

Комментарий к статье С.Э. Шноля и др.

Е.А. Кушниренко, И.Б. Погожев

В журнале *УФН* 168 (10) 1998 опубликована статья С.Э. Шноля с соавторами "О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах" вместе с послесловием к ней рецензента Д.С. Чернавского.

Мы совершенно согласны с редакцией, что статья может вызвать у читателей большой интерес, и считаем оправданным выбор необычной формы публикации ее вместе с послесловием рецензента. Но именно потому, что эта статья интересна, мы хотим сообщить редакции наши замечания и просить познакомить с ними авторов статьи и ее рецензента.

Зная Симона Эльевича Шноля и Дмитрия Сергеевича Чернавского как ведущих ученых-биофизиков, хорошо известных в нашей стране и далеко за ее пределами, мы ни в какой мере не сомневаемся в научной доброкачественности самих исследований, результаты которых вошли в настоящую статью. Однако, по нашему мнению, им не хватает тех "нудных" оценок статистической значимости, которые помогают нам отделить твердо установленные научные факты от порой очень интересных правдоподобных предположений или научных гипотез. Это, конечно, не значит, что таких правдоподобных предположений, по нашему мнению, в статье быть не должно. Напротив, мы считаем, что они даже очень важны, но должно быть также и хорошо видно, где факты и где гипотезы. Нам кажется, что это очень важно, особенно для молодых ученых.

Видимо, в творческом коллективе авторов статьи не было того "Нудного Статистика", который (подобно Яше-Статистику из известной повести И. Грековой¹ "За проходной") сопровождал бы творчески смелые утверждения авторов нудными требованиями статистических оценок их надежности. И поскольку такого "Нудного Статистика" здесь мы не увидели, то попробуем, хотя бы отчасти, заменить его.

1. Мы совершенно согласны с авторами, что часто используемые статистические критерии согласия (например, χ^2 -критерий) "не чувствительны к тонкой структуре распределений" (с. 1130). Это, однако, не значит, что нельзя построить меру сходимости гистограмм распределений, детально учитывающую их тонкую структуру и использовать эту меру для оценки статисти-

¹ И. Грекова — псевдоним Елены Сергеевны Вентцель, профессора, доктора технических наук, автора известных учебников по теории вероятностей, научных трудов и научно-популярных книг. Прототипом Яши-Статистика, по-видимому, был крупный ученый — статистик Яков Борисович Шор, профессор, доктор технических наук, работавший в области приложений статистических методов к анализу и контролю надежности и качества промышленной продукции. Е.С. Вентцель и Я.Б. Шор были знакомы и относились друг к другу с большим уважением.

Е.А. Кушниренко, И.Б. Погожев.

142284 г. Протвино, Московская обл., Российская Федерация
Тел. (095) 962-45-84; (0967) 71-33-38
E-mail: kushn@vlepp.serpukhov.su

Статья поступила 25 января 1999 г.

ческой значимости разных предположений в полном соответствии с общими принципами проверки статистических гипотез (так, как это, например, изложено в книге Д. Худсона "Статистика для физиков" (М.: Мир, 1967) или в фундаментальной монографии Гаральда Крамера "Методы математической статистики" (М.: Мир, 1975).

2. Поясним это утверждение примером того, как мы представляем себе в данном случае построение и применение меры сходимости.

(Отметим, что мы, конечно, не собираемся здесь поучать уважаемых авторов и настаивать на применении именно этой меры. Более того, мы почти убеждены, что какая-то мера сходимости гистограмм (и, наверное, более эффективная, чем наша) авторами практически уже использовалась при отборе ими "похожих" гистограмм. Мы делаем это здесь с единственной целью — пояснить, чего, по нашему мнению, не хватает в этой интересной статье и что мы хотели бы увидеть в дальнейших публикациях ее авторов.)

Итак, пусть мы хотим оценить статистическую значимость нашего утверждения о том, что "гистограммы распределений, принадлежащие к Особой Группе (А), имеют между собой гораздо большие сходства, чем гистограммы из Обычной Группы (В)".

Для краткости будем называть гистограммы из группы А Особыми Гистограммами, а гистограммы из группы В Обычными Гистограммами. Так, например, Особыми Гистограммами могут считаться гистограммы результатов измерения радиоактивности препаратов, отличающиеся периодами наблюдения в 24 ч, 27 сут и 365 сут, что по мнению авторов статьи, "свидетельствует о наличии космофизического фактора, определяющего их форму" (с. 1133).

Для количественной оценки сходимости пары гистограмм X и Y, по нашему мнению, можно использовать, например, вот такую меру сходимости:

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Z_k, \quad (1)$$

где $Z_k = 1$, если

$$\left| \frac{x_k/Sx - y_k/Sy}{x_k/Sx + y_k/Sy} \right| \leq \varepsilon,$$

иначе $Z_k = 0$; $Sx = \sum_{k=1}^n x_k$, $Sy = \sum_{k=1}^n y_k$; x_k, y_k — числа наблюдений в k-м интервале гистограмм X и Y соответственно; n — число интервалов, использованных при построении гистограмм; ε — параметр, определяющий сходство сравниваемых гистограмм "поинтервально" с помощью "поинтервальных оценок сходимости" — величин Z_1, \dots, Z_n , которые мера сходимости Z (1) усредняет по всем интервалам. Общее число интервалов n можно выбрать достаточно большим, чтобы учесть все важные особенности структуры анализируемых распределений, а значение параметра ε — так, чтобы оценка сходимости качественно соответствовала нашим представлениям.

