

УДК 519.2

*Г.А. Доленко, Д.А. Мановицкая, Е.А. Винярская*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОЛЕБАНИЙ ВАЛЮТНОГО КУРСА УКРАИНСКОЙ ГРИВНИ К АМЕРИКАНСКОМУ ДОЛЛАРУ

### Введение

Цель данной работы — анализ особенностей динамики курса украинской гривны (UAH) по отношению к американскому доллару (USD) в течение 21 года, начиная с 1996 (когда украинская гривна была введена в обращение) и заканчивая концом 2017 г. В настоящее время основными резервными валютами для Национального банка Украины являются доллары США, евро, швейцарские франки, английские фунты стерлингов и японские иены. В качестве базовой валюты используется доллар США. Валютный курс отражает внешнюю стоимость национальной валюты к денежным единицам других стран и организаций, а его колебание зависит, в первую очередь, от таких показателей, как покупательная способность и уровень инфляции в стране. Валютный курс показывает экономические тенденции в условиях глобализации мировых связей и интернационализации финансовых потоков.

Проведенный в статье анализ актуален для украинской экономики и для стран с переходной экономикой, поскольку укрепление или резкое падение курса доллара может иметь достаточно ощутимые последствия.

В настоящей работе выполнены следующие задачи: обоснованы теоретико-методологические принципы моделирования валютного рынка; осуществлено моделирование статистических и динамических свойств валютного рынка Украины за 1996–2017 гг. современными подходами для анализа временных рядов.

Информационной базой работы являются статистические материалы Госкомитета статистики Украины, Национального банка Украины и монографические исследования и публикации зарубежных и отечественных авторов [1–15].

### 1. Статистические характеристики и исследование законов распределения динамики валютного курса UAH/USD

Предположим, что имеем выборку объема  $n$  наблюдений  $x_1, x_2, \dots, x_n$  над скалярной переменной  $\xi$ . Используя известный инструментарий, определим следующие статистические характеристики: выборочное среднее  $\bar{x}(n)$ , дисперсию  $\sigma^2$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ , коэффициент вариации  $V_\xi$  (определяется для случайных величин, у которых  $M\xi \neq 0$ ). Эти статистические характеристики для выбранных данных приведены в табл. 1.

Также проверим предоставленные данные относительно их отклонения от нормального распределения. Для этой цели оценим коэффициенты асимметрии и эксцесса. Распределение случайной величины  $\xi$  будем анализировать, опираясь на полученные наблюдения  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

© Г.А. ДОЛЕНКО, Д.А. МАНОВИЦКАЯ, Е.А. ВИНЯРСКАЯ, 2018

Таблица 1

Год	$\bar{x}(n)$	$\sigma$	$V_{\xi}$
1996	1,836545	0,05026162	0,02736749
1997	1,865493	0,02795388	0,01498471
1998	2,61021	0,803076	0,3076672
1999	4,347841	0,4600174	0,1058036
2000	5,489807	0,07954996	0,01449048
2001	5,3742	0,05258711	0,009785105
2002	5,342755	0,04028443	0,007540011
2003	5,359096	0,04942129	0,009221945
2004	5,328442	0,02740155	0,005142506
2005	5,102713	0,1248164	0,0244608
2006	5,036993	0,02144656	0,00425781
2007	5,031984	0,01954424	0,003884003
2008	5,278228	0,9322138	0,1766149
2009	8,074734	0,3066641	0,03797823
2010	7,972186	0,05834508	0,00731858
2011	7,985324	0,02315564	0,002899775
2012	8,082763	0,05391433	0,006670284
2013	8,154897	0,0417536	0,005120065
2014	12,01547	2,100546	0,1748202
2015	21,94901	2,588389	0,1179274
2016	25,55257	0,7444523	0,02913414
2017	26,60155	0,5774972	0,02170915

