



УДК 336.761.6+519.816
JEL Classification: C58

Герман Шуклін

ДВНЗ «Київський Національний економічний університет імені Вадима
Гетьмана»,
проспект Перемоги, 54/1, Київ, 03680, Україна
e-mail: mathacadem-kiev@ukr.net
старший викладач кафедри вищої математики

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПРАВИЛ ПРИЙНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ НА ФОНДОВОМУ РИНКУ

Анотація. Метою даної роботи є побудова алгоритму прийняття рішень в інвестування цінних паперів ринків, що розвиваються на підставі фундаментального і технічного аналізів з використанням диференціальних рівнянь з запізнюючим аргументом і методами нечіткої логіки. Аналіз фондового ринку України довів, що ціна акції може бути описана диференціальним рівнянням, яке моделює малі коливання маятника під дією сили з запізненням. За допомогою спеціальної функції, яка отримала назву запізнюючого експоненціалу, вдалося отримати розв'язок задачі Коші, що дає змогу оцінити вартість акції в будь-який конкретний момент часу, базуючись на коливанні курсу акції протягом певного періоду. Використання запропонованого методу забезпечує мінімізацію фінансових ризиків, що дає можливість формувати оптимальний інвестиційний портфель.

Ключові слова: fuzzy число, акція, фондовий ринок, запізнюючий аргумент, диференціальне рівняння.

Герман Шуклін

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРАВИЛ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ

Аннотация. Целью данной работы является построение алгоритма принятия решений в инвестирование ценных бумаг развивающихся рынков на основе фундаментального и технического анализа с применением дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом и методами нечёткой логики. Анализ фондового рынка Украины позволил доказать, что цена акции может быть описана дифференциальным уравнением, моделирующим малые колебания маятника под действием силы с запаздыванием. С помощью специальной функции, которая получила название запаздывающего экспоненциала, удалось получить решение задачи Коши, что даёт возможность оценить стоимость акции в любой конкретный момент времени, основываясь на колебании курса акции в течение определённого периода. Использование предложенного метода обеспечивает минимизацию финансовых рисков, что даёт возможность формировать оптимальный инвестиционный портфель.

Ключевые слова: *fuzzy* число, акция, фондовый рынок, запаздывающий аргумент, дифференциальное уравнение.

German Shuklin

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman,
54/1 Prospect Peremohy, 03680 Kyiv, Ukraine
e-mail: mathacadem-kyiv@ukr.net
Senior Lecturer, Department of Higher Mathematics

METHODS CONSTRUCTION OF THE RIGHT INVESTMENT DECISION- MAKING THE STOCK MARKET

Abstract. *The purpose of this paper is the designing of an algorithm of decision-making in the field of securities investment in developing markets on the basis of fundamental and technical analysis with the use of differential equations with a time-delay argument and methods of fuzzy logic. The analysis of the Ukrainian stock market has made it possible to prove that a share price can be described with the use of the differential equation simulating small swings of a pendulum under the action of force with a time-delay. By a special function, which is referred to as a delayed exponential, it has become possible to get a solution to Cauchy problem, which enables us to estimate a share price at any particular moment of time knowing its fluctuations in a certain period. The use of the proposed method provides minimization of financial risks, which facilitates the formation of an optimal investment portfolio.*

Keywords: *fuzzy number, share, stock-market, time-delay argument, difference equation.*

Актуальность. Поиск инвестиций в активы развивающихся рынков может быть приостановлен очередным витком нежелания рисковать у инвесторов. Причиной этого могут послужить беспокойства касательно нарастающего кризиса в еврозоне, жёсткое фискальное регулирование экономики США или же события, которые повлияют на перспективы развития самой крупной развивающейся экономикой в Китае. Однако со спадом очередного «антирискового» витка вновь и вновь наблюдается возобновление потоков инвестиций в более выгодные ценные бумаги. Отклонение от сложившегося алгоритма возможно под влиянием глобальных структурных перемен. Такой структурной трансформацией может быть, в частности, кардинальное изменение политики центральных банков развитых рынков в случае возобновления инфляции.

