технологического профиля, массовых онлайн-курсов, открытый доступ к которым организуется большому количеству желающих на специальных образовательных Интернет-платформах. Эта новая форма дистанционного обучения при условии методически грамотного её применения может вызвать революционные изменения в системе высшего образования. Проводя обучение в формате так называемого «перевёрнутого класса», значительную часть учебного материала студенты могут осваивать дома с помощью предлагаемых преподавателем онлайн-курсов, которые органично вписываются в учебный план и полностью соответствуют содержанию образовательной программы по дисциплине. Таким образом, в обучении происходит переход к смешанной, диджитализированной модели обучения, благодаря которой образовательная среда стаёт гибкой и удобной для современных людей цифровой эпохи. Преподаватель при этом должен обеспечить эффективные механизмы обучения, благодаря которым будет гарантировано высокое качество образования.

Ключевые слова: массовые открытые онлайн-курсы, онлайн-образование, онлайн-обучение, дистанционное обучение, смешанное обучение, «перевернутый класс», подготовка учителей, физико-технологический профиль.

O. A. Smalko

Kamianets-Podilskyi National Ivan Ohiienko University

POSSIBILITIES OF USING MASSIVE OPEN ONLINE COURSES IN TRAINING OF THE TEACHERS IN PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PROFILE

The subject matter of the article is the analysis of the possibility of using massive open online courses for teacher training, in particular the physical and technological profile. This new form of distance learning, subject to its methodologically competent application, can cause revolutionary changes in the higher education system. Studying in the format of the so-called “flipped classroom”, students can master a significant part of the educational material at home using the online courses offered by the teacher, which fit seamlessly into the curriculum and are fully consistent with the content of the educational program in the discipline. Thus, in learning, there is a transition to a blended, digitalized model of learning, due to which the educational environment becomes flexible and convenient for the modern people of the digital age. At the same time, the teacher must provide effective learning mechanisms that will guarantee a high quality education.

Key words: massive open online courses (MOOCs), online education, online learning, distance education, blended learning, flipped classroom, teacher training, physical and technological profile.

Отримано: 7.07.2019

УДК 53:378.091.313

DOI: 10.326626/2307-4507.2019-25.149-153

Є. П. Соколов[1], О. А. Лозовенко[2]

Національний університет «Запорізька політехніка»
e-mails: [1]esocolov_g@gmail.com, [2]oksana_loz@i.ua;
[1]ORCID: 0000-0001-9489-4911, [2]ORCID: 0000-0003-0838-6879

ПОШУК ПРИНЦИПІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНТЕРВАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ

У статті описується пошук принципів для побудови інтервальної теорії обробки результатів вимірювання фізичного практикуму нового типу. Спочатку автори звертаються до аналізу традиційного практикуму. Вони послідовно досліджують три його складові: елементарні прийоми математичної статистики, геометричний метод та синкретичний набір формул регресійного аналізу, і показують, що жоден з методів цих складових не може бути використаний як загальний принцип. Висновок авторів: традиційний фізичний практикум є фрагментарним утворенням – в ньому немає єдиного логічного стержня, який би зв’язував його прийоми та методи в єдине ціле. Система чотирьох положень, з яких можна отримати весь арсенал математичних формул щодо обробки результатів вимірювань традиційного практикуму, авторами була знайдена в математичній статистиці. Однак, за своєю сутністю, вона є системою положень точкової парадигми і тому також не може бути покладена в основу теорії обробки результатів вимірювань фізичного практикуму нового типу.

Ключові слова: лабораторна робота, фізичний практикум, довірчий інтервал, аналіз експериментальних даних, обробка результатів вимірювань, інтервальна теорія.

Важко шукати чорну кішку в темній кімнаті, особливо, якщо її там немає.

