

УДК 33:330.1

**Дадян Эдуард Григорьевич**

Кандидат технических наук

Профессор, Финансовый Университет при Правительстве РФ, Москва

### **НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ВАЛЮТНОГО РЫНКА**

В данной работе приведены результаты нейро сетевого анализа влияния существенных факторов на котировку курса валют на примере формирования курса доллара в условиях «турбулентности экономики» в России.

**Ключевые слова:** нейро сеть, турбулентность экономики, котировка нефти, существенные факторы, курс доллара, курс евро, интервенции ЦБ.

**JEL code: C 450, F 310, E 580**

**Eduard Dadyan**

Ph.D. (technical science)

Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation

### **NEURAL NETWORK TECHNOLOGY IN STUDY OF FOREIGN EXCHANGE MARKET**

In this paper we present the results of neural network analysis of the effect of significant factors on the quotation of the exchange rate on the example of the formation of the dollar in terms of «the turbulence of the economy» in Russia.

**Keywords:** neural network, the turbulence of the economy, the quotation of oil, essential factors, the dollar, the Euro, the Central Bank intervention.

**JEL code: C 450, F 310, E 580**

В работе приведены результаты исследования поведения курса доллара США в Российской Федерации в зависимости от некоторых существенных факторов. К существенным факторам, влияющим на формирование курса валют, относят мировые экономико-политические процессы. Существуют множество методов анализа количественного и качественного влияния процессов на формирование курсов валют. Например, метод экспертных оценок, метод

регрессионного или фрактального анализа. В данной работе приведены результаты комплексного анализа влияния существенных факторов на котировку курса валют на примере формирования курса доллара. В качестве существенных факторов были выбраны следующие [1; 2; 3]: котировка нефти, котировки золота, инфляция в РФ, интервенции ЦБ, котировки индексов S&P40, котировки индексов DAX. Их выбор был сделан на основании анализа коэффициентов корреляции между курсом доллара США по отношению к Российскому рублю, с одной стороны, и ключевыми потенциальными факторами, с другой. Результаты этого анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1

<b>№ n/n</b>	<b>Потенциальный фактор влияния</b>	<b>Коэффициент корреляции</b>
1	Котировка нефти	-0,956345
2	Котировка золота	0,942487
3	Инфляция в РФ	0,923694
4	Интервенции ЦБ	-0,318873
5	Котировки индексов S&P40	-0,358579
6	Котировки индексов DAX	-0,050427

В качестве инструмента исследовательской работы, в силу ряда преимуществ, была выбрана аналитическая нейронная сетевая платформа Deductor Studio, разработанная фирмой BASE GROUP (РФ, город Рязань) [4]<sup>11</sup>. Использование существенных показателей в качестве обучающей выборки позволило выполнить не только качественный, но и количественный анализ влияния выше перечисленных экономических факторов на формирование курса доллара США в условиях глубокого кризиса экономики России. Необходимые исходные данные для формирования обучающей выборки нейронной сети были заимствованы из трейдинговой системы Bloomberg.

<sup>11</sup> Deductor Studio обеспечивает разработку систем для глубокого анализа данных, охватывающих вопросы сбора, консолидации, очистки данных, построения моделей и визуализации. Deductor Studio предназначен для решения широкого спектра задач, связанных с обработкой структурированных, представленных в виде таблиц, данных. Эти таблицы структурированных данных формируют, так называемую, обучающую выборку, предназначенную для обучения нейронной сети, формирования экспертной системы исследуемой предметной области.

При этом рассматривались соответствующие показатели в трудные для России времени: с июня 2014 года по январь 2015 года. Ввод, накопление и предварительная обработка исходных данных для формирования обучающей выборки нейронной сети осуществлялись также в системе Deductor Studio.

При формировании топологии нейронной сети исходили из следующих предпосылок. Не существует точного правила по тому, каким количеством слоев и нейронов должна обладать сеть для хорошего обучения. Р. Тадеусевич [5] пишет, что нейронов не должно быть слишком много, иначе это приведет к плохому функционированию сети — она будет запоминать значения, вместо нахождения закономерностей. Однако и слишком маленькое количество нейронов отрицательно повлияет на сеть. В процессе исследования нами рассматривались различные варианты числа нейронов в среднем слое (от 2 и до 15). Сопоставляя диаграммы рассеивания от 2 до 15 средне-слойных топологий нейронной сети, мы остановились на топологии с 5-тью нейронами в среднем слое, как обеспечивающей наилучшее приближение прогнозных к идеальным значениям (рис.1).