Если осуществить анализ причинно-следственных связей непредвиденного поведения финансовых систем, как развитых стран, так и стран с переходной экономикой, то можно сделать вывод, что, с одной стороны, следствием резких колебаний финансовых показателей является невозможность их адекватного прогнозирования с использованием классических математических подходов. С другой стороны, именно возрастающая невозможность широко распространённых экономико-математических методов и моделей адекватно осуществлять анализ и прогнозирование развития финансово-экономических систем становится одной из главных причин возникновения таких значительных кризисов на фондовых рынках.

На этапе хаотического развития фондовый рынок является весьма чувствительной системой, что объясняет резкие скачкообразные переходы и определяет границы предполагаемого их поведения, а также и горизонты реконструкции предыдущих состояний. Именно резкие скачки весьма сложно спрогнозировать и описать строгими математическими методами, так как в отличие от законов физики, здесь присущи законы, связанные с человеческим фактором, что весьма проблематично сегодня подчинить их математике.

Присутствие человеческого фактора в развитии экономических систем приводит к рассмотрению подходов, отличных от строгих математических закономерностей, а точнее, в

«строгость» необходимо ввести «нечёткость», что даёт возможность объединить строгую математическую закономерность и человеческий фактор. Развитие теории нечётких множеств в последнее время привело к созданию fuzzy-технологий, что стало тем математическим инструментарием, который успешно может быть применён для решения практически любых экономических задач.

Анализ последних исследований и публикаций. Поставленная проблема в работах исследователей решалась с использованием разных идей и методов. В работе [1] был предложен мультикритериальный анализ принятия решений в стратегии развития транспортной компании на основе нечёткой логики, который был расширен в работе [5] для более широкого сектора экономики. Дальнейшим развитием методологии многокритериального анализа принятия решений на базе нечётких множеств стали работы Олсера и Одабаси [7], Ченга, Квика и Маха [8], Бекироса [11]. В работе [12] автор использует разработанные методы в вышеизложенных работах для построения стратегий принятия решения игроками на фондовом рынке, в основе которых лежат fuzzy-методы. В работе [13] исследуется методология построения функции риска при приобретении акций на фондовом рынке, содержащая запаздывание по времени.

В работе [14] исследуются колебания цен акций на фондовом рынке и прогноз их колебаний во времени с применением экспоненциальных зависимостей и приводится методология сравнения с гармоническим анализом.

Данная работа является продолжением работ [12-14], которая синтезирует методологию принятия решений с помощью fuzzy методов, эффекта запаздывания по времени и экспоненциальных зависимостей в моделировании колебания цен акций на фондовом рынке.

Постановка задачи. Задача состоит в том, чтобы на основе данных, полученных методами фундаментального и технического анализа построить алгоритм принятия решений в инвестирование ценных бумаг развивающихся рынков с применением дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом и методов нечёткой логики.

Изложение основного материала. Основными методами анализа финансовых рынков являются фундаментальный и технический анализ. Фундаментальный анализ изучает ключевые экономические факторы мировой экономики конкретной страны и пытается предсказать движение цены и рыночные тренды с помощью анализа экономических индикаторов, политики государства, а также социальных факторов развития бизнеса. В основном, фундаментальный анализ исследует и определяет ситуации, когда реальная стоимость ценной бумаги отличается от рыночной цены, т.е. она переоценена или недооценена. Если можно рассчитать «верную» цену, то можно предполагать, что рынок внесёт коррективы до достижения нужного для нее уровня. Однако фундаментальный анализ рынка не может быть методом предсказания точных рыночных цен.

В основе технического анализа рынка ценных бумаг лежит теоретическое положение о том, что все внешние силы, влияющие на рынок, в конечном итоге проявляются в двух показателях – объемах торговли и динамике изменения цен финансовых активов. Другие теоретические послышки состоят в том, что прошлые состояния рынка периодически повторяются, и изменение цены подчинено тенденциям (трендам). То есть временные ряды изменения цен можно разбить на интервалы, в которых преобладают движения цен в определенных направлениях. В связи с этим задача инвестора состоит в том, чтобы на основе изучения прошлой динамики рынка определить, какой будет цена финансового актива в следующий момент времени. Конъюнктура рынка зависит от взаимодействия спроса и предложения. Технический анализ не даёт точного прогноза, он призван определить моменты их несоответствия, чтобы ответить на вопрос, когда следует купить или продать ценную бумагу. В качестве первичной информации для технического анализа используют следующие статистические показатели торгов: цена, по которой совершаются сделки, объём торгов и ликвидность инструментов, показатели спроса и предложения. На основе этих показателей либо вычисляются различные технические индикаторы, либо ищутся паттерны.

