

Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения одного из основоположников советской вычислительной техники Б.И. Рамеева, на тему: «Информационно-управляющие и телекоммуникационные системы специального назначения». Секция «Биометрическая поддержка криптовалют, блокчейн реестров, облачных сервисов», проводится в конференц-зале Технопарка высоких технологий «Рамеев», доклад 16 мая 2018 года с 11¹⁵ до 11³⁰ (ул. Центральная, д. 1), г. Пенза.

Волчихин В.И., Иванов А.И.

Хаотическая нейродинамика хи-квадрат молекул, квантовая обработка малых выборок биометрических данных на обычном компьютере

Аннотация.

Актуальность и цели. Целью работы является повышение мощности хи-квадрат критерия за счет дискретного характера спектра его выходных состояний.

Материалы и методы. Отказ от гипотезы непрерывности спектра выходных состояний хи-квадрат молекулы позволяет на выборке из 11 опытов наблюдать 22 спектральных линии разной амплитуды вероятности. Предложено получать режим поддержки хаотической динамики хи-квадрат молекулы за счет случайного выбора 11 опытов из генеральной совокупности в 21 опыт. Это позволяет получать порядка 200 000 разных состояний молекулы, что вполне достаточно для оценки 8-ми уровневых состояний амплитуды вероятности 22 выходных спектральных линий.

Результаты. Для гистограмм с 6 интервалами гипотеза непрерывного спектра хи-квадрат критерия при выборке в 11 опытов не позволяет различать нормальный и равномерный законы распределения данных. Ситуация кардинально меняется, если учитывать дискретный характер спектра хи-квадрат молекулы. Удастся получить значительно различающиеся цифровые портреты нормального и равномерного распределений данных. Их отличия составляют порядка 40 бит по расстоянию Хэмминга. Хи-квадрат молекулу можно интерпретировать как квадратичный нейрон со структурой Гаммерштейна.

Выводы. Моделирование уравнений Шредингера на обычном компьютере имеет экспоненциальную вычислительную сложность по отношению к числу электронов (степеней свободы или опытов). По этой причине воспроизведение квантовых вычислений на 30 кубит и более в рамках квантовой механики на обычном компьютере технически невозможно. Совершенно иная ситуация возникает при поддержке хаотической нейродинамики хи-квадрат молекул. В рамках хаотической нейродинамики поддержка квантовой суперпозиции имеет линейную вычислительную сложность. Как следствие на обычном компьютере удастся реализовать квантовые вычисления на 30 кубит, 300 кубит, 3000 кубит и выше.

Ключевые слова: хи-квадрат критерий, малые выборки биометрических данных, искусственные нейроны, дискретный спектр состояний искусственных нейронов.

Проблема корректного статистического описания малых выборок

При автоматическом обучении нейросетевых преобразователей биометрия-код алгоритмом ГОСТ Р 52633.5 [1] требуется порядка 20 примеров образа «Свой». Если примеры корректны, то их распределение по каждому из биометрических параметров близко к нормальному закону распределения. Для того, что бы проверить нормальность закона распределения значений можно воспользоваться классическим хи-квадрат критерием [2, 3]. К сожалению, вычислить хи-квадрат критерий с доверительной вероятностью 0.01 можно только на большой выборке в 400 опытов [3].

Если мы строим эмпирическую гистограмму, то число столбцов (рисунок 1) должно выбираться таким образом, что бы в каждый из столбцов (в каждый из

интервалов) попадало несколько опытов. Так, если выборка состоит из 11 опытов, при 6 интервалах гистограммы в среднем в каждый из интервалов будет попадать по 1.8 опыта.

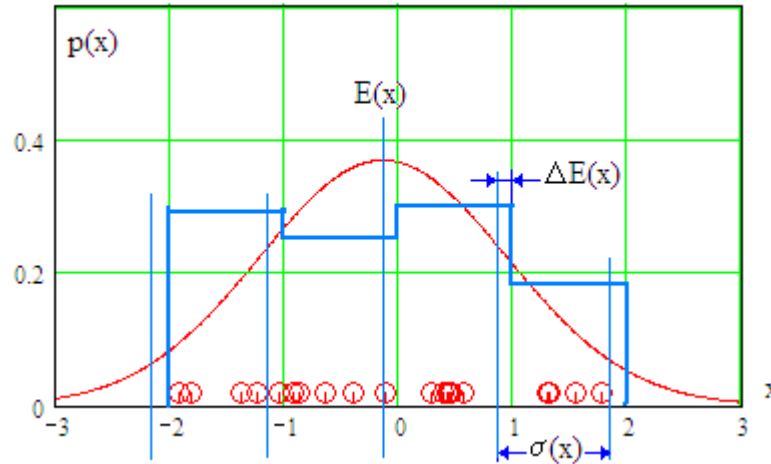


Рис. 1. Представление нормального закона распределения гистограммой, состоящей из 6 интервалов

Из рисунка 1 видно, что в анализируемой выборке первый и шестой интервалы гистограммы оказались пустыми. Мы могли бы ограничиться 4 интервалами гистограммы, в этом случае среднее число опытов в одном столбце гистограммы составило бы 2.75. Стандартизованные рекомендации по использованию хи-квадрат критерия вообще предполагают выбирать ширину интервалов гистограммы, так что бы в каждый из них попало в среднем по 5 опытов.

