

РАЗРАБОТКА МНОГОФАКТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Иванюк В.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Ivaver6@gmail.com

Цвиркун А.Д.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

tsvirkun@ipu.ru

Целью данной работы является построение инновационной, самообучающейся вычислительной системы для комбинированного многофакторного анализа и прогнозирования с использованием косвенных данных и учетом явлений, влияющих на исследуемый показатель.

На сегодняшний день существует масса областей экономики требующих высококачественного анализа и максимально возможного прогнозирования. Основной проблемой здесь является то, что на экономическое состояние того или иного объекта (субъекта) влияет масса различных факторов, причем, достаточно часто, это влияние опосредовано. Поскольку при анализе только экономических факторов зачастую противоречивых, малодостоверных, а иногда и заведомо ложных, например теневая экономика, появляются низкокачественные результаты и прогнозы, то для получения более достоверных результатов и аналитических заключений необходимо использовать для анализа данные которые влияют косвенно, либо прямо на объект исследования. Несомненно, такие данные зачастую не являются официальными и часто зашумлены побочной информацией, однако анализ именно этих данных может привести к более достоверному отображению экономической ситуации и порождению прогноза с достаточно высокой вероятностью.

Рассмотрим идеальную экономическую систему основными критериями такой системы будут

1. Взаимное влияние экономических факторов;
2. Временная задержка этого влияния;
3. Ограниченность значений факторов, их пределы.

В экономике как правило на какой-либо фактор влияет ряд других. В зависимости от важности влияющих факторов, находится и степень их влияния. Например: основные факторы, формирующие цену на хлеб это: стоимость зерна и электроэнергия. Однако наиболее важным является фактор государственного регулирования цены. Поскольку время проведения элементарной экономической операции конечно, то существует явная задержка взаимного влияния фактора.

Ограниченность значений факторов связана с общей ограниченностью оборотных средств и общей ограниченностью резервов и ресурсов.

Для прогнозирования идеальной экономической системы ее материальная модель должна соответствовать указанным выше свойствам: учитывать распределенное во времени взаимное влияние факторов и быть ограниченной. В идеальной экономической системе исследуемый или прогнозируемый экономический фактор можно рассматривать как функцию, являющуюся совокупностью факторов с учетом коэффициентов их влияний.

$$f(\text{э.п.}) = k_1 \cdot f_1(\text{эп}) + k_2 f_2(\text{эп}_2)$$

Учитывая, что экономический процесс обладает таким свойством, как инерционность, можно достаточно точно предсказывать его течения в том случае, если определены факторы влияющие на процесс и обладающие свойством опережения.

$$f(\text{эп}_{t_1}) = k_1 f_1(\text{эп}_{1t_0}) + k_2 f_2(\text{эп}_{2t_0}) + \dots$$

где k – это коэффициент влияния фактора t_0 , который предшествует t_1 . При прогнозировании основной задачей является поиск опережающих процессов и определение весомости и способа их влияния на прогнозируемый показатель. В идеале экономическую систему можно представить как сложную автоколебательную модель с рядом независимых

внешних параметров. Если бы система была идеальной, ее можно было бы представить в виде гармонического ряда с зависимостью от некоторых внешних факторов.

Однако современным экономическим показателем присущ ряд свойств, не характерных в общем для статистических данных (например, отсутствие четкой статистической устойчивости, а также большая зашумленность).

Если бы прогнозируемый процесс был идеальным и зависел исключительно от учтенных нами факторов, то исследовав его зависимости, мы бы получили систему прогнозирования с очень высоким качеством прогноза, однако на деле мы имеем ситуацию, когда по политико-экономическим мотивам могут изменяться, как значимость влияющих на процесс факторов, так и само их существование, при этом мотивы принятия политических решений основываются, как правило, на закрытой информации. Отметим наиболее часто встречающиеся ошибки при построении экономических прогнозов.

1. Представление исследуемого экономического фактора как функции одной переменной обычно по времени, данная модель весьма далека от реальной, поскольку не учитывает другие показатели.

2. Использование в качестве прогноза аппроксимации функции, не имеющей ограничений по y . Полиномы и степенные функции не применимы при прогнозировании несмотря на то, что достижимая ими аппроксимация очень высока.

3. Представление функции в виде гармонического ряда или совокупности гармонических функций. Поскольку при влиянии внешних факторов произойдет полное смещение основных волн и гармоник, хотя в фактическом прогнозе следует учитывать гармоничность.