Основным инструментом технического анализа является изучение ценовых трендов. Термин «тренд», или, по-другому, – тенденция, описывает поведение цен. Цены могут находиться либо в состоянии направленного движения вверх или вниз, либо в состоянии бокового движения, когда они движутся внутри некоторого коридора.

Успешные трейдеры в настоящее время не могут принадлежать только к одной школе анализа. Сторонники чистого технического анализа не могут обойтись без анализа экономических показателей, политических новостей и социальных проблем, которые воздействуют на цены.

Рынок редко следует четкой логике. Модели прогноза многочисленны и разнообразны. Выводы, полученные на основании технического анализа, могут расходиться с выводами, получаемыми от фундаментального анализа. Две различные финансовые компании или два человека, получив одну и ту же информацию, могут прийти к совершенно разным заключениям по поводу того, как эта информация повлияет на рынок. Кроме того, очень трудно построить одно решающее правило, которое бы одинаково эффективно работало в различных рыночных ситуациях. Поэтому торговая система, по нашему мнению, должна включать несколько правил принятия решений, параметры которых адаптивно настраиваются и применяются в различные моменты времени и в различных рыночных ситуациях.

Перед тем как приступить к построению правил принятия решений на примере украинских эмитентов, основанные на вышеизложенном, дадим исходную информацию о современном состоянии Украинской фондовой биржи, на основе которой будем строить первичные экспертные оценки для дальнейших правил принятия решений.

С августа 2011 года индекс Украинской фондовой биржи утратил 43%. Деньги на украинском фондовом рынке отсутствуют, так как отсутствуют качественные эмитенты. Качественные эмитенты отсутствуют, так как отсутствуют деньги на фондовом рынке. Большие иностранные инвестиционные фонды не смотрят на Украину: для них Украинский рынок перестал существовать с 2008 года, когда он утратил 75%. В украинскую фондовую биржу входят 15 бумаг, из которых ликвидные лишь две: «Мотор Сич» и «Центрэнерго». Free-float компании уменьшился с 8% до 0,5%. В настоящее время, рынок достиг того состояния, когда повлиять на ситуацию внутренне невозможно. Возникает вопрос: «нужен ли стране, где население составляет 46 миллионов, а ВВП составляет 150 миллиардов, фондовый рынок?». Чтобы оживить рынок необходима пенсионная реформа, двойной листинг, приватизация.

В своей работе [16] Бенджамин Грехем предложил несколько критериев выбора акций для консервативного долгосрочного инвестора. Для украинской реальности капитализация компании должна составлять не меньше 50 миллионов долларов. Если выбирать производственное предприятие, то критерием устойчивости финансового состояния является превышение оборотных активов его над поточными обязательствами не меньше чем в 1,5 раз. Прибыль на акцию за последние десять лет должна увеличиваться не меньше чем втрое. Отношение капитализации к прибыли не должно превышать 12, а отношение капитализации к балансовой стоимости предприятия должно быть не меньше 1,5.

Грехем Б. также рекомендовал приобретать акции компаний, которые выплачивают дивиденды в течение 20 лет и 10 лет работают без убытков. Однако, последние критерии исключаются для украинских предприятий.

Взяв за основу индекс Украинской фондовой биржи по состоянию на 10 октября 2011 года и, используя критерии Грехема, в настоящее время можно выделить портфель, в который входят семь наиболее надёжных компаний Украины. Потенциал роста полученного портфеля, который диверсифицирован по отраслям, составляет 150%-300%. Согласно котировкам ПФТС с 10 октября 2002 года по 10 октября 2011 года, ретроспективная доходность полученного портфеля составляет 12192%, при том что ПФТС вырос за этот период на 820%.