Популярность хи-квадрат критерия обусловлена тем, что для больших выборок в 1900 году Пирсоном было найдено аналитическое описание плотностей распределения значений хи-квадрат критерия:

$$p(\chi, m) = \frac{1}{2^{\frac{m}{2}} \cdot \Gamma\left(\frac{m}{2}\right)} \cdot \chi^{\left(\frac{m-1}{2}\right)} \cdot e^{-\frac{\chi}{2}} \quad (1),$$

где m – число степеней свободы, зависящее от выбранного числа интервалов гистограммы, $\Gamma(\cdot)$ - гамма функция Эйлера.

Заметим, что проблему малых выборок для хи-квадрат критерия можно решить средствами численного моделирования. Для гистограмм с 6 интервалами хи-квадрат при выборке в 11 опытов критерий будет вычисляться следующим образом:

$$\chi^2 = 11 \cdot \sum_{i=1}^6 \frac{\left(\frac{n_i}{11} - P_i\right)^2}{P_i} \quad (2),$$

где n_i - число опытов, попавших в i -тый интервал гистограммы, P_i - вероятность попадания в i -тый интервал гистограммы теоретического (проверяемого) распределения значений.

Для того, что бы численно получить распределения значений - $p(\chi^2)$ необходимо воспользоваться программным генератором псевдослучайных чисел и создать с его помощью миллион выборок по 11 опытов. Далее следует для каждого опыта построить свою гистограмму и рассчитать по ее данным миллион значений хи-квадрат критерия (2). В конечном итоге мы получим два распределения отображенных на рисунке 2.

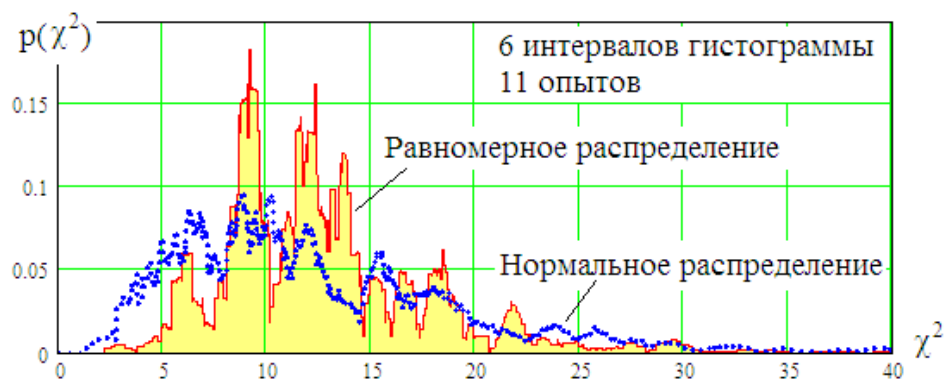


Рис. 2. Распределения значений хи-квадрат критерия для нормального и равномерного законов распределения значений при выборке в 11 примеров и гистограмме 6 интервалов

Из рисунка 2 видно, что выборка из миллиона серий по 11 опытов дает далеко не гладкие распределения. Кажется, что это эффект недостаточного объема серий по 11 опытов. Можно пытаться увеличивать объем серий, однако уровень гладкости распределений увеличиваться не будет. Это происходит из-за того, что на малых выборках распределение состояний хи-квадрат критерия не является непрерывным, оно является дискретным [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Переход от обычных молекул химии и физики к математическим хи-квадрат молекулам

Из физики известно, что планетарная модель молекулы водорода порождает серии спектральных линий Лаймана, Бальмера, Пашена, Брекета. Каждая из серий порождается скачками электронов с одной орбитали на другую, как это показано на рисунке 3.