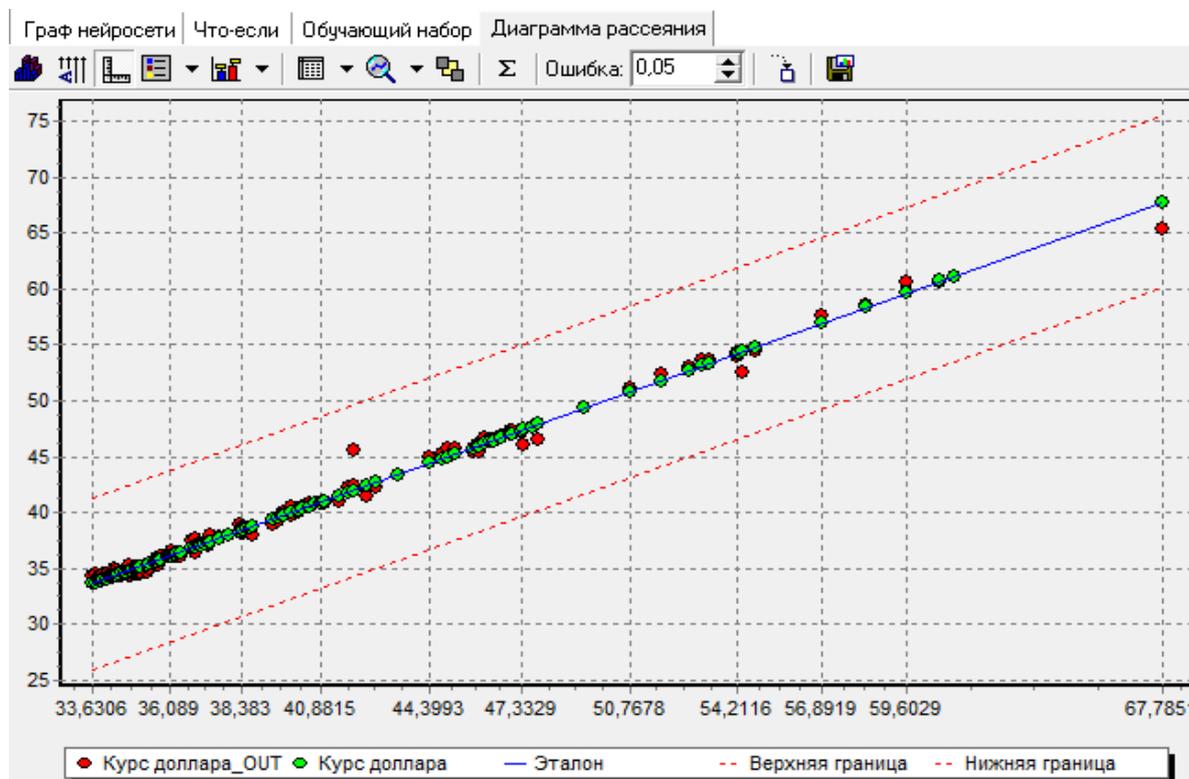


Рис.1. Диаграмма рассеивания

Диагональная линия на рисунке — это линия идеальных значений. Точками, рассеянными вдоль линии идеальных значений, обозначены выходные значения модели. Смысл диаграммы рассеивания следующий. Если все точки (или хотя бы основная масса), представляющие реальные выходные значения модели, сосредоточены вблизи линии идеальных значений, то модель работает хорошо. В нашем случае видно, что качество приближения хорошее, все прогнозные значения находятся очень близко к идеальным. Окончательно была определена структура нейронной сети, представленная на рис.2.

