стандартизованих показника виявилися значущими, а саме: коефіцієнти, що знаходяться при величинах довжин відрізків між центрами найбільш віддалених влучень та загальних довжин траєкторій за 1 с до пострілу, тому рівняння множинної регресії суттєво спростилося і набуло також вигляду:

$$y = 10,71 - 1,1x + 0,28z,$$

де y — абсолютний показник результату, x — відстань між центрами найвіддаленіших влучень, z — загальна довжина траєкторії.

Оскільки модель значно спростилася, а також виходячи з логіки про можливу взаємозалежність значної кількості додаткових, не суттєвих на наш погляд характеристик мікрорухів висококваліфікованих стрільців, що теж можуть впливати на спортивний результат, використаємо аналіз залишків. Формально залишки — це різниця між фактичними значеннями залежної змінної спортивного результату і розрахованими на основі розробленої моделі. Якщо залишки суттєво корелюються, то запропонована модель неадекватна, оскільки не дотримано важливе припущення про незалежність помилок в регресійній моделі. Для цього визначимо коефіцієнт Дарбіна-Вотсона і порівняємо його з табличними критичними точками. У нашому випадку розрахований коефіцієнт Дарбіна-Вотсона (DU) становить 1,79, що є більшим за верхнє табличне значення (DU_5 = 1,77, при $\alpha = 0,05$, n = 60 і k = 5). Приймається припущення про незалежність залишків, а отже спрощена модель спортивної результатив-

ності стрільців є адекватною для рівня $\alpha = 0,05$ [2].

З теоретичної та практичної точок зору, цікавим є утворенням моделей множинних регресій для вибірок показників стрільців з різних типів зброї. Повторимо процедуру, описану вище, ще тричі для стрільців з пневматичної гвинтівки, пневматичного пістолета й з лука. В результаті отримаємо дані, наведені в табл. 2.

Таблиця 2. **Порівняльна таблиця значущих показників у множинних регресіях прогнозування спортивної результативності стрільців із різних типів зброї**

Показник	Вид зброї		
	пневматична гвинтівка	пневматичний пістолет	лук
Нестандартизовані коефіцієнти	8,53	10,7	10,29
Значущий показник рівняння і його стандартизований коефіцієнт	Середня стійкість в "десятці" (a)	Точність прицілювання (j)	Поперечник стрільби (x) Точність прицілювання (j)
Спрощене рівняння	y = 8,53 + 1,74a	y = 10,7 – 0,66j	y = 10,29 – 0,82x – 0,74j
Коефіцієнт Дарбіна–Вотсона	0,93	0,89	2,04

Як видно з таблиці, практично неможливо з високою точністю визначити спортивний результат у стрільців-кульовиків високої кваліфікації на основі врахування п'яти чинників його формування. Як і під час стрільби з пневматичного пістолета, так і з пневматичної гвинтівки для формування абсолютного результату значущим виявився тільки один показник. Таке можна пояснити пересічністю та взаємопов'язаністю кінематичних параметрів прояву рухової функції при виконанні мікрорухів стрільцями. З іншого боку, перевірка залежності залишків, показує, що вони можуть вступати в кореляційні залежності між собою, а отже порушується важливе припущення про незалежність помилок в регресійних моделях. Розрахункові значення статистики Дарбіна-Вотсона у стрільців з пневматичної гвинтівки становлять 0,93, а у стрільців з пневматичного пістолета 0,89 і знаходяться в області табличних критичних значень (DL_5 = 0,79, DU_5 = 1,99 при $\alpha = 0,05$ і n = 20), де чітких висновків про автокореляцію залишків зробити неможливо.

Множинна регресійна модель спортивного результату висококваліфікованих лучників демонструє інші властивості. Як видно з табл. 2, праву частину рівняння становлять два параметри, а коефіцієнт Дарбіна-Вотсона підтверджує гіпотезу про відсутність автокореляційної залежності між залишками (оскільки DU_5 = 1,99 при $\alpha = 0,05$ і n = 20, то 2,04 > 1,99) [2].

