

С. Н. Дворяткина

УДК 378.147

<https://orcid.org/0000-0001-7823-7751>

Математическое моделирование финансово-экономических процессов как средство формирования вероятностного стиля мышления

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-313-20002

Для цитирования: Дворяткина С. Н. Математическое моделирование финансово-экономических процессов как средство формирования вероятностного стиля мышления // Ярославский педагогический вестник. 2020. № 2 (113). С. 59-66. DOI 10.20323/1813-145X-2020-2-113-59-66

В статье рассмотрены возможности применения математического моделирования в качестве эффективного средства формирования вероятностного стиля мышления (ВСМ) будущих специалистов в области прикладной математики. В настоящее время математика дает множество возможностей для анализа и прогноза финансовых процессов в условиях неопределенности. Обучение анализу финансово-экономических состояний и построению сценариев развития событий (курсов валют, акций и др.) с применением методов математического моделирования позволяет сформировать не только общепрофессиональные компетенции, но и универсальные – способность осуществлять поиск и критический анализ информации, прогнозировать и принимать решения в условиях неопределенности, изменчивости и противоречивости контекста. Данные способности трактуются как наличие у специалиста ВСМ. Проблема исследования состоит в поиске теоретико-методических положений и дидактических механизмов развития ВСМ в контексте интеграции методов математического моделирования, цифровых технологий и современной экономической теории для совершенствования профессиональной подготовки будущих специалистов в области прикладной математики.

В основной части статьи дано теоретическое обоснование интеграции математических, информационных и экономических знаний в процессе развития ВСМ на этапе вузовской подготовки будущего специалиста в области прикладной математики. Представлены дидактические инструменты развития ВСМ – интегративные исследовательские задания из области будущей профессиональной деятельности с привлечением метода математического моделирования. Определена роль методики обучения математическому моделированию в развитии ВСМ, представлены возможности ее совершенствования через конструктивный синтез междисциплинарного знания, а также через адаптацию современных научных подходов и методов прогноза финансовых показателей в условиях неопределенности к процессу обучения (аппарат нечеткой логики, байесовские интеллектуальные технологии, нейронные сети, фрактальный подход и др.).

Результаты исследования обладают новизной и практической значимы, так как позволяют создать условия интегративной образовательной среды, способной сформировать ВСМ, соответствующий современной научной парадигме.

Ключевые слова: профессиональное образование, вероятностный стиль мышления, математическое моделирование, финансово-экономические исследовательские задания.

S. N. Dvoryatkina

Mathematical modeling of financial and economic processes as a means of forming a probable thinking style of future specialists in the field of applied mathematics

The article discusses the possibilities of using mathematical modeling as an effective means of forming a probabilistic style of thinking (PST) of future specialists in the field of applied mathematics. Currently, mathematics provides many opportunities for analysis and forecasting of financial processes in the face of uncertainty. Learning to analyze financial and economic conditions and build scenarios for the development of events (for example: the exchange rate, stock prices, etc.) using mathematical modeling methods allows you to create not only general professional competencies, but also universal ones – the ability to search and critically analyze information, the ability to predict and to decision making under conditions of uncertainty, variability and inconsistency of context. These abilities are interpreted as the presence of a probabilistic style of thinking in a specialist. The research problem consists in searching for theoretical and methodological principles and didactic mechanisms for the development of a probabilistic style of thinking in the context of integrating methods of mathematical modeling, digital technologies and modern economic theory to improve the professional training of future specialists in the field of applied mathematics.

The main part of the article gives theoretical justification for the integration of mathematical, informational and economic knowledge in the process of developing a probabilistic style of thinking at the stage of university training of a future specialist in the field of applied mathematics. Didactic tools for the development of a probabilistic style of thinking are presented – integrative research tasks from the field of future professional activity involving the method of mathematical modeling. The role of teaching methods of mathematical modeling in the development of a probabilistic style of thinking is determined, the possibilities of its improvement through the constructive synthesis of interdisciplinary knowledge, through the adaptation of modern scientific approaches and methods for predicting financial indicators in the face of uncertainty to the learning process (fuzzy logic apparatus, Bayesian intelligent technologies, neural networks, fractal approach, etc.).

The research results are novel and practically significant, since they make it possible to create conditions for an integrative educational environment that can form a probabilistic style of thinking that corresponds to the modern scientific paradigm.

Keywords: professional education, probabilistic style of thinking, mathematical modeling, financial and economic research tasks.