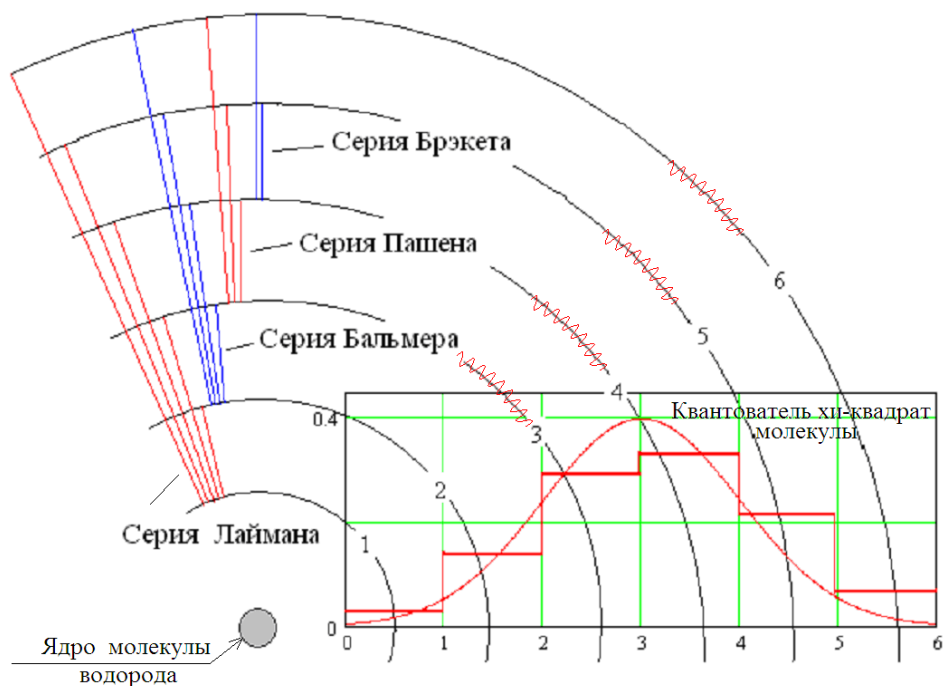


Рис. 3 Планетарная модель молекулы водорода, порождающая серии линий спектра

Если предположить, что для некоторой молекулы при некоторой температуре наиболее вероятным является нахождение наибольшего числа электронов на четвертой орбите, мы получим хи-квадрат молекулу с дискретным спектром состояний как у

водорода. При этом шесть орбиталей можно интерпретировать как шесть интервалов гистограммы, как это отображено на рисунке 3.

Можно воспользоваться некоторым сглаживающим (усредняющим) цифровым фильтром и сгладить неровности распределений рисунка 2 [10]. Тогда мы получим для малых выборок гладкое распределение вида (1) с некоторым дробным показателем числа степеней свободы. Можно поступить иначе, подчеркнув «неровности» дискретного спектра за счет специальной «синхронизации» данных малой выборки [4, 5, 6]. Смысл синхронизации состоит в том, что для гистограмм с четным числом интервалов $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \Delta x_4, \Delta x_5, \Delta x_6$ математическое ожидание малой выборки $E(x)$ должно точно совпадать общей границей двух центральных интервалов $\Delta x_3, \Delta x_4$. На рисунке 1 показана ситуация, когда такой синхронизации нет, математическое ожидание находится рядом с общей границей центральных интервалов. Если же мы выполним условие синхронизации:

$$\Delta E(x)=0 \quad (3),$$

то соотношение (2) даст дискретный спектр рисунка (4), имеющего 21 линию значимого уровня на интервале хи-квадрат от 0 до 10.

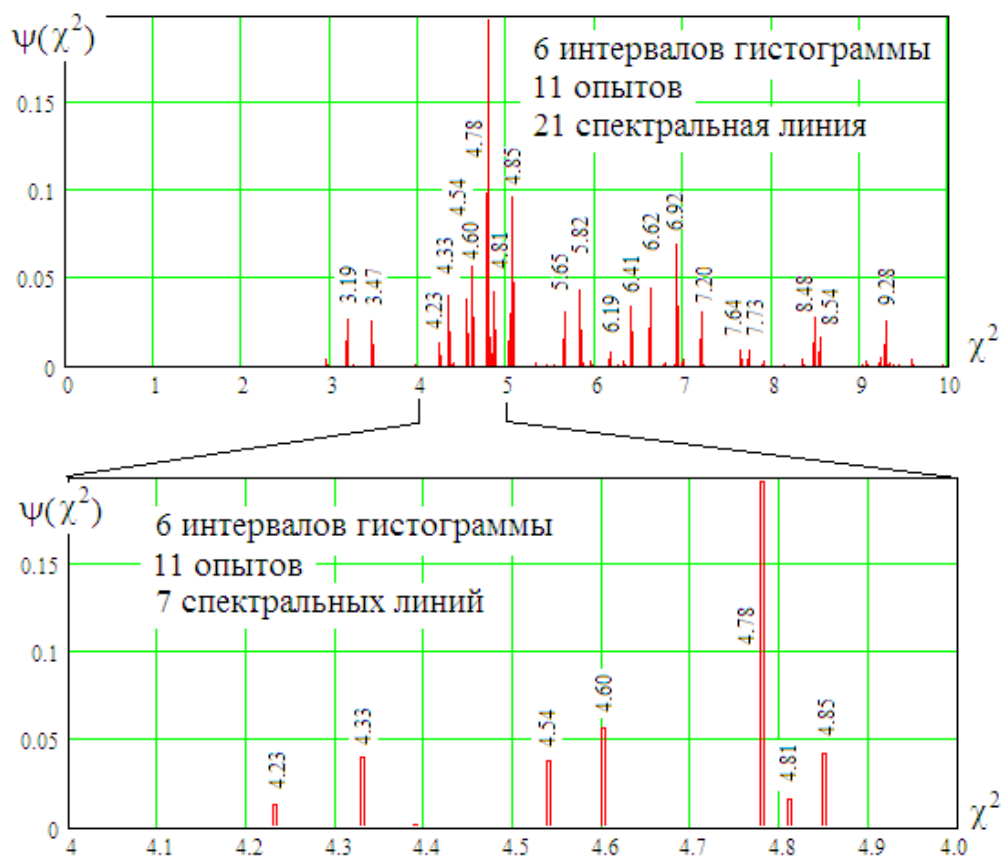


Рис. 4. Положение спектральных линий хи-квадрат молекулы при 11 электронах-опытах и 6 орбиталях-интервалах для нормального распределения данных