Конфуцій

У роботі [12] авторами була обґрунтована необхідність створення фізичного практикуму нового типу, основою якого була б *інтервальна парадигма*. Інтервальна парадигма – система поглядів, яка ґрунтується на думці, що відповіддю до лабораторної роботи завжди повинен бути довірчий інтервал. На думку авторів, це дозволить вирішити ряд методичних труднощів, що неминуче виникають при традиційному проведенні фізичного практикуму.

Для реалізації такого проекту необхідно створити нову інтервальну теорію обробки результатів вимірювань у фізичному практикумі. У даній роботі ми описуємо процес пошуку загальних принципів, які можна було б покласти в основу цієї теорії. Природно почати такий пошук з аналізу вже існуючих в традиційному фізичному практикумі методів та підходів, з метою з’ясувати, чи можна їх узагальнити до загальних принципів (індуктивний аналіз).

Перший об’єкт дослідження: елементарні прийоми математичної статистики. Елементарними прийомами математичної статистики ми будемо називати той матеріал, який у всіх практикумах традиційно викладається на першому занятті.

Перше заняття кожного фізичного практикуму традиційно присвячене розгляду першого виродженого випадку лінійної залежності. Зазвичай тут навіть не згадують поняття лінійної залежності, а говорять про вимірювання постійної величини. Це *єдине* заняття, на якому ідея інтервального оцінювання знаходить повну реалізацію. По-перше, тут повідомляються формули обчислення «заготовок» для побудови довірчого інтервалу (серединного значення та його штандарта [7]):

$$x_{сер} = \overline{x} \text{ , де } \overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \text{ , } \Delta x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2} \text{ .} \quad (1)$$

По-друге, тут формулюється загальне правило побудови довірчого інтервалу у вигляді $x = \left(x_{сер} \pm t_{\nu}^{\alpha}\Delta x\right)$, який був запропонований Стьюдентом (У. Госсетом) [18]. Тут

t_ν^α – коефіцієнт Стьюдента, α – значення довірчої ймовірності, ν – параметр, який математики називають числом ступенів свободи.

Чи можна узагальнити формули (1) на загальний випадок лінійної залежності? На жаль, відповідь на це питання негативна: з цих формул не можна отримати ті формули, які пропонуються традиційним фізичним практикумом для оцінки параметрів лінійної залежності.

Зауважимо також, що психологічно матеріал першого заняття, за нашими спостереженнями, є для студентів повністю *ізольованим* та *гіпертрофовано перебільшеним* островом, відокремленим від подальшого матеріалу прірвою. Психологічна ізольованість обумовлена такими причинами: по-перше, на наступних заняттях змінюється характер викладу – аналітичний метод змінюється геометричним. По-друге, змінюється предмет розгляду – на зміну постійній фізичній характеристиці (виродженому випадку $y = b$) приходить експериментальна пряма $y = kx + b$. Психологічна гіпертрофованість матеріалу першого заняття відбувається через те, що практично в усіх вітчизняних курсах відсутній розвиток теми побудови довірчих інтервалів для параметрів експериментальної прямої, тобто ідея інтервального оцінювання вимірюваної величини безслідно зникає. Матеріал першого заняття – єдине, що залишається в пам’яті студентів щодо довірчого інтервалу.

Другий об’єкт дослідження: геометричний метод. Геометричним методом ми називаємо групу правил, які дають рецепти отримання інформації про вимірювану величину за допомогою геометричних побудов на експериментальному графіку (*рис. 1*, див., наприклад, [4]). На нашу думку, геометричний метод надзвичайно важливий для навчання. Він дає те, що називають інтуїтивним розумінням досліджуваної ситуації. Володіння цим методом, тобто *вміння читати* інформацію з графіка, є необхідним для інженера та дослідника.

