

УДК 339.722:519.865

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ

*Кусый М. Ю.*

*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: [mikhailkussy@gmail.com](mailto:mikhailkussy@gmail.com)*

В статье предлагается методический подход к использованию энтропии для анализа характеристик финансовых рынков. В качестве анализируемой характеристики рынка выбрана текущая волатильность, которая тестируется как возможная мера неопределенности рынка при помощи энтропии Грассбергера-Прокаччиа. Прделанный анализ позволил считать текущую волатильность в качестве меры неопределенности динамики цены на финансовом рынке. Это существенно снизит не только трудности подобных расчетов, но и погрешность самих расчетов. Полученный результат может быть использован для тестирования различных характеристик социально-экономических систем любой природы на предмет использования этих характеристик в качестве меры неопределенности системы.

**Ключевые слова:** неопределенность, текущая волатильность рынка, энтропия Грассбергера-Прокаччиа.

### ВВЕДЕНИЕ

XXI век ознаменовался стремительным развитием финансовых рынков. Однако мировая теория и практика до настоящего времени не выработала однозначных подходов к определению, как существенных характеристик таких социально-экономических систем, так и способов определения адекватности инструментария для анализа и прогнозирования поведения этих институтов.

Так в [1] используются энтропии Шеннона и Тсаллеса для анализа кризисных явлений на валютном рынке. Однако в соответствии с исследованиями в [2] для выборки, которые анализировались Саттам Я. А. Д., некорректно использовать указанный инструментарий. Был проведен анализ еще 12 авторефератов на соискание ученой степени кандидата экономических наук, в которых использовалась в качестве инструментария энтропия. По состоянию на 12.02.2013 в Национальной библиотеке им. В. И. Вернадского их было именно столько. В этих работах также отмечена неадекватность использования энтропии в качестве инструментария для проведения анализа предмета исследования.

Цель прогноза, как правило, уменьшение того уровня неопределенности, в пределах которого участник рынка должен принимать решения. Эта цель диктует два основных правила, которым должен следовать процесс прогнозирования:

- 1) прогнозирование должно быть математически корректным и должно порождать прогнозы, достаточно точные для того, чтобы отвечать нуждам участника рынка;
- 2) процедура прогнозирования и результаты ее должны быть достаточно эффективно представлены, что обеспечит адекватное использование прогнозов в процессе принятия решения участником рынка.

Применение энтропии в качестве общепризнанной меры неопределенности системы позволяет не только детальнее понять специфические особенности той или иной характеристики экономической системы, но и оценить адекватность

инструментария, используемого в прогнозном моделировании исследуемой системы.

Цель работы: определение с помощью энтропии возможности адекватного использования текущей волатильности рынка в качестве количественной меры предсказуемости (неопределенности) поведения динамики рыночной цены.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАБОТЕ ХАРАКТЕРИСТИК

Одной из существенных характеристик финансовых рынков является волатильность, которая характеризует изменчивость временных рядов цен (и многих других количественных данных, представленных в виде числовых рядов, которые характеризуют такую социально-экономическую систему). Это важнейший параметр финансовых рынков, который, являясь мерой неустойчивости рынка (мерой риска получения убытков от совершаемых операций), оказывает существенное влияние на изменение поведения, как трендов, так и самих участников рынка. Неучет волатильности существенно искажает результаты анализа рыночных процессов.

Однако, для адекватного использования того или иного вида волатильности (подробнее о волатильности см. [3]) необходимо определиться со специфическими особенностями выбранной характеристики финансовых рынков.

В данной работе исследуется текущая волатильность как количественная мера предсказуемости (неопределенности) поведения динамики рыночной цены. Подробнее о показателе текущей волатильности – см. [4-6].

Значение показателя текущей волатильности  $VM$ , величина которого не учитывает «историю» динамики цены на рынке за продолжительный период времени, а отражает текущие настроения участников рынка и их мнения по поводу возможной будущей динамики цены определяется по формуле:

$$VM = \frac{High - Low}{|Open - Close|} \geq 1, \quad (1)$$

где  $Open$  – цена открытия анализируемого периода  $\Delta t$ ,  $Close$  – цена закрытия анализируемого периода  $\Delta t$ ,  $High$  – максимальная цена за анализируемый период  $\Delta t$ ,  $Low$  – минимальная цена за анализируемый период  $\Delta t$ .

