

Джерела та література:

1. Вітлінський В. В. Математичні моделі та методи ринкової економіки: навч. посіб. / В. В. Вітлінський, О. В. Піскунова. – К. : КНЕУ, 2010. – 531 с.
2. Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120 “Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации” : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mcx.ru/documents/document/show/14857.19.htm>.
3. Ильина З. М. Продовольственная безопасность: теория, методология, практика / З. М. Ильина. – Минск : ГНУ «Ин-т экономики НАН Беларуси», 2007. – 230 с.
4. Лойко В. И. Количественные модели и методики оценки рисков в агропромышленных интегрированных производственных системах / В. И. Лойко, Н. В. Ефанова // Научный журнал КубГАУ. – 2008. – №40 (6). – С. 99-119.
5. Шевченко О. О. Продовольче забезпечення України: використання світового досвіду, державна політика, теорія та практика управління : монографія / О. О. Шевченко. – Донецьк : Юго-Восток, 2009. – 385 с.

Перминов Г.И., Леонова Н.В.**УДК 330.4**

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУЩЕСТВЕННО НЕСТАЦИОНАРНЫХ МНОГОФАКТОРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ПРИМЕРЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ИНВЕСТИЦИЙ РОССИЙСКИХ НЕБАНКОВСКИХ КОРПОРАЦИЙ ЗА РУБЕЖ

Как неоднократно отмечалась во многих работах по экономической теории и математическому моделированию, большинство экономических показателей характеризуются нестационарностью процесса их порождающего и вариативностью его структуры. При работе с многомерными экономическими временными рядами меняются как коэффициенты модели, так, и её структура. Ряд переменных уменьшает свое влияние и совсем исчезает из модели, другие, наоборот, появляются.

В данной работе предпринимается попытка разработки алгоритма, позволяющего прогнозировать будущие значения макроэкономических показателей, принимая во внимание нестационарность процессов при изменении структуры модели на примере показателя объема инвестиций российских небанковских корпораций за рубеж.

Выбранный предмет исследования с одной стороны наглядно демонстрирует саму природу нестационарности экономических показателей: уровень инвестирования за рубеж хоть и отличается устойчивым ростом, однако, в основе своей имеет различные факторы (независимые переменные математической модели). Например, в странах со стабильной благоприятной экономической ситуацией инвестируют обычно с целью получения определенной доходности, в странах с экономической и политической ситуацией аналогичной российской – с целью вывода капитала. С другой стороны, построение прогноза данного показателя, который напрямую влияет на уровень оттока капитала, является необходимым для разработки кредитно-денежной политики, в то время как существующие методики прогнозирования в большинстве своем игнорируют нестационарность по структуре. В общем виде, структурный анализ существенно нестационарных временных рядов предполагает разбивку таких рядов на сегменты, на которых свойства компонент мало меняются, после чего проводится анализ структуры, одним из подходов которого является последовательное выделение компонент временного ряда для каждого сегмента. Далее существующие методы в лучшем случае ориентируются инерционным способом на данные последнего сегмента. Тем самым считается, что на горизонте прогнозирования параметры модели уже не претерпевают структурных изменений, что нельзя не принимать во внимание. Для устранения указанного недостатка необходимо включить в алгоритм исследования подобных временных рядов этап нахождения однородных сегментов, применяя для каждого сегмента современные средства построения модели. Помимо этого необходимо включить в анализ каждого фактора нелинейные методы исследования, учитывающие возможные резкие изменения в величине и направлении влияния каждого фактора, а также его нестационарность.

Несколько способов учета структурного изменения по длине ряда, но не по сегментам, а по годам рассмотрено в работах Н.А. Горелика и А.А. Френкеля [2, 3, 4]. В то же время, в работах отмечается, что при реализации предложенных способов возникает ряд серьезных трудностей – отсутствие длинных временных рядов [1, 7], необходимость учета большого количества коэффициентов даже при линейном законе их изменения.

