

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФРАКТАЛЬНОГО И ФАЗОВОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ПОДОБИЯ

В. А. Перепелица, Д. А. Тамбиева, М. М. Шидакова

*Ставропольский государственный университет
Карачаево-Черкесская государственная технологическая академия*

Проведенное авторами исследование выполнено в связи с разработкой методического и информационного обеспечения для налоговых органов, системы поддержки принятия решений которых в настоящее время ограничиваются использованием статистических методов.

С целью повышения эффективности управления качеством работы налоговых органов и, в особенности, усиления качества контроля достоверности исходной информации налогоплательщик, авторы предлагают использовать модели, инструментарий и методы фрактального анализа.

Предлагаемый подход иллюстрируется на примере конкретных статистических данных одного из промышленных предприятий.

В работе налоговых органов часто приходится принимать решения в условиях неполной информации о фактической обстановке. Неполнота и неопределенность информации могут возникать из-за действий двух сторон с несовпадающими интересами. Одной стороной является налоговый орган (на местном, региональном или федеральном уровне), а другой — налогоплательщики (организации или физические лица). Этим во многом объясняется заинтересованность налоговых органов в создании программных продуктов, способных обеспечить количественный и качественный анализ представляемых налогоплательщиками деклараций на предмет выявления сомнительных деклараций для их дополнительной проверки [1].

Как отмечено в [1], практика создания подобных программ на сегодняшний день существует. В основу алгоритма таких программ ложатся экспертные рекомендации опытных специалистов, умеющих по нескольким специфическим признакам определить подозрительность той или иной декларации. В настоящей работе в дополнение к указанному подходу и применительно к исходной информации в виде временных рядов [2] предлагается использовать методы нелинейной динамики [3, 4, 5].

На базе инструментария нелинейной динамики теоретически возможно построение такой модели,

которая позволит спрогнозировать размер налогового платежа на конец отчетного периода. В случае значительного несоответствия между спрогнозированной величиной и фактическим размером выплаты налогов предприятием (в сторону уменьшения второго), предприятие должно быть подвергнуто дополнительной проверке на факт достоверности представляемой в налоговые органы информации. Отметим, что такой подход возможен только при условии адекватности построенной прогнозной модели и достоверности ранее представляемых в налоговые органы сведений.

Построение адекватной прогнозной модели, как правило, требует глубокого предварительного (предпрогнозного) анализа исследуемой системы. В качестве объекта исследования системы выступают временные ряды (ВР) наблюдений [2] за достаточно продолжительный период времени (порядка 100 и более наблюдений). В нашем случае предпрогнозный анализ подразумевает исследование динамики соответствующего ВР. Современные подходы к исследованию этой динамики сводятся обычно к поиску ответа на вопрос: присутствуют ли в исследуемом ВР тренд и циклическая компонента [6], имеет ли место в нем детерминированный хаос [7] или скрытая дробная квазипериодичность [8] и т.д.

С целью проведения предпрогнозного анализа в качестве инструментария нелинейной динамики предлагается использовать алгоритм последовательного R/S-анализа [3, 4], а также фазовый анализ [3, 4]. В случае выявления с помощью этих методов в исследуемой системе цикличности (устойчивого совпадения длин квазициклов [4, 9]), периодичности, оценок долговременной памяти [5, 9], а также оценки глубины памяти [5] и т.д., возможен переход ко второму этапу — прогнозированию. Последнее может быть осуществ-

влено, например, на базе алгоритма клеточного автомата [4].

Предпрогнозный анализ является одним из важнейших этапов на пути построения адекватной прогнозной модели. На его основе исследователь делает вывод о возможности построения прогноза для исследуемой системы вообще, а также может получить ожидаемые оценки точности этого прогноза.

Целью излагаемого в настоящей работе экспериментального исследования является проведение сравнительного предпрогнозного анализа динамики двух эволюционных процессов: базовый ВР (объемов) отгруженной продукции (ОП) и ВР налога на добавленную стоимость (НДС) одного из промышленных предприятий КЧР на базе последовательного R/S-анализа и фазового анализа.