Энтропия является общепризнанной мерой неопределенности системы. Но современная наука предлагает несколько видов энтропий и, соответственно несколько способов их расчета (подробнее о различных видах энтропии см. [7]). В качестве мерила, с помощью которого можно достичь поставленной в работе цели, выбрана энтропия Грассбергера-Прокаччия.

Согласно [2] в отличие от энтропии Шеннона, которая для получения адекватных результатов расчетов требует большого количества исходной информации (сотни тысяч членов временных рядов), энтропия Грассбергера-Прокаччия [8] для своих расчетов требует гораздо меньшего количества исходной информации (от нескольких сотен членов временного ряда). Значение энтропии

Грассбергера-Прокаччиа (далее – ЭГП) рассчитывается достаточно сложно по нижеследующему алгоритму [9].

Сначала находим для каждого  $i$ -того и  $j$ -того члена анализируемого временного ряда:

$$C_i^m(r) = (\text{количество таких } j\text{-тых членов временного ряда для заданного } i, \text{ что } d[x(i), x(j)] \leq r) / (N - m + 1), \quad (2)$$

где  $d[x(i), x(j)] \leq r$  расстояние между  $i$ -тым и  $j$ -тым членами временного ряда,  $r$  – задаваемый размер расстояния,  $N$  – общее количество членов временного ряда,  $m$  – текущий член анализируемого временного ряда.

Далее находится значение промежуточной величины  $\beta_m$ :

$$\beta_m = \lim_{r \rightarrow 0} \lim_{N \rightarrow \infty} \log C^m(r) / \log r. \quad (3)$$

где

$$C^m(r) = (N - m + 1)^{-1} \sum_{i=1}^{N-m+1} C_i^m(r) \quad (4)$$

Далее находится значение промежуточной величины  $\Phi^m(r)$ :

$$\Phi^m(r) = (N - m + 1)^{-1} \sum_{i=1}^{N-m+1} \log C_i^m(r) \quad (5)$$

$$E = \lim_{r \rightarrow 0} \lim_{m \rightarrow \infty} \lim_{N \rightarrow \infty} [\Phi^m(r) - \Phi^{m+1}(r)] \quad (6)$$

Полученная согласно формуле (6) величина  $E$  и является значением ЭГП.

Как видно процесс вычисления значения ЭГП, в отличие от процесса вычисления показателя  $VM$ , достаточно непросто и требует привлечения сложного математического аппарата. Использование  $VM$  вместо  $E$  позволит снизить сложность расчетов и, тем самым, уменьшить погрешность вычислений. Поэтому предлагается следующая гипотеза:

#### АЛГОРИТМ СРАВНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЩЕЙ ВОЛАТИЛЬНОСТИ И ЭНТРОПИИ ГРАССБЕРГЕРА-ПРОКАЧЧИА

Во всем исследовании при расчете  $E$  брались средние значения котировок, рассчитанные по формуле:

$$AP_i = (Low_i + High_i + Open_i + Close_i) / 4 \quad (7)$$

Поскольку  $E$  является интегральным показателем (рассчитывается за период времени, величина которого равна: количество членов анализируемого временного ряда, умноженное на глубину горизонта  $\Delta t$ ), показатель  $AVM$ , который применялся для анализа, также считался как среднее арифметическое за анализируемый период времени:

$$AVM = \sum_{i=1}^n VM_i / n \quad (8)$$

где  $n$  – количество свечей участвующих в расчете  $VM$  (подробнее о японских свечах см. [10]), и количество членов ряда  $AP_i$ , участвующих в расчете  $E$ . Как правило, в наших расчетах использовалось  $n=2500$ . При этом расчеты проводились на достаточно большом календарном диапазоне, когда значения  $AVM$  и  $E$  считались по 250 временным рядам с шагом между начальными членами рядов в 50 свечей. То есть последующий временной ряд для расчетов выбирался через 50 свечей от начала предыдущего временного ряда и тоже имел 2500 членов ряда.