На примере компании «Мотор Сич» рассмотрим методологию анализа на основе следующего алгоритма.

Модель. Рассмотрим дифференциальное уравнение с постоянным запаздыванием

$$l \cdot p(t) + \frac{\varepsilon}{\tau} \cdot p(t - 2\tau) = u(t - \tau), \quad t \geq 0, \quad (1)$$

которое моделирует малые колебания курса акции $p(t)$ в момент времени t , под действием силы с запаздыванием $u(t - \tau)$.

Величина τ выбирается из следующих соображений: берётся выборка значений курса акций за длительный период и определяется число колебаний – это число и есть τ . Величина ε является случайной величиной и характеризует амплитуду колебаний. Функция $u(t - \tau)$ является величиной неопределённой, однако характеризующей силу «толчка», который вызывает колебания курса акций. Причиной «толчка» может быть, например, наращивание кризиса в еврозоне, жесткое фискальное регулирование экономики США, перспективы развития самой крупной развивающейся экономики в Китае, изменение политики центральных банков развитых рынков при возобновлении инфляции. Множитель l – это отношение роста цены, который наблюдался за длительный предыдущий период к текущему потенциалу роста цены. Очевидно, что величина l является величиной, которая определяется экспертом. В работах [2],[4] показано, что решение задачи Коши уравнения (1) с начальными условиями

$$p(t) \equiv \varphi(t), \quad -\tau \leq t \leq 0 \quad (2)$$

имеет следующее представление

$$z(t) = e_r^{Qt} \varphi(-\tau) + \int_{-\tau}^0 \frac{e_r^{Q(t-r-s)} \varphi(s)}{\tau} ds + \int_0^t e_r^{Q(t-r-s)} b u(s) ds \quad (3)$$

где $z(t) = \begin{bmatrix} p(t) \\ y(t) \end{bmatrix}$, $p(t) = y(t - \tau)$, $\dot{y}(t) = -p(t - \tau) + u(t)$, а функция e_r^{Qt} , входящая в выражения под знаками интегралов уравнения (2), называется запаздывающим экспоненциалом и имеет следующий вид

$$e_r^{Qt} = \begin{cases} \theta, & -\infty < t < -\tau \\ I, & -\tau \leq t < 0 \\ I + Q \frac{t}{1!} + Q^2 \frac{(t-\tau)^2}{2!} + \dots + Q^k \frac{[t - (k-1)\tau]^k}{k!}, & (k-1)\tau \leq t < k\tau \end{cases} \quad (4)$$

В табл. 1 приведены статистические данные по акции «Мотор Сич» за период с 01.01.2013 по 14.03.2013 года [17].

Таблица 1

Статистические данные по акциях Мотор Сич за период с 01.01.2013 по 14.03.2013

Дата	Последняя цена	Покупка	Продажа	Мин. дня	Макс. дня	ср/взвеш. цена	Объем торгов, грн.
13.03.2013	2496	2496	2504	2496	2555	2505	9701847
12.03.2013	2557	2540	2552	2531	2587	2555,43	10331619
11.03.2013	2566	2566	2574	2566	2601	2570,27	10368455