Введение

Организационно-управленческие решения в сложных случаях неполных исходных данных, касающиеся бизнеса, промышленности, финансов, здравоохранения, законодательства, принимаются с использованием вероятностных рассуждений, которые являются проявлением особого стиля мышления современного специалиста – вероятностного. Его особенности – прогностичность, критичность, нелинейность, способность порождать нешаблонные идеи, гибкость, творческая активность, междисциплинарность знаний, умение применять эти знания в ситуации неопределенности и нарастающего разнообразия, действия случайных факторов. При этом именно математическим дисциплинам должна отводиться ведущая роль в формировании у студентов вероятностного стиля мышления (ВСМ), который адекватен случайной природе протекающих в мире процессов, а также предполагает разрушение многих стереотипов – отказ от детерминированного поведения, исключающего вариативность, от негативного отношения к случайному.

Ранее были раскрыты сущность и содержание понятия ВСМ, под которым рассматривалась «индивидуальная система интеллектуальных стратегий, способов, приемов, принципов, форм, идей вероятностно-статистического описания и познания закономерностей окружающего мира, обеспечивающая сочетание модальностей восприятия и первичного усвоения учебного материала; взаимодействие логического и интуитивного типов мышления; интеграцию логических и вероятностных форм мышления; качественное обогащение мыслительных операций через формирование системных знаний» [Дворяткина, 2013; Дворяткина, 2019]. С учетом цифровизации образования, данный феномен был переосмыслен и уточнен [Добрин, 2019]. Осознание ВСМ в качестве эталона профессионального мышления реализует новые требования, предъявляемые к современным спе-

циалистам в структуре универсальных и профессиональных компетенций.

Практически во всех областях профессиональной деятельности специалистам необходим ВСМ. Поэтому важно уделять должное внимание его дальнейшему развитию в процессе обучения математике по большинству направлениям подготовки, поиску эффективных методов и средств обеспечения вероятностной грамотности в отношении рисков, необходимой для принятия оптимальных решений в меняющемся и неопределенном мире.

Одной из возможных сфер деятельности бакалавров по направлению «Прикладная математика и информатика», направленность – Компьютерное моделирование экономических процессов, – финансовый сектор экономики. Например, профессия финансового аналитика – молодая и самая востребованная не только в России, но и во всем мире. Основная задача данных специалистов состоит в анализе ценных бумаг. Однако, владея полной информацией о финансовом положении конкретной компании, аналитик всегда рискует, вкладывая средства в предприятие в данный момент. Случайными факторами могут служить макроэкономическая ситуация в целом (снижение или повышение евро и доллара, изменение стоимости ценных бумаг и т. п.), личные качества руководителя компании, отношения внутри коллектива на предприятии и т. п. Кроме того, в условиях стремительного изменения рынка ценных бумаг и обесценивания стратегий инвесторам необходимо остро «чувствовать» рынок, быстрее воспринимать его реакции, правильнее осмысливать их, скорее разрабатывать новые гениальные стратегии. Поэтому финансовым аналитикам необходима аналитическая мудрость и интуиция, то есть ВСМ.

Овладеть ВСМ – значит научиться мыслить на языке распределений, а не на языке чисел. Мышление начинается с анализа проблемной ситуации

и формулирования ее в виде задачи. Возникновение проблемы означает предварительное разделение данного (известного) и искомого (неизвестного), тем самым намечается будущее решение задачи, которое все более четко прогнозируется в процессе мышления. В этом смысле мышление представляет собой своего рода прогнозирование. В случае решения профессиональных задач из области финансов мы имеем дело с вероятностно-статистическим прогнозированием, то есть с предвосхищением будущего, основанным на вероятностной структуре прошлого опыта и информации о наличной ситуации. Это эволюционно сформировавшаяся способность человека предвидеть, как и с какой вероятностью изменится ситуация вслед за той, которая имеется в данный момент. Однако любые способности необходимо развивать, чтобы предвидеть сценарии будущего быстро и точно с наибольшей вероятностью.

Подготовка бакалавров по направлению «Прикладная математика и информатика» (направленность (профиль) Компьютерное моделирование экономических процессов) предполагает обучение анализу финансово-экономических состояний и построению будущих сценариев развития событий (курс валют, акций и др.) на основе современных методов математического моделирования. В условиях быстро меняющейся ситуации владение инструментом математического моделирования, объединяющим известные элементы экономической системы и связи между ними с еще не определенными элементами для анализа и прогноза экономических явлений, происходящих на рынках труда, капитала, денежном рынке и т. д., обеспечит формирование не только общепрофессиональных компетенций (способность применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности), но и универсальных – способность к прогнозированию и к принятию решения в условиях неопределенности, изменчивости и противоречивости контекста, то есть формированию ВСМ.