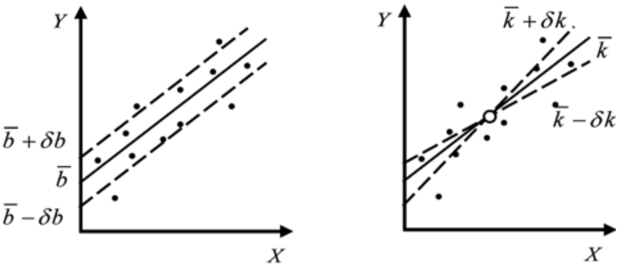

Рис. 1. *Визначення геометричним методом серединних значень та похибок для: а) вільного доданка; б) кутового коефіцієнта*

Геометричний метод є головним методом університетських фізичних практикумів на етапі, коли заглиблення в загальні методи математичної статистики ще передчасні [5, 9, 14]. Автори також вибрали геометричний метод як основний стержневий метод нового спеціального лабораторного практикуму «Пошук фізичних закономірностей» [13].

Зазначимо, що часто зустрічаються лабораторні практикуми, в яких геометричний метод застосовується фрагментарно: або в усіченому вигляді (середні значення знаходять, а похибки – ні), або вибірково, тільки для деяких робіт. Перше, на наш погляд, пов’язано з тим, що автори таких практикумів ігнорують аксіому про необхідність оцінки похибки. Друге – з тим, що принцип лінеаризації експериментальної залежності в таких практикумах знаходиться на задвірках викладу, замість того, що б бути головним принципом обробки результатів вимірювання.

На наш погляд, суттєвим методичним недоліком усіх фізичних практикумів є те, що аналітичні результати першого заняття не отримують геометричної інтерпретації. Цей недолік був виправлений в практикумі, створеному авторами [13]. Геометрична інтерпретація матеріалу першого заняття дозволила авторам виділити і чітко розділити два основних поняття теорії обробки: похибка одиничного вимірювання і похибка серії вимірювань.

Чи можна геометричний метод покласти в основу інтервальної теорії обробки результатів вимірювання? Наша відповідь: «Ні, не можна!». Геометричний метод не є повністю сформованим методом: в ньому немає правила переходу від похибки одиничного вимірювання до похибки серединного значення (до штандарта). А, головне, в ньому відсутнє правило геометричної оцінки ширини довірчого інтервалу для заданої довірчої ймовірності. Геометричний метод – це наочна, корисна, необхідна, але, всього лише, *ілюстрація* аналітичних методів. Чому? Тому, що тільки вони дають підставу всім правилами геометричного методу.

Третій об’єкт дослідження: синкретичний набір формул регресійного аналізу. Синкретичною складовою традиційного фізичного практикуму ми будемо називати всю ту сукупність обчислювальних рецептів з обробки експериментальних даних, які зустрічають нас на наступних, після першого, заняттях. Характерною ознакою цих лабораторних робіт є те, що тут з’являється *експериментальна пряма* $y = kx + b$, і, отже, можна ставити питання про вимірювання параметрів k та b цієї прямої. Назву *синкретична складова* ми дали цій групі рецептів та правил з тієї причини, що вони не є елементами єдиної системи, пов’язаної наскрізною логічною ідеєю, а являють собою уламки різних підходів та традицій.

У синкретичній складовій традиційного фізичного практикуму можна виокремити три групи рецептів та правил. Першу групу ми будемо називати генераторами, другу групу – «наївними» узагальненнями, третю – «науковими» рецептами математичної статистики. Розглянемо ці групи по черзі та визначимося з тим, чи можна взяти їх за загальні принципи.

Генераторами ми називаємо ті формули та рецепти, які в окремих випадках дають непогані результати, проте не є спільними принципами, виходячи з яких можна побудувати нову теорію.

Першим генератором є метод найменших квадратів. Його ідея полягає в тому, що за експериментальну пряму слід вибирати пряму, для якої вираз $L_1 = \sum_{i=1}^{n}\left(y_i - y\left(x_i\right)\right)^2$ мінімальний.