Следуя из вышесказанного для создания эффективной системы прогнозирования необходимо помнить основные требования к ней:

1. Система должна быть ограниченной, хотя бы в рамках \min и \max возможных естественных значений.

2. Она должна учитывать существующие колебательные процессы (время суток, дни недели, праздники).

3. Она должна учитывать влияние факторов, опережающих исследуемый экономический показатель.

4. Она должна быть дообучаемой или переобучаемой при изменении внешних общественно-политических факторов.

Такая система должна приводить экономический показатель к виду совокупности или суперпозиции, опережающих и внешних влияющих факторов.

Вероятно, задача выбора подходящего решения вывода уравнения прогноза является NP – полной задачей и может быть решена при помощи стандартных алгоритмов NP полных задач (пример генетический алгоритм или метод полного перебора).

В разработанной системе применен метод анализа и прогнозирования данных на основе генетического алгоритма. Система в отличие от аналогов может выдавать экономическую оценку и прогнозы с более высокой точностью. Рассмотрим основные структурные элементы системы (Рис.1)

Одним из основополагающих элементов системы является блок статистического прогноза и самообучения. В данном блоке реализованы следующие статистические методы прогнозирования:

1. Линейное прогнозирование.

2. Совокупное линейное прогнозирование.

2. Прогнозирование методом исторических аналогий.

3. Прогнозирование на основе корреляционно-регрессионного анализа.

К классическим методам относят линейное прогнозирование, его достоинство заключается в простоте и скорости прогнозирования, а также в том, что он хорошо отражает в прогнозе именно текущие тенденции изменения экономической ситуации.