В табл. 1 представлены обозначения рассматриваемых ВР

Таблица 1

Обозначения временных рядов ОП, НДС

Временной ряд	Обозначение
ВР ОП	$Z^1 = \langle z_i^1 \rangle, i = 1, 2, \dots, 234$
ВР НДС	$Z^2 = \langle z_j^2 \rangle, j = 1, 2, \dots, 94$

где z_p^r — p -ое по порядку наблюдение для r -го ВР, т.е. ВР Z^r .

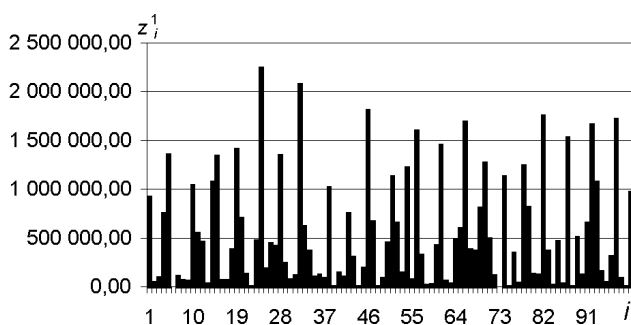


Рис. 1. Столбчатая диаграмма ВР ОП Z^1

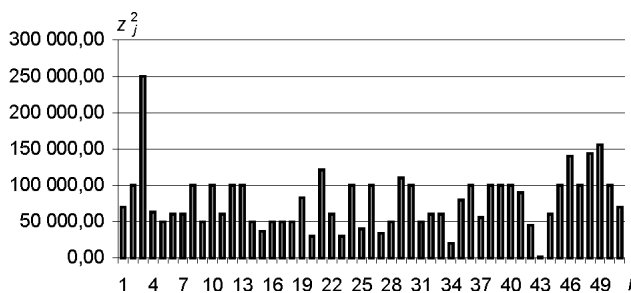


Рис. 2. Столбчатая диаграмма ВР НДС Z^2

На рисунках 1 и 2 изображены столбчатые диаграммы отрезков ВР ОП и ВР НДС соответственно.

В результате применения метода [3, 4] фазового анализа для рассматриваемых ВР ОП и ВР НДС построены фазовые траектории (см. рис. 3), для которых осуществлено разложение их на квазициклы. В фазовых траекториях ВР ОП и ВР НДС были выделены 46 и 19 квазициклов соответственно.

Пример типичного квазицикла в этом разложении представлен на рисунке 4, б. К этим же ВР применен алгоритм последовательного R/S-анализа [3, 4], на выходе которого получены последовательности так называемых H-траекторий и R/S-траекторий. Номер точки смены тренда конкретной R/S-траектории определяет собой исчерпание квазицикла в соответствующем ВР (см. рис. 4, а). Особо отметим, что длины практически всех квазициклов, полученных с помощью фазового анализа, в точности совпали с длинами соответствующих квазициклов, полученных с помощью последовательного R/S-анализа (см. рис. 4).

Для ВР ОП и ВР НДС были составлены пары: длина квазицикла (p) и частота появления квазициклов указанной длины (в процентном выра-

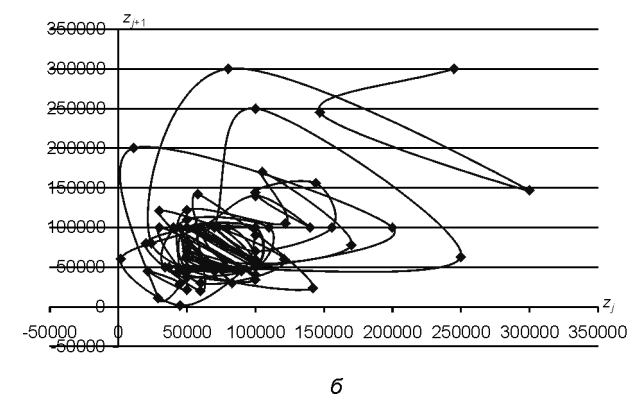
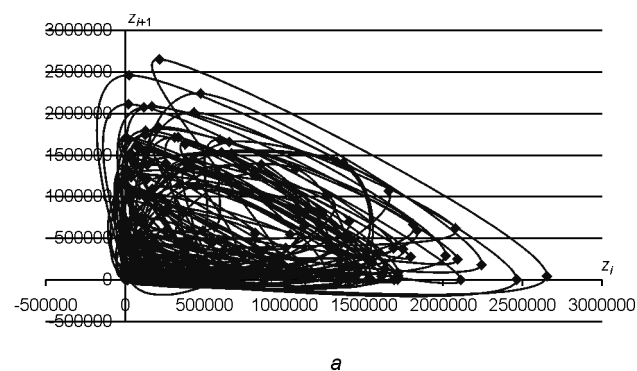