У цього методу є маса позитивних характеристик. По-перше, він підкріплений авторитетом таких вчених як А. Лежандр і К. Гаусс [2, 10]. По-друге, у багатьох окремих випадках він дає такі самі відповіді, що і більш складні методи математичної статистики, тому його часто використовують для швидкого отримання результатів, які «по чесному» варто було б виводити з загальних принципів. По-третє, він зрозумілий, наочний і переконливий, в силу чого беззастережно приймається як робочий метод усіма, у кого немає часу на глибоке вивчення математичної статистики.

Чи можна метод найменших квадратів покласти в основу інтервальної теорії обробки результатів вимірювань? Наша відповідь – «Ні, не можна!». І для такої відповіді у нас є три підстави.

По-перше, в практичних вимірюваннях існують інші методи, що використовують принцип мінімуму: метод П. Лапласа [3, с.419], в якому мінімізується сума модулів відстаней від експериментальних точок до прямої $L_2 = \sum_{i=1}^{n}\left|d_i\right|$; метод найменших відстаней, в якому мінімізується сума квадратів відстаней $L_3 = \sum_{i=1}^{n} d_i^2$ [7, с.17].

Який з цих методів «правильніший»? В рамках традиційного фізичного практикуму ми не знаходимо відповіді на це питання.

По-друге, метод найменших квадратів «сліпий» до тонких деталей процесу вимірювання. Він дає адекватні відповіді у випадку, коли стандартні відхилення однакові для всіх вимірювань даної серії. Таке найпростіше припущення щодо характеру похибок було сформульовано ще Гауссом, і ми будемо називати цю модель моделлю **A**. Однак в реальному експериментальному дослідженні похибка може змінюватися від вимірювання до вимірювання. На наш погляд, для вимірювань, які охоплюють величезні масштаби (астрономічні вимірювання) більш адекватною є модель **B**, в якій вважається, що постійною величиною є *відносна* похибка вимірювань. Іншим, дуже важливим прикладом моделі **B** є система сприйняття людини. Відповідно до закону Вебера-Фехнера, у всіх вимірах «на око» відносна помилка вимірювань є постійною величиною, значення якої залежить від модальності сприйняття [8]. Додатковими прикладами, коли модель **A** не може бути справедливою, є процеси лінеаризації експериментальних залежностей. Навіть якщо для початкових вимірювань похибки мали однаковий закон розподілу, то при переході до випрямляючих координат $X(x)$ та $Y(y)$ ця рівність не має місця.

Цікаво відзначити, що укладачі фізичних практикумів повністю ігнорують можливість існування різних законів для похибок вимірювань. А ось економісти ставляться до цього питання досить серйозно – в економетриці існує обов'язкова процедура перевірки даних на *гетероскедастичність* [15].

І, нарешті, найголовніше – цей метод не дає оцінки похибки. Марно її в ньому розшукувати – її просто немає в цьому методі! Ця обставина і є головним обґрунтуванням нашої думки, що метод найменших квадратів є генератор, а не загальний принцип, який можна покласти в основу інтервальної теорії обробки результатів вимірювань. Зазначимо, що в науковій літературі не раз вказувалося на те, що можливості цього методу часто переоцінюють. На цю проблему звертав увагу ще О. Коші [10, с.87].

Другим генератором є математичне визначення дисперсії дискретної випадкової величини

$$D = \lim \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2 ,$$

де $\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$ [1]. В усіх посібниках з фізичного практикуму ми знайдемо формули з такою самою структурою, які відрізняються лише множниками:

$$\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2 ,\ \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2 ,\ \frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2 ,...$$

З яких принципів нам слід визначати значення коефіцієнтів у формулах такого виду? Ми не знайдемо відповіді на це питання в традиційному фізичному практикумі. Отже, система правил, що базується на ідеї модернізації математичного визначення дисперсії, є всього лише генератором, а не принципом.