3. Для статистического анализа сходимости Обычных и Особых Гистограмм нужно найти средние и средние квадратические значения мер сходимости (1) по всем парам гистограмм их групп А и В, а дальше оценить статистическую значимость отличия средних мер сходимости согласно известным правилам проверки статисти-

ческих гипотез (см., например, указанную выше книгу Г. Крамера).

Так, по нашему мнению, при анализе статистической значимости отличий у *Особых* и у *Обычных Гистограмм* можно использовать меру *сходства* (1), которая сможет учесть тонкую структуру распределений, а применение ее будет полностью соответствовать всем основным принципам проверки статистических гипотез.

При этом число интервалов n и значение параметра ε целесообразно выбрать так, чтобы достигнуть возможно более высокой статистической значимости различия в оценках сходства между группами *Обычных* и *Особых Гистограмм* (а это может потребовать нескольких попыток). Сами же гистограммы можно преобразовывать разными способами (как это и делали авторы статьи), но при обязательном выполнении главного условия: такие преобразования должны производиться одинаково как с *Особыми*, так и с *Обычными Гистограммами*.

4. Если авторы статьи согласятся с нами, то мы очень хотели бы узнать о результатах оценки статистической значимости их очень интересных и важных утверждений.

Закономерное изменение тонкой структуры статистических распределений как следствие космофизических причин

С.Э. Шноль, Т.А. Зенченко, К.И. Зенченко,
Э.В. Пожарский, В.А. Коломбет, А.А. Конрадов

Рассмотрено статистическое обоснование достоверности влияния космофизических факторов на тонкую структуру распределений результатов измерений в процессах различной физической природы. Показано, что описанные ранее эффекты синхронного изменения форм гистограмм в независимых процессах, а также периодического появления гистограмм определенной формы не зависят от вида интегрального распределения. Обоснована адекватность применения визуальной (экспертной) оценки при сравнении форм гистограмм в отличие от стандартных статистических методов.

С.Э. Шноль. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет
119899 Москва, Воробьевы горы, Российская Федерация
Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
142292 г. Пушкино, Московская обл., Российская Федерация
Тел. (0967) 73-92-62
E-mail: shnoll@pbc.iteb.serpukhov.su
Т.А. Зенченко, К.И. Зенченко, Э.В. Пожарский, В.А. Коломбет.
Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
142292 г. Пушкино, Московская обл., Российская Федерация
Тел. (0967) 70-56-30; 73-93-43
E-mail: kolomber@geocities.com; pozharski@geocities.com;
zenchenko@pbc.iteb.serpukhov.su
А.А. Конрадов. Институт биохимической физики РАН,
119777 Москва, ул. Косыгина 4, Российская Федерация
Тел. (095) 938-21-72
E-mail: ak@sky.chph.ras.ru

Статья поступила 27 сентября 1999 г.

1. Введение. О существе дела

Как часто бывает в полемике, разногласия лишь косвенно относятся к существу дела. Поэтому прежде чем перейти к детальному анализу критических замечаний, сформулируем еще раз основной предмет статьи [1].

Установлено следующее.

1. Тонкая структура распределений результатов синхронных измерений любых процессов в каждый данный отрезок времени с достаточно высокой вероятностью сходна. Это сходство проявляется и при расстояниях между лабораториями в сотни и тысячи километров. Сходство формы соответствующих гистограмм не может быть объяснено какими-либо артефактами ввиду независимости экспериментальных установок, а иногда и принципиального различия в методах измерений.

2. Форма гистограмм с высокой вероятностью повторяется в ближайших соседних интервалах времени (эффект "ближней зоны") и с периодами, равными 24 час, 27 сут и году.

3. Из утверждений 1 и 2 следует, что обсуждаемый феномен обусловлен космофизической причиной.

Авторам ясна экстравагантность этих выводов. Этим и обусловлена длительная всесторонняя проверка их достоверности.

2. Нет сомнений в подчинении радиоактивного распада статистике Пуассона

Наши критики обращают особое внимание на несоответствие распределений результатов на рис. 1 и рис. 2 в [1] распределению Пуассона. Это несоответствие может иметь множество объяснений (в том числе приведенные ими) и может, наверное, быть предметом отдельного исследования, но это не наш предмет. Обсуждаемый феномен не зависит от общей (генеральной) формы распределения, которому подчиняется тот или иной процесс.

Следует еще раз подчеркнуть: мы не подвергаем сомнению, что процесс радиоактивного распада в целом подчиняется распределению Пуассона, как другие изученные нами процессы — соответствующим им распределениям. Мы лишь обращаем внимание на то, что феномен, описанный в статье, не выявляется стандартными статистическими методами — он для них "невидим". Общепринятые статистические критерии сравнения выборок, или процедуры, основанные на оценке расстояний в каком-либо пространстве, нечувствительны к тонкой структуре распределений, поскольку предназначены для других целей.

По-видимому, мы сделали тактическую ошибку в статье [1], приведя рис. 1 и рис. 2 без должного акцента на этом обстоятельстве. Независимо от причин некоторого отклонения приведенных там распределений от распределения Пуассона не этим обусловлена тонкая структура соответствующих гистограмм. Как ясно, методические погрешности могут лишь размывать тонкую структуру распределений. При этом все основные закономерности проявляются и при строгом соответствии получаемых результатов распределению Пуассона. Иллюстрации этого приведены далее.

Таким образом, эти критические замечания не затрагивают существа нашего сообщения.

3. Методические подробности

Представленные выше выводы основаны на сравнении гистограмм, построенных по результатам многократ-