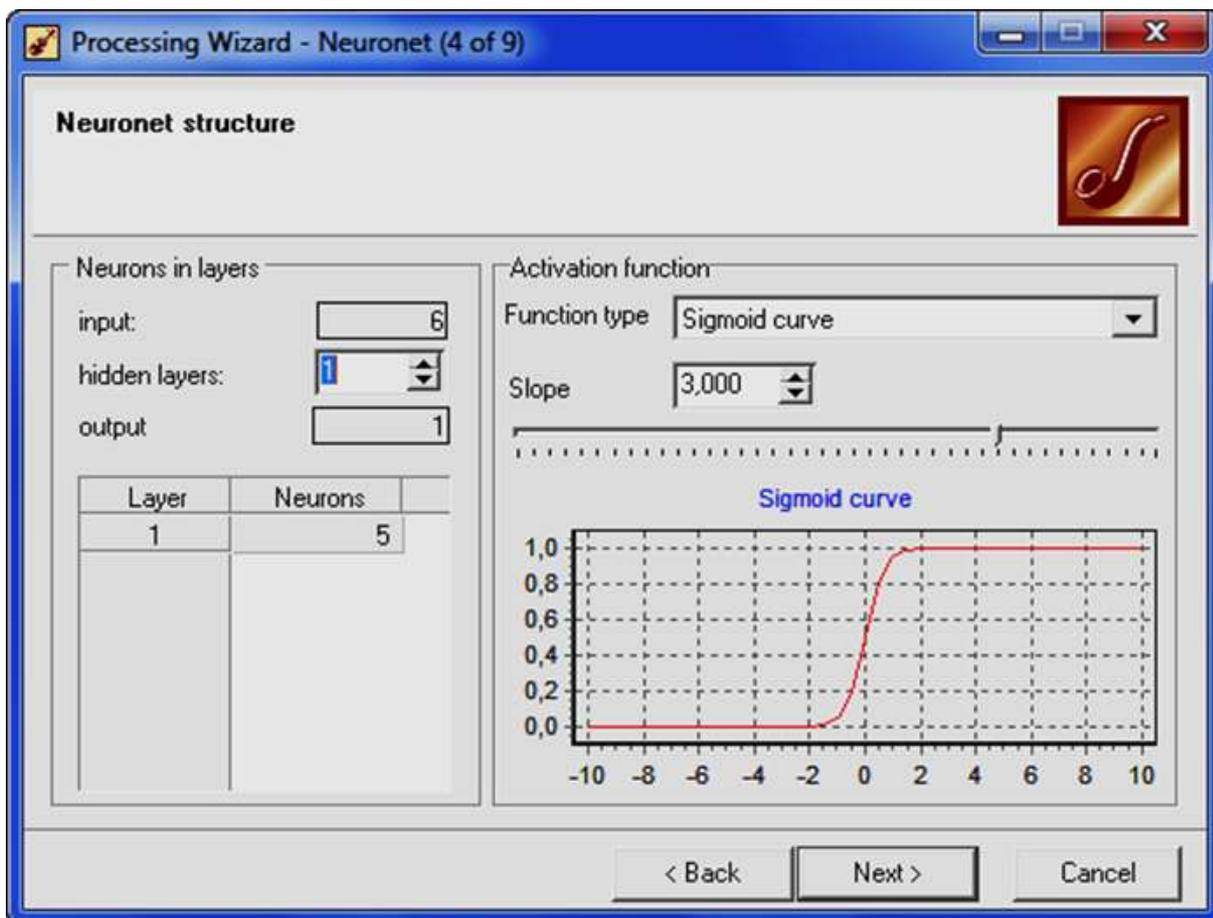


Рис.2. Выбранная для исследования структура нейронной сети

Интерпретируем результатов, полученных с помощью хорошо обученной нейронной сети, использовать многопараметрического «нейронного эксперта» для прогнозирования интересующих нас процессов с целью принятия соответствующих решений.

Определенный интерес представляет собой граф нейронной сети (рис. 3). С его помощью по цветовым связям и весовым коэффициентам можно судить о

значимости того или иного фактора и степень его влияния на выходной параметр.

Рассматриваемая диаграмма и все последующие рисунки необходимо видеть и анализировать в цвете. Цвет того или иного процесса несет в себе определенную информацию. Черно-белое изображение эту информацию теряет со всеми вытекающими отсюда последствиями.

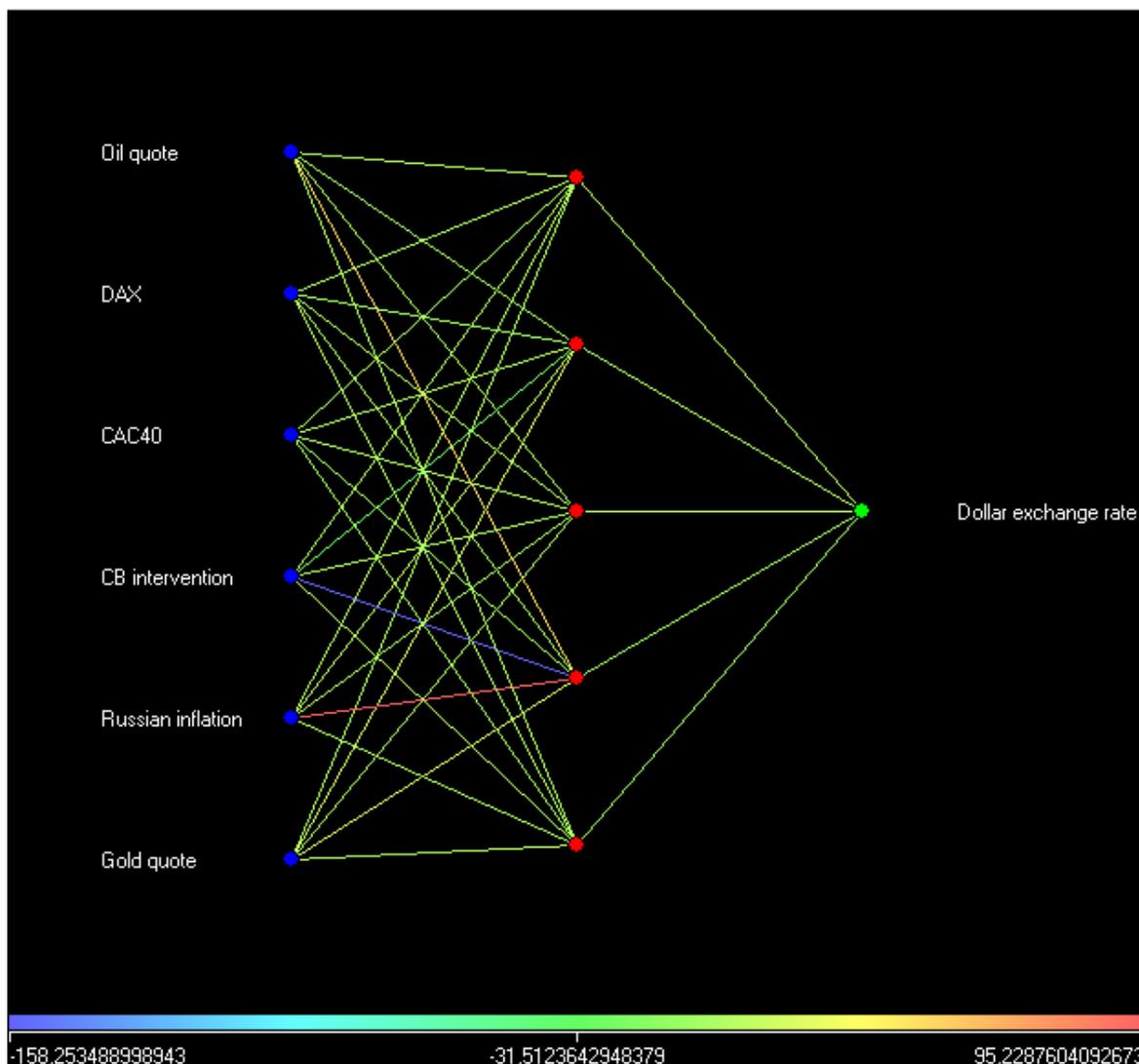


Рис.3. Граф нейронной сети

Какие выводы можно сделать, анализируя граф нейронной сети, каков вес влияния отобранных существенных параметров на формирование курса доллара? Ответ содержится в цвете линий связи идентифицированного входного нейрона с соответствующими нейронами среднего слоя. Цветовая линейка в нижней части рисунка сопровождается числовыми значениями.