«Наївні» формули для параметрів експериментальної прямої з апріорним нулем ($y = kx$) є другою частиною синкретичної складової традиційного фізичного практикуму. Авторитет елементарних положень математичної статистики, які викладені на першому занятті, настільки сильний, що завжди виникає бажання узагальнити їх на випадок експериментальної прямої [11]. Вихідне положення очевидно: вимірявши значення величини, ми знаходимо кутовий коефіцієнт $k_i = y_i/x$. Формули (1) дають:

$$\overline{k} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} k_i ,\ \Delta k = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\left(k_i - \overline{k}\right)^2} .$$

На наш погляд, коли студент, а автори теж були студентами, приносить викладачеві лабораторну роботу, в якій довірчий інтервал був побудований таким чином, ми маємо поставити йому найвищу оцінку з плюсом. Але ось біда, експериментатори не приймають цих формул, пропонуючи замість них «наукові» формули. Чому «наукові» формули краще за формули, що отримані за допомогою операції узагальнення, традиційний фізичний практикум пояснити не може.

Третьою частиною сінктерічної складової є група рецептів, які часто характеризуються в інструкціях до фізичного практикуму словами «математики довели», а ми вище назвали їх *«науковими» формулами*.

Для залежностей з апріорним нулем $y = kx$ ($b = 0$) в літературі [19] пропонуються формули:

$$\overline{k} = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} x_i^2 ,\ \Delta k = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - x_i\overline{k}\right)^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n} x_i^2} . \quad (2)$$

Для загального випадку лінійної залежності відповідні формули мають вигляд [19]:

$$\overline{k} = \sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)\left(y_i - \overline{y}\right) \Big/ \sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2 ,$$

$$\Delta k = \sqrt{\frac{n}{n-2}\cdot\frac{1}{\Delta}\cdot\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \overline{b} - \overline{k}x_i\right)^2} ,\ \overline{b} = \overline{y} - \overline{k}\overline{x} , \quad (3)$$

$$\Delta b = \Delta k\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 \Big/ n} ,$$

де $\Delta = n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2$.

Зазначимо, що у вітчизняних посібниках останніх років (за рідкісним винятком [6]) ці формули практично відсутні. Крім того, нами було проаналізовано зміст 37-ми підручників з математичної статистики для студентів вищих навчальних закладів. Виявилося, що формули для оцінки коефіцієнтів лінійної залежності ($\overline{k}$ та $\overline{b}$) можна знайти лише в 24-х з них, половину з яких складають підручники для студентів економічних спеціальностей. Ще гірша ситуація з формулами для оцінки штандартів цих коефіцієнтів (Δk та Δb): вони містяться лише в 10-ти підручниках, і знов половину з них складають підручники для майбутніх економістів. Таким чином, у студентів технічних спеціальностей дуже мало шансів познайомитися з цими формулами.

Цікаво, що в англомовній навчальній літературі ситуація принципово інша. Тут, по-перше, існують широко відомі та призначені для студентів-першокурсників посібники з аналізу похибок у фізичних експериментах (див. [19]). По-друге, є кілька підручників з теорії ймовірностей та математичної статистики, що спеціально призначені для інженерів (див. [16, 17]). У них детально і з прикладами розглядаються питання побудови довірчого інтервалу для параметрів лінійної залежності.

Повернемося до нашого основного питання: чи можна формули (3) взяти за основу для побудови інтервальної теорії обробки експериментальних даних? Ні, не можна! Для обґрунтування такого вердикту ми можемо навести два аргументи. По-перше, вони не допускають узагальнення – з формул (3) для загального випадку не випливають формули для двох вироджених випадків (1) і (2). По-друге, вони, так само як і генератори, не розрізняють тонких особливостей вимірювань і дають для всіх моделей однаковий результат.

Отже, нам треба піднятися ще вище і пошукати загальні принципи побудови довірчого інтервалу в математичній статистиці, яка забезпечила нас наведеними вище чудовими формулами.