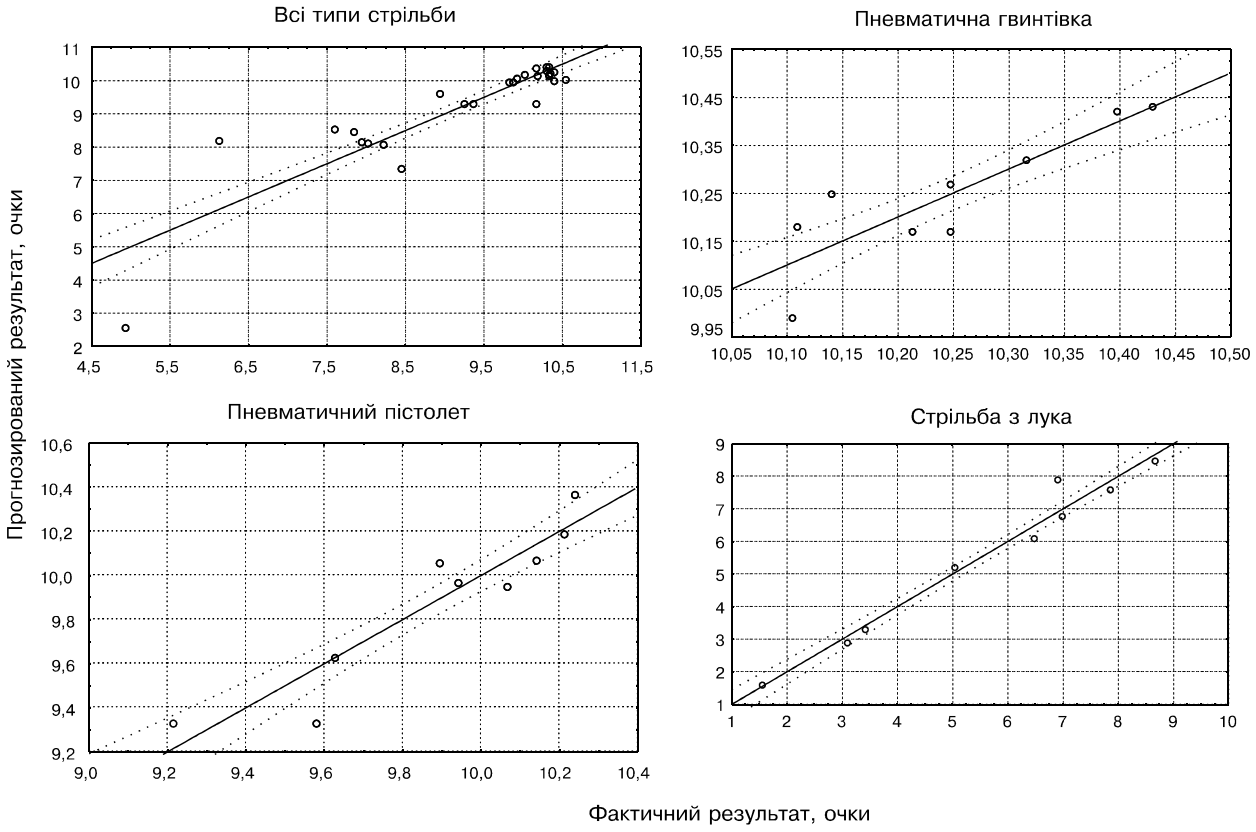


Рис. 4. Передбачення спортивного результату на основі використання множинних регресій для стрільців з різних типів зброї

Якість регресійних моделей для спортсменів, які спеціалізуються у стрільбі з видів зброї, що розглядається, можна з'ясувати за допомогою графічного зображення трендів ліній регресій та фактичних результатів (рис. 4). Лінії (95 відсотків інтервалу довіри) найщільніше знаходяться при регресійній лінії спортивного результату лучників та стрільців з різних типів зброї і поступається за цією ознакою у стрільців з пневматичної зброї. Складність аналізу підкреслюється різними діапазонами величин спортивного результату, бо щільність результатів кваліфікованих спортсменів також суттєво відрізняється. На основі запропонованих графіків легко порівнювати фактичні результати з точками лінії регресії, побудованої на основі статистичних розрахунків.