Материалы и методы исследования

Наиболее эффективное развитие ВСМ у студентов, изучающих прикладную математику с экономической профилизацией, возможно, прежде всего, в процессе интеграции математических, экономических и информационных знаний. Подобная синергия математического и экономического знания с использованием информационных технологий является методологической доминантой, способствующей созданию насыщенной информационно-образовательной среды обучения

для эффективного развития личности. Экспансия синергетических принципов и методов в различные науки эффективна тогда, когда требуется учитывать самоорганизацию и саморазвитие, интегральные характеристики и сложные конструкты [Буданов, 2018]. Применение методологии синергетики к процессу обучения обеспечит эффективное развитие ВСМ через самоорганизацию, саморазвитие и качественное изменение личности обучающегося в процессе решения сложных междисциплинарных проблем.

Одной из актуальных междисциплинарных проблем является изучение и анализ возможной финансовой динамики отдельных субъектов экономики и определение на перспективу оптимального распределения финансовых ресурсов, то есть финансовое прогнозирование. Для решения данной проблемы необходимо владение профессиональными компетенциями из различных разделов современной науки: математика (теория вероятностей и статистика, теория бифуркаций, теория игр, математическая оптимизация, фрактальная геометрия) [Тогте, 2011]; экономика (теория финансов, эконометрика) [Кремер, 2017]; физика (теория равновесия, теория динамических систем, теория хаоса, статистическая механика, физическая кинетика) [Харитоновна, 2007; Mantegna, 2000]; биология (адаптация, эволюция, экономический отбор) [Ormerod, 2011]; психология (финансовое поведение как основа принятия решений, чрезмерная уверенность, предрасположенность к чрезмерной реакции, когнитивная экономика) [Твид, 2002; Binmore, 2007; Kusev, 2013]; теория информации (энтропия динамических систем, информация).

Построение модели, посредством которой осуществляется прогнозирование финансово-экономических показателей, неразрывно связано с выбором математического аппарата моделирования. Изучение дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика» позволяет студентам получить представление о возможностях применения статистических методов для анализа и прогнозирования финансовых показателей. К классическим методам прогноза, которые изучаются в рамках программы, можно отнести следующие:

- методы прогнозной экстраполяции для изучения стохастической динамики изменения в предпрогнозном периоде и перенесения выявленных закономерностей на последующий период (метод скользящих средних; экспоненциального сглаживания (применение кривых временного роста – полиномы первого, второго, третьего порядка, экспоненты, кривая Гомперца, логи-

стическая кривая); метод наименьших квадратов и др.);

– регрессионный анализ, предназначенный для исследования формы связи случайных переменных исследуемого явления.

Построение экономико-математических моделей осуществляется на основе перечисленных методов прогноза.

В условиях становления цифровой экономики к финансовому прогнозированию сложных систем существенно повышаются требования, прежде всего, с точки зрения необходимости проведения многовариантных расчетов, повышения научного уровня и точности прогнозных оценок. Данная задача решается посредством применения цифровых технологий в моделировании и прогнозировании поведения экономических систем.

Совершенствуется и математический аппарат моделирования, который необходимо адаптировать к процессу обучения математике в вузе. Процесс адаптации современных достижений в математической науке, включая построение и анализ динамических моделей оценки перспектив развития экономики, следует рассматривать как процесс актуализации механизмов приспособления личности к изменениям внешней среды, к результатам познания и объективного понимания неясного, нечеткого, неопределенного в сущности исследуемого процесса или явления [Смирнов, 2019].

Перечислим некоторые новые методы анализа и прогнозирования финансовых показателей, технологии разработки прогностических моделей экономики, которые рекомендуется включать в содержание факультативных курсов и дисциплин, курсовых проектов и выпускных квалификационных работ, в учебно- и научно-исследовательские профессиональные задания.

Одним из передовых направлений развития методов математического моделирования является построение моделей на основе нечетких множеств (Fuzzy Logic) [Dymowa, 2011; Radoevich, 2008]. Не всегда представляется возможным построение формализованной математической модели, например, в связи с недостатком статистических данных. Иногда эта процедура становится неоправданно сложной ввиду большого количества значимых параметров моделируемого объекта. Как правило, в этих случаях применяют аппарат нечеткой логики. Именно такие модели, построенные на основе нечетких множеств, например, модели оптимизации рискованного портфеля государственных облигаций с применением функции полезности, позволяют компактно, в терминах предметной области, описать моделируемый объект.