Получить точные значения усредненных весовых коэффициентов, рассматриваемых параметров, практически невозможно; многое зависит от цветового восприятия аналитиком линий связи, т.е. здесь присутствует субъективный фактор. И, тем не менее, можно увидеть существенное влияние котировки нефти и, особенно, инфляции в России на формирование курса доллара США. Существенно меньше влияние валютной интервенции Центрального банка России на формирование курса доллара США.

Исключительно полезная информация была получена в результате анализа уже обученной нейронной сети, фактически многопараметрической экспертной системы, с помощью метода «Что, если».

Возможность анализа с помощью метода «Что, если» особенно значима для исследований, поскольку позволяет исследовать правильность работы системы, оценить достоверность полученных результатов, а также, ее устойчивость. Под устойчивостью понимается, насколько снижается достоверность полученных результатов при попадании на вход системы нетипичных данных — выбросов, пропусков данных и т.д. Такой анализ дает возможность определить, какую предварительную обработку данных следует провести перед подачей на вход нейронной сети.

Система анализа «Что, если» включает табличное и графическое представления, которые формируются одновременно. В данной работе рассматривалось только графическое представление. По горизонтальной оси диаграммы отображается весь диапазон значений текущего поля выборки, а по вертикальной — значения соответствующих выходов сети. На диаграмме «Что, если» можно увидеть, при каком значении входа изменяется значение на соответствующем выходе. Если, например, во всем диапазоне входных значений выходное значение для данного поля не изменялось, то диаграмма будет представлять собой горизонтальную прямую линию.

В данной работе анализ с помощью метода «Что, если» выполнен для получения зависимости курса доллара США от нескольких существенных параметров. Здесь следует сделать исключительно важное замечание: для

принятия окончательного решения необходимо учитывать не только зависимость  $y=f(x)$ , но и влияние всех остальных параметров, помня о том, что мы имеем дело с многопараметрической экспертной системой. С учетом высказанных замечаний, были получены интереснейшие зависимости курса доллара США от параметров котировки нефти, котировки золота, интервенции ЦБ, инфляции в РФ.

В приводимых ниже зависимостях сделаны следующие обозначения:

P1 — стоимость барреля нефти в долларах США;

P2 — стоимость грамма золота в рублях;

P3 — интервенция Центрального банка России в млн. долларов США;

P4 — инфляция в России; показатели инфляции — усредненные значения по числу дней в месяце.

1. Зависимость котировки доллар/рубли от стоимости барреля нефти в долларах США. Параметр: стоимость грамма золота в рублях (P2)

Исключительно информативен и полезен график зависимости курса доллара США от котировки нефти (Рис. 4). В процессе исследования мы анализировали несколько вариантов одной и той же зависимости при постоянных параметрах P3 и P4, но при различных значениях параметра P2 (1400, 1800 и 2636). Этот же подход применялся и при исследовании других зависимостей.<sup>12</sup> Анализ зависимости котировки доллар/рубли от стоимости барреля нефти позволил:

1. Определить качественные и количественные показатели зависимости котировки доллара США от котировки нефти.

2. Определить качественное и количественное влияние стоимости грамма золота на котировку доллара США при одних и тех же значениях стоимости барреля нефти.

---

<sup>12</sup> Более подробно все варианты влияния параметров на результатную и детальное рассмотрение многомерной ситуационной картины составляющую будут представлены в готовящейся к публикации монографии автора

3. Определить степень влияние стоимости грамма золота на котировку доллара США.

4. Сделать вывод о необходимости учета фактора стоимости золота при необходимости манипулирования курсом доллара США для различных состояний рынка нефти.