Высота спектральных линий хи-квадрат молекулы $\psi(\chi^2)$ соответствует амплитуде вероятности появления того или иного дискретного хи-квадрат состояния. Сумма всех амплитуд вероятности всех спектральных линий по всему интервалу состояний единична:

$$\Psi = \int_0^{\infty} \psi(\chi^2) \cdot d(\chi^2) = 1 \quad (4).$$

Так как спектр состояний хи-квадрат молекул дискретен непрерывный интеграл (1) всегда можно заменить конечной суммой:

$$\Psi = \int_0^{\infty} \psi(\chi^2) \cdot d(\chi^2) = 1 = \sum_{i=1}^N \psi_i(\chi^2) \quad (5),$$

где N – число спектральных линий во всегда конечном интервале от 0 до $\max(\chi^2)$.

Заметим, что число спектральных линий -N для хи-квадрат молекул зависит от числа опытов в выборке и от числа интервалов в гистограмме. Так если мы увеличим число опытов в выборке с 11 до 21, число значимых спектральных линий увеличивается с 21 до 159, как это показано на рисунке 5.

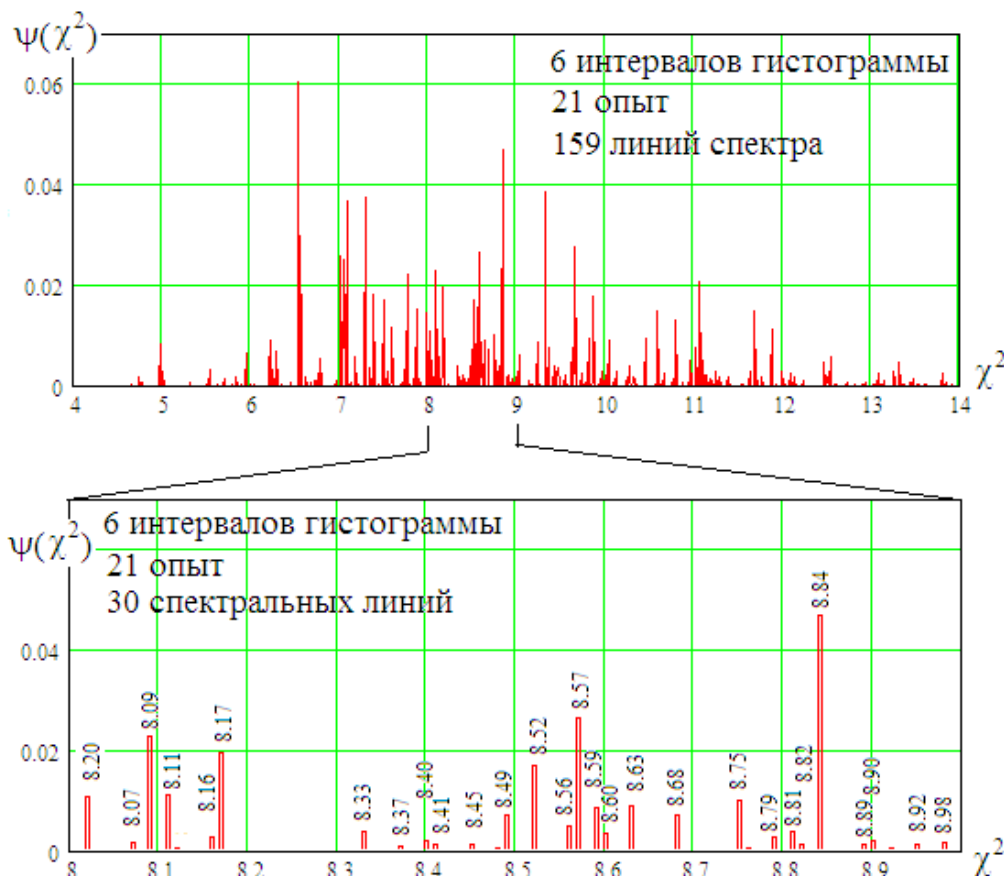


Рис. 5. Положение спектральных линий хи-квадрат молекулы с 21 опытом-электроном при 6 орбиталях-интервалах и нормальном распределении данных

Переход от непрерывных спектров к дискретным – это кардинальное изменение, приводящее к огромному росту чувствительности статистических методов обработки данных. Так при анализе непрерывных спектров вполне достижима чувствительность метода (относительная ошибка) на уровне 0.1%, а переход к анализу линий дискретного спектра [11, 12, 13] позволяет чувствовать крайне малые значения на уровне 0.0000001% весового состава примесей.