Другим перспективным направлением совершенствования математического аппарата моделирования в условиях информационной неопределенности является методология байесовских интеллектуальных технологий (БИТ) для решения задач управления и прогноза [Прокопчина, 2015].

Следующим инструментом, применяемым при построении прогнозных моделей сценарных расчетов макроэкономических показателей, является марковский подход [Tretyak, 2013]. МС-модели или модели на базе марковских цепей при расчете своих показателей требуют меньших ресурсных затрат чем вероятностные. Наряду с этим, последние модели являются еще и более сложными. МС-модели характеризуются достаточно высоким уровнем точности прогнозирования и гибкости. Готовые модели на основе марковских цепей легко адаптировать относительно специфики работы фактически любого предприятия или организации.

Выбор исследователями нейронных сетей в качестве инструментального средства решения задачи прогнозирования динамики развития финансовых рынков обусловлен их уникальной способностью к аппроксимации нелинейных зависимостей. Впервые построение нейросетевых моделей кратковременного финансового прогнозирования было предпринято в начале 90-х годов прошлого столетия В. Ченгом, Л. Вагнером, А. Фадлалла и Ч. Лином [Cheng, 1996; Fadlalla, 2001]. Авторами были доказаны эффективность и возможность применения нового инструментария к краткосрочному прогнозированию высоколиквидного рынка ценных бумаг. Нейронная сеть – компьютерный алгоритм, построенный по принципу функционирования человеческого мозга с возможностью анализа и обработки неограниченного объема информации и обладающий способностью к обучению. Прогнозирование на основе НС включает следующие этапы: создание выборки финансовых показателей входных данных; построение нейронной модели (выбор структуры НС и алгоритма обучения); обучение НС; тестирование НС для определения качества прогнозирования. Структура НС может быть различной: многослойный перцептрон (multilayer perceptrons), сеть радиально-базисной функции (RBF-сеть), сети Кохонена, сети Хопфилда и Элмана. Важной особенностью применения НС в прогнозировании является то, что при их обучении (составлении обучающей выборки) должна быть заложена информация как о текущем состоянии, так и о прошлых наблюдениях. Авторами, использующими НС для финансового прогнозирования, установлено, что НС, в отличие от традиционных моде-

лей, повышают объективность прогноза на основе определения зависимости между входами и выходами в процессе обучения сети и учета большого количества переменных различной размерности [Карлина, 2017; Enyindah, 2016].

Большинство временных динамических рядов, к которым относятся и финансовые ряды, имеют самоподобную структуру. Эта особенность позволяет переосмыслить выбор методов прогнозирования. Уже сегодня биржевой терминал имеет в своем составе инструмент анализа, основанный на учете фрактальных конструктов, формирующихся при движении цены акции. Этот инструмент достаточно точно позволяет определять направление движения котировок, однако работает он с некоторым запаздыванием. Его использование на малых таймфреймах носит весьма ограниченный характер. С высокой степенью достоверности можно утверждать, что динамика развития как макро-, так и микроэкономики имеет циклический характер и сопровождается формированием характерных паттернов. При этом становится доступен аналитический прогноз с высокой вероятностью. Тем самым фрактальность исходно заложена в динамике экономических процессов. Фрактальные методы относятся к актуальным методам анализа и прогнозирования финансовых и экономических показателей.

Результаты исследования и дискуссия

Обзор существующих в методологии прогнозирования современных методов и подходов [Голосов, 2004] позволяет определить дидактические механизмы развития ВСМ на этапе вузовской подготовки будущего специалиста в области прикладной математики, содействующие совершенствованию профессиональной подготовки бакалавров, – исследовательские профессиональные задания с привлечением метода математического моделирования.

Процесс математического моделирования с целью прогноза экономических показателей можно разделить на шесть основных этапов [Кремер, 2017], которые коррелируют с развитием ВСМ через поэтапное обогащение его структуры, таксономии операций мышления (анализ, синтез, комбинирование, оценка, прогнозирование) [Дворятина, 2013]:

– *постановочный этап* состоит в постановке цели исследования, выборе участвующих в модели экономических переменных. Данный выбор осуществляется посредством качественного анализа с использованием прошлого опыта (интуиции) и теоретических знаний (логика);

– *априорный этап* заключается в анализе экономической сущности изучаемого объекта, в формализации априорной информации, осуществляемой на основе операции комбинирования известных знаний (интуитивно) и получения нового конструктивного знания (осознанно на основе логики);