Рис. 3. Фазовые траектории ВР ОП и ВР НДС: а) фазовая траектория ВР ОП; б) фазовая траектория ВР НДС

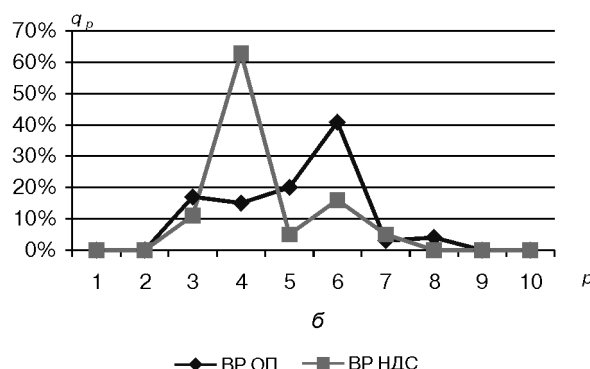
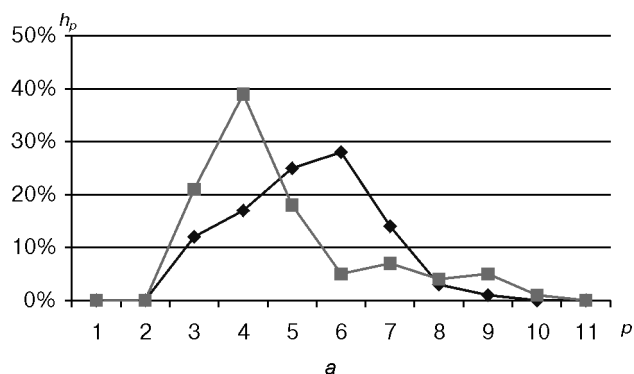
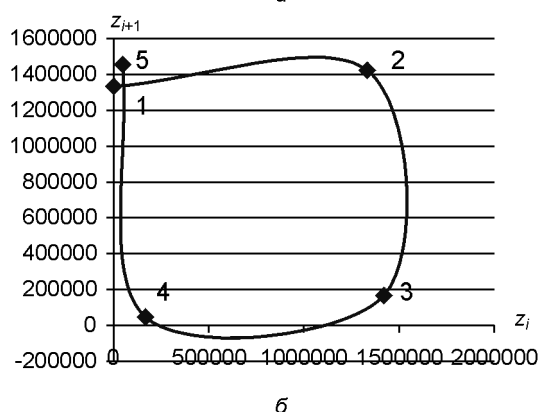
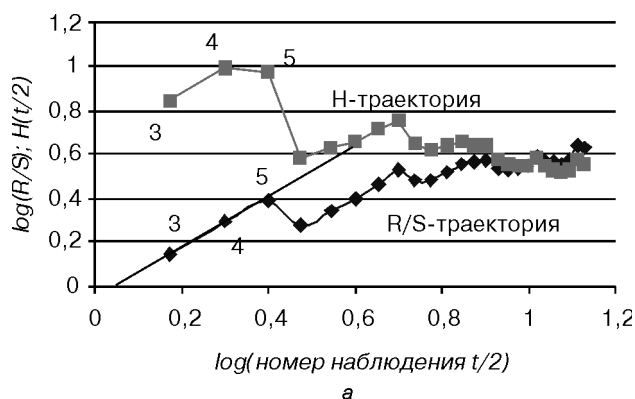