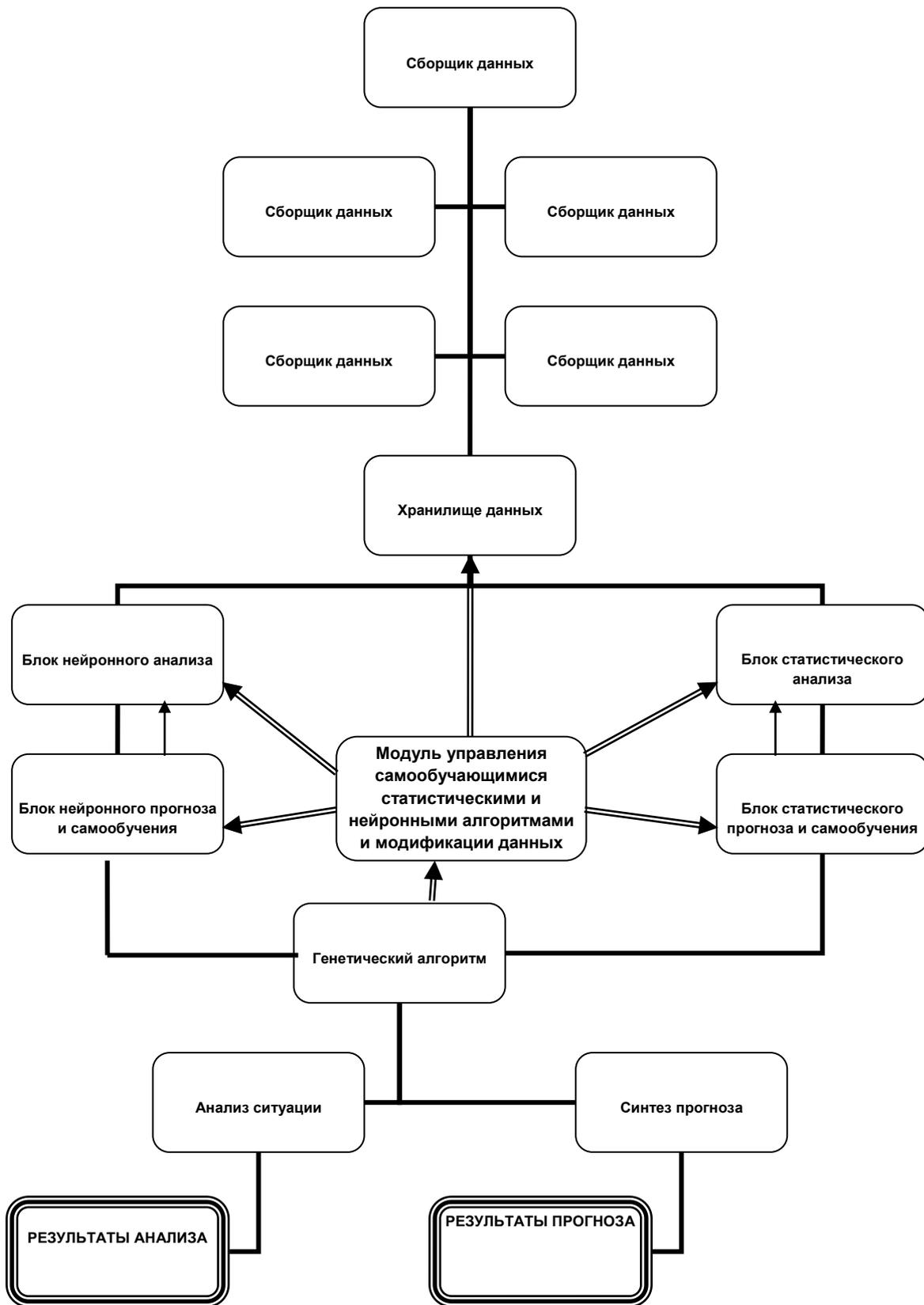


Рис.1 Основные структурные элементы системы

Метод исторических аналогий в отличие от линейного метода требует значительно большего количества вычислений, однако при обширной набранной статистике дает результаты, более высокого качества и при правильном подходе способен отражать как текущие, так и глобальные тенденции развития экономической ситуации. Методы прогнозирования на основе КРА (корреляционно-регрессионного анализа) требуют большего количества статистических данных и прежде всего наличие дополнительных статистических выборок за такой же период времени, данных факторов, оказывающих возможное влияние на прогнозируемую выборку.

Следующим элементом интеллектуальной системы прогнозирования является блок нейронного прогноза и самообучения.

Рассмотрим два основных метода подбора коэффициентов в нейронных сетях, которые заложены в программу. Поскольку сам процесс подбора коэффициентов называют обучением сети, эти методы называются: а) обучение по Хопфилду, б) обучение методом обратного распространения ошибки. При этом обучение по методу Хопфилда является стохастическим методом весьма медленным по своей сути в то время, как обратное распространение ошибки является реализацией метода последовательного приближения и несмотря на высокую скорость обучения дает застревание в локальный оптимум. На практике используют смешанный вид обучения в которой сеть несколько циклов подряд обучается по методу Хопфилда, потом несколько циклов подряд по методу ОРО (обратное распространение ошибки). Соотношение циклов обучения по методу Хопфилда и методу ОРО влияет на скорость обучения и риск застревания. Чем больше циклов обучения по методу Хопфилда, тем ниже риск, но больше время работы программы, чем больше циклов обучения по ОРО тем больше риск, но быстрее. Оптимальным считается соотношение 1: 4. 1 цикл ОРО на 4 цикла по Хопфилду. Алгоритм обучения нейронной сети по методу Хопфилда (рис.2).