Похожие статистические соотношения получаются при многомерном нейросетевом анализе биометрических данных. Нейросетевой преобразователь биометрия-код можно рассматривать как нейросетевую молекулу [14] порождающую дискретный спектр амплитуд вероятностей состояний выходного кода. Оценка вероятности ошибок второго рода (ошибочный пропуск «Чужого» как «Своего»), оцениваемая по ГОСТ Р 52633.3 [15] достигают величин менее 0.000000001.

Примерно таких же вероятностей ошибок первого и второго рода должны достигать статистические вычисления, построенные на глубоком статистическом анализе спектральных линий хи-квадрат молекул. При этом конструкцию хи-квадрат молекулы

можно рассматривать как хи-квадрат нейрон, структура такого нейрона приведена на рисунке 6.

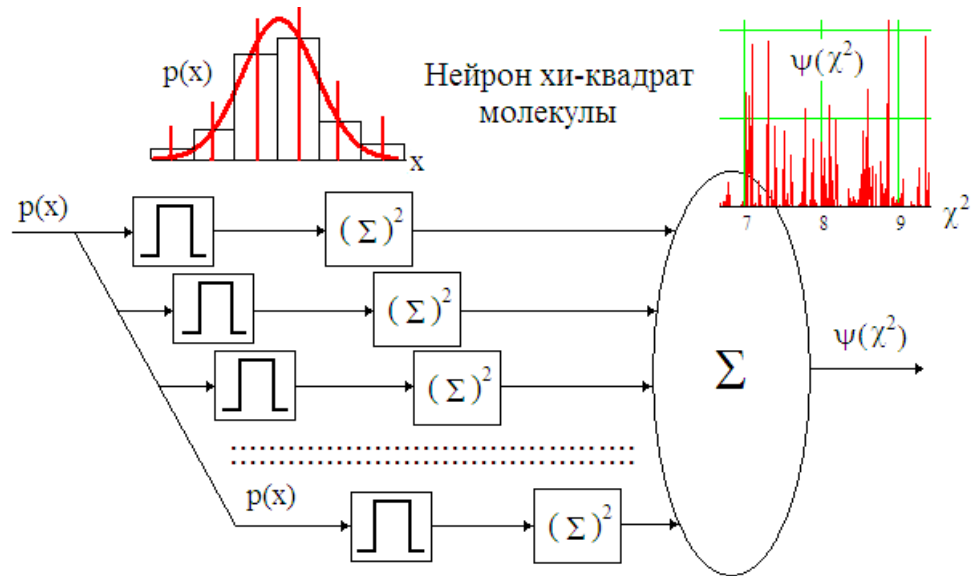


Рис. 6. Структура хи-квадрат нейрона, с входным квантованием данных компараторами выделения интервалов гистограммы

Поддержание режима нейродинамики одного хи-квадрат нейрона (одной хи-квадрат молекулы)

Следует отметить, что модель молекулы водорода (рисунок 3) является динамической конструкцией, описываемой дифференциальным уравнением Шредингера [16, 17]. Уравнение хи-квадрат молекулы (2) является статическим, то есть для реализации потенциальных преимуществ дискретного спектрального анализа [11, 12, 13] необходимо статическую хи-квадрат молекулу (2) загнать в динамический режим непрерывного преобразования данных. Одним из способов организации нейродинамики для хи-квадрат молекулы является использование генеральной выборки в 21 опыт и случайное извлечение из нее множества малых подвыборок в 11 опытов. Этот способ иллюстрируется рисунком 7.

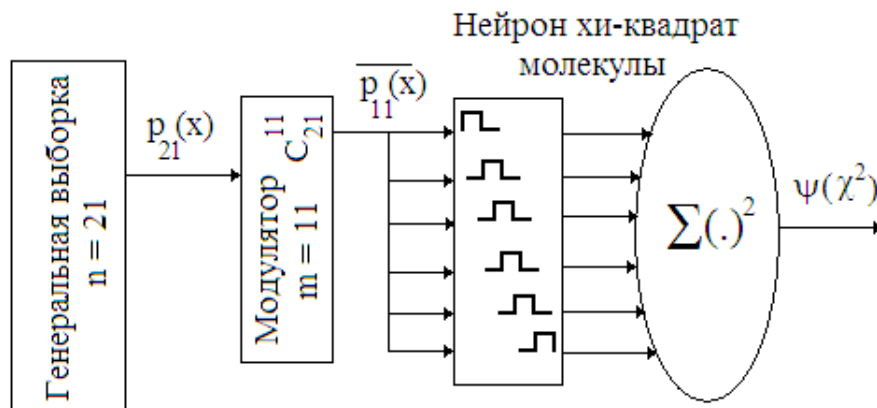


Рис. 7. Создание множества малых подвыборок случайным извлечением 11 опытов из большей генеральной выборки в 21 опыт (нейродинамика)

Если отказаться от использования повторяющихся малых подвыборок, то мы можем получить $C_{21}^{11} = \frac{21!}{11!(21-11)!} = 352716$ серий по 11 опытов. Столь большое число серий по 11 опытов может последовательно подаваться на компараторы хи-квадрат нейрона, обеспечивая режим хаотической нейродинамики, порождающей появление спектральных линий.