Четвертий об'єкт дослідження: математична статистика. Історично математична статистика розвивалася в рамках точкової парадигми, для неї головними поняттями були поняття *оцінки істинного значення* вимірюваної величини та *оцінки дисперсії* результатів вимірювання. Через те, що для отримання «хороших» оцінок можна було використовувати різні критерії, математична статистика має велику кількість найрізноманітніших «хороших» оцінок. Перерахуємо терміни, які використовуються для їхнього опису: незміщена оцінка, асимптотично незміщена оцінка, слушна (консистентна) оцінка, оцінка з найменшою дисперсією (ефективна), мінімаксна оцінка, оцінка максимальної правдоподібності, допустима оцінка.

Коли фізики потрапляють в це царство математичної статистики, то, звичайно, вони почуваються розгубленими. Які оцінки слід взяти за «заготовки» для побудови довірчого інтервалу?

Математична статистика не дає відповіді на це питання. Створюючи свою теорію вона найменше дбала про проблеми фізичного практикуму. Нам довелося самим відновлювати основні положення, які необхідно прийняти, щоб мати можливість вивести всі формули традиційного фізичного практикуму. Результати нашого пошуку ми сформулювали у вигляді таких положень.

Нехай ми хочемо побудувати довірчий інтервал для величини k. Наслідуючи традиції математичної статистики, будемо називати формули, що містять результати вимірювань оцінками, а випадкові величини будемо позначати великими літерами з «капелюшками».

1. Для серединного значення слід взяти *незміщену оцінку*, тобто таку оцінку $k_{сер}\left(y_i\right)$, для якої математичне сподівання відповідної випадкової величини дорівнює істинному значенню, $E\left(\hat{K}_{сер}\left(\hat{Y}_i\right)\right)=k_{іст}$.

2. З усіх можливих незміщених оцінок слід взяти ефективну оцінку, тобто таку оцінку $k_{сер}\left(y_i\right)$, для якої відповідна випадкова величина має мінімальну дисперсію, $D\left(\hat{K}_{сер}\left(\hat{Y}_i\right)\right)\to\min$.

3. За вихідну «заготовку» для півширини довірчого інтервалу слід взяти конструкцію-оцінку типу $d_k\left(y_i\right)=\sum_{i=1}^{n}\mu_i^2\left(y_i-\overline{y}\right)^2$, побудовану таким чином, щоб випадкові величини $\mu_i\left(\hat{Y}_i-\hat{\overline{Y}}\right)$ мали однакову дисперсію.

4. Слід нормувати оцінку $d_k\left(y_i\right)$ за допомогою відповідного множника Бесселя таким чином, щоб виконувалася умова $E\left(\hat{D}_k\left(\hat{Y}_i\right)\right)=D\left(\hat{K}_{сер}\left(\hat{Y}_i\right)\right)$.

Зазначимо, що хоча ці положення дозволяють вивести формули (1-3), використовувати їх як основні принципи інтервальної теорії обробки, на наш погляд, недоцільно. Ця система положень сформульована в термінах точкової, а не інтервальної парадигми: довірчий інтервал є для неї фігурою другого, а не першого плану. Для розробки інтервальної теорії обробки результатів вимірювань фізичного практикуму нового типу слід створити нову систему основних принципів.

Отже, сформулюємо **висновки**:

1. Традиційний фізичний практикум є фрагментарним утворенням – в ньому немає єдиного логічного стержня, який би пов'язував його прийоми та методи в єдине ціле.

2. У традиційному практикумі існує три складові: 1) елементарні прийоми математичної статистики; 2) геометричний метод; 3) синкретичний набір формул регресійного аналізу. Вони не можуть бути використані як загальні принципи, оскільки не допускають узагальнення на всі випадки лінійної залежності та не розрізняють моделей випадкових відхилень.

3. У математичній статистиці можна виділити чотири принципи, які дозволяють отримати весь апарат традиційного фізичного практикуму. Однак, ці принципи не можуть бути використані для побудови інтервальної теорії, з огляду на те, що історично вони орієнтовані на точкову парадигму.

4. Для побудови інтервальної теорії обробки результатів вимірювань слід створити нову систему принципів, центральною фігурою якої буде довірчий інтервал.

