

УДК 336.763.2

Р. Н. Кветный, д. т. н, проф.; В. Ю. Коцюбинский, к. т. н., доц.; Л. Н. Кислица
НАСТРОЙКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ
ЭКСПЕРТНЫХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GARCH-МОДЕЛЕЙ

В данной статье представлена методика настройки на разных часовых промежутках автоматизированной системы для принятия решений на финансовых рынках, основанных на результатах прогнозирования с помощью нелинейных GARCH-методов.

Ключевые слова: система, оптимизация, моделирование, GARCH-методы, решение, финансовый рынок, прибыль, риск.

Актуальность

Ключевые концепции традиционных моделей управления капиталом и классические аналитические методы анализа финансовых рынков все чаще и чаще сталкиваются с проблемами, которые не имеют эффективного решения в рамках постоянных парадигм. По своей сути эти методы и подходы не были предназначены для описания и моделирования быстрых изменений, непредсказуемых прыжков и сложных взаимодействий отдельных составляющих современного мирового рыночного процесса.

Постепенно стало ясно, что изменения в финансовом мире происходят настолько интенсивно, а их качественные проявления бывают настолько неожиданными, что для анализа и прогнозирования финансовых рынков синтез новых аналитических и вычислительных подходов, которые берут свое начало в разных областях человеческих знаний, стал главной практической необходимостью [1].

В последние годы усилился интерес к поиску нелинейных моделей, которые могли бы адекватно воспроизводить сложные картины финансовых динамических процессов, поскольку уже стало ясно, что линейный подход к анализу таких рынков не позволяет смоделировать довольно нерегулярное поведение, характерное для большинства активов. Это объясняется тем, что нелинейные модели могут уловить и описать очень сложные процессы в финансовых данных. В то же время линейный подход не позволяет учесть и проанализировать достаточно нерегулярное поведение, которое демонстрируют многочисленные финансовые активы.

В последнее время все большую популярность приобретают так называемые нелинейные GARCH-методы, которые используются для решения разнообразных оптимизационных задач. Область их применения разнообразна: риск-менеджмент, финансовые рынки, технологические объекты и тому подобное. На сегодня было обнаружено, что традиционные модели для анализа высокочастотных данных, постоянно изменяющиеся во времени, не очень точно и эффективно описывают их поведение. В отличие от них, GARCH-модели способны корректно и с достаточно высокой точностью описывать поведение часовых рядов и быстро реагировать на любые смены, возникающие во время наблюдения (наличие скачков, колебаний в историческом ряду данных и тому подобное) [2, 3].

При анализе и прогнозировании сложных финансовых процессов в наше время не обойтись без такого универсального инструмента как нелинейные методы оптимизации сложных систем. Использование GARCH-алгоритмов постепенно становится конкурентоспособным подходом к решению задач прогноза, классификации, моделированию финансовых часовых рядов, а также к решению задач оптимизации в области финансового анализа и управления риском. Именно поэтому актуальным является использование таких математических моделей для создания автоматизированной экспертной системы прогнозирования поведения данных на значительных часовых промежутках.

Цель исследования

Цель исследования заключается в настройке автоматизированной экспертной системы для принятия решений на основе результатов прогнозирования с помощью GARCH-методов и выявления оптимального часового отрезка, на котором система демонстрирует наилучшие результаты и наибольшую эффективность работы.

Основная часть

Для достижения поставленной цели необходимо:

- разработать математическую модель прогнозирования поведения финансовых активов для принятия решения (предыдущая обработка данных, выбор вида уравнения, вычисления GARCH-коэффициентов);

- разработать алгоритм работы экспертной системы, методику прогнозирования и выработки решения пользователю;

- проанализировать эффективность прогнозирования поведения финансовых активов и выработки решения системой на трех разных часовых промежутках: 15-минутном, 30-минутном и 45-минутном. Показателем эффективности работы системы выбрано значение прибыли, которая будет получена в результате выполнения решений, принятых системой.

На основе анализа последних исследований и литературных источников, было решено остановить свой выбор на GARCH-методах для построения математической модели прогнозирования поведения активов [1, 2].

В предыдущих работах [4, 5] детально приведены этапы разработки математической модели для прогнозирования поведения финансовых активов. И общий вид уравнения математической модели, которая будет в дальнейшем использоваться системой для прогнозирования, можно представить следующим образом [3]:

$$y_t = \alpha_1 X1_t + \alpha_2 X2_t + \gamma \varepsilon_{t-1} + \delta \cdot \sum_{i=1, p} \sigma_{t-i}^2, \quad (1)$$

где y_t – зависимая переменная, $X1_t, X2_t$ – независимые переменные, ε_{t-1} – ошибка, α_1, α_2 – коэффициенты регрессии, γ – коэффициент ARCH-процесса, v_t – коэффициент GARCH-процесса [4, 5].

В соответствии с поставленной в статье задачей относительно построения системы принятия решений на основе результатов прогнозирования с помощью GARCH-модели, целесообразно разработать алгоритм работы с представленной системой. Он состоит из следующих этапов:

1. Этап прогнозирования.