За підсумками регресійного та кореляційного аналізів з'являється альтернативна точка зору щодо визначення та проявів понять спеціальної координації в стрілецькому спорті. Відповідно до неї ставиться під сумнів визначення поняття спеціальної координації, що характеризує її як здатність стрільця обрати оптимальний момент для обробки спуску на фоні наявної у нього стійкості, що уможливлює компенсацію недостатньої стійкості. На наш погляд, неточною є теза про те, що величина відхилення від центра мішені у формі усередненого графіка значень, побудованого в певному часовому інтервалі до пострілу, однозначно трактує ступінь розвитку координованості стрільця. На нашу думку, координацію в стрілецькому спорті і в стрільбі з лука зокрема слід трактувати ширше. Це багатокомпонентне явище. Одним із варіантів дефініції поняття координації стрільців є такі прояви психомоторних процесів, що спрямовані на досягнення визначного спортивного результату і характеризуються величинами відповідності параметрів спеціалізованих дій спортсмена оптимальним моделям реалізації змагальної вправи.

Висновок

Аналіз спеціальної літератури та результатів експериментальних досліджень вказують на неоднозначність трактування поняття координаційних якостей стрільців і лучників зокрема. Виявилося, що практично не існує однієї чи кількох інтегральних характеристик, на основі яких базується обґрунтована можливість діагностики спеціальної координації.

Обґрунтовано коректність діагностики рівня розвитку спеціальної координації на основі врахування кінематичних параметрів мікрорухів стрільців. Розроблено моделі структурних утворень спеціальної координації лучників та стрільців із пневматичної зброї високої кваліфікації у формі простих та множинних регресій. Порівняльний аналіз чинників формування ступеня розвитку спеціальної координації у стрільців з різної зброї засвідчив різницю у їх складі. Запропоновано математичні моделі передбачення спортивного результату стрільців на основі врахування значущих чинників з континууму проявів спеціальної координації його формування.

Перспективи подальших досліджень. На основі отриманих результатів намічено напрями подальших досліджень, що пов'язано із з'ясуванням:

- управлінських педагогічних дій та створення кібернетичних моделей досягнення якісної та кількісної відповідності "оптимізаційна — фактична" модель;
- місця, ролі та точності моделей у забезпеченні адекватних шляхів вдосконалення рухової функції стрільців;
- співвідношення індивідуальних, групових та загальних підходів при вдосконаленні компонентів координаційних якостей лучників.

1. *Бернштейн Н.А.* О ловкости и ее развитии. — М.: Физкультура и спорт, 1991. — 288 с.

2. *Боровников В.* STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.

3. *Верхошанский Ю.В.* Основы специальной физической подготовленности спортсменов. — М.: Физкультура и спорт, 1988. — 332 с.

4. *Карпеев А.Г.* Двигательная координация человека в спортивных упражнениях баллистического типа. — Омск, 1998. — 322 с.

5. *Назаренко Л.Д.* Развитие двигательно-координационных качеств как фактор оздоровления детей и подростков. — М., 2001. — 332 с.

6. *Петров А.М.* Центральное программирование механизмов реализации координационных способностей спортсменов и их педагогическое обоснование: Автореф. ... д-ра пед. наук. — М., 1997. — 48 с.

7. *Платонов В.Н., Булатова М.М.* Координация спортсмена и методика ее совершенствования: Учеб.-метод. пособие. — К., 1992. — 52 с.

8. *Пятков В.Т.* Модельные характеристики системы стрелок-оружие-мишень // Физ. воспитание студентов творческих специальностей. — 2001. — № 4. — С. 3—7.

9. *Пятков В.Т.* Теоретико-методичні основи техніко-тактичної підготовки спортсменів у стрілецьких олімпійських вправах: Автореф. дис. ... д-ра наук з фіз. виховання і спорту. — К., 2002. — 40 с.

10. *Daugs R.* u.a. Sportmotorisches Lernen und Techniktraining zwischen Theorie und Praxis /Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. Hrsg. R. Daugs. Band 2. — Schorndorf, 1991. — S. 19—32.

11. *Haken H., Kelso J.A.S., Bunz H.A.* Theoretical model of phase transitions in human hand movements // Biol. Cybern, 1985. — V. 51. — P. 347—356.

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ

Надійшла 01.04.2005