Базой исследования был выбран FOREX. В качестве количественной меры сравнения  $VM$  и  $E$  использовалось значение коэффициента парной линейной корреляции.

Были отобраны случаи, когда или величина  $E$  непрерывно возрастает (убывает), или величина  $AVM$  непрерывно возрастает (убывает). То есть были отобраны случаи явно выраженных трендов в динамике  $E$  и  $AVM$ . При этом считалось, что случай презентативен, если количество временных рядов, на которые разбивался исходный временной ряд для последующего интегрирования, участвующих в формировании тренда, более 5. Каждый ряд после его интегрирования с помощью  $E$  был представлен одним числом (то же самое касается и  $AVM$ ).

Всего таких ситуаций по отобранным парам валют набралось 89. Из них с положительными значениями коэффициента парной корреляцией – 41 (46%) и с отрицательными значениями коэффициента парной корреляцией – 48 (54%), что примерно поровну.

Все ситуации распределялись по следующему шаблону (см. табл. 1):

Таблица 1  
Шаблон для анализа корреляционных зависимостей между  $E$  и  $AVM$

$E$ и $AVM$ убывают	$E$ возрастает и $AVM$ убывает
$E$ убывает и $AVM$ возрастает	$E$ и $AVM$ возрастают

По этому шаблону были построены матрицы  $D1-D3$  (см. формулы (9)-(11)). Числовые значения в матрицах (9)-(11) показывают количество ситуаций с положительной и отрицательной корреляцией соответственно.

Матрица  $D1$  построена для положительных значений коэффициента парной корреляции между  $E$  и  $AVM$ :

$$D1 = \begin{pmatrix} 25 & 1 \\ 1 & 14 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Матрица  $D2$  построена для отрицательных значений коэффициента парной корреляции между  $E$  и  $AVM$ :

$$D2 = \begin{pmatrix} 1 & 31 \\ 14 & 1 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Матрица  $D3$  построена как сумма матриц  $D1$  и  $D2$ :

$$D3 = \begin{pmatrix} 26 & 32 \\ 15 & 16 \end{pmatrix} \quad (11)$$

### АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Гипотеза о взаимозависимости  $E$  и показателя  $VM$  была протестирована на различных временных горизонтах ( $\Delta t$ ) и календарных диапазонах для различных валютных пар. При этом для валютной пары JPY/USD брались дневные котировки за период времени с 03.01.1978 по 07.09.2004; для валютной пары EUR/USD брались дневные котировки за период времени с 07.04.1989 по 22.09.2004; для валютной пары GBP/USD брались дневные котировки за период времени с 03.01.1978 по 07.09.2004; для валютной пары EUR/GBP часовые котировки с 02.10.2003 по 17.08.2004; для валютной пары EUR/USD часовые котировки с 01.04.2004 по 29.07.2005. Было сделано следующее допущение: перерыв в работе рынка в выходные и праздничные дни не влияет на результаты расчетов.

Основные результаты расчетов корреляционных зависимостей между  $E$  и  $AVM$  представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные результаты расчетов корреляционных зависимостей между  $E$  и  $AVM$