Мета подальшого дослідження авторів – знаходження необхідної та достатньої системи положень для побудови інтервальної теорії обробки результатів вимірювань фізичного практикуму нового типу.

Список використаних джерел:

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей : учебник для студ. вузов. – 10-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 576 с.
2. Гаусс К.Ф. Избранные геодезические сочинения / под общ. ред. С.Г. Судакова. Т. 1. М. : Изд-во геодезической литературы, 1957. – 152 с.
3. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятности. 6-е изд., перераб. и доп. М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1962. – 352 с.
4. Гуляєва Л.В. Самостійна робота студентів під час виконання лабораторних робіт: практичний аспект // Наукові записки / ред. кол.: В.Ф. Черкасов, В.В. Радул, Н.С. Савченко та ін. – Вип. 179. – Серія: Педагогічні науки. – Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2019. – С. 110-116.
5. Лабораторные занятия по физике : учебное пособие / под ред. Л.Л. Гольдина. М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 704 с.
6. Єщенко О.А., Прокопець В.М., Слободянюк О.В., Кондратенко С.В., Кудря В.Ю., Башмаков Н.В., Яблочкова К.С. Механіка. Лабораторній практикум : навчальний посібник для студентів природничих спеціальностей університетів / за ред. О.А. Єщенка, О.В. Слободянюка. – К. : Четверта хвиля, 2015. – 268 с.
7. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. 2-е изд., доп. и исправл. М. : ГИФМЛ, 1962. – 352 с.
8. Любимов В.В. Об основном психофизическом законе // В кн.: Психология ощущений и восприятия / под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.В. Любимова, М.Б. Михалевской и Г.Ю. Любимовой. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АСТ: Астрель, 2009. – С. 265-268.
9. Модели и концепции физики: механика. Лабораторный практикум. Обработка результатов измерений. М. : МФТИ, 2011. – 42 с.
10. Секей Г. Парадоксы теории вероятности и математической статистики: пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 240 с.
11. Соколов Є.П., Лозовенко О.А. Коли студенти не так вже і неправі: лінійна залежність з апріорним нулем // Тиждень науки-2019. Електротехнічний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 15–19 квітня 2019 р. / редкол. : В.В. Наумик (відпов. ред.). – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – С. 166-169.
12. Соколов Є.П., Лозовенко О.А. Логічний аналіз уявлень про поняття «Результат лабораторної роботи» // Збірник наукових праць «Педагогічні науки». – Херсон :

Херсонський державний університет, 2019. – Вип. 86. – С. 352-359.
13. Соколов Є.П., Лозовенко О.А. Реалізація ідеї поетапного формування розумовий дій в університетському лабораторному практикумі з фізики // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2018. – Випуск 24. – С. 80-84.
14. Berendsen, Herman J.C. A student's guide to data and error analysis / Herman J.C. Berendsen. – Cambridge University Press, 2011. – 225 pp.
15. Hill, R. Carter. Principles of econometrics / R. Carter Hill, William E. Griffiths, Guay C. Lim. – 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 784 pp.
16. Probability and Statistics for Engineers and Scientists / R.E. Walpole, R.H. Myers, Sh.L. Myers (6th Edition). – Prentice Hall, 1998. – 739 pp.
17. Soong T.T. Fundamentals of Probability and Statistics for Engineers. – John Wiley and Sons, 2004. – 391 pp.
18. Student (W.S. Gosset) The problem error of a mean / Biometrika, 1908. 6 (1), – Pp. 1-24.
19. Taylor J.R. An Introduction to Error Analysis (Second Edition). – Sausalito, California: University Science Books, 1997. – 327 pp.