Видно, что если распределение  $\xi$  симметрично относительно  $M\xi$ , то все его непарные центральные моменты  $M(\xi - M\xi)^{2k+1}$  будут равняться нулю, если только они существуют. Отсюда ясно, почему в основе коэффициента асимметрии находится третий центральный момент:

$$\beta_1 = \frac{M(\xi - M\xi)^3}{[M(\xi - M\xi)^2]^{3/2}}, \quad D\xi > 0. \quad (1)$$

Очевидно, что для симметричных относительно  $M\xi$  распределений  $\beta_1 = 0$ . В случае, когда  $\beta_1 < 0$ , распределение будет скошенным справа, а если  $\beta_1 > 0$ , распределение будет скошенным слева. Для нормальных распределений всегда  $\beta_1 = 0$  [1, 2].

При исследовании общего поведения распределения в окрестности моды, как характеристики острроверхости распределения, используют коэффициент эксцесса, который базируется на четвертом центральном моменте и имеет следующий вид:

$$\beta_2 = \frac{M(\xi - M\xi)^4}{[M(\xi - M\xi)^2]^2} - 3, \quad D\xi > 0. \quad (2)$$

Для нормального распределения коэффициент эксцесса равняется нулю. Если  $\beta_2 > 0$ , то распределение, которое исследуется, будет более острроверхим, при  $\beta_2 < 0$  — менее острроверхим, чем нормальное распределение с соответствующими параметрами [1, 2].

Превышенные количественные значения коэффициентов асимметрии и эксцесса (табл. 2) свидетельствует об отклонении от нормального распределения, а также о наличии в распределении «тяжелых хвостов» (heavy tailed distributions). Вообще термин «тяжелые хвосты» появился как характеристика формы графика определенного типа распределения. При такой форме большее число наблюдений находится дальше от среднего, чем в случае с нормальным распределением. Таким образом, в то время как нормальное распределение убывает быстро (что отображает небольшие вероятности соответствующих событий), распределение с «тяжелым хвостом» остается существенным. Поэтому целесообразно использовать статистические модели с тяжелыми хвостами. Модели данно-

го семейства имеют специфический характер спада (хвост), поэтому в результате описания статистической выборки учитывают фрактальные свойства [1].

Таблица 2

Год	Коэффициент асимметрии (AS)	Коэффициент эксцесса (EX)
1996	-0,2191446	-1,499098
1997	0,6293862	2,90691
1998	0,7969408	-1,189022
1999	1,054841	0,158448
2000	0,7240541	1,49053
2001	-0,2679976	-0,8572957
2002	2,970293	8,014561
2003	2,185334	4,752772
2004	4,477138	23,37632
2005	0,8253973	-1,159609
2006	0,09138331	-0,9217553
2007	0,01037788	-1,1777
2008	2,085231	3,504956
2009	0,6847834	0,4932729
2010	1,020329	0,9458769
2011	-0,4353753	-0,5305797
2012	0,4582487	-0,8780088
2013	0,6542577	1,672641
2014	-0,0557812	-0,4953978
2015	-0,07877595	3,821049
2016	0,03205364	0,1784473
2017	0,1560103	-0,3576194

В настоящей работе рассматриваются следующие законы распределения: экспоненциальный, логнормальный, закон Парето, закон Вейбулла, логлогистический, гамма-распределение, закон Бурра, закон распределения Коши, а также нормальный закон Гаусса.

Для проверки адекватности избранной статистической модели эмпирической выборке выдвинута статистическая гипотеза  $H_0$  об адекватности статистической модели избранной эмпирической выборке. Для проверки гипотезы используем статистические критерии согласия Колмогорова–Смирнова, Андерсона–Дарлингга и  $\omega^2$  Крамера–Мизеса. Результаты приведены в табл. 3.

Выбор данных критериев обусловлен тем, что они принадлежат разным типам: параметрическим и непараметрическим, а также имеют разную признанную достоверность, которая позволит провести многогранный и адекватный анализ избранной выборки и статистических моделей [1–3].