Валютная пара и $\Delta t$	Кол-во рядов	кол-во членов ряда	$AVM$			$E$			Коррел. по ряду
			Нач. значение	Конеч. значение	Разность	Нач. значение	Конеч. значение	Разность	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EUR/USD час	115	16	13,94	14,27	0,32	0,07	0,06	-0,01	0,45
		10	14,16	12,93	-1,24	0,06	0,06	0,00	-0,78
		11	12,95	13,49	0,54	0,06	0,06	0,00	-0,51
		7	12,55	13,98	1,44	0,07	0,06	0,00	-0,70
		9	15,48	17,74	2,27	0,06	0,07	0,01	0,95
		12	17,92	13,80	-4,12	-1,44	0,07	0,07	0,67
		9	13,48	15,45	1,96	0,16	0,06	0,06	0,71
9	14,85	17,74	2,89	0,15	0,06	0,07	0,95		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
USD/ CHF день	104	11	11,46	11,67	0,21	0,04	0,04	0,00	-0,36
		34	11,30	6,37	-4,93	0,04	0,06	0,02	-0,98
		16	5,94	6,25	0,31	0,06	0,06	0,00	-0,95
		12	6,19	6,08	-0,11	0,06	0,06	0,00	0,79
		38	11,79	6,26	-5,53	-1,06	0,04	0,06	-0,97
USD/ CHF час	310	11	4,53	4,48	-0,05	0,03	0,04	0,01	-0,53
		17	4,40	4,32	-0,08	0,04	0,05	0,01	-0,89
		20	4,32	4,27	-0,05	0,05	0,04	-0,02	0,82
		10	4,44	4,54	0,10	0,03	0,04	0,01	0,94
		16	4,63	4,60	-0,04	0,04	0,03	-0,01	-0,03
		21	4,39	4,15	-0,24	0,04	0,05	0,01	-0,94
		9	4,15	3,96	-0,19	0,05	0,04	-0,01	0,95
		10	3,87	3,76	-0,11	0,04	0,05	0,01	-0,98
		19	3,83	3,74	-0,09	0,05	0,04	-0,01	0,15
		10	4,53	4,38	-0,14	-0,08	0,04	0,04	-0,80
		15	4,26	4,50	0,24	0,04	0,03	0,04	0,69
		10	4,38	4,18	-0,20	-0,02	0,04	0,05	-0,95
		19	4,22	3,82	-0,40	-0,04	0,05	0,04	0,72
10	3,88	3,73	-0,15	-0,01	0,04	0,04	0,85		
GBP/ USD час	140	1	22	22	5,02	5,01	-0,01	0,06	0,05
		27	49	23	4,89	4,41	-0,48	0,05	0,06
		120	134	15	3,83	3,86	0,03	0,06	0,05
		24	36	13	5,01	4,52	-0,49	-0,28	0,05
		41	66	26	4,60	3,87	-0,73	-0,26	0,05
GBP/ USD день	90	18	9,27	9,09	-0,19	0,05	0,06	0,01	-0,63
		6	8,37	8,11	-0,26	0,06	0,05	0,00	0,85
		8	7,90	7,17	-0,73	0,05	0,06	0,01	-0,85
		9	9,69	8,39	-1,30	-1,60	0,05	0,06	0,95
		13	9,27	9,74	0,46	0,21	0,05	0,05	-0,88
		13	8,48	7,72	-0,76	-0,26	0,06	0,05	0,84
		10	8,11	7,12	-1,00	-0,28	0,06	0,06	-0,84
14	7,18	6,31	-0,87	-0,21	0,06	0,06	-0,72		
USD/ JPY час	142	17	14,57	13,18	-1,39	0,06	0,06	0,00	0,93
		19	13,18	11,41	-1,77	0,06	0,06	0,00	-0,91
		28	11,41	9,59	-1,82	0,06	0,05	-0,01	0,89
		43	9,59	10,15	0,56	0,05	0,06	0,01	0,46
		16	10,15	9,85	-0,30	0,06	0,05	-0,01	0,57
		8	12,52	11,37	-1,15	-0,18	0,06	0,06	-0,96
		9	11,13	9,42	-1,71	-0,24	0,06	0,05	1,00