Указанные недостатки можно устранить, модифицируя предложения вышеназванных авторов следующим образом:

1. Для матрицы исходных данных размера $t \times n$, где t – наблюдения за определенный период времени, n – переменные, проводится факторный анализ с числом главных факторов, объясняющих не менее 95% дисперсии исходных переменных.
2. Далее среди наблюдений определяется сегмент, соответствующий господствующему главному фактору по максимальному абсолютному значению среди главных факторов.
3. При движении по наблюдениям весь период времени разбивается на s сегментов. Конец одного сегмента и начало следующего соответствуют смене господствующего фактора. Длины сегментов z_k в

отличие от выше проанализированных методов могут быть различными. Предполагается, что в пределах одного сегмента структурных изменений в модели не происходит.

4. Для каждого сегмента строится эконометрическая модель для получения значений коэффициентов при регрессорах в рамках данного сегмента. Всего при s сегментах получим s уравнений.

5. Каждый коэффициент, полученный при расчете модели, рассматривается в виде одномерного временного ряда с дальнейшим построением прогнозов на необходимый горизонт прогнозирования ($T+L$) с использованием нейросетевых или адаптивных (генетических) алгоритмов. В результате определяется изменение влияния отдельных факторов на объемы инвестиций. Некоторые факторы будут усиливать свое влияние, другие исчезать совсем. Таким образом, модель динамики коэффициентов при каждом факторе при таком подходе содержит как изменение структуры факторов, так и значения этих факторов.

6. Найденные прогнозные значения коэффициентов факторов на момент ($T+L$) далее подставляются в модель, полученную на этапе 5, в результате чего строится прогноз с учетом структурных изменений.

В рамках предложенного алгоритма можно выделить две дополнительные подзадачи: выбор метода сегментирования и выбор способа прогнозирования одномерных временных рядов коэффициентов. В данной работе остановимся подробнее на первой задаче. Цель данного этапа отрезать «чужие» данные соседних сегментов, которые при расширении сегмента приведут к резкому возрастанию ошибки модели [1, 5, 6]. В работе [1] на примере существенно нестационарных одномерных временных рядов приведены преимущества сегментации с помощью нелинейного факторного анализа (НФА). Используя тот же алгоритм, авторами исследовалась возможность применения НФА для многофакторного макроэкономического ряда (рис.1) в сравнении с линейным факторным анализом (ЛФА) (рис.2). На вертикальных осях рисунков отложены значения доминирующих факторов при их общем числе, равном 5.

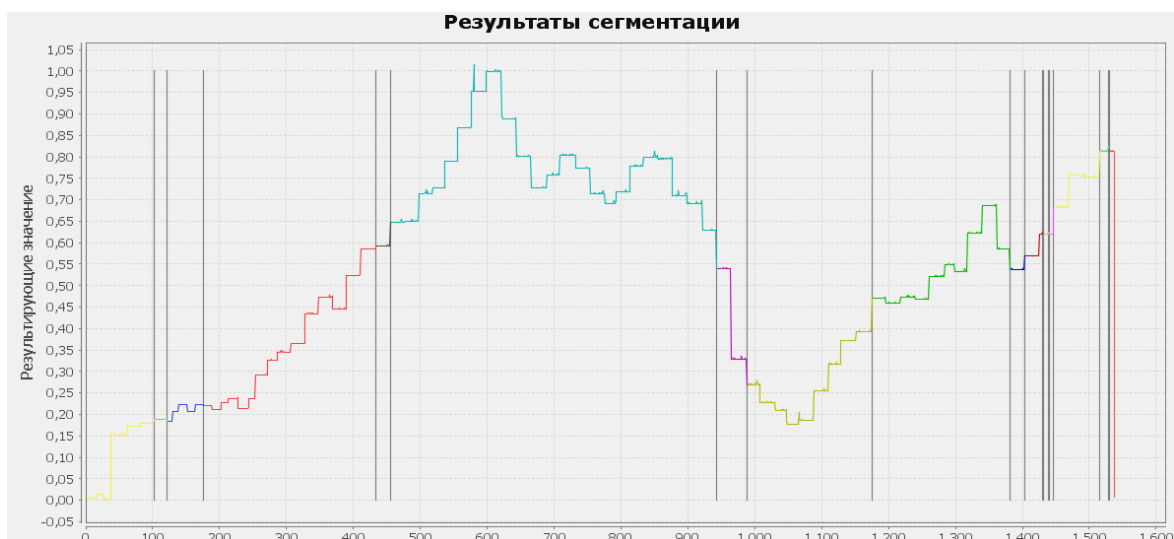


Рис. 1. Результат сегментации методом НФА.