– *этап параметризации* состоит в построении модели – математическом выражении обнаруженных связей и соотношений. Выбор вида модели, то есть оптимального метода решения проблемы спецификации модели, осуществляется посредством аналитического поиска, позволяющего выделять необходимые факты, свойства, признаки, с проявлением научной интуиции;

– *информационный этап* (сбор статистической информации – наблюдаемые значения финансово-экономических переменных) моделирования сопряжен с контрольной деятельностью обучаемых, предшествующей оценочной;

– *идентификация модели* заключается в статистическом анализе модели и оценке ее параметров с применением статистических методов (например, методы точечного и интервального оценивания, метод наименьших квадратов, метод моментов). Таким образом, на данном этапе доминирующей является оценочная деятельность – оценка оптимальных (наиболее эффективных) математических методов на основе критического анализа;

– *верификация модели* состоит в проверке ее истинности, адекватности реальному процессу. На данном этапе требуется прогноз, основанный на интуитивно-логическом анализе исследуемых явлений. Проверка полученных результатов позволяют судить о глубине понимания механизма прогнозирования и об уровне успешности профессионального становления личности будущего специалиста.

Способности моделировать финансовые процессы, прогнозировать с высокой вероятностью еще не состоявшиеся события, предвидеть их развитие продуктивнее формируются при постановке и решении интегративных исследовательских заданий. Исследовательское задание определяется как организованный комплекс поисковых действий и процедур (обоснование актуальности и формулирование проблемы, цели, гипотезы и постановки профессиональных задач; изучение теории, посвященной данной проблематике; подбор методов и методик исследования; сбор эмпирического материала, его анализ, обобщение и интерпретация; поиск технического решения проблемы; формулирование выводов). Исследовательские задания направлены на углубление теоретических

знаний и прикладных умений в области прогнозирования; разработку и реализацию на практике специальных способов и процедур применения различных методов в ходе конкретного прогнозного исследования; поиск эффективных методов прогнозирования и их алгоритмизацию и реализацию с использованием ИКТ.

Приведем пример исследовательского задания для малых групп (командная работа), реализованного в практике обучения студентов прикладной математике с экономической профилизацией.

Задание. Известны эмпирические данные по изменению курса котировок эмитентов Роснефти и Сбербанка с таймфреймом 1 час со 2 апреля по 30 апреля 2018 г. Осуществить анализ данного периода с целью выявления тенденции изменения котировок на последующий месяц. Прогнозировать произвести на основе метода математиче-

ского моделирования с применением статистических инструментов прогноза (метода скользящих средних, экспоненциального сглаживания и регрессионного анализа). Сравнить полученный результат с реальными данными.

Опустив сложные математические расчеты с применением метода регрессионного анализа и методов прогнозной экстраполяции, представим финальные результаты. Наиболее точный прогноз был получен на основе метода регрессионного анализа. Запишем найденные уравнения регрессии: $\hat{y} = 43267,75 - 0,28x$ и $\hat{y} = 43095,5 + 13,73x$. Коэффициенты детерминации соответственно равны $R^2 = 0,35$ и $R^2 = 0,77$, их значимость, как и значимость коэффициентов регрессии, подтверждается ($\alpha = 0,004 < 0,05$).

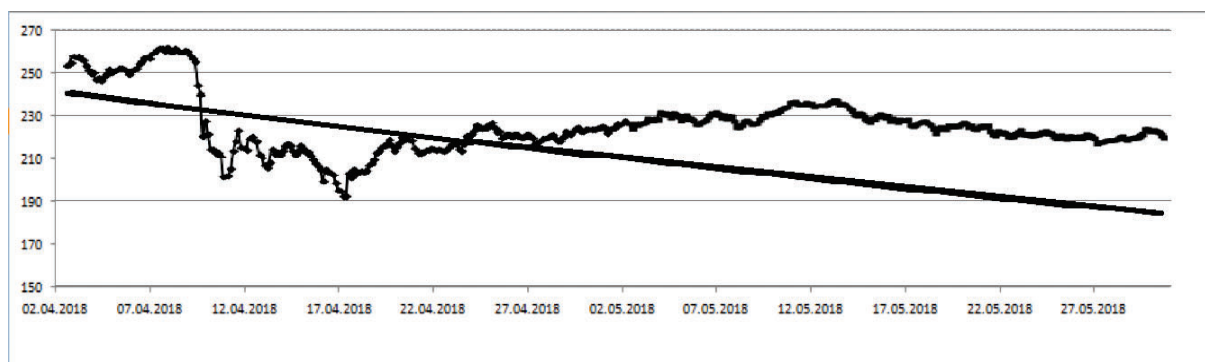


Рис. 1. Динамика изменения котировок акций Сбербанка на основе линейной регрессии