## 2. Динамические характеристики валютного курса UAH/USD

Для исследования дальних корреляций во временных рядах в процессе анализа динамики валютного курса UAH/USD будем использовать метод исключения трендов (Detrended Fluctuation Analysis — DFA), поскольку ряд нестационарный и имеет некоторую временную закономерность. Зная дальние корреляции, возможно глубже понять природу корреляций, которые управляют динамикой процесса и также классифицируют ее разные динамические состояния. Метод DFA — широко известное средство исследования корреляционных зависимостей во временных рядах и успешно применяется в различных научных областях [4].

Временные последовательности, порожденные естественными или общественными системами, в ряде условий могут обнаруживать дальние корреляции (long-rangecorrelations — LRC). Они имеют место, если значения временного ряда взаимозависимы на значительных временных расстояниях, соизмеримых с полным временем эксперимента. LRC означают, что случайная переменная, которая формирует временную последовательность, «помнит» предыдущие значения, и эта «память» влияет на статистику (частоту и характер распределения) следующих значений. Примером временного ряда без корреляций является последовательность результатов эксперимента с подбрасыванием «идеальной монетки», а при-

мерами рядов из LRC часто являются последовательности численных индексов валютных или фондовых бирж. Для анализа LRC часто используют метод анализа флуктуаций (Fluctuation Analysis — FA), предложенный Ч.К. Пенгом [4].

Наибольшим недостатком метода FA является то, что он дает корректные данные лишь тогда, когда временной ряд порожден стационарным процессом (т.е. все статистические моменты случайной переменной неизменны во времени). Если же ряд нестационарный и обнаруживает некоторую временную закономерность или тренд (например, для среднего значения), следует применять метод DFA [4, 5].

Одно из практических применений этого метода состоит в исследовании взаимосвязей во временном ряду. DFA-показатель масштабирования  $\alpha$  (угловой наклон графика зависимости флуктуаций от размера окна в удвоенном логарифмическом масштабе) обязательно увеличивается (или уменьшается). Интерпретация  $\alpha$  такова: значение  $\alpha = 0,5$  указывает на отсутствие LRC: сигнал некоррелирован во времени или коррелирует лишь на сравнительно коротких промежутках (типично по экспоненциальному закону). Значение  $\alpha < 0,5$  удостоверяет наличие отрицательных LRC, а в диапазоне  $0,5 < \alpha < 1$  имеем дело с положительными LRC. Наконец, значение  $\alpha > 1$  указывает на нестационарность данных. В таком случае рекомендуют применять DFA высших порядков, где порядок DFA определяется степенью полинома, который аппроксимирует тренд [5–7].

Для получения дальнейших количественных характеристик временной зависимости изменений в динамике валютного курса использован метод рекуррентного количественного анализа (Recurrence Quantification Analysis — RQA) [8–12].

Формально динамическая система вводится фазовым пространством, временем и законом эволюции во времени. Элементы фазового пространства отображают возможные состояния системы. Состояние такой системы в фиксированное время  $t$  может быть описано  $d$  параметрами, которые формируют вектор в  $d$ -мерном фазовом пространстве системы:  $\vec{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_d(t))^T$ . Векторы  $\vec{x}(t)$  определяют траекторию в фазовом пространстве.

В 1987 г. Дж.-Р. Экман и соавторы [8] на основе теории рекуррентности предложили инструмент для отражения поведения системы в  $m$ -мерном фазовом пространстве, которое получило название рекуррентная диаграмма (RP).  $M$ -мерная фазовая траектория состояний системы  $\vec{x}(t)$  длиной  $N$  отображается на двумерную квадратную двоичную матрицу размером  $N \times N$ , в которой 1 (черная точка) отвечает повторению состояния при некотором времени  $i$  в некоторое другое время  $j$ , а обе координатные оси являются осями времени.