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
EUR/ USD день	31	12	5,02	5,20	0,18	0,04	0,03	0,00	-0,93	
		10	4,73	5,13	0,40	0,73	0,04	0,04	-0,69	
EUR/ JPY день	44	12	10,11	11,21	1,10	0,02	0,03	0,00	0,92	
		16	11,22	13,93	2,71	0,03	0,03	0,00	0,91	
		8	58,20	7,84	-50,36	-19,1	0,03	0,03	0,03	0,92
		9	10,51	12,60	2,09	0,57	0,03	0,03	0,03	0,96
		7	12,52	14,03	1,50	0,27	0,03	0,03	0,03	0,97
USD/ CAD час	227	12	5,26	5,05	-0,21	0,04	0,05	0,00	-0,94	
		9	4,28	4,29	0,01	0,04	0,04	0,00	-0,38	
		11	4,29	4,30	0,00	0,04	0,04	-0,01	-0,53	
		30	4,33	4,53	0,20	0,04	0,05	0,01	0,89	
		9	4,68	4,85	0,16	0,05	0,05	0,01	0,96	
		17	4,91	4,60	-0,31	0,05	0,05	-0,01	0,98	
		19	4,55	4,07	-0,49	0,05	0,05	0,01	-0,99	
		13	3,93	3,65	-0,28	0,05	0,06	0,01	-0,99	
		12	5,48	5,13	-0,34	-0,54	0,04	0,04	0,69	
		9	5,14	4,97	-0,17	-0,16	0,04	0,05	-0,88	
		23	5,01	4,26	-0,75	-0,37	0,05	0,05	0,64	
		22	4,38	4,85	0,47	0,09	0,04	0,05	0,55	
		10	4,87	5,03	0,16	0,02	0,05	0,05	-0,94	
		17	5,10	4,71	-0,39	-0,05	0,05	0,05	0,92	
		10	4,72	4,50	-0,22	-0,03	0,05	0,05	0,50	
32	4,53	3,65	-0,88	-0,10	0,05	0,06	-0,94			
11	3,65	3,54	-0,11	-0,01	0,06	0,06	0,55			
EUR/ JPY час	255	28	15,28	12,13	-3,14	0,05	0,06	0,00	-0,87	
		16	11,64	11,71	0,07	0,06	0,06	0,00	-0,31	
		8	13,80	14,34	0,54	0,06	0,05	0,00	-0,97	
		10	15,16	15,68	0,52	0,06	0,06	0,00	0,32	
		15	16,69	15,41	-1,28	0,06	0,06	0,00	0,75	
		20	14,68	13,67	-1,01	0,06	0,06	0,00	-0,97	
		14	17,54	13,86	-3,67	-1,46	0,05	0,05	-0,64	
		17	15,98	13,89	-2,09	-0,09	0,06	0,06	-0,94	
		15	10,08	8,09	-1,99	-0,10	0,06	0,06	-0,90	
EUR/ JPY день	44	12	10,11	11,21	1,10	0,02	0,03	0,00	0,92	
		16	11,22	13,93	2,71	0,03	0,03	0,00	0,91	
		8	58,20	7,84	-50,36	-19,1	0,03	0,03	0,92	
		9	10,51	12,60	2,09	0,57	0,03	0,03	0,96	
		7	12,52	14,03	1,50	0,27	0,03	0,03	0,97	
USD/ JPY день	90	33	51	19	485,32	147,4	-337,9	0,02	0,03	
		2	61	60	1010,7	15,71	-995,0	-3,18	0,02	

Пояснения к таблице 2:

- в колонке 1 даны исследуемая валютная пара и глубина горизонта исследования  $\Delta t$ ;
- в колонке 2 дано количество исследуемых рядов таких, что или величина  $E$  непрерывно возрастает (убывает), или величина  $AVM$  непрерывно возрастает (убывает);
- в колонке 3 указана длина исследуемого в строке ряда (не менее 5 членов);
- в колонке 4 указано начальное значение  $AVM$  по анализируемому в строке ряду;
- в колонке 5 указано конечное значение  $AVM$  по анализируемому в строке ряду;
- в колонке 6 указана разность между значением в колонке 5 и значением в колонке 4 по строке;
- в колонке 7 указано начальное значение  $E$  по анализируемому в строке ряду;
- в колонке 8 указано конечное значение  $E$  по анализируемому в строке ряду;
- в колонке 9 указана разность между значением в колонке 8 и значением в колонке 7 по строке;
- в колонке 10 указана парная корреляция по анализируемому в строке ряду.

На рисунке 1 представлен пример корреляционной зависимости между  $E$  и  $AVM$  от количества временных рядов, участвующих в расчете, для валютной пары USD/JPY для дневного горизонта ( $\Delta t=1$  сутки) в календарном диапазоне с 03.01.78 г. по 07.09.04 г.

На рисунке 1 по оси абсцисс указано количество временных рядов, участвующих в расчете, а по оси ординат значение коэффициента парной корреляции  $E$  и  $AVM$  (в расчетах использовались 90 временных рядов по 2500 членов ряда).