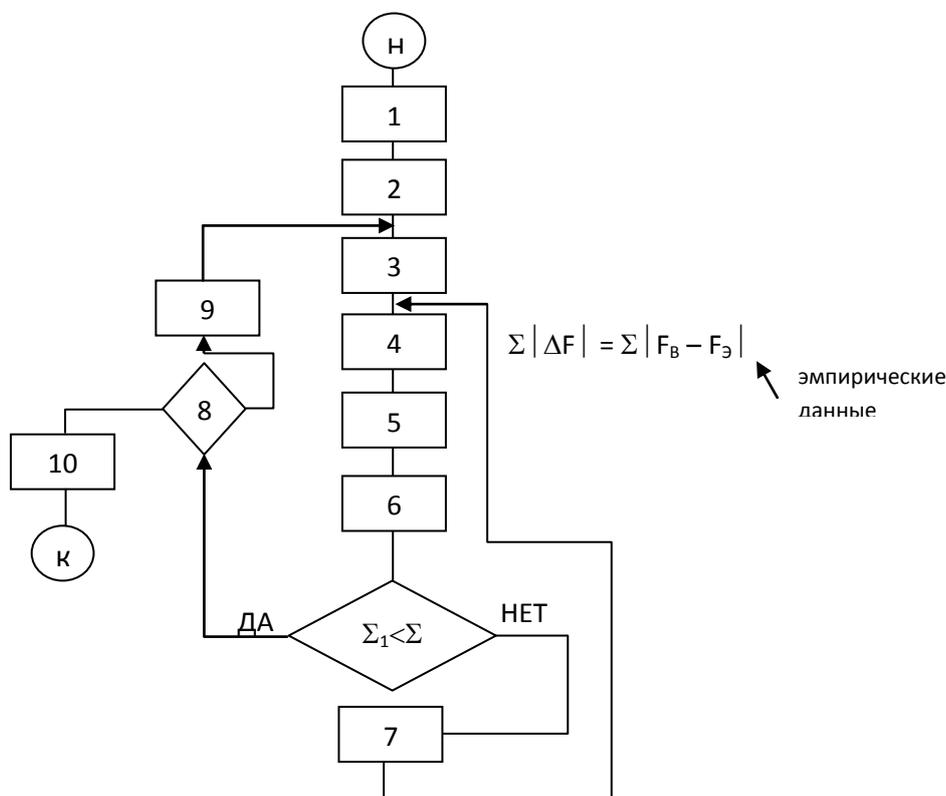


Рис.2 Блок схема

Пункт 1.– Вводим эмпирические данные. Пункт 2.– Присваиваем случайные коэффициенты $a_1...a_n$, $k_1...k_n$. Пункт 3. – Запоминаем текущие коэффициенты нейронной сети. Пункт 4. – Подставляем значения аргументов в функцию для всех эмпирических данных и рассчитываем сумму разницы в получившемся результате. Пункт 5,6. – Для всех эмпирических данных случайным образом изменяем случайно выбранный коэффициент. Пункт 7. – Восстанавливаем заполненные коэффициенты нейронной сети. Пункт 8. – Проверяем не достиг ли счетчик числовых значений. Пункт 9. – Увеличиваем циклы. Пункт 10. – Выводим результат. Очевидно, что этот алгоритм не имеет выраженного конца. Обычно при обучении по Хопфилду в качестве ограничения ставят время или количество циклов обучения. Следует иметь в виду, что чем дольше будет идти процесс, тем точнее будет аппроксимация.

Второй метод обучения нейронной сети, заложенный в программу - метод обратного распространения ошибки. Он является самым быстрым методом подбора коэффициентов, его недостатком является то, что достигнув локального минимума ошибки он не может выйти из него. Принцип обратного распространения ошибки (ОРО) основан на том, что в совокупную ошибку сети каждый из входов вносит свой вклад в зависимости от коэффициента влияния. В простейшем случае при обучении нейронной сети зная величину ошибки ($F_{\text{сети}} - F_m$) дифференцируют необходимое уменьшение или увеличение значений x пропорционально их коэффициентам после чего соответственно изменяют коэффициенты.

Следующим элементом интеллектуальной системы прогнозирования является генетический алгоритм. Генетический алгоритм - это алгоритм специально разработанный для решения для задач, сущность которых заключается в нахождении оптимума (оптимизационной) функции по более чем одному фактору. Или иначе говоря – алгоритм, предназначенный для оптимизации функций нескольких переменных. Следует иметь в виду, что ряд функции нескольких переменных может иметь более одного оптимума, то есть содержать несколько экстремумов, – иначе множество решений. Задачи оптимизации подобного рода функций могут быть решены при помощи двух подходов: 1 подход. Метод полного перебора значений функций для всех возможных существующих или допустимых значений аргументов. Данный метод применим за ограниченное количество времени исключительно за пределами множества рациональных чисел. 2 подход. Применим на множестве рациональных чисел. Заключается в ограниченном количестве сравнений, значений функций для случайной выборки аргументов и по сути своей является стохастическим. При этом чем больше выборка аргументов, тем более высока вероятность нахождения правильного решения (или искомого оптимума). Данный метод был усовершенствован Холландом в 1975 г. по аналогии с эволюционными процессами, происходящими в природе, и стал известен как генетический алгоритм. Основной задачей модификации данного метода явилось увеличение репрезентативности (точности) случайной выборки аргументов в областях возможных оптимумов с целью увеличения точности вычислений. Результатом явился метод, заключающийся в том, что чем ближе к оптимуму функции находятся значения случайной выборки аргументов, тем больше последующих случайных выборок производятся в их окрестности. Достоинства генетического алгоритма: 1) Высокая скорость нахождения решения в сравнении с другими стохастическими методами; 2) Достаточно низкая вероятность нахождения неверного решения (западание в локальный оптимум); 3) Четкая ограниченность точности по времени в зависимости от необходимой точности вычислений.