Анализ рекуррентных диаграмм дает возможность выявить мелкомасштабные структуры — текстуру, которая состоит из таких элементов:

— изолированные, отдельно расположенные рекуррентные точки появляются в том случае, когда соответствующие состояния редкостные или неустойчивые во времени;

— диагональные линии, появляются в случае, когда сегмент траектории пролегает практически параллельно другому сегменту. Длина таких линий определяется временем, в течение которого сегменты траектории остаются параллельными;

— вертикальные (горизонтальные), выделяют промежутки времени, в течение которых состояние системы не изменяется или изменяется достаточно медленно.

Дж. Збилут, Ч. Вебер, Дж. Гао и Н. Марван [9–12] разработали ряд количественных мер, которые рассчитывают на основе текстур в диаграмме. Мера, которую вычисляют на базе рекуррентных точек: коэффициент самоподобия (RR) оценивает плотность рекуррентных точек в диаграмме.

Меры, которые вычисляют на основе диагональных линий: дивергенция (DIV) — обратная величина максимальной длины диагональной линии: показывает уровень расхождения сегментов траектории в фазовом пространстве; энтропия (ENTR) — ча-

стотное распределение рекуррентных точек в диагональных линиях: отображает уровень сложности системы; тренд (TREND) — линейный коэффициент снижения плотности рекуррентных точек диагоналей: характеризует нестационарность процессов [13].

Меры, которые вычисляют на основе вертикальных (горизонтальных) линий: время замирания 1 (T1) — время между рекуррентными точками в столбиках: показывает частоту рекуррентности системы для каждого ее состояния; время замирания 2 (T2) — время между исходными точками вертикальных линий в столбиках: рассчитывает частоту рекуррентности системы к предыдущим состояниям за исключением тангенциального движения; время замирания (TT) — часть рекуррентных точек в вертикальных линиях и количестве вертикальных линий: определяет среднюю длительность периодов ламинарного поведения системы.

Указанные выше меры сформировали рекуррентный количественный анализ (RQA). Важным преимуществом метода RQA является то, что он используется для нестационарных и коротких рядов данных и его можно применять на реальных наборах данных [13].

В работе используются такие параметры рекуррентного количественного анализа: детерминизм (DET) и ламинарность (LAM).

Характеристика DET определяется следующим образом:

$$\text{DET} = \frac{\sum_{l=l_{\min}}^N}{\sum_{l=1}^N l \cdot P(l)}, \quad (3)$$

где  $P(l)$  — гистограмма диагональных линий, длиной  $l$ , на рекуррентном графике;  $l_{\min}$  — минимальная длина диагонали ( $l_{\min} > 1$ ).

Для случайных, слабо коррелируемых процессов рекуррентные графики либо вообще не содержат диагональных линий (за исключением главной диагонали), либо длина этих линий очень мала. Напротив, детерминированные процессы имеют более длинные диагонали и меньшее количество изъятых точек. Таким образом, величина DET является отношением числа рекуррентных точек, которые формируют диагональные линии, и параллельные главной диагонали, к полному числу рекуррентных точек [13].

Аналогично детерминизму для диагональных линий введем такую же меру и для горизонтальных линий LAM и определяется следующим образом [13]:

$$\text{LAM} = \frac{\sum_{v=v_{\min}}^N v \cdot P(v)}{\sum_{v=1}^N v \cdot P(v)}. \quad (4)$$

LAM определяется отношением числа рекуррентных точек, которые формируют вертикальные линии к полному числу рекуррентных точек, и отвечает временным областям, вокруг которых состояние системы изменяется слабо. Если рекуррентный график состоит в основном из отдельных точек, то его LAM является малой [9–13].

### 3. Анализ полученных результатов

Сначала для использованных наборов данных, а также для годовых временных рядов валютного курса украинской гривны к американскому доллару [14, 15] были просчитаны статистические характеристики: выборочное среднее  $\bar{x}(n)$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  (см. табл. 1).