Исходя из графика, представленного на рисунке 1 можно сделать вывод о существовании корреляционной зависимости между  $E$  и  $AVM$  в долгосрочном периоде (даже не смотря на нелинейность исследуемого процесса). А именно: с уменьшением величины  $E$  – величина  $AVM$  увеличивается и наоборот.

Хотя, несмотря на высокое значение коэффициента парной корреляции (практически равен -1) при рассмотрении достаточно большого количества временных рядов, очевидно, что динамика такой корреляционной зависимости нелинейная и неоднозначная.

Анализ значений, представленных в матрицах  $D1-D3$  и таблице 2, позволил сделать следующие выводы:

- из всех рассмотренных случаев – 72% со значениями коэффициента парной корреляцией по модулю большими 0,7, что говорит о том, что, как правило,  $E$  и  $AVM$  в отобранных в выборке случаях имеют устойчивую динамику и подтверждает репрезентативность выборки;

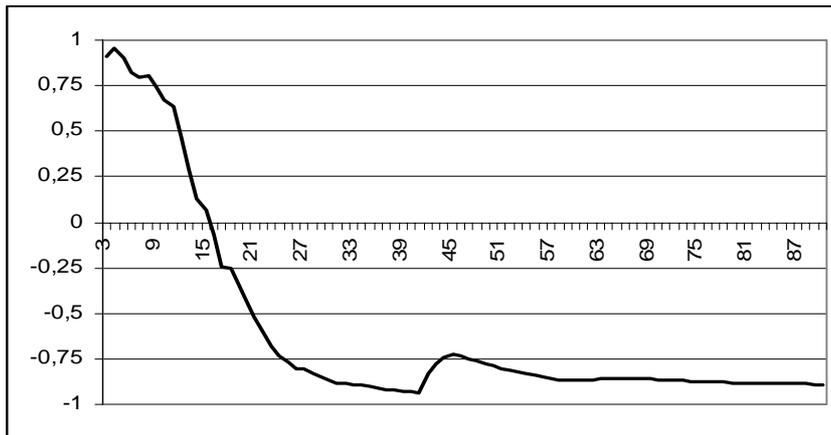


Рис. 1. Динамика значения коэффициента парной корреляции  $E$  и  $AVM$  в зависимости от количества временных рядов для валютной пары USD/JPY.

- из всех рассмотренных случаев – более 65% приходится на ситуации, когда  $AVM$  убывала (см. матрицу  $D3$ ). Это говорит о том, что энтропия изменяется чаще, когда определенность на рынке повышается. То есть рынок находится в ожидании скорейшего появления нового тренда или коррекции текущего;
- данные матрицы  $D1$  говорят, что при положительной корреляции между  $E$  и  $AVM$  максимальное число событий (61%) приходится на ситуации, когда одновременно уменьшаются величины и  $E$  и  $AVM$ . То есть при повышении степени определенности на рынке снижается его текущая волатильность. Такие ситуации возникают, когда на рынке происходит коррекция действующего тренда с последующим его продолжением;
- данные матрицы  $D2$  говорят, что при отрицательной корреляции между  $E$  и  $AVM$  максимальное число событий (67%) приходится на ситуации, когда увеличивается величина  $E$  и уменьшается величина  $AVM$ . То есть при снижении степени определенности на рынке уменьшается значение  $AVM$ . Такие ситуации возникают, когда на рынке происходит коррекция действующего тренда с возможностью, как последующего его продолжения, так и смены на новый противоположный тренд.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что  $E$  и  $AVM$ , учитывая существенную нелинейность анализируемого процесса, довольно хорошо коррелируют между собой в представленной выборке (среднее значение парной корреляции по модулю по представленной выборке равно 0,79). Поэтому считаем, что  $AVM$  адекватно реагирует на изменения цены на финансовом рынке и, следовательно,  $VM$  (как показатель, который был использован при расчете  $AVM$ ) можно рассматривать в качестве меры неопределенности рынка. Использование  $VM$  вместо ЭПП позволит снизить сложность расчетов при анализе и моделировании процессов, проходящих на финансовых рынках и, тем самым, уменьшить погрешность вычислений.