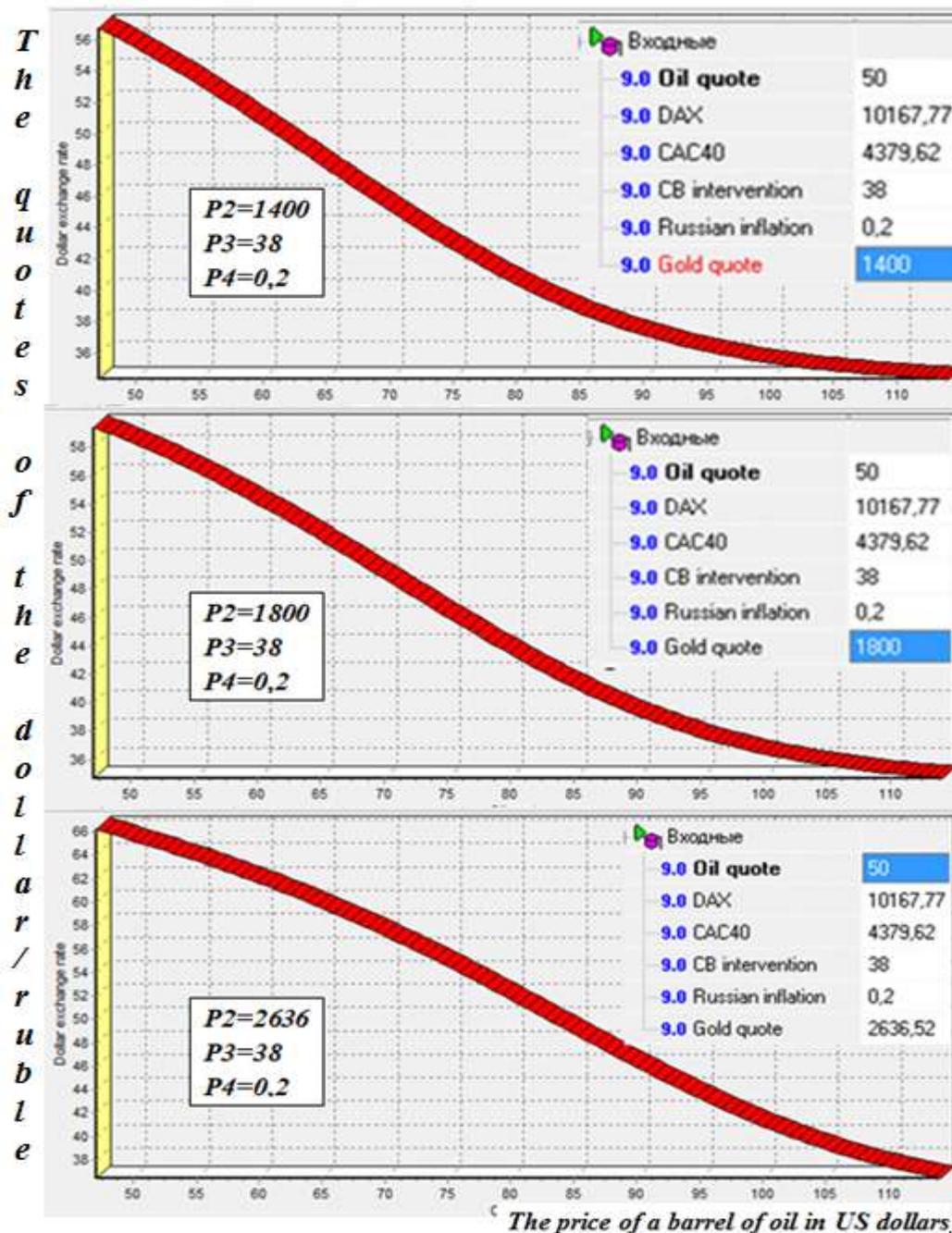


Рис.4. Зависимость котировки доллар/рубль от стоимости барреля нефти.

2. Зависимость котировки доллар/рубль от стоимости грамма золота (в рублях). Параметр: стоимость барреля нефти в долларах США (P1)

Результаты, полученные в пункте 1, подтолкнули к проведению исследования поведения котировки доллар/рубль в зависимости от рыночной стоимости грамма золота. В процессе исследования мы анализировали несколько вариантов одной и той же зависимости при постоянных параметрах P3 и P4, но при различных значениях параметра P1 (40, 60 и 80) (Рис. 5). Этот же подход применялся и при исследовании других зависимостей.

Анализ зависимости котировки доллар/рубль от стоимости грамма золота позволил:

1. Определить количественные и качественные показатели зависимости котировки доллара США от стоимости грамма золота.

2. Определить качественное и количественное влияние стоимости барреля нефти на котировку доллара США при одних и тех же значениях стоимости грамма золота.

3. Определить степень влияние стоимости котировки нефти на котировку доллара США.

4. Сделать вывод о необходимости учета фактора нефти при необходимости манипулирования курсом доллара США для различных состояний рынка золота.