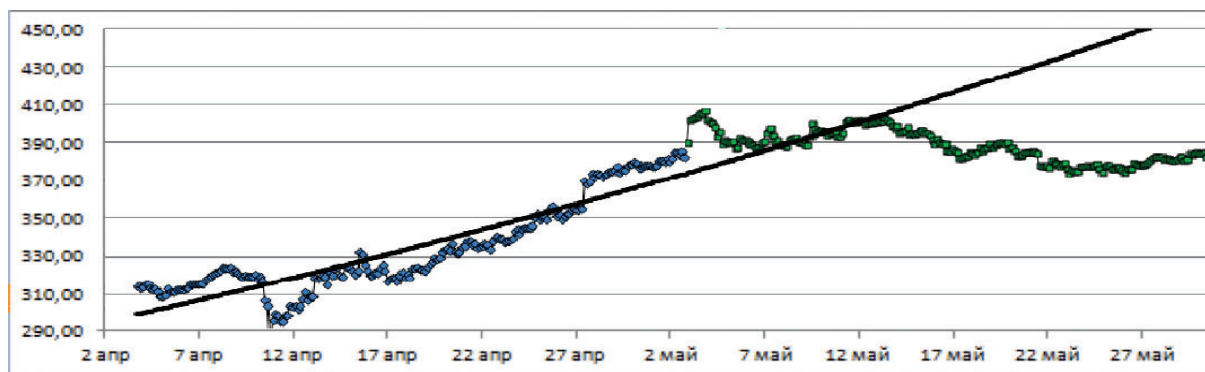


Рис. 2. Динамика изменения котировок акций Роснефти на основе линейной регрессии

И в первом и во втором случае при достаточно высокой месячной аппроксимации дальнейший теоретический прогноз не отвечает реальным данным (Рис. 1, 2), что послужило мотивом для дальнейшего исследования финансовых рядов и постановки новых научно-исследовательских заданий с расширением арсенала инструментально-математических средств моделирования – приме-

нением более точных и современных методов прогноза без запаздывания.

Заключение

В результате исследования были получены основные выводы:

1. Обучение особенностям математического моделирования, основанного на качественных и количественных методах прогноза финансовых показателей, способствует эффективному разви-

тию ВСМ. Во-первых, построению любой экономико-математической модели предшествует интуитивная фаза изучения явления с целью рассмотрения сложных проблем процесса моделирования. Во-вторых, результаты процесса моделирования представляют собой основу для последующего логического анализа и прогноза. Имеет место процесс объединения интуитивных методов прогноза с количественными при использовании математико-статистических процедур, в частности, регрессии, прогнозной экстраполяции и других современных методов.

2. Математическое моделирование, базирующееся на синергии прикладной математики, экономической теории и информационных технологий, позволило выделить три направления повышения качества математического образования и эффективного развития личности в направлении формирования ВСМ. Первое направление связано с необходимым расширением арсенала инструментально-математических средств моделирования уже на уровне профессиональной подготовки бакалавров прикладной математики (нейронные сети, нечеткая логика, байесовские интеллектуальные технологии, фрактальные методы). Второй путь совершенствования профессиональной подготовки в области экономико-математического моделирования – это непрерывное развитие самого субъекта моделирования в условиях интеграционных процессов. Чтобы поднять когнитивные процессы с интуитивного уровня на научно-исследовательский, необходимо актуализировать соответствующую научно-исследовательскую деятельность. Третье направление определяется необходимостью разработки принципиально нового содержания учебно- и научно-исследовательских заданий и способов использования в модели разнообразной исходной эмпирической информации об изучаемом реальном объекте с целью повышения мотивационного аспекта обучения.

Таким образом, самые успешные финансовые прогнозы и инвестиционные стратегии возникают благодаря обновленному стилю мышления, основы которого закладывает современное математическое образование.