Очевидно, что мы можем подавать на вход хи-квадрат нейрона как данные с нормальным законом распределения значений, так и данные с равномерным распределением значений. В итоге мы будем получать разные спектры и можем сравнивать эти спектры, поддерживая квантовую суперпозицию в нейродинамике.

Вычисления, выполняемые в режиме поддержки квантовой суперпозиции

Одним из способов обработки спектров хи-квадрат молекулы является выделение 22 наиболее значимых по амплитуде вероятности линий по условию:

$$\frac{\Psi_{\text{норм}}(\chi^2) + \Psi_{\text{равн}}(\chi^2)}{2} \geq 0.01 \quad (6).$$

Хотя бы одна из амплитуд вероятностей нормального или равномерного распределений должна быть значимой, как это отображено на рисунке 8.

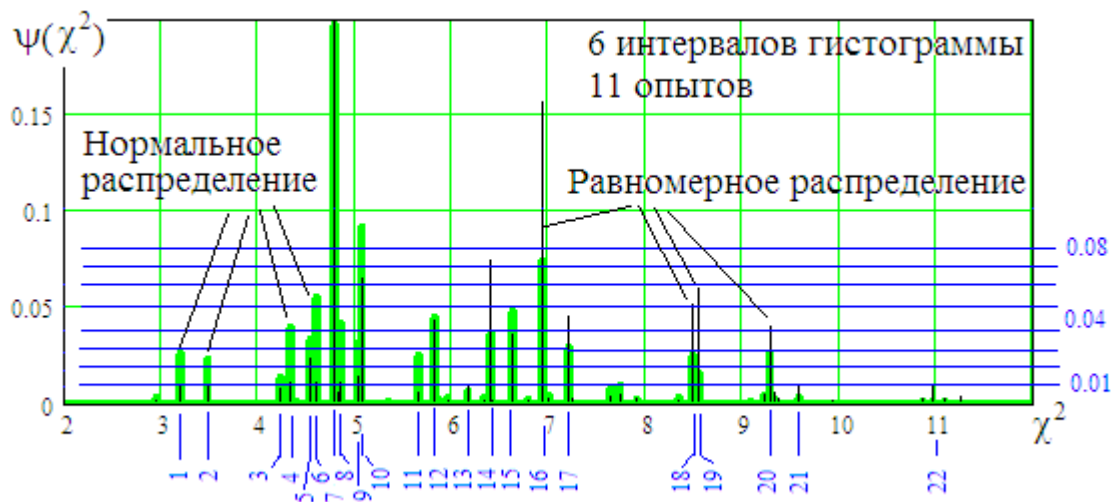


Рис. 8. Восьми уровневое квантование амплитуды спектральных линий нормального и равномерного спектров хи-квадрат молекулы

В этой ситуации 22 линии спектров хи-квадрат молекул с нормальным ядром и равномерным ядром будут описываться таблицей состояний 1.

Будем осуществлять обработку данных сравнивая амплитуды вероятности спектров хи-квадрат молекулы с 8 уровнями компараторов, соответствующих вектору опорных значений $\{0.01, 0.02, 0.03, \dots, 0.08\}$. При квантовании будем присваивать значение «0» если обнаруженная амплитуда вероятности будет ниже порога. Если амплитуда вероятности выше порога, то присваивается состояние кода «1».

Это преобразование приводит к получению цифровых портретов состояний молекулы хи-квадрат в виде 176 бит. На рисунке 9 приведены два цифровых портрета хи-квадрат молекулы при ее возбуждении данными с нормальным и равномерным законами распределения значений.

Цифровой портрет нормального распределения данных

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.08	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.07	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.06	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.05	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.04	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.03	"0"	"0"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.02	"1"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.01	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"

Цифровой портрет равномерного распределения данных

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.08	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.07	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.06	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.05	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"1"	"1"	"0"	"0"	"0"
0.04	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"
0.03	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"
0.02	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"
0.01	"1"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"

Портрет расстояний Хэмминга между нормальным и равномерным распределением

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.08	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.07	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.06	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.05	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.04	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
0.03	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"0"
0.02	"0"	"0"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"
0.01	"1"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"0"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"	"1"

Рис. 9. Цифровые портреты хи-квадрат молекулы при возбуждении ее нормальными данными и данными с равномерным распределением значений

Следует отметить, что при формировании цифровых портретов учитывались только значимые спектральные линии. Как следствие суммарная вероятность всех учтенных состояний оказывается меньше единицы:

$$\begin{cases} \Psi_{\text{норм}} = \sum_{i=1}^{22} \psi_i(\chi^2) = 0.899 \\ \Psi_{\text{равн}} = \sum_{i=1}^{22} \psi_i(\chi^2) = 0.912 \end{cases} \quad (7).$$

Это означает, что учитываемые 22 спектральные линии хи-квадрат молекулы действительно покрывают почти все наиболее вероятные ее состояния. Амплитуды вероятностей появления каждой из 22 учитываемых линий спектра для равномерного и нормального законов приведены в таблице 1.