В дальнейшем полученный результат может быть использован для тестирования различных характеристик социально-экономических систем любой

природы на предмет адекватного использования этих характеристик в качестве меры неопределенности (предсказуемости) исследуемой системы.

#### Список литературы

1. Саттам Я. А. Д. Моделювання та інформаційні засоби підтримки маркетингової діяльності підприємств : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.11 „Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці” / Ясін Ахмад Дала’єн Саттам. — Київ, 2010. — 20 с.
2. Мухамедов В. А. Фрактальные размерности сейсмического шума / В. А. Мухамедов. Деп. ВИНТИ. — № 6180-В89. — 25 с.
3. Чекулаев М. Риск-менеджмент: управления финансовыми рисками на основе анализа волатильности / М. Чекулаев. — М. : Альпина Паблишер, 2002. — 344 с.
4. Куссий М. Ю. Использование показателя волатильности в моделях прогнозирования тренда / М. Ю. Куссий // Ученые записки ТНУ. — 2003. — Т. 16 (55), № 1 Экономика. — С. 83-88.
5. Ермоленко Г. Г. Модель прогнозирования динамики цены на FOREX с учетом волатильности рынка / Г. Г. Ермоленко, М. Ю. Куссий // Экономика Крыма. — 2006. — № 17. — С. 29-32.
6. Куссий М. Ю. Трехпараметрическая модель для прогнозирования динамики цены на финансовых рынках / М. Ю. Куссий, А. В. Дудко // Ученые записки ТНУ. — 2011. — Т. 24 (63), № 1. Экономика и управление. — С. 123-130.
7. Чумак О. В. Энтропии и фракталы в анализе данных / О. В. Чумак. — М.-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. — 164 с.
8. Grassberger P. Characterization of strange attractors / P. Grassberger and I. Procaccia // Physical review letters. — 1993. — Vol. 49. — P. 124-152.
9. Pincus S. Irregularity, volatility, risk, and financial market time series / S. Pincus, R. E. Kalman // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. — 2004. — Vol. 101, № 38. — P. 13709-13714.
10. Моррис Л. Г. «Японские свечи» : метод анализа акций и фьючерсов, проверенный временем / Л. Г. Моррис / Пер. с англ. — М. : Альпина Паблишер, 2001. — 311 с.

**Куссий М.Ю. Застосування ентропії для аналізу характеристик фінансових ринків / М. Ю. Куссий** // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І Вернадського. Серія «Економіка і управління». – 2012. – Т. 25 (64). № 3. - С. 143-152.

У статті пропонується методичний підхід до використання ентропії для аналізу характеристик фінансових ринків. В якості аналізованої характеристики ринку обрана поточна волатильність, що тестується як можлива міра невизначеності ринку за допомогою ентропії Грассбергера-Прокаччіа. Пророблений аналіз дозволив вважати поточну волатильність як міру невизначеності динаміки ціни на фінансовому ринку. Це істотно знизить не тільки труднощі подібних розрахунків, але й погрішність самих розрахунків. Отриманий результат може бути використаний для тестування різних характеристик соціально-економічних систем будь-якої природи на предмет використання цих характеристик як міри невизначеності системи.

**Ключові слова:** невизначеність, поточна волатильність ринку, ентропія Грассбергера-Прокаччіа.

**Kussy M. Application of entropy for analysis of characteristics financial markets / M. Kussy** Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Economy and Management. – 2012. - Vol. 25 (64), № 3. – P. 143-152.

The article suggests a methodical approach to the use of entropy to analyze the characteristics of financial markets. The current volatility is selected as analyzed market characteristics which being tested as a possible measure of the market’s uncertainty with the help of Grassberger-Procaccia’s entropy. This analysis allowed to consider the current volatility as a measure of price movements uncertainty in the financial market. This will significantly reduce not only the difficulties of such calculations, but the error of the calculations themselves. This result can be used to test various characteristics of the socio-economic system of any kind for the use of these characteristics as a measure of the system’s uncertainty.

**Keywords:** uncertainty, the current volatility, Grassberger-Procaccia’s entropy.

*Статья поступила в редакцию 10. 12. 2012 г.*