Библиографический список

1. Буданов В. Г. Синергетическая парадигма и ее творцы // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2018. № 3. С. 56-72.
2. Голосов О. В. Тематический обзор по областям исследований научной специальности ВАК России 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики / О. В. Голосов, И. Н. Дрогобыцкий, Б. И. Герасимов, В. Н. Дякин. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 236 с.
3. Добрин А. В. Содержательные характеристики вероятностного стиля мышления: теоретические основы исследования / А. В. Добрин, А. М. Лопухин // Психология образования в поликультурном пространстве. 2019. № 2 (46). С. 32-48.
4. Дворяткина С. Н. Развитие вероятностного стиля мышления в процессе обучения математике: теория и практика. Москва : ИНФРА-М, 2013. 272 с.
5. Дворяткина С. Н. Роль системы дополнительно-го профессионального образования в развитии нового стиля мышления современного специалиста (на примере переподготовки учителя математики) / С. Н. Дворяткина, С. В. Щербатых // Психология образования в поликультурном пространстве. 2019. № 3 (47). С. 76-88.
6. Карлина Е. П. Моделирование тенденций развития социально-экономических систем на основе нейронных систем / Е. П. Карлина, Н. Ш. Епифанова, А. С. Фартушина, В. В. Дергунов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2017. № 4. С. 53-59.
7. Кремер Н. Ш. Эконометрика / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко. Москва : Юрайт, 2017. 354 с.
8. Прокопчина, С. В. Байесовские интеллектуальные технологии в экономике знаний // Экономика и управление: проблемы, решения. 2015. № 2. С. 34-39.
9. Смирнов Е. И. Управление школьным математическим образованием с синергетическим эффектом / Е. И. Смирнов, Т. В. Зыкова, С. А. Тихомиров // Перспективы науки и образования. 2019. № 1 (37). С. 190-202.
10. Твид Л. Психология финансов. Москва : ИК Аналитика, 2002. 376 с.
11. Харитонова В. В. Экономифика. Современная физика в поисках экономической теории / В. В. Харитонова, А. А. Ежова. Москва : МИФИ, 2007. 624 с.
12. Binmore K. Does Game Theory Work? / K. Binmore. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2007. 419 p.
13. Cheng W. Forecasting the 30-year US Treasury bond with a system of networks / W. Cheng, L. Wagner, C. Lin // Journal of Computational Intelligence in Finance. 1996. Vol. 4(1). Pp. 10-16.
14. Dymowa L. Applications of Modern Mathematics in Economics and Finance / L. Dymowa // Soft Computing in Economics and Finance. 2011. Vol. 6. Pp 7-39.
15. Enyindah P. A Neural Network Approach to Financial Forecasting / P. Enyindah, Onwuachu Uzochukwu C. // International Journal of Computer Applications. 2016. Vol. 135(8). Pp. 28-32.
16. Fadlalla A. An Analysis of the Applications of Neural Networks in Finance / A. Fadlalla, Chien-Hua Lin // Interfaces. 2001. Vol. 31(4). Pp. 112-122.
17. Kusev P. The cognitive economy: The probabilistic turn in psychology and human cognition / Petko Kusev, Paul van Schaik // Behavioral and Brain Sciences. 2013. Vol. 36(3). Pp. 294-295.

18. Mantegna R. N. An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance / R. N. Mantegna, H. E. Stanley. Cambridge : Cambridge University Press, 2000. 147 p.

19. Ormerod P. Butterfly Economics: A New General Theory of Social and Economic Behavior / P. Ormerod. New York: Faber & Faber, 2011. 240 p.

20. Radoevich G. Fuzzy Sets in Financial Analysis / Gordana Radoevich, Suknovich Milia // Journal of Decision Systems. 2008. Vol. 17. Pp 221-223.

21. Torre D. Fractals and Self-similarity in Economics: the Case of a Stochastic two-sector Growth Model / Davide la Torre, Simone Marsiglio, Fabio Privileggi // Image Anal Stereol. 2011. Vol. 30. Pp. 143-151.

22. Tretyak O. A. Customer flow: evaluating the long-term impact of marketing on value creation / O. A. Tretyak, I. A. Sloev // Journal of Business & Industrial Marketing. 2013. Vol. 28(3). Pp. 221-228.

Reference list

1. Budanov V. G. Sinergeticheskaja paradigma i ee tvorcy = Synergistic paradigm and its creators // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2018. № 3. S. 56-72.

2. Golosov O. V. Tematicheskij obzor po oblastjam issledovaniy nauchnoj special'nosti VAK Rossii 08.00.13 – Matematicheskie i instrumental'nye metody jekonomiki = Thematic review of research areas of scientific specialty of the Russian Academy of Sciences 08.00.13 – Mathematical and Instrumental Methods of Economics / O. V. Golosov, I. N. Drogobyskij, B. I. Gerasimov, V. N. Djakin. Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tehn. un-ta, 2004. 236 s.

3. Dobrin A. V. Soderzhatel'nye harakteristiki verojatnostnogo stilja myshlenija: teoreticheskie osnovy issledovaniya = Meaningful characteristics of probabilistic thinking style: theoretical basis of research / A. V. Dobrin, A. M. Lopuhin // Psihologija obrazovaniya v polikul'turnom prostranstve. 2019. № 2 (46). S. 32-48.