Из табл. 1 и рис. 1 видно, что проанализированные наборы данных обменного курса валют характеризуются существенными изменениями в вычисленных значениях выборочного среднего и среднеквадратичного отклонений. Обычно в случаях, когда эти характеристики проанализированных данных очень отличаются, имеет место вы-

числение коэффициента вариации. Он изменяется между значениями 0,002899775 и 0,3076672. Из рис. 2 видно, что статистические характеристики обменного курса отличаются для разных годовых временных промежутков. Поскольку подобный анализ валютного курса украинской гривны к американскому доллару еще не проводился, проверим, отклоняются ли данные от нормального распределения. Для этой цели оценены коэффициенты асимметрии и эксцесса для выбранных наборов данных (см. табл. 2).

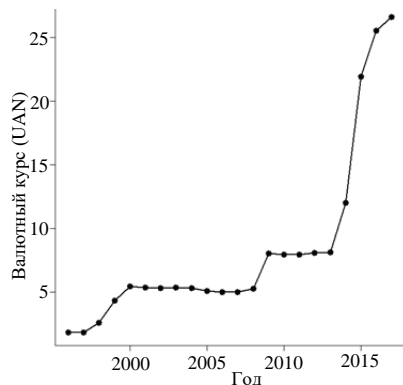


Рис. 1

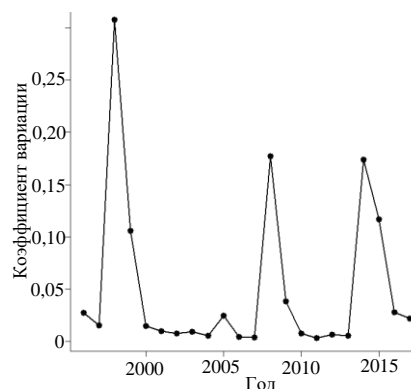


Рис. 2

Для исследования законов распределения динамики валютного курса данные валютного курса были интегрированы в программную среду для статистических вычислений  $R$  и конвертированы в единичные временные ряды. Графики эмпирической плотности распределения, а также функции распределения вероятностей представлены выше (рис. 3, 4).

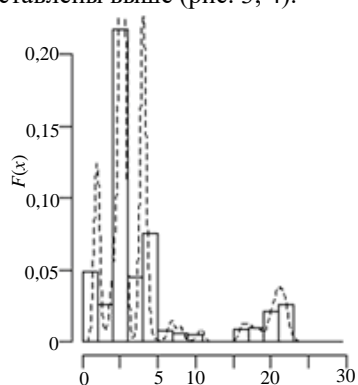


Рис. 3

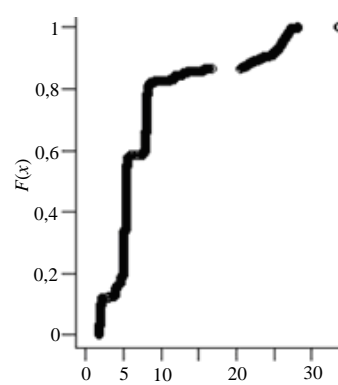


Рис. 4

В табл. 3 приведены результаты исследования избранной выборки данных валютного курса, а на рис. 5 — график выборки аппроксимирующих кривых исследуемых распределений в разных масштабах (1 — логнормальное, 2 — лог-логистическое, 3 — Парето, 4 — Бурра, 5 — экспоненциальное, 6 — Гамма, 7 — Вейбулла, 8 — нормальное, 9 — Коши).

Из полученных результатов трудно однозначно сделать вывод о законе статистического распределения, которому подчиняется избранная для исследования статистическая выборка данных валютного курса. Однако наиболее адекватными для данной выборки может быть закон Бурра и лог-логистический закон, исходя из критерия Колмогорова–Смирнова. Значение статистики Колмогорова–Смирнова является наименьшим для распределения Бурра (0,15655), за которым следует лог-логистический закон распределения. Соответствующие графики эмпирических и теоретических функций распределения проиллюстрированы на рис. 5. Из заданного графика также видно, что закон распределения Бурра лучше всего аппроксимирует заданные временные ряды. Наличие в распределении «тяжелых хвостов» может сигнализировать о появлении особенностей дальних корреляций динамики исследуемых процессов.