Е. П. Соколов, О. А. Лозовенко

Национальный университет «Запорожская политехника»

ПОИСК ПРИНЦИПОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ

В статье описывается поиск принципов для построения интервальной теории обработки результатов измерения физического практикума нового типа. Первоначально авторы обращаются к анализу традиционного практикума. Они по очереди исследуют три его составляющие: элементарные приемы математической статистики, геометрический метод и синкретический набор формул регрессионного анализа, и показывают, что ни один из методов этих составляющих не может быть использован в качестве общего принципа. Вывод авторов: традиционный физический практикум является фрагментарным образованием – в нем нет единого логического стержня, который бы связывал его приемы и методы в единое целое. Система четырех положений, из которой можно получить весь арсенал математических формул по обработке результатов измерений традиционного практикума, авторами была найдена в математической статистике. Однако, по сути, она является системой положений точечной парадигмы и поэтому также не может быть положена в основу интервальной теории обработки результатов измерений физического практикума нового типа.

Ключевые слова: лабораторная работа, физический практикум, доверительный интервал, анализ экспериментальных данных, обработка результатов измерения, интервальная теория.

Ye. Sokolov, O. Lozovenko

National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

SEARCH FOR PRINCIPLES TO CONSTRUCT THE INTERVAL THEORY OF DATA PROCESSING

The article describes a search for principles to construct an interval theory of data processing for a physics practical course of a new type. Initially, the authors turn to the analysis of the traditional course. They examine its three components: elementary methods of mathematical statistics, the geometric method, and the syncretic set of regression analysis formulas, and show that none of the methods of these components can be used as a general principle. The authors' conclusion is: the traditional physical practical course is a fragmentary entity – there is no single logical core in it that would link its techniques and methods into the whole. The system of four statements, from which one can get the entire arsenal of mathematical formulas for processing the results of measurements of the traditional workshop, was found in mathematical statistics. However, in essence, it is a system of statements of the point paradigm and therefore also cannot be the basis of the interval theory of data processing for a physics practical course of a new type.

Key words: laboratory work, physics practical course, confidence interval, data analysis, data processing, interval theory.

Отримано: 24.04.2019

УДК 378.147 DOI: 10.326626/2307-4507.2019-25.153-157

В. В. Фоменко

Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький
e-mail: vfom@ukr.net; ORCID: 0000-0003-1656-4866

НАВЧАЛЬНЕ ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК КОНЦЕПТУАЛЬНА ОСНОВА ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ ДЛЯ НЕФІЗИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Робота присвячена ролі та значенню ментальних (тобто, ідеальних, уявних) навчальних фізичних моделей в удосконаленні курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів та його фундаменталізації шляхом акцентування і систематичного втілення уявлень про модельний характер фізичного знання. У практичному аспекті це відповідає презентації фізично-конкретного матеріалу курсу на ґрунті фізично-модельного контексту, тобто у вигляді структурованої сукупності ментальних навчальних фізичних моделей систем. У роботі розглянута систематика навчальних фізичних моделей систем за різними основами, висвітлені їхнє значення у формуванні розуміння співвіднесення фізичного знання з реальним світом, їхня роль у формуванні системного мислення та їхнє значення як основи внутрішньо-модульного структурування курсу. Розглянуто також питання формуванні фізичного наукового світогляду у вигляді навчальної версії фізичної картини світу, для якої низка окремих базисних моделей систем утворює її модельний каркас. Зроблено відповідні висновки.

Ключові слова: курс загальної фізики, навчальні ментальні фізичні моделі, фізична картина світу.

У освітянському середовищі все більшого визнання набуває думка про те, що забезпечення вимог сучасності до рівня освіченості фахівців у ЗВО можливо тільки шляхом суттєвого збільшення ролі фундаментальної компоненти у формуванні загальної освіченості та професійної компетентності спеціаліста.

Провідна роль у забезпеченні фундаменталізації освіти для негуманітарних нефізичних спеціальностей (інженерних, інженерно-технічних, хімічних та інших) належить фізичній освіті у границях відповідним чином фундаменталізованого курсу загальної фізики для цих спеціальностей. У свою чергу це означає необхідність