07.03.2013	2593	2585	2593	2570	2601	2599,38	9578722
06.03.2013	2581	2582	2592	2565	2612	2576,43	18372548
05.03.2013	2570	2568	2569	2570	2630	2605,87	11048896
04.03.2013	2596	2586	2597	2560	2597	2586,46	28538953
01.03.2013	2595	2587	2595	2571	2602	2591,91	9722247
28.02.2013	2599	2589	2599	2514	2640	2586,26	14713220
27.02.2013	2509	2496	2510	2477	2514	2505,3	7563506
26.02.2013	2508	2493	2509	2465	2508	2502,37	7099226
25.02.2013	2496	2496	2503	2492	2530	2501,5	8257452
22.02.2013	2499	2499	2509	2496	2538	2505,85	9251614
21.02.2013	2513	2515	2525	2421	2529	2495,21	9581608
20.02.2013	2496	2500	2502	2470	2519	2491,58	10576770
19.02.2013	2470	2455	2470	2387	2470	2458,43	7323659
18.02.2013	2389	2389	2395	2355	2405	2362,61	8013970
15.02.2013	2370	2369	2372	2350	2391	2373,04	7752724
14.02.2013	2384	2365	2384	2369	2425	2392,53	6852207
13.02.2013	2418	2417	2428	2400	2480	2429,43	7728030
12.02.2013	2461	2460	2475	2455	2495	2465,56	6977531
11.02.2013	2497	2481	2497	2436	2509	2491,56	4405073
08.02.2013	2451	2436	2451	2401	2465	2453,02	3517624
07.02.2013	2445	2445	2460	2445	2510	2471,16	6662257
06.02.2013	2480	2479	2489	2427	2495	2478,25	3514162
05.02.2013	2492	2473	2492	2417	2492	2458,67	4846034
04.02.2013	2430	2417	2430	2414	2518	2438,02	10961336
01.02.2013	2476	2477	2490	2476	2535	2497,61	9078820
31.01.2013	2483	2475	2480	2447	2490	2479	4154797
30.01.2013	2490	2489	2490	2476	2539	2481,85	5549426
29.01.2013	2504	2495	2503	2445	2512	2463,6	3293837
28.01.2013	2460	2460	2470	2440	2475	2461,2	2938671
25.01.2013	2430	2430	2439	2390	2445	2431,09	4563153
24.01.2013	2375	2373	2384	2345	2407	2374,39	7049563
23.01.2013	2358	2361	2369	2293	2371	2352,99	5428337
22.01.2013	2301	2301	2311	2283	2319	2283,48	5827443
21.01.2013	2306	2310	2314	2275	2319	2305,08	4172192
18.01.2013	2290	2271	2288	2248	2290	2285,31	5237927
17.01.2013	2237	2237	2251	2188	2262	2233,02	3086034
16.01.2013	2228	2224	2228	2206	2273	2231,12	6050807
15.01.2013	2289	2289	2290	2269	2380	2294,58	6319280
14.01.2013	2373	2367	2372	2345	2392	2374,27	7709246
11.01.2013	2361	2339	2361	2335	2385	2361,35	7660219
10.01.2013	2392	2390	2409	2387	2442	2347,19	7827864
09.01.2013	2423	2412	2422	2381	2440	2375,14	3854860
08.01.2013	2397	2390	2397	2307	2435	2406,14	11263122
04.01.2013	2347	2337	2347	2267	2349	2286,98	6675700
03.01.2013	2292	2293	2298	2222	2326	2281,42	5740055

С помощью программного пакета Mathematica 7 сделаем интерполяцию, чтобы определить τ и множества T_1 и T_2 по данным столбца покупки. Результаты интерполяции приведены на рис. 1.