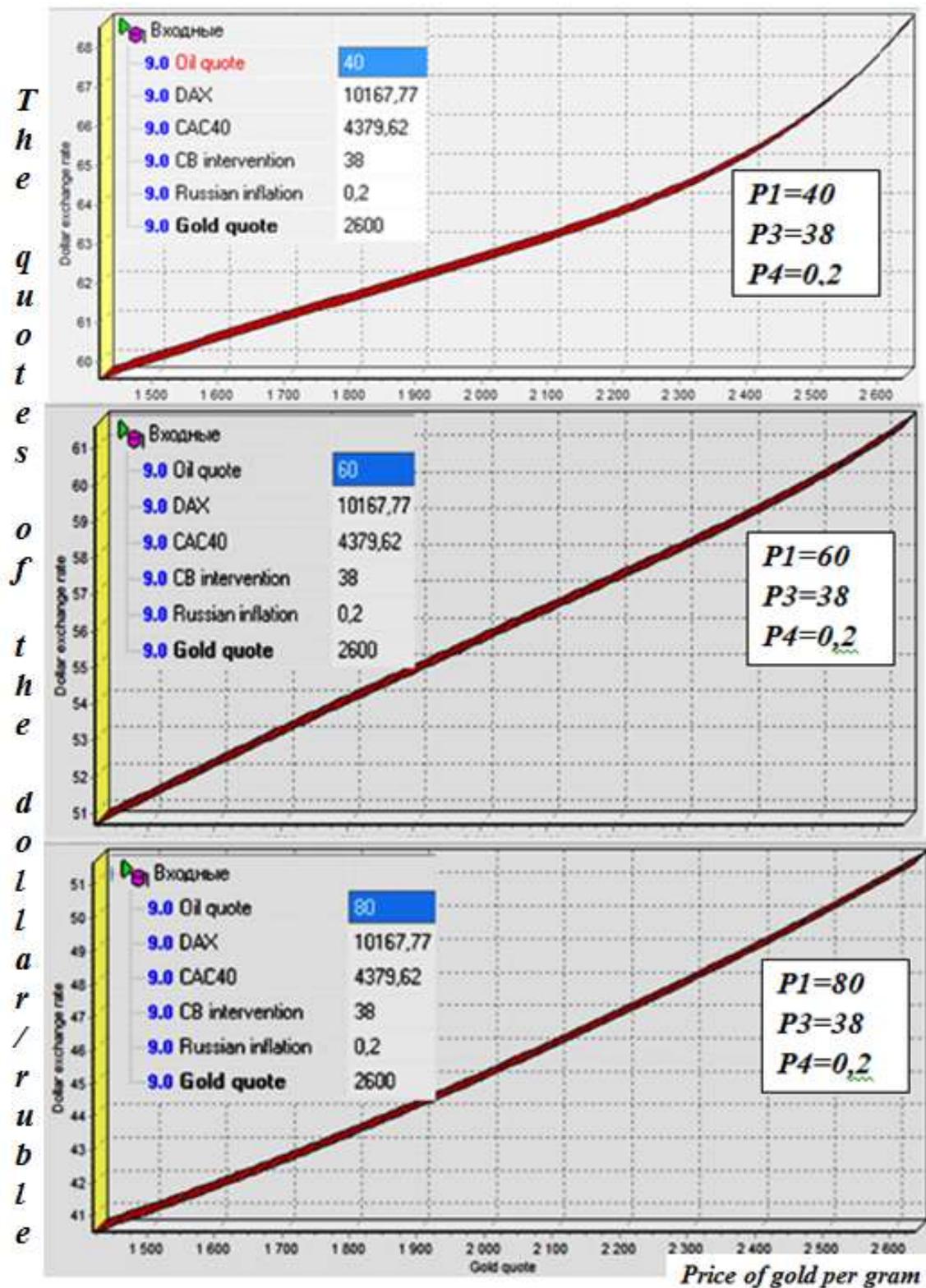


Рис.5. Зависимость котировки доллар/рубль от стоимости грамма золота.

3. Зависимость котировки доллар/ рубль от интервенции Центрального банка РФ. Параметр: стоимость грамма золота в рублях ( $P2$ )

В России термин «валютная интервенция» обычно употребляется в связке с задачей поддержания российского рубля, его стабильного курса по отношению к доллару США. ЦБ РФ продаёт доллары и/или евро, чтобы не дать упасть рублю на валютном рынке и тем самым воздействовать на покупательную силу денег, валютные курсы и на экономику страны в целом. И наоборот, скупка иностранной валюты ЦБ влечёт за собой падение курса российского рубля. Для интервенций, как правило, используются официальные валютные резервы, поэтому при больших нарушениях в системе платёжного баланса валютная интервенция может, в конце концов, привести к истощению валютных резервов страны, не предотвратив обесценивания национальной валюты. В процессе исследования мы анализировали несколько вариантов одной и той же зависимости при постоянных параметрах  $P_1$  и  $P_4$ , но при различных значениях параметра  $P_2$  (1500, 200) (Рис. 6). Этот же подход применялся и при исследовании других зависимостей.

Анализ зависимости котировки доллар/рубль от интервенции Центрального банка РФ позволил:

1. Определить качественное и количественное влияние интервенции ЦБ РФ на курс доллара США при определенных условиях достаточно велико. Например, ежедневная продажа на валютной бирже 2-3-х миллиардов долларов США при указанных на рис.6 значениях параметров, может значительно укрепить национальную валюту. Ясно, что чем больше ЦБ РФ осуществляет продаж, тем меньше у страны валютных запасов.

2. Определить качественное и количественное влияние на котировку доллар/рубль стоимости грамма золота. Чем меньше стоимость грамма золота, тем благоприятней условия для поддержания курса рубля. Для поддержания курса национальной валюты только интервенции ЦБ страны не достаточны. Необходимо предварительно создать на финансовом рынке соответствующий благоприятный климат, в том числе, и за счет понижения стоимости золота.