Генетический алгоритм в интеллектуальной системе прогнозирования MultFinance нацелен прежде всего на уборку мусора в данных и на выявление наиболее жизнеспособных особей среди данных, функций и методов анализа. В зависимости от жизнеспособности (вероятности достоверного прогноза) особи, на её обработку будет выделяться большее количество ресурсов (процессорного времени), что позволит оптимизировать и ускорить вычисления в системе, и соответственно, получить наиболее достоверный прогноз и более точные результаты анализа.

На рис.3 представлена разработанная система прогнозирования MultFinance. Введем значения акций девяти энергетических компаний. Проведем прогноз для первого ряда (акции Газпрома).

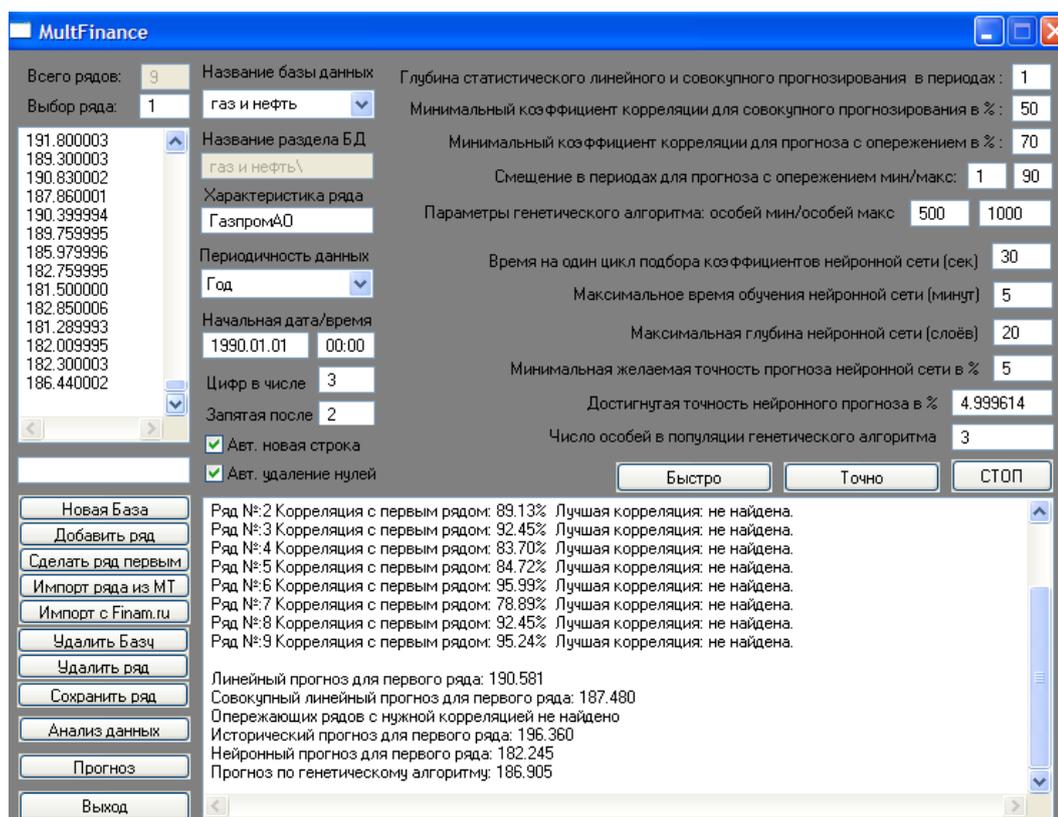


Рис.3 Интеллектуальная система прогнозирования MultFinance

Данный прогноз был осуществлен на базе однофакторных и многофакторных методов прогнозирования, которые заложены в систему. Генетический алгоритм позволяет дать наиболее точный результат.

Таким образом в результате применения инновационного подхода к задачам прогнозирования была разработана интеллектуальная система на основе методов искусственного интеллекта и статистики, позволяющая получать достоверный прогноз.

Список литературы

1. Иванюк В.А. Разработка инновационных систем прогнозирования для решения сложных экономических задач / Изв. ВолгГТУ. Серия "Актуальные проблемы реформирования российской экономики (теория, практика, перспектива)". Вып.10: межвуз. Сб. науч. Ст.- Волгоград, 2010.-№ 13.- С.153-157
2. Иванюк В.А., Егорова И.Е. Разработка программной реализации генетического алгоритма для решения задач многомерной оптимизации / Изв. ВолгГТУ. Серия "Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах". Вып. 9: межвуз.сб. науч. Ст.- Волгоград, 2010.- №11.- С .23-25