Рассматриваемая схема поддержки квантовой суперпозиции для нормального закона распределения значений с вероятностью 0.899 приводит к появлению одного состояния «1» в одном из разрядов 22 разрядного кода (22 кубита), все другие разряды нулевые. С вероятностью (1-0.899)=0.111 все 22 разряда выходного кода будут иметь состояние «0». То же самое относится и к поддержке квантовой суперпозиции для хи-

квадрат молекулы при ее возбуждении равномерным законом распределения данных. В этом случае мы так же будем наблюдать 22 кубита. С высокой вероятностью все 22 разряда будут находиться в нулевом состоянии, однако с вероятностью 0.912 один из разрядов будет принимать состояние «1».

Таблица амплитуд вероятности линий спектра № 1

Данные спектра хи-квадрат молекулы для 11 опытов, 6 интервалов гистограммы, нормального закона распределения значений программного генератора псевдослучайных чисел																						
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
χ^2	3.19	3.47	4.23	4.33	4.54	4.60	4.78	4.85	5.03	5.06	5.65	5.82	6.16	6.40	6.62	6.92	7.20	8.48	8.54	9.28	9.58	10.96
ψ	0.0269	0.0233	0.0136	0.0403	0.0335	0.0557	0.1977	0.0423	0.0320	0.0920	0.0255	0.0452	0.0069	0.0372	0.0483	0.0749	0.0299	0.0257	0.0163	0.0267	0.0035	0.0017
Данные спектра хи-квадрат молекулы для 11 опытов, 6 интервалов гистограммы, равномерного закона распределения значений программного генератора псевдослучайных чисел																						
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
χ^2	3.19	3.47	4.23	4.33	4.54	4.60	4.78	4.85	5.03	5.06	5.65	5.82	6.16	6.40	6.62	6.92	7.20	8.48	8.54	9.28	9.58	10.96
ψ	0.0104	0.0085	0.0076	0.0108	0.0239	0.0110	0.2071	0.0107	0.0137	0.0650	0.0062	0.0429	0.0094	0.0742	0.0359	0.1563	0.0454	0.0514	0.0604	0.0398	0.0108	0.0103

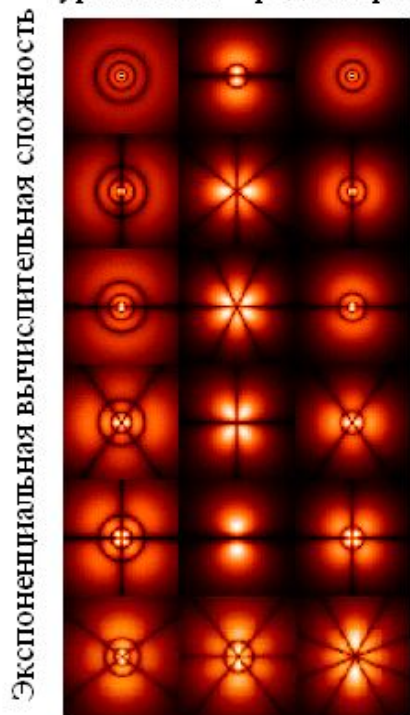
Предварительная оценка эффективности и вычислительной сложности процедур глубокой статистической обработки, построенной на поддержке квантовой суперпозиции

Следует подчеркнуть, что при классическом статистическом анализе по хи-квадрат критерию мы должны обрабатывать выборку из 21 опыта и гистограмму с 6 интервалами. Если мы будем анализировать цифровой портрет нормальной выборки (рисунок 9), то его можно рассматривать как гистограмму из 22 интервалов, построенную на выборке в 62 опыта. Самый простой способ оценки потенциальных возможностей поддержки квантовой суперпозиции состоит в вычислении отношения числа опытов $62/21 \approx 2.95$. То есть, в первом приближении рассматриваемые процедуры поддержки квантовой суперпозиции должны быть эквивалентны почти трехкратному увеличению размеров тестовой выборки.

Для реализации рассматриваемых процедур придется выполнить в 350 000 раз более сложные вычисления, занимающие несколько минут машинного времени на обычном настольном компьютере. Это вполне допустимо в ситуациях, когда обрабатываются малые выборки дорогих биометрических данных и данных иной природы. Так, например, разработка новых лекарств фармацевтическими компаниями может занять несколько лет и потребовать затрат в сотни миллионов долларов. После разработки нового препарата его нужно тестировать. Необходимо получать данные о добровольцах, согласившихся лечиться новым лекарством. Трехкратное сокращение времени тестирования – это весьма значительное сокращение затрат на вывод нового лекарства на рынок. В этом плане разработка программного обеспечения для глубокой статистической обработки должна быть экономически выгодной. Существует достаточно много приложений, ориентированных на обработку малых выборок реальных данных. Перспектива программными методами увеличить размеры малых выборок в несколько раз должна быть осознана и поддержана научно-технической общественностью.