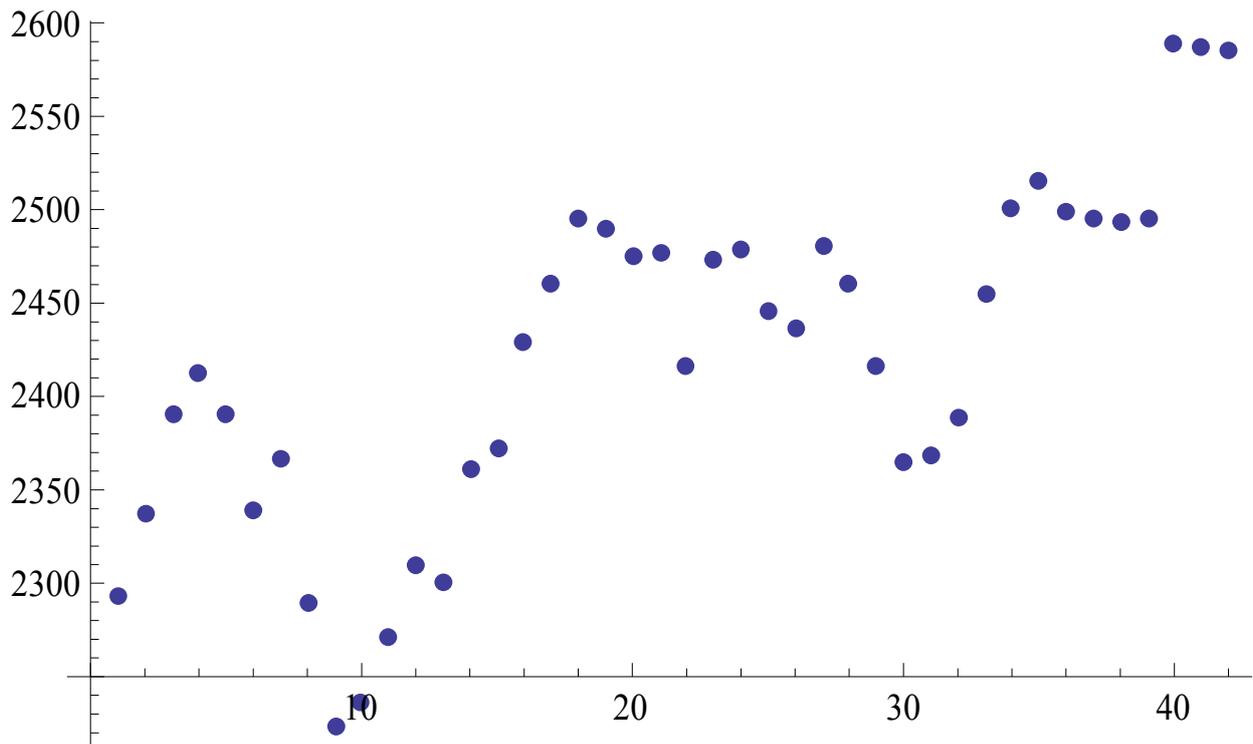


Рис.1. Интерполяция зависимости стоимости акций от времени

Из рис. 1 видно, что $\tau = 7$ дней. За начало координат возьмём дату 24.01.2013. Тогда из рис. 1 видно, что рост цены наблюдался в периоды с 08.02.2013 по 12.02.2013, соответственно интервал $[25,28]$, с 15.02.2013 по 22.02.2013, соответственно интервал $[31,35]$.

Таким образом, $T_1 = [25,28] \cup [31,35]$. Если рост цены был только один день, то этим мы пренебрегаем в данном примере. Аналогичным образом определяем $T_2 = [29,30]$. Из общей характеристики предприятия видно, что $l = \frac{344}{196}$, т.е. $l = 1,76$.

Дата 7 дней назад согласно данным биржи есть 15.01.2013.

В качестве функции $\varphi(t)$ возьмём для простоты квадратную $\varphi(t) = at^2 + bt + c$ и используя метод наименьших квадратов определим коэффициенты a, b, c по данным столбца покупка с 15.01.2013 по 24.01.2013. Для конкретности рассмотрим $2\tau \leq t \leq 3$. Используя программный пакет Mathematica 7, получаем

$$\varphi(t) = 6,3t^2 - 34,2t + 2296, \quad -7 \leq t \leq 0. \quad (5)$$

Согласно (12), $\varphi(-\tau) = \varphi(-7) = 2844,1$.

Подставляя $\tau = 7$, получаем

$$e^{\varrho t} \varphi(-7) = \left[\begin{aligned} & 29(98 - \varepsilon^2(t-7)^2) + 1,95(294\varepsilon t - \varepsilon^3(t-14)^3) \\ & 1,38(\varepsilon^2(t-14)^2 - 294\varepsilon t) + 41(98 - \varepsilon^2(t-7)^2) \end{aligned} \right]. \quad (6)$$

При , имеем

$$\int_{-\tau}^0 \frac{e^{\varrho(t-7-s)} \varphi(s)}{\square} ds = \left[\begin{aligned} & \int_{-\tau}^0 \left((12s - 34,2) \left(1 - \frac{\varepsilon^2(t-14-s)^2}{98} \right) + (12,5s - 122,4) \left(\frac{\varepsilon(t-7-s)}{7} - \frac{\varepsilon^3(t-21-s)^3}{2058} \right) \right) ds \\ & \int_{-\tau}^0 \left((12,6s - 34,2) \left(-\frac{\varepsilon(t-7-s)}{7} + \frac{\varepsilon^3(t-21-s)^3}{2058} \right) + (12s - 122,4) \left(1 - \frac{\varepsilon^2(t-14-s)^2}{98} \right) \right) ds \end{aligned} \right] \quad (7)$$