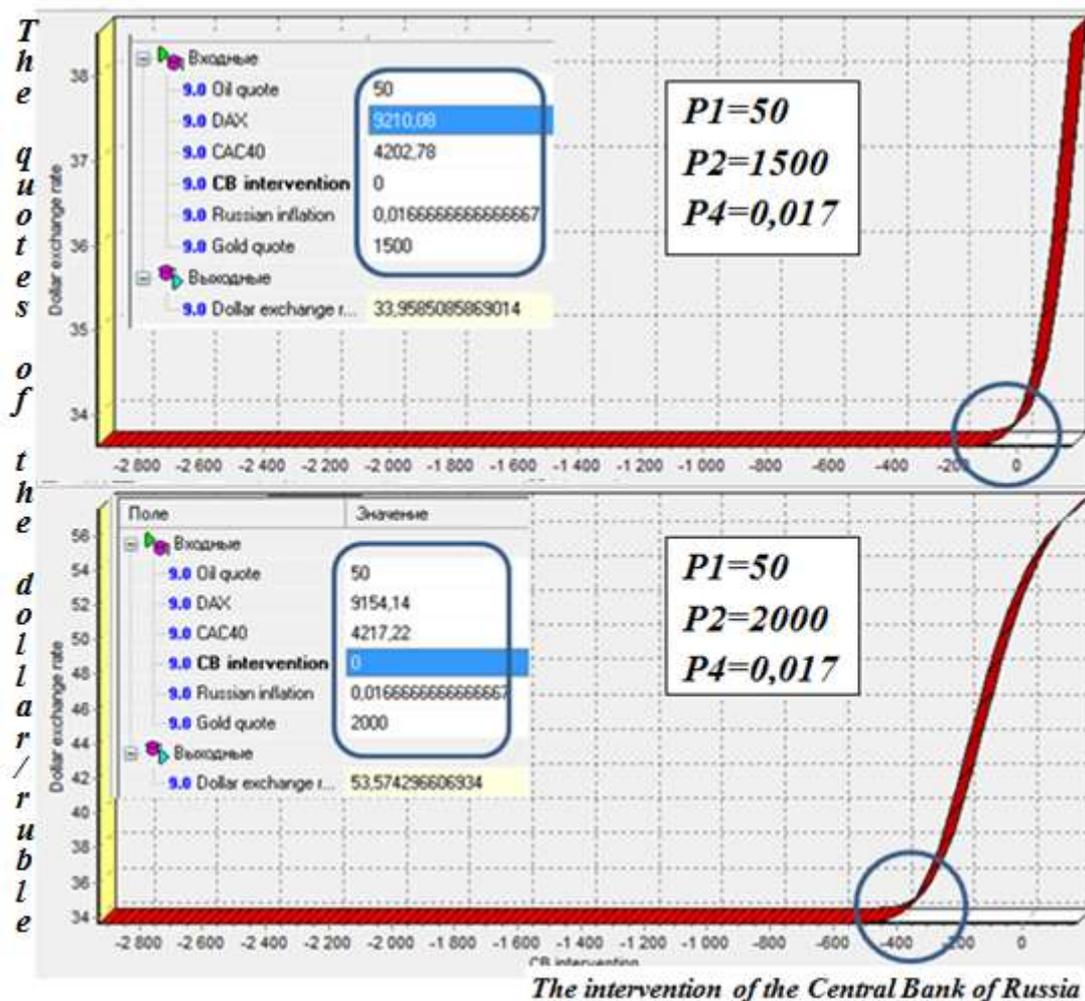


Рис.6. Зависимость котировки доллар/рубль от интервенции ЦБ РФ

4. Зависимость котировки доллар/рубль от инфляции в России. Параметр: интервенция Центрального банка России в млн. долларов США (P3).

Зависимость курса доллара США от усредненных значений инфляции в РФ (Рис.7) показала неожиданную для автора ситуацию: наличие критических точек влияния, когда дальнейший рост инфляционной составляющей может резко, я бы сказал, катастрофически снизить курс национальной валюты, способствовать разрушению финансовой системы страны.

Анализ зависимости котировки доллар/рубль от инфляции в РФ позволил:

1. Четко определить критические значения усредненных показателей, приводящих к резкому падению курса рубля.
2. Увидеть степень влияния приведенных усредненных показателей инфляции на управление курсом доллара США.

3. Определил степень влияния интервенции ЦБ РФ на поддержание курса национальной валюты, даже при высоких инфляционных показателях.

4. Убедиться в абсолютно правильных действиях ЦБ РФ, резко повысившего ставку финансирования при резком падении устойчивости финансового рынка, правда, если при этом будет обеспечена целевая поддержка соответствующих кредитных организаций.