Можно ждать, когда электронная промышленность создаст новую элементную базу под квантовые вычисления [16, 17], так как моделировать уравнения Шредингера на обычной вычислительной машине крайне сложно. Пакет для решения уравнений Шредингера имеет большой объем (состоит из более 100 000 строк кода) и при его использовании вычислительная сложность растет экспоненциально. Гораздо более рациональным является поддержка квантовой суперпозиции путем моделирования хи-квадрат математических молекул. На рисунке 10 приведена программа на языке MathCAD, воспроизводящая хи-квадрат молекулу и содержащая всего 7 строк кода.

Пакет моделирования уравнений Шредингера



100 000 строк кода

Программа моделирования хи-квадрат молекулы (11 опытов, 6 интервалов гистограммы)



7 строк кода на языке MathCAD

Рис. 10. Соотношение между пакетами программного обеспечения, ориентированными на моделирование спектров молекул через решение уравнений Шредингера и моделирование спектра хи-квадрат математических молекул

На данный момент нельзя оценить затраты вычислительных ресурсов, которые могут потребоваться на моделирование квантовой механики (уравнений Шредингера) под программную реализацию 22 кубитного вычислителя. Вполне возможно, что реализация подобного программного проекта будет экономически невыгодной. Совершенно иная ситуация возникает при моделировании хи-квадрат математических молекул. Пакет программ для решения этой задачи должен содержать несколько сот строк кода, время его выполнения должно составлять несколько минут на обычной вычислительной машине.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 52633.5-2011 «Защита информации. Техника защиты информации. Автоматическое обучение нейросетевых преобразователей биометрия-код доступа».
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 г., 816 с.

3. Р 50.1.037-2002 Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть I. Критерии типа χ^2 . Госстандарт России. Москва-2001 г., 140 с.
4. Ахметов Б.Б., Иванов А.И., Серикова Н.И., Фунтикова Ю.В. Дискретный характер закона распределения хи-квадрат критерия для малых тестовых выборок // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. – Алматы, 2015. № 1. С. 17-25.
5. Akhmetov B., Ivanov A., Gilmutdinov A., Bezyaev A., Funtikova Y. The Family of Chi-Square Molecules Pearson: Software-Continuum Quantum Accelerators of High-Dimensional Calculations // International Conference on New Directions in Multidisciplinary Research & Practice (NDMRP-15-265). Global Illuminators, Istanbul, Turkey. April 22, 2015.
6. Кулагин В.П., Иванов А.И., Газин А.И., Ахметов Б.Б. Циклические континуально-квантовые вычисления: усиление мощности хи-квадрат критерия на малых выборках. /Аналитика № 5, 2016 (30), с. 22-29.
7. Волчихин В.И., Иванов А.И., Пащенко Д.В., Ахметов Б.Б., Вятчанин С.Е. Перспективы создания циклической континуально-квантовой хи-квадрат машины для проверки статистических гипотез на малых выборках биометрических данных и данных иной природы. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – Пенза: ПГУ, №1, 2017 с. 5-15
8. Иванов А.И. Многомерная нейросетевая обработка биометрических данных с программным воспроизведением эффектов квантовой суперпозиции. Издательство АО «ПНИЭИ», Пенза-2016 г., 133 с. Свободный доступ <http://пниэи.рф/activity/science/BOOK16.pdf>
9. Conditions of obtaining the discrete kurtosis spectrum of statistical distributions of biometric data for small samples /Volchikhin V.I., Ivanov A.I., Gazin A.I., Bannih A.G. // Journal of Computational and Engineering Mathematics. vol. 4, no. 4 – 2017. – p. 53-63.
10. Иванов А.И., Ахметов Б.Б., Серикова Ю.И. Усиление мощности хи-квадрат критерия при десяти кратном увеличении числа степеней свободы статистических вычислений на малых тестовых выборках // «Надежность и качество сложных систем» №4 (16)_2016 с. 121-127
11. Ельяшев М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Общие вопросы спектроскопии. М.: Издательство URSS, 2014, 246 с. ISBN: 978-5-397-04524-7.
12. Ельяшев М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия. М.: Издательство URSS, 2015, 528 с. ISBN: 978-5-9710-1743-1.
13. Ельяшев М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Атомная спектроскопия. М.: Издательство URSS, 2018, 416 с. ISBN: 978-5-397-06118-6.
14. Волчихин В.И., Иванов А.И. Нейросетевая молекула: решение обратной задачи биометрии через программную поддержку квантовой суперпозиции на выходах сети искусственных нейронов //Вестник Мордовского университета. Т27. №4, 2017, с 518-523.
15. ГОСТ Р 52633.3-2011 «Защита информации. Техника защиты информации. Тестирование стойкости средств высоконадежной биометрической защиты к атакам подбора».
16. Нильсон М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир. 2006 г. 821 с.
17. Душкин Р.В. Квантовые вычисления и функциональное программирование. ДМК Пресс, 2015, 234 с. ISBN: 978-597060-257-1.