Третье слагаемое в (6) имеет вид

$$\int_0^t e^{\frac{a}{\tau}(t-\tau-s)} b u(s) ds = \left[\begin{array}{l} \int_0^t \left(\frac{1}{7} \varepsilon(13-s) + \frac{1}{2058} \varepsilon^2(s+1)^2 \right) u(s) ds \\ \int_0^t \left(1 - \frac{1}{98} \varepsilon^2(6-s)^2 \right) u(s) ds \end{array} \right] \quad (8)$$

Складывая почленно (6), (7) и (8) получаем выражение $z(t)$ при $0 \leq t \leq 21$ и $\tau = 7$.

Построив дискретную функции принадлежности для ε , мы получаем числовые значения и вычисляем значения выражений (6)-(8) и соответствующие значения для $z(t)$, функция принадлежности которой совпадает с функцией принадлежности для ε .

Решающие правила построим на основании анализа двух входных факторов:

- 1) Переменная ε – амплитуда колебаний, входящая в уравнение (1);
- 2) переменная $B(t)$, определяемая выражением

$$B(t) = \frac{n(\tau) \cdot \sum_{i=1}^m \int_{t \in I_1} (p(t) - p(t - \tau)) ds}{m(\tau) \cdot \sum_{i=1}^m \int_{t \in I_2} (p(t) - p(t - \tau)) ds}, \quad (9)$$

где $n(\tau)$ – количество акций, купленных в течение периода τ при повышении стоимости единицы акции за этот период, соответственно; $m(\tau)$ – количество акций, купленных в течение периода τ при понижении стоимости единицы акции за этот период. Увеличение индикатора (9) свидетельствует об активности покупателей.

В качестве выходного параметра Y выберем определяемую часть от максимально допустимых объёмов покупок или продаж некоторого конкретного трейдера в зависимости от ситуации на рынке.

Диапазон изменения каждой из входных и выходных переменной (в относительных единицах и в диапазоне от максимального отрицательного до максимального положительного значения, т.е. от -1 до 1) разобьём на пять интервалов, соответствующих лингвистическим термам LN – большое отрицательное значение, NN – отрицательное значение, MM – среднее значение, PP – положительное значение, LP – большое положительное значение. Значение переменной в каждом из этих интервалов представим нечёткими множествами, функции принадлежности которых выберем следующим образом: для LN – правосторонняя парабола, для LP – левосторонняя парабола. Пример такого разбиения приведен на рис. 2.

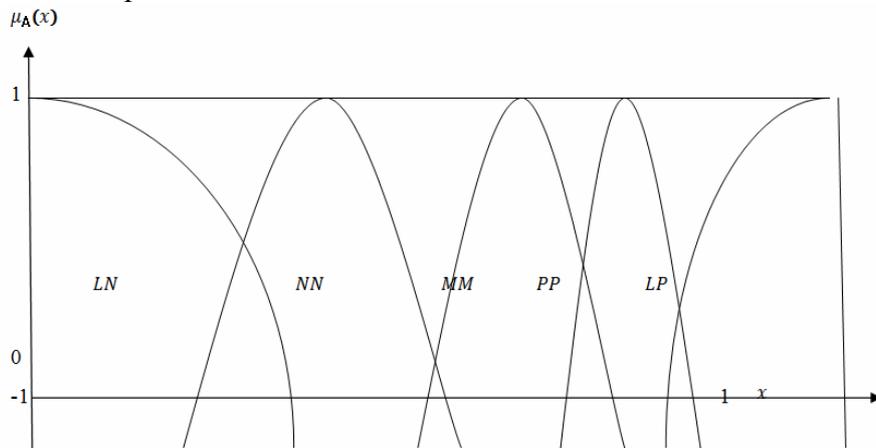


Рис. 2. Функция принадлежности нечётких множеств, соответствующих лингвистическим термам

Для выходной переменной нечёткие множества переменных определяют объёмы продажи, а PP , LP – объёмы покупок акций.

В качестве сигнала системы фундаментального анализа используем информацию о наличии новостей, т.е. переменную $u(