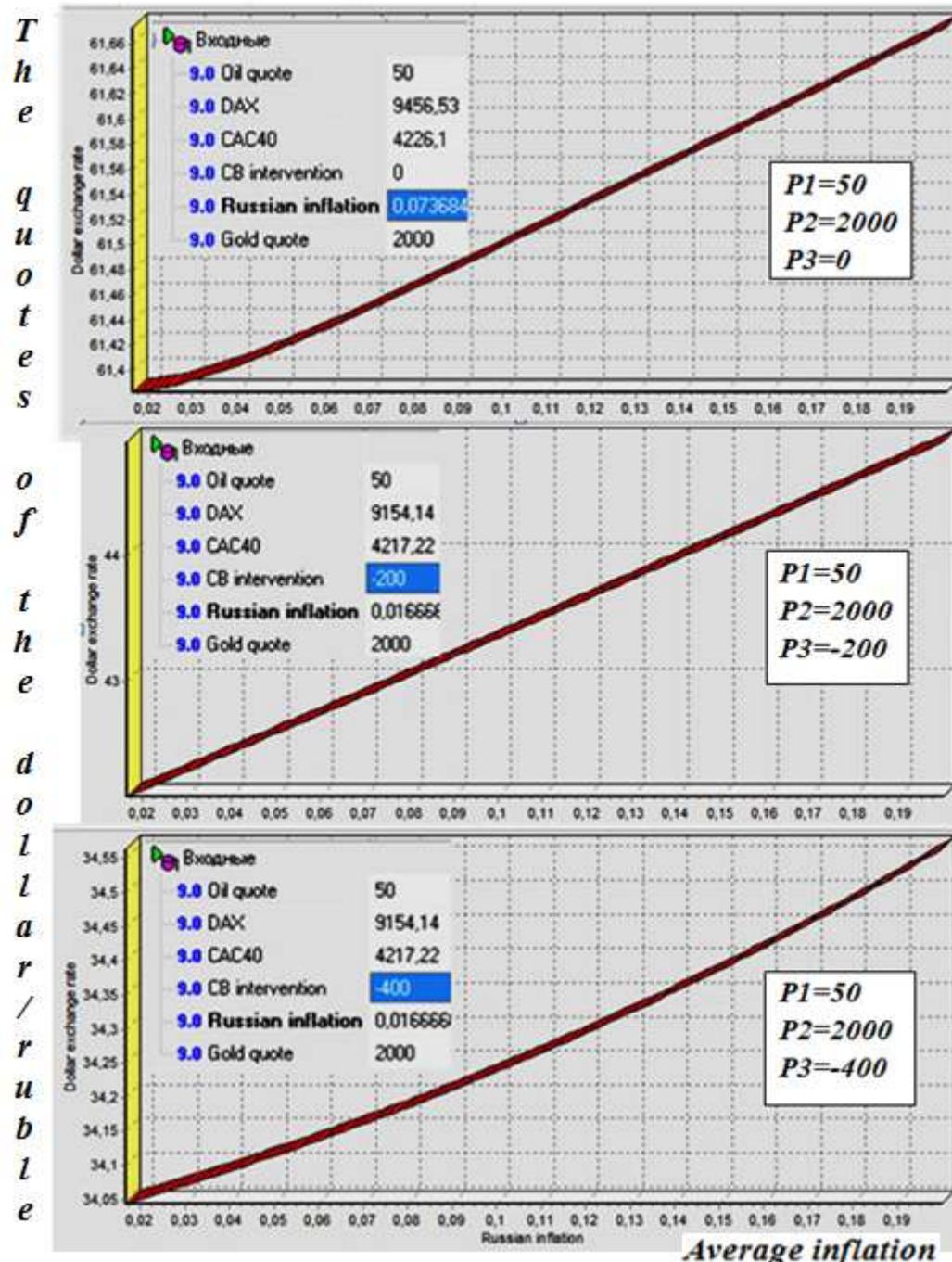


Рис.7. Зависимость котировки доллар/рубль от инфляции в России

На основе исследования можно сделать следующие выводы:

1. Разработана модель сбора, накопления и предварительной обработки данных в среде и на платформе Deductor Studio.
2. Разработан алгоритм обработки данных в среде и на платформе Deductor Studio.
3. Выбрана структура нейронной сети для проведения исследования.
4. Осуществлен сбор актуальнейших исходных данных в условиях спада экономики РФ для обучения нейронной сети.
5. Создана многопараметрическая экспертная система оценки влияния ряда существенных параметров на котировки валют, имеющих большое значение для экономики РФ сегодня.
6. Выполнен анализ рисков и прогнозирование нестабильности финансовой системы Российской Федерации с помощью разработанной многопараметрической экспертной системы на базе искусственной нейронной среды «Deductor Studio».
7. Выполнен обоснованный выбор наиболее существенных факторов, определяющих состояние финансового рынка страны.

Анализ исследуемой предметной области с помощью разработанной экспертной системы при различных значениях существенных параметров, позволил дать следующий прогноз поведения курса доллара США (таблица 2):

Таблица 2

<i>Вариант развития</i>	<i>Котировка нефти</i>	<i>Котировка золота</i>	<i>Инфляция в РФ (усредненные значения по дням в %)</i>	<i>Интервенция ЦБ (млн. дол)</i>	<i>Котировка доллара США</i>
Благоприятный	85-95	1000-1400	0,01-0,015	0-100	35-45
Промежуточный	55-65	1500-2000	0,05-0,06	0-500	55-65
Не благоприятный	35-45	2200-2600 и более	0,07-0,1	0-1000	70-80 и более

Проведенный анализ обосновывает применение нейронных сетей при моделировании параметров макроэкономической политики.

### Литература

1. Дадян Э.Г., Валютный рынок России в условиях «турбулентности экономики». «Проблемы современной науки и образования / Problems of modern science and education», № «12» (30) 2014

2. Дадян Э.Г., Валютный рынок России в условиях глубокого кризиса. Сборник научных трудов 15 международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» (Применение технологий «1С» для формирования инновационной среды образования и бизнеса)– Пабблишинг, 2015. Москва.

3. Дадян Э.Г., Влияние некоторых существенных факторов на формирование курсов валют. V Международная конференция «Наука в современном информационном обществе» 26-27.01.15, North Charleston, USA IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2015.

4. Дадян Э.Г., Шестовец М.А., Выбор программных продуктов формирования электронного документооборота для Учебного центра. V Международная конференция «Наука в современном информационном обществе» 26-27.01.15, North Charleston, USA IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2015.

5. Тадеусевич Р., Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ // Тадеусевич Р., Боровик Б., Гончаж Т., Леппер Б.; перевод с польск. И.Д.Рудинского — М.: Горячая линия — Телеком, 2011.

### Reference

1. Dadjan Je.G., Valjutnyj rynek Rossii v uslovijah «turbulentnosti jekonomiki. «Problemy sovremennoj nauki i obrazovanija / Problems of modern science and education», № «12» (30) 2014 (*in Russian*)

2. Dadjan Je.G., Valjutnyj rynek Rossii v uslovijah glubokogo krizisa. Sbornik nauchnyh trudov 15 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Novye informacionnye tehnologii v obrazovanii» (Primenenie tehnologij «1S» dlja

formirovanija innovacionnoj sredy obrazovanija i biznesa)– Publishing, 2015. Moskva. (in Russian)

3. Dadjan Je.G., Vlijanie nekotoryh sushhestvennyh faktorov na formirovanie kursov valjut. V Mezhdunarodnaja konferencija «Nauka v sovremennom informacionnom obshhestve» 26-27.01.15, North Charleston, USA IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2015. (in Russian)

4. Dadjan Je.G., Shestovec M.A., Vybor programmnyh produktov formirovanija jelektronogo dokumentooborota dlja Uchebnogo centra. V Mezhdunarodnaja konferencija «Nauka v sovremennom informacionnom obshhestve» 26-27.01.15, North Charleston, USA IV. Vol. 2. spc Academic. Create Space 4900 LaCross Road. North Charleston, SC, USA 29406, 2015. (in Russian)

5. Tadeusevich R., Jelementarnoe vvedenie v tehnologiju nejronnyh setej s primerami programm // Tadeusevich R., Borovik B., Gonchazh T., Lepper B.; perevod s pol'sk. I.D.Rudinskogo — M.: Gorjachaja linija — Telekom, 2011. (in Russian)