4. Dvorjatkina S. N. Razvitie verojatnostnogo stilja myshlenija v processe obucheniya matematike: teorija i praktika = Development of probabilistic style of thinking in the process of teaching mathematics: theory and practice. Moskva : INFRA-M, 2013. 272 s.

5. Dvorjatkina S. N. Rol' sistemy dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya v razvitii novogo stilja myshlenija sovremennogo specialista (na primere perepodgotovki uchitelja matematiki = Role of the system of additional professional education in the development of a new style of thinking of a modern specialist (on the example of retraining of a Mathematics teacher) / S. N. Dvorjatkina, S. V. Shherbatyh // Psihologija obrazovaniya v polikul'turnom prostranstve. 2019. № 3 (47). S. 76-88.

6. Karlina E. P. Modelirovanie tendencij razvitija social'no-jekonomicheskikh sistem na osnove nejronnyh sistem = Modelling trends in economic and social systems based on neural systems / E. P. Karlina, N. Sh. Epifanova, A. S. Fartushina, V. V. Dergunov // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Jekonomika. 2017. № 4. S. 53-59.

7. Kremer N. Sh. Jekonometrika = Econometrics / N. Sh. Kremer, B. A. Putko. Moskva : Jurajt, 2017. 354 s.

8. Prokopchina S. V. Bajesovskie intellektual'nye tehnologii v jekonomike znanij = Bayesian intelligent technologies in knowledge economy // Jekonomika i upravlenie: problemy, reshenija. 2015. № 2. S. 34-39.

9. Smirnov E. I. Upravlenie shkol'nym matematicheskim obrazovaniem s sinergeticheskim jeffektom = School mathematical education with a synergistic effect / E. I. Smirnov, T. V. Zykova, S. A. Tihomirov // Perspektivy nauki i obrazovaniya. 2019. № 1 (37). S. 190-202.

10. Tvid L. Psihologija finansov = Psychology of finance Moskva : IK Analitika, 2002. 376 c.

11. Haritonova V. V. Jekonomofizika. Sovremennaja fizika v poiskah jekonomicheskoy teorii = Econophysics. modern Physics in search of economic theory / V. V. Haritonova, A. A. Ezhova. Moskva : MIFI, 2007. 624 s.

12. Binmore K. Does Game Theory Work? / K. Binmore. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2007. 419 p.

13. Sheng W. Forecasting the 30-year US Treasury bond with a system of networks / W. Sheng, L. Wagner, C. Lin // Journal of Computational Intelligence in Finance. 1996. Vol. 4(1). Pp. 10-16.

14. Dymowa L. Applications of Modern Mathematics in Economics and Finance / L. Dymowa // Soft Computing in Economics and Finance. 2011. Vol. 6. Pp 7-39.

15. Enyindah P. A Neural Network Approach to Financial Forecasting / P. Enyindah, Onwuachu Uzochukwu C. // International Journal of Computer Applications. 2016. Vol. 135(8). Pp. 28-32.

16. Fadlalla A. An Analysis of the Applications of Neural Networks in Finance / A. Fadlalla, Chien-Hua Lin // Interfaces. 2001. Vol. 31(4). Pp. 112-122.

17. Kusev P. The cognitive economy: The probabilistic turn in psychology and human cognition / Petko Kusev, Paul van Schaik // Behavioral and Brain Sciences. 2013. Vol. 36(3). Pp. 294-295.

18. Mantegna R. N. An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance / R. N. Mantegna, H. E. Stanley. Cambridge : Cambridge University Press, 2000. 147 p.

19. Ormerod P. Butterfly Economics: A New General Theory of Social and Economic Behavior / P. Ormerod. New York: Faber & Faber, 2011. 240 p.

20. Radoevich G. Fuzzy Sets in Financial Analysis / Gordana Radoevich, Suknovich Milia // Journal of Decision Systems. 2008. Vol. 17. Pp 221-223.

21. Torre D. Fractals and Self-similarity in Economics: the Case of a Stochastic two-sector Growth Model / Davide la Torre, Simone Marsiglio, Fabio Privileggi // Image Anal Stereol. 2011. Vol. 30. Pp. 143-151.

22. Tretyak O. A. Customer flow: evaluating the long-term impact of marketing on value creation / O. A. Tretyak, I. A. Sloev // Journal of Business & Industrial Marketing. 2013. Vol. 28(3). Pp. 221-228.