Рис. 4. Пример квазицикла временного ряда ОП Z^1 , полученного на основе последовательного R/S-анализа и фазового анализа; начало этого квазицикла соответствует одному и тому же уровню $z_{156}^1 \in Z^1$: а) последовательный R/S-анализ; б) фазовый анализ

Рис. 5. Графические изображения процентного соотношения длин квазициклов для ВР НДС и ВР ОП, полученные с помощью последовательного R/S-анализа и фазового анализа: а) последовательный R/S-анализ; б) фазовый анализ

жении) для проведенных последовательного R/S-анализа (h_p^1 и h_p^2) и фазового анализа (q_p^1 и q_p^2) (эти пары представлены в сводных таблицах 2 и 3, а также на рис. 5 а) и б)).

На рис. 5 видно, что в результате применения и последовательного R/S-анализа и фазового анализа наибольшее число квазициклов для ВР ОП соответствует квазициклам длины 6, а для

Таблица 2

Сводная таблица процентного соотношения длин выделенных квазициклов ВР ОП и ВР НДС, полученных с помощью последовательного R/S-анализа

Длина квазицикла (p)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВР ОП (h_p^1), %	0	0	12	17	25	28	14	3	0	0
ВР НДС (h_p^2), %	0	0	21	39	18	5	7	4	5	1

Таблица 3

Сводная таблица процентного соотношения длин выделенных квазициклов ВР ОП и ВР НДС, полученных с помощью фазового анализа

Длина квазицикла (p)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВР ОП (q_p^1), %	0	0	17	15	20	41	2	4	0	0
ВР НДС (q_p^2), %	0	0	26	37	11	0	11	11	5	0

ВР НДС — длины 4. Также представленные графики демонстрируют значительные расхождения между динамическими свойствами рассматриваемых рядов. Объясняется это следующим образом. Длина рассматриваемых временных рядов различна. Согласно табл. 1 ВР ОП содержит 234 значения, а ВР НДС содержит только 94 значения, т.к. на данном предприятии отчисления НДС за отгруженную продукцию осуществляются суммарно за некоторый период времени, и соответствует нескольким «отгрузкам». С целью устранения этого несоответствия авторами настоящей работы было проведено агрегирование всех значений z_j^1 , соответствующих сумме начисленного НДС z_j^2 за определенный период времени. В итоге был получен производный от ВР ОП — ВР ОП—агрегированный по НДС, который для краткости назовем ВР ОП—агр. по НДС и обозначим через $\tilde{Z}^1 = \langle \tilde{z}_j^1 \rangle$, $j = \overline{1, 94}$.

К ВР ОП — агр. по НДС также были применены последовательный R/S-анализ и фазовый анализ. Полученные результаты были сопоставлены с представленными выше результатами по ВР НДС (см. рис. 6.) Из рис. 6 видно, что максимальное число квазициклов ВР НДС и ВР ОП-агр. по НДС соответствует квазициклам длины 4 для обоих

рядов, также графическое изображение процентного соотношения длин квазициклов для ВР НДС и ВР ОП — агр. по НДС демонстрирует «подобие» динамических свойств рассматриваемых рядов, полученных с помощью последовательного R/S-анализа и фазового анализа.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Для более строго определения термина «подобие», в контексте настоящей работы, необходимо обозначить критерии и меру «подобия». В качестве критериев были выбраны следующие динамические характеристики временных рядов: цикличность (устойчивое совпадения длин квазициклов [4, 9]), периодичность, а так же локальные максимумы и локальные минимумы рассматриваемых графиков процентных соотношений длин квазициклов. Под мерой «подобия» двух ВР Z^1, Z^2 будем понимать вектор

$$\mu(Z^1, Z^2) = (\mu^h(Z^1, Z^2), \mu^q(Z^1, Z^2)),$$

где

$$\mu^h(Z^1, Z^2) = \frac{\sum_{p=1}^{\min(b_1, b_2)} |h_p^1 - h_p^2|}{100\%},$$

$$\mu^q(Z^1, Z^2) = \frac{\sum_{p=1}^{\min(b_1, b_2)} |q_p^1 - q_p^2|}{100\%},$$

$$b_1 = \max(p^1), b_2 = \max(p^2).$$

Два ВР Z^1, Z^2 будем считать «подобными», если мера «подобия» этих рядов $\mu^d(Z^1, Z^2)$, $d \in \{h, q\}$ не превосходит $1/3$, т.е. $\mu^d(Z^1, Z^2) \leq 1/3$, $d \in \{h, q\}$.

$$\mu(Z^1, Z^2) = (\mu^h(Z^1, Z^2), \mu^q(Z^1, Z^2)) = (0,75; 1,02).$$

$$\mu(\tilde{Z}^1, Z^2) = (\mu^h(\tilde{Z}^1, Z^2), \mu^q(\tilde{Z}^1, Z^2)) = (0,31; 0,29).$$

Таким образом, в смысле примечания 1, ВР НДС Z^2 и ВР ОП-агр. по НДС \tilde{Z}^1 являются подобными, а для пары ВР ОП Z^1 и ВР НДС Z^2 представленное выше условие подобия не выполняется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Введение в экономико-математические модели налогообложения: Учеб. пособие / Под ред. Д. Г. Черника. — М.: Финансы и статистика. 2000. — 256 с.
2. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высш.шк., 1991. — 278 с.
3. Перепелица В.А., Попова Е.Х., Янгишиева А.М., Салтагаров А.Д. Исследование методов нелинейной динамики для прогнозного анализа объема стока

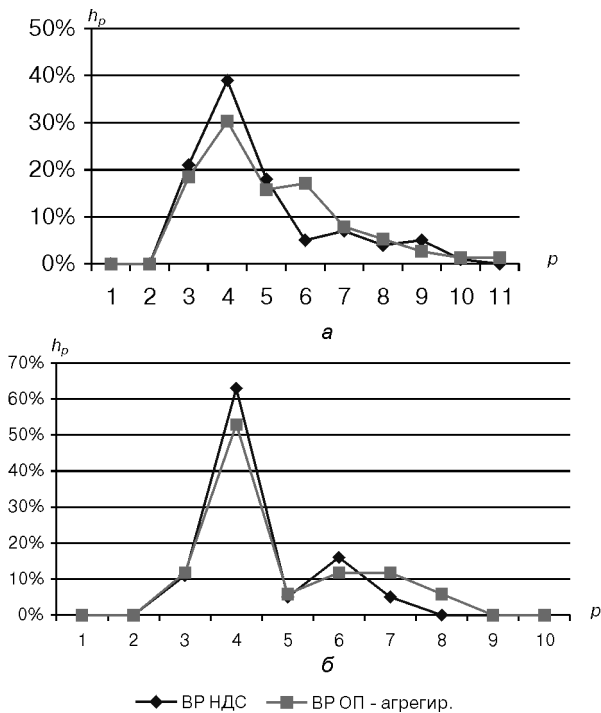


Рис. 6. Графические изображения процентного соотношения длин квазициклов для ВР НДС и ВР ОП — агрегированный по НДС, полученные с помощью последовательного R/S-анализа и фазового анализа: а) последовательный R/S-анализ; б) фазовый анализ

горных рек // Экологический вестник научных центров черноморского экологического сотрудничества (ЧЭС). — 2005. — № 1 — С. 73—84.

4. *Перепелица В.А., Тебуева Ф.Б., Темирова Л.Г.* Структурирование данных методами нелинейной динамики для двухуровневого моделирования. — Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 2005. — 284с.

5. *Петерс Э.* Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. — М.: Мир, 2000. — 333 с.

6. *Сигел Э.* Практическая бизнес — статистика. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002,. — 1056 с.

7. *Сергеева Л.Н.* Моделирование поведения экономических систем методами нелинейной динамики (теории хаоса). — Запорожье: ЗГУ, 2002. — 227 с.

8. *Яновский Л.П.* Принципы, методология и научное обоснование прогнозов урожая по технологии «Зонт». Воронеж: ВГАУ, 2000. — 379 с.

9. *Петерс Э.* Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике. М.: Интернет-трейдинг, 2004 — 304 с.