Статистическое распределение	Критерий		
	Колмогорова–Смирнова	$\omega^2$ Крамера–Мизеса	Андерсона–Дарлингга
Логнормальное	0,169901	42,851299	242,301870
Лог-логистическое	0,15655	34,57120	210,89808
Парето	0,2512499	92,1013952	486,4944144
Бурра	0,1541982	32,2560769	197,1269975
Экспоненциальное	0,2507831	91,9402371	485,7091528
Гамма-распределение	0,2231802	63,1687931	347,1366855
Вейбулла	0,2335066	69,4025013	375,6413014
Нормальное	0,3147977	129,7779339	708,0472068
Коши	0,2298248	70,9824677	456,8242535

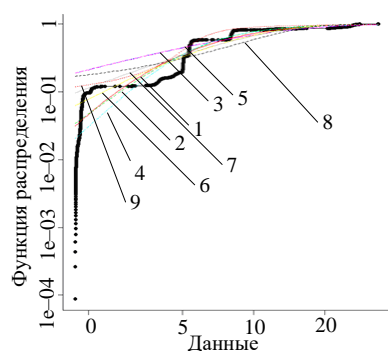


Рис. 5

Хотя выявленные и рассмотренные изменения в статистических характеристиках и в негауссовом характере распределения проанализированных данных обменного курса являются важными, они недостаточно очевидны для того, чтобы судить о возможных количественных изменениях в динамике исследуемого процесса (под этим понимают время зависимости дальних временных корреляций изменения валютного курса). Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходимо соединить оценивание законов распределения с анализом DFA-характеристик динамики обменного курса.

В общем можно сделать вывод, что экономические процессы негауссова типа лучше всего описываются статистическими моделями с «тяжелыми хвостами», ведь они показывают наличие так называемых динамических структур.

Из рис. 6, где  $t$  — размер окна, а  $F(t)$  — функция флуктуаций, видно, что с увеличением размеров исследуемого окна растут и флуктуации. Из приведенной выше графической интерпретации можно сделать вывод, что флуктуации растут почти линейным образом, так как точки графика двигаются вокруг прямой линии, которая ведет от левого нижнего к правому верхнему углу. Значение коэффициента  $\alpha$  было вычислено как угловой наклон графика зависимости флуктуаций от размера окна в двойном логарифмическом масштабе и найденное значение равно 1,4198. Это значение может быть аппроксимированным значением 1,5 и заданные часовые ряды могут рассматриваться как процесс броуновского движения.

Из рис. 7 видно, что промоделированное значение показателя  $\alpha$  демонстрирует временные вариации в промежутке от 1,2 до 1,4 и что колебание обменного курса украинской гривны к американскому доллару показывает разные динамические особенности в зависимости от времени.

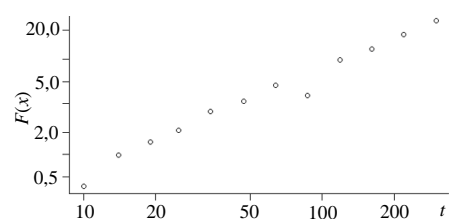


Рис. 6

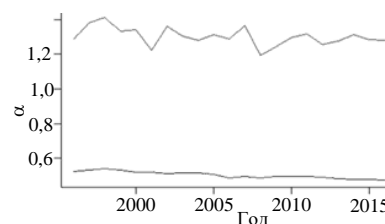


Рис. 7

Для получения дальнейших количественных характеристик временной зависимости изменений в динамике валютного курса использовался метод RQA и такие параметры количественного анализа, как (3) и (4). На рис. 8: верхней линией обозначены параметры DET и LAM для начальных данных, штрих-пунктиром — параметр DET для перетасованных данных, сплошной линией — параметр LAM для перетасованных данных.