Для того, чтобы осуществить прогнозирование поведения финансовых активов портфеля, система нуждается в следующих данных:

- массив значений цен открытия A , размер которого $[M, N]$, где M – количество активов ($i := 1..M$), N – количество часовых моментов ($j := 1..N$).

Следует отметить, что содержание массива динамическое и меняется с наступлением следующего момента времени $j := j + 1$. То есть первое значение отдалается, а в конец строки массива записывается новое значение цены открытия на j -тый момент времени. Результаты прогнозирования представляются в виде массива данных P размера $[M, N]$.

В ходе прогнозирования рассчитываются следующие величины, которые будут необходимы на следующем этапе принятия решения:

1. Математическое ожидание $m_predict_i$:

$$m_predict_i = \sum_{j=1}^N \frac{P_{i,j}}{N}, \quad (2)$$

где $P_{i,j}$ – прогнозируемое значение цены открытия P_i в j -й момент времени, $j := 1..N$;
 N – количество цен открытия для актива P_i .

2. Среднеквадратическое отклонение для реального и прогнозируемого значения σ_i и $\sigma_predict_i$:

$$\sigma_i = \sqrt{V_i} \text{ и } \sigma_predict_i = \sqrt{V_predict_i}, \quad (3)$$

где $V_predict_i = \sum_{j=1}^N \frac{(m_predict_i - P_{i,j})^2}{N}$ – дисперсия прогнозируемого значения актива P_i ;

$$V_i = \sum_{j=1}^N \frac{(m_i - A_{i,j})^2}{N} \text{ – дисперсия реального значения актива } A_i.$$

Получение прогнозируемых данных осуществляется с помощью алгоритма, который представлен в работах [4, 5]. Кроме того в работе приведена методика разработки шкалы оценивания результатов, в соответствии с которой система генерирует решение.

2. Этап принятия решения

После получения результатов прогнозирования система проверяет условия и вырабатывает соответствующее решение. Для этого каждый актив представляется в виде вектора-записи V_i (Symbol, Price, Type, Qty), который состоит из следующих элементов:

- Symbol – название актива;
- Price – текущая цена открытия актива;
- Type – тип позиции для актива, который может принимать два значения: long – длинная позиция и short – короткая позиция;
- Qty – количество данного актива;
- OpenTime – время открытия позиции;
- CloseTime – время закрытия позиции;

Кроме того необходимо определить переменную *Instrument_Righ_Limit*, которая будет описывать уровень частицы актива в портфеле. Обычно это значение равно 5%. А переменная *Total_Porfolio_Value* будет представлять суммарную стоимость активов в портфеле.

Шаг 1. Установить счетчик количества активов в портфеле: $i := 1, i := 1..M$. Определить переменные *Instrument_Righ_Limit* и *Total_Porfolio_Value*:

$$\text{Instrument_Righ_Limit} := 5\%$$

$$\text{Total_Portfolio_Value} := \sum_{i=1}^M V.Qty_i * V.Price_i. \quad (4)$$

Шаг 2. Проверяем условие:

если $P.Price_{i,N} < V.Price_{i,N}$, то переходим на следующий шаг 3;

если $P.Price_{i,N} > V.Price_{i,N}$, переходим на шаг 4.

Шаг 3. Проверяем следующие условия и принимаем соответствующее решение:

- If $\sigma_i > (m_predict_i - \sigma_predict_i / 2)$ AND $\sigma < (m_predict_i + \sigma_predict_i / 2)$, тогда

If $V.Type_i = long$, то $V.Qty_i = V.Qty_i - \Delta Qty$ and

if $V.Qty_i \leq 0$, то $V.CloseTime_i = current_time$;

- If $V.Type_i = short$ and $V.Qty_i + \Delta Qty < Instrument_Righ_Limit$ and $V.Price_i * V.Qty_i < Total_Portfolio_Value$, тогда

$$V.Qty_i = V.Qty_i + \Delta Qty \quad \text{and}$$

$V.OpenTime_i = current_time$;

- If $\sigma_i > (m_predict_i + \sigma_predict_i / 2) AND \sigma < (m_predict_i + \sigma_predict_i)$
OR $\sigma_i > (m_predict_i - \sigma_predict_i) AND \sigma_i < (m_predict_i - \sigma_predict_i / 2)$, тогда

If $V.Type_i = long$, тогда запись V_i не изменяется;

If $V.Type_i = short$, тогда запись V_i не изменяется;

- If $\sigma_i > (m_predict_i + \sigma_predict_i)$ OR $\sigma_i < (m_predict_i - \sigma_predict_i)$, тогда

If $V.Type_i = long$ and $V.Qty_i + \Delta Qty < Instrument_Righ_Limit$ and

$V.Price_i * V.Qty_i < Total_Portfolio_Value$, тогда

$$V.Qty_i = V.Qty_i + \Delta Qty \quad \text{and}$$

$V.OpenTime_i = current_time$

If $V.Type_i = short$, тогда $V.Qty_i = V.Qty_i - \Delta Qty$ and

if $V.Qty_i \leq 0$, тогда $V.CloseTime_i = current_time$;

Шаг 4. Проверяем следующие условия и принимаем соответствующее решение:

- If $\sigma_i > (m_predict_i - \sigma_predict_i / 2) AND \sigma < (m_predict_i + \sigma_predict_i / 2)$, тогда

If $V.Type_i = long$ and $V.Qty_i + \Delta Qty < Instrument_Righ_Limit$ and

$V.Price_i * V.Qty_i < Total_Portfolio_Value$, тогда

$$V.Qty_i = V.Qty_i + \Delta Qty \quad \text{and}$$

$V.OpenTime_i = current_time$

If $V.Type_i = short$, то $V.Qty_i = V.Qty_i - \Delta Qty$ and

if $V.Qty_i \leq 0$, то $V.CloseTime_i = current_time$;

- If $\sigma_i > (m_predict_i + \sigma_predict_i / 2) AND \sigma < (m_predict_i + \sigma_predict_i)$
OR $\sigma_i > (m_predict_i - \sigma_predict_i) AND \sigma_i < (m_predict_i - \sigma_predict_i / 2)$, тогда

If $V.Type_i = long$, тогда запись V_i не изменяется;

If $V.Type_i = short$, тогда запись V_i не изменяется;

- If $\sigma_i > (m_predict_i + \sigma_predict_i)$ OR $\sigma_i < (m_predict_i - \sigma_predict_i)$, то

If $V.Type_i = long$, тогда $V.Qty_i = V.Qty_i - \Delta Qty$ and

if $V.Qty_i \leq 0$, то $V.CloseTime_i = current_time$

If $V.Type_i = short$, $V.Qty_i + \Delta Qty < Instrument_Righ_Limit$ and

$V.Price_i * V.Qty_i < Total_Portfolio_Value$, тогда

$$V.Qty_i = V.Qty_i + \Delta Qty \quad \text{and}$$

$V.OpenTime_i = current_time$;

Шаг 5. Установить счетчик количества активов $i := i + 1$, $i := 1..M$.

Шаг 6. Повторять шаги 2 – 5 до тех пор, пока $i > M$.

Для анализа и проверки эффективности прогнозирования и выработки экспертного решения системой на разных часовых промежутках были использованы часовые ряды на дату 02/01/2003. Данные взяты из Free Historical Futures Data, которые поставляются Turtle Trader Company. Работа системы проверялась на 15-минутном, 30-минутном и 45-минутном промежутках. В качестве критерия эффективности прогнозирования системой было избрано

количество успешно спрогнозированных случаев, которые по шкале оценки в соответствии со значением среднеквадратического отклонения получили сигнал типа «Strong» (на случаи «Покупать» и «Продавать») и сигнал типа «Not Strong» и «Weak» (на случай «Ожидать»).

Данные, полученные в результате работы системы на трех избранных часовых промежутках, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты прогнозирования на разных временных промежутках

Временной промежуток, мин	Количество успешно спрогнозированных случаев	Количество решений «Покупать»	Количество решений «Продавать»	Количество решений «Ожидать»
15-минутный	67	20	5	42
30-минутный	63	12	4	47
45-минутный	60	11	4	46

Проанализировав результаты прогнозирования на разных часовых промежутках и принимая во внимание количество «успешных» случаев, можно сделать вывод, что наилучшие результаты экспертная система показала на 15-минутном интервале прогнозирования.

Выводы

Разработан алгоритм принятия решения экспертной системой на основе результатов прогнозирования с использованием нелинейных GARCH-методов. Для этого была представлена математическая модель, приведен пошаговый описательный алгоритм, в соответствии с которым система вырабатывает решение и осуществляет финансовые операции. Авторы проводят настройку системы на разных часовых промежутках, анализируют значение полученных прибылей, в результате чего доказывают, что наибольшая эффективность работы системы наблюдается на коротких временных промежутках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. П. Цыплаков Модели ARCH. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 396 с.
2. Л. А. Дмитриева, Ю. А. Куперин, И.В.Сорока. Методы и теории сложных систем в экономике и финансах // Экономика и математические методы. – 2002. – Т. 28, вып. 5 – 6. – С. 794 – 801.
3. Franses P. H., Time series models for business and economic forecasting, Cambridge University Press, 1998, – 280 p.
4. Р. Н. Кветный, В. В. Кабачий, В. Ю. Коцюбинский, Л. Н. Кислица Оптимизация модели для принятия решений с использованием GARCH-методов // Информационные технологии и компьютерная инженерия. – Вып. 6. – Винница. – 2007 – С. 122 – 127.
5. Р. Н. Кветный, В. Ю. Коцюбинский, Л. Н. Кислица. Автоматизированная система для принятия экспертных решений с использованием GARCH-моделей // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 1. – Днепропетровск, 2008. – С. 102 – 107.

Кветный Роман Наумович – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой автоматике и измерительной техники, тел.: (0432) 598243.

Коцюбинский Владимир Юрьевич – к. т. н, доцент кафедры автоматике и измерительной техники, тел.: (0432) 598243.

Кислица Людмила Николаевна – магистр, ассистент кафедры автоматике и измерительной техники, e-mail: lus83@mail.ru, тел.: (0432) 598243.
Винницкий национальный технический университет.