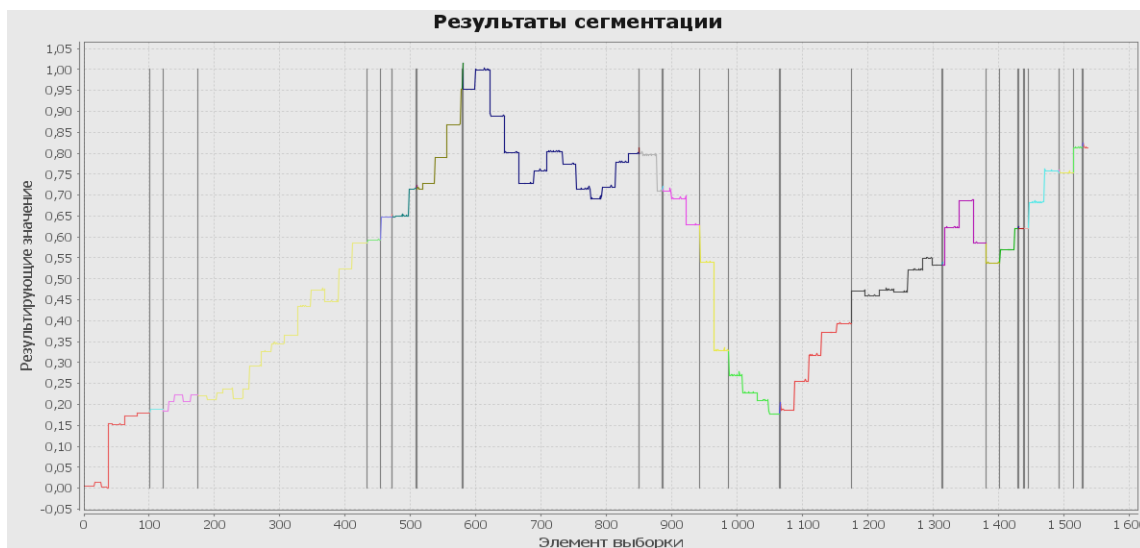


Рис. 2. Результат сегментации методом ЛФА.

Из сравнения результатов видно, что применение метода НФА сократило количество сегментов почти вдвое за счет увеличения длин сегментов. Последнее происходит за счет улавливания нелинейного

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУЩЕСТВЕННО НЕСТАЦИОНАРНЫХ МНОГОФАКТОРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
НА ПРИМЕРЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ИНВЕСТИЦИЙ РОССИЙСКИХ НЕБАНКОВСКИХ КОРПОРАЦИЙ ЗА РУБЕЖ**

плавного изменения коэффициентов исследуемых переменных, которые при линейном подходе приводили к доминированию других факторов.

На следующем этапе строилась отдельная модель для каждого из полученных сегментов (табл. 1).

Таблица 1. Значения коэффициентов моделей по сегментам

	Сегмент_1	Сегмент_2	Сегмент_3	Сегмент_4	Сегмент_5	Сегмент_6	Сегмент_7	Сегмент_8
Св.член	-4321,33	-57663,6	16445,7					
N2	-0,0944808	-0,099793	3,24122	-0,132899	0,317195	0,0811661	-0,477679	-1,68847
N3	-0,00298633	0,00737599	0	0,0204202	-0,0470268	0	-0,154138	-0,0497545
N4	0,00350075	0,28871	0	-0,100342	-0,254573	0,0607504	0	0
N5	0	3,37665	0	0	0	0,220819	0	0
N6	0,0295582	-0,533054	0	0	0,412975	0	0,060502	0
N7	-0,0511917	-0,920075	0	0	-0,516419	-0,103571	0	0
N8	-0,0224537	-0,286627	0	0,0494803	0	0	0	0
N9	-0,56674	0	-34,054	0,342864	-7,96177	-0,306936	26,3116	19,0554
N10	0,0448511	-0,374909	1,23511	-0,0722289	-0,198479	-0,0384269	-1,18021	0
N11	0,113583	-0,401045	-0,734073	-0,625251	-2,27006	0,107386	0	0,660178
N12	0,00226712	0,52072	1,34555	0,0315729	0,474299	0,11958	-1,17826	-0,385614
N13	-0,0445933	0,266128	-3,12515	-0,246386	3,35006	0,235491	-3,54233	1,02899
N14	-0,0048616	0,022682	-0,709569	0,0136114	0,605652	-0,0166852	-0,313374	0,447725
N15	0,216958	0	3,23083	2,20165	-3,20696	-0,932851	6,41812	-10,9557
N16	-10,0211	0	515,421	-13,5932	42,3502	13,2339	75,1911	-165,862
N17	-17,571	-156,345	0	-13,7587	-71,9501	-24,6187	14,9767	50,0198
N18	44,5968	-1106,11	0	0	0	0	0	0
N19	-15,2611	0	0	0	0	0	0	0
N20	11,84940	80,5359	0	0	0	0	0	12,9091
N21	21,5339	465,152	0	0	0	0	0	0
N22	-0,0490144	-0,214827	0	0	0	0	0	0
N23	0,970891	8,67039	-129,698	-6,63118	-32,7441	3,31737	116,235	-241,989
N24	-0,0318278	0	-2,18187	0,391403	-0,770498	-0,153087	0	14,6721
N25	18,5233	0	0	0	0	-10,7957	0	0
N26	-13,9958	58,8464	0	0	0	152,653	0	0
N27	-36,7268	815,909	0	-69,6011	0	252,353	0	0
N28	2,61298	-28,4158	0	-13,6667	59,0769	-26,0466	0	0
N29	66,1532	-1073,03	0	0	1050,98	-417,168	0	0
N30	-11,9728	-845,733	0	0	0	-64,4183	0	0
N31	-56,7965	0	0	0	0	0	0	0
N32	-1,40677	146,534	0	0	0	0	0	63,3074
N33	25,5938	77,6469	0	0	0	384,816	0	0
N34	1,52224	265,839	0	38,2024	0	33,3849	0	0
N35	-2,39752	-144,868	0	0	0	7,24106	0	0

Выбор метода построения модели был продиктован особенностями временного ряда – крайне ограниченное количество наблюдений в отдельных сегментах. Далее проводился анализ коэффициентов при независимых переменных. При расчете конечной модели учитывались коэффициенты, влияющие на значение показателя объема инвестирования на протяжении всего периода наблюдений, а также коэффициенты, включенные в модели последнего сегмента.

После чего, как указывалось в описании предлагаемого алгоритма, был построен прогноз каждого из коэффициентов, входящего в итоговую модель. Построение прогноза требует применения одного из методов, работающих с малым количеством наблюдений. С учетом того, что модели тренда, периодические составляющие этих рядов и т.д. неизвестны, для прогнозирования использовался метод сингулярного разложения ряда. В рамках метода на основе ряда были рассчитаны коэффициенты линейной рекуррентной формулы. По ним затем восстановлен ряд, на основе которого и рассчитывалось прогнозное значение (рис.3).

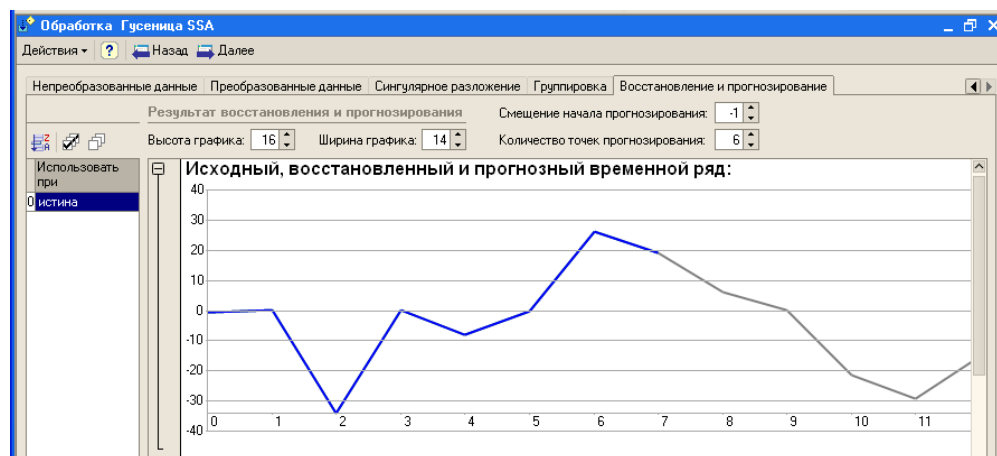


Рис. 3. Восстановление и прогноз переменной.

Далее спрогнозированные коэффициенты используются для построения модели прогноза. Сведя в одно выражение результаты прогнозирования, получаем следующую зависимость (рис.4):

$$0,28*ПТС + 0,39*Никель + 6,18*АЕХ - 0,07*DowJones - FTSE + 2,17*NASDAQ + 0,28*NIKKEI - 2,69*S\&P + 16,8*USD + 22,62*EUR - 212,29*Нефть + 15,96*Газ$$

Рис. 4. Упрощенная модель прогноза последнего сегмента.

Полученная в результате модель легко поддается экономической интерпретации. В первую очередь, стоит рассмотреть сами коэффициенты, вошедшие в нее. Основной российский биржевой индекс вполне ожидаемо влияет на принятие решений об инвестировании, помимо него индикаторами являются и основные мировые индексы. Среди них, пожалуй, DowJones, S&P, NASDAQ и NIKKEI, несмотря на вполне очевидную принадлежность к определенным странам, являются скорее мировыми показателями. Если же говорить об индикаторах, характеризующих положение в стране их разработки, то включение в модель голландского АЕХ и английского FTSE является вполне объяснимым – согласно статистике именно в эти страны, если не принимать в расчет оффшоры, производятся наиболее крупные влияния, что, естественно, делает актуальным вопрос о состоянии рынка в этих странах. Японский индекс NIKKEI в данной ситуации вряд ли можно рассматривать применительно к стране разработки. Он попал в модель скорее в качестве общемирового индекса. Это в какой-то мере подтверждается тем, что многие финансовые сайты включают его наравне с DowJones, NASDAQ и S&P в «основной» список. Курсы двух основных иностранных валют в качестве регрессоров модели также вполне ожидаемы. Причем не только по причине того, что большинство трансграничных операций осуществляется именно в этих валютах, но также из-за того, что они являются своеобразными индикаторами состояния двух крупнейших экономик – американской и европейской. Нефть и газ – основа существования нашей страны. Цены на эти ресурсы часто напрямую коррелируют с благосостоянием основных инвесторов, причем речь идет, как о юридических, так и о физических лицах. Отдельно стоит остановиться на включении показателя цены на никель в модель. По данным таможенной статистики металлы и продукция из них в структуре экспорта РФ стоят на третьем месте после минеральных продуктов и топливно-энергетических товаров [8]. В свою очередь в структуре экспорта металлов наибольший удельный вес приходится на алюминий, за ним следует никель, что вполне обосновывает включение показателя цен на эти металлы в модель наравне с показателями цены нефти и газа. Однако, рынок алюминия и никеля поделен между рядом крупных игроков, среди которых основная рыночная доля приходится на объединенную компанию «РУСАЛ» (алюминий) и ГК «Норильский никель». То есть основная связь вида «рост цен на продукцию → рост прибыли → рост вложений» приходится для рассматриваемых показателей именно на эти компании. Однако, в то время как «Норильский никель» является компанией-резидентом РФ, основные активы «Русала» зарегистрированы на острове Джерси. Таким образом, «Русал», будучи нерезидентом, не включается в статистику, в частности не учитываются объемы его иностранных вливаний. Соответственно, показатель цены алюминия не попадает в модель. Стоит также отметить, что из введенных изначально регрессоров в итоговую модель не попали «классические» макропоказатели такие как, денежная масса, индекс цен, индекс промышленного производства, норма безработицы и т.д. Этот факт хорошо характеризует ситуацию в стране. Капитал для вывоза имеется в наличии у определенной группы лиц, при этом на его размер не оказывают влияния показатели, характеризующие состояние в экономике страны в целом, однако, он проявляет большую чувствительность к ценам на отдельные ресурсы.

Интерпретация знаков коэффициентов, стоящих при регрессорах, не так однозначна. Здесь, во-первых, необходимо отметить, что для ряда регрессоров знак коэффициентов неоднократно менялся на протяжении рассматриваемого периода. Рассмотрим данную ситуацию на примере показателя цены на нефть. Наличие положительной зависимости между данным индикатором и, например, экспортом РФ в денежном выражении представляется вполне очевидным. Однако, касательно ситуации с инвестициями, возможно два варианта развития. Первый: увеличение цен приведет к увеличению прибыли ряда предприятий, что в свою очередь выразится в росте инвестирования с их стороны. Однако с другой стороны рост цены нефти, как минимум, косвенно ведет к повышению благосостояния страны в целом, что улучшает инвестиционный климат, открывая новые возможности получения высокой доходности внутри страны. Помимо этого необходимо принимать во внимание временные лаги между увеличением цен на нефть и ростом прибыли потенциального инвестора. То есть в контексте данной модели повышение цены в одном сегменте может сказаться на росте объема инвестиций в последующем. Аналогично следует рассуждать для остальных регрессоров модели.

Предложенный алгоритм разработан для построения прогнозных моделей, однако, подобная логика является актуальной и при исследовании природы экономических показателей в целом. Выбор метода сегментации временного ряда и модели каждого из полученных сегментов зависит от особенностей исследуемого показателя. Причем, особенно интересным в вопросе совершенствования моделей, определяющих коэффициенты регрессоров внутри сегментов, представляется рассмотрение вариантов методов, работающих на очень коротких временных рядах (менее 30 наблюдений). Кроме того, актуальной представляется разработка метода, не только фиксирующего изменения структуры, но и определяющего параметры, при которых в системе происходят кризисы и бифуркации. Помимо этого целесообразно расширение метода возможностями, например, деревьев решений, как реализации сценарного подхода к прогнозированию. Например, в случае с рассматриваемым в работе показателем объема инвестиций это может выглядеть следующим образом: при цене нефти более 100 долларов США за баррель используется один вариант модели, при меньшей цене – другой. Также хочется отметить необходимость автоматизации

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУЩЕСТВЕННО НЕСТАЦИОНАРНЫХ МНОГОФАКТОРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
НА ПРИМЕРЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ИНВЕСТИЦИЙ РОССИЙСКИХ НЕБАНКОВСКИХ КОРПОРАЦИЙ ЗА РУБЕЖ**

предложенного алгоритма, т.е. необходимость разработки программного обеспечения, позволяющего осуществить расчет модели в соответствии с предложенной схемой при условии минимального присутствия участия человека.

Источники и литература:

1. Перминов Г. И. Сегментация существенно нестационарных временных рядов методом нелинейного факторного анализа / Г. И. Перминов // VI Международная школа-симпозиум "Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем" (АМУР-2012) (Украина, г. Севастополь, 17-23 сентября 2012 г.). – Севастополь, 2012.
2. Гарбер Е. В. Развитие адаптивных методов прогнозирования временных рядов / Е. В. Гарбер, Н. А. Горелик, А. А. Френкель // Статистические методы анализа экономической динамики : ученые записки по статистике. – М. : Наука, 1983. – Т. XLVI. – С. 138-154.
3. Горелик Н. А. Новые направления в анализе и прогнозировании временных рядов / Н. А. Горелик, А. А. Френкель // Методологические проблемы анализа и прогноза краткосрочных процессов : ученые записки по статистике. – М. : Наука, 1979. – Т. XXXV. – С. 27-58.
4. Горелик Н. А. Адаптация при прогнозировании экономических показателей методом экспоненциального сглаживания / Н. А. Горелик, А. А. Френкель // Экономика и математические методы. – 1981. – Т. XVII. – Вып. 6. – С. 1203-1209.
5. Орлов Ю. А. Нестационарные временные ряды. Методы прогнозирования с примерами анализа финансовых и сырьевых рынков / Ю. А. Орлов, К. П. Осминин. – М. : Книжный дом «Либроком», 2011. – 384 с.
6. Олемский А. И. Синергетика сложных систем. Феноменология и статистическая теория / А. И. Олемский. – М. : КРАСАНД, 1009. – 384с.
7. Розанов Г. Проблемы построения динамической статистической модели развития отрасли / Г. Розанов // Проблемы статистики. Труды МЭСИ по итогам научной работы кафедры общей теории статистики за 1967 г. – М. : МЭСИ, 1968. – С. 60-83.
8. Товарная структура экспорта РФ в 2010 году : [Электронный ресурс] // Внешний экономический сервер РОССИЯ – ЭКСПОРТ – ИМПОРТ. – Режим доступа : <http://www.rusimpex.ru/Content/Economics/Rustrade/exp-tovstr10.htm>.
9. Keogh E. An Online Algorithm for Segmenting Time Series / E. Keogh, S. Chu, D. Hart, M. Pazzani // Proc. of the 1st IEEE ICDM. – 2001. – P. 289-296.
10. Einbeck J. Exploring Multivariate Data Structures with Local Principal Curves / J. Einbeck, G. Tutz, L. Evers. – Munchen : Akademiestr 1, D-80799, 2005.
11. Einbeck J. Local Principal Curves / J. Einbeck, G. Tutz, L. Evers // Discussion Paper. – Munchen : LMU, 2003. – No. 320.
12. Oliver J. J. Minimum message length segmentation / J. J. Oliver, R. A. Baxter, C. S. Wallace // Proc. of the PAKDD. – 1998. – P. 222-233.

Піскун О.В.

УДК 330.46; 519.86

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЛІНІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПОБУДОВИ
СИСТЕМИ МОНІТОРІНГУ ФОНДОВИХ РИНКІВ**

Постановка проблеми. Інвестування реального сектору економіки за допомогою інструментів фондового ринку стало вкоріненою світовою практикою. Разом з тим, перегріву ринку цінних паперів тепер зачіпають не лише власників конвертованих заощаджень, а й безперервність процесу забезпечення бізнесу у грошових ресурсах, що тягне за собою загрозу рецесії. Класичні методи аналізу даних не завжди в змозі забезпечити адекватний та своєчасний моніторинг зміни стану фінансових ринків, так як вони були розроблені без урахування глобалізованого та складного комплексного характеру їх поведінки. Одним з новітніх методів дослідження часових рядів, що є не критичним до рівня складності системи, є рекурентний кількісний аналіз.

Аналіз останніх досліджень.

Рекурентний кількісний аналіз [1] знайшов досить широке застосування у економіці. Наприклад, К. Куртсоу та К. Ворлов [2] досліджували з його допомогою американські макроекономічні показники. Дж. Збілут [3] застосував даний метод для виявлення природи поведінки фінансових ринків. Ф. Строззі з співавторами [4, 5] використовував RQA для аналізу світових валют та енергетичного ринку. А. Фабретті та М. Ауслус [6] досліджували критичні режими фінансових ринків, Дж. Бастос і Дж. Кайдо [7] – взаємозалежності між фондовими ринками, а також їхньою поведінкою під час критичних подій.

Метою даної роботи є вирішення проблеми згладжування міри ламінарності рекурентного кількісного аналізу для побудови системи моніторингу фондових ринків.

Виклад основного матеріалу.

Проведені дослідження показали здатність міри ламінарності (LAM) рекурентного кількісного аналізу виявляти різні періоди функціонування фондових ринків та аналізувати протікання кризових явищ на них