На рис. 8 можно наблюдать широкий диапазон изменения в характеристиках (3) и (4), который указывает на то, что существенный процент рекуррентных точек последователен во времени. Другими словами, они формируют достаточно длинные вертикальные и параллельные к главным рекуррентным диаграммам диагональные сегменты. Это свидетельствует о наличии количественно определенной нелинейной динамической структуры в исследуемом процессе. На рис. 8 также отображены результаты перетасованных данных валютного курса. Они указывают на то, что перетасованные временные ряды лишены рекуррентных особенностей, именно у них отсутствует четко детерминированная структура. Также при сравнении начальных и перетасованных данных можно сделать вывод, что данные валютного курса украинской гривны к американскому доллару характеризуются свойственной им нелинейностью, подтверждая наличие во временных рядах дальних корреляций.

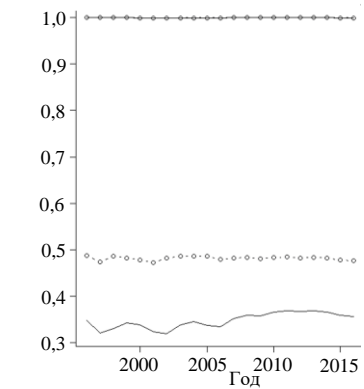


Рис. 8

В случае украинской экономики можно заметить изменения в характеристиках колебаний валютного курса и также предположить, что полученные результаты отражают внутренние особенности экономического процесса, свойственного Украине. В то же время они могут быть интерпретированы в зависимости от колебаний курса от разных внешних факторов.

В соответствии с вышесказанным можно выделить несколько сильнейших внешних и внутренних кризисов, повлиявших на Украину на протяжении последних лет (21 г.): финансовый кризис в России 1998 г. с разрушающими эффектами для стран бывшего СССР, включая и Украину; политический кризис 2004 г.; глобальный финансовый кризис 2008-2009 гг.; политический кризис 2013-2014 гг. Как и следует из полученных результатов, заметные изменения динамических особенностей валютного курса в Украине также были обнаружены именно в эти годы. Можно предположить, что эти влияния вызывают возрастание в дальних корреляциях временных рядов, а также уменьшение экономической эффективности, что в итоге в последующем уменьшает колебания валютного курса, которые были обнаруженные в периоды сразу после этих влияний.

Результаты анализа предоставляют дополнительные аргументы для подтверждения существования временной зависимости в сложном процессе колебаний валютного курса с конкретными внешними и внутренними влияниями. Эти результаты могут способствовать улучшению текущих моделей или созданию новых, которые используют методологию найденных особенностей колебаний валютного курса.

### Заключение

В настоящей работе описаны теоретическо-методологические принципы моделирования валютного курса. Посчитаны статистические характеристики, третий и четвертый центральные моменты, функции распределения для использованных наборов данных. Также смоделированы особенности динамики курса валют украинской гривны (UAH) к американскому доллару (USD), а именно:

- идентифицировано наличие в распределении «тяжелых хвостов» и показано, что для адекватного описания динамики валютного курса целесообразно использовать статистические модели с «тяжелыми хвостами»;
- применены метод DFA и метод рекуррентного количественного анализа RQA, не критичные к длине, стационарности временных рядов и работают с любым распределением, показано, что метод анализа DFA достаточно точен для определения фрактальных дальних корреляций для нестационарных временных рядов;
- показано, что меры LAM и DET рекуррентного количественного анализа отображают изменения состояния валютного курса в режиме реального времени.



Полученные в работе результаты могут использоваться в процессе формирования и совершенствования системы государственного регулирования валютного курса Украины.

*Г.О. Доленко, Д.О. Мановицька, К.А. Винярска*

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОЛИВАНЬ ВАЛЮТНОГО КУРСУ УКРАЇНСЬКОЇ ГРИВНІ ДО АМЕРИКАНСЬКОГО ДОЛАРА

Досліджено статистичні та динамічні особливості коливання валютного курсу української гривні до американського долара протягом 21 року 1996–2017 рр. Для цього було пораховано статистичні характеристики вибраних даних. Також було визначено закон розподілу, якому підпорядковується статистична вибірка даних валютного курсу. Динамічні особливості коливань валютного курсу оцінено за допомогою сучасних методів аналізу часових рядів.

*G.A. Dolenko, D.A. Manovytska, E.A. Viniarska*

## INVESTIGATION OF STATISTICAL AND DYNAMIC FEATURES OF UKRAINIAN HRYVNYA /US DOLLAR EXCHANGE RATE VARIATION

Statistical and dynamical features of exchange rate variation of Ukrainian currency (UAH) to American dollar (USD) within 21 years (from 1996 to the end of 2017) are investigated. Statistical characteristics of the daily exchange rate data sets were calculated. In order to fit exchange rate data sets the probability distribution fitting procedure was used. Also, the statistical goodness of fit methods was used to identify the best candidate distribution. Dynamical features of exchange rate variation have been assessed using modern methods of time series analysis.

1. *Scale* depending variations of distribution and dynamic features of US Dollar/Georgian Lari exchange rate / T.N. Matcharashvili, N.I. Jibladze, T.G. Iluridze, T.T. Matcharashvili, A.L. Topchishvili // *Model Assisted Statistics and Applications*. — 2012. — N 4. — P. 281–289.
2. *Айвазян С.А., Енюков И.С., Меушалкин Л.Д.* Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. — М. : Финансы и статистика, 1983. — 471 с.
3. *Mashchenko S.* Intersections and unions of fuzzy sets of operands, *Fuzzy sets and systems* (2018) doi.org/10.1016/j.fss.2018.04.006
4. *Кушнір О.* Метод DFA для аналізу довгосрочних кореляцій у часових послідовностях // IX Ukrainian-Polish Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT-2017).
5. *Мансуров А.К.* Прогнозирование валютного кризиса с помощью методов фрактального анализа. — *Studies on Russian Economic Development*. — 2008. — № 1. — P. 145–158.
6. *Vandewalle N., Ausloos M.* Detrended fluctuation analysis of the foreign exchange market.
7. *Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis / W. Kantelhardt J., E. Koscielny-Bunde, H.A. Rego, S. Havlin, A. Bunde.* *Physica A* 295. — 2001. — P. 441–454.
8. *Eckmann J.P., Kamphorst S.O., Ruelle D.* Recurrence plot of dynamical system // *Europhys. Lett.* — 1987. — N 5. — P. 973–977.
9. *Zbilut J.P.* Use of recurrence quantification analysis in economic time series // *New Economic Windows: Economics – Complex Windows*. — Milan : Springer, 2005. — P. 91–104.
10. *Webber Jr.C.L.* Recurrence quantification analysis, 2003. — <http://homepages.luc.edu/~cwebber>
11. *Marwan N., Romano M.C., Thiel M., Kurths J.* Recurrence plots for the analysis of complex systems // *Phys. Reports*. — 2007. — **438**, — N 5-6. — P. 237–329.
12. *Gao J.B.* Recurrence time statistics for chaotic systems and their applications // *Phys. Rev. Lett.* — 1999. — **83**, N 16. — P. 3178–3181.
13. *Піскун О.В.* Використання методів нелінійного аналізу для моніторингу валютних ринків // *БізнесІнформ*. — 2012. — № 3. — С. 58–61.
14. <https://net.dn.ua/money/stat.php>
15. <https://ru.investing.com/currencies/usd-uah-historical-data>

*Получено 05.06.2018*

Статья представлена к публикации членом редколлегии акад. НАН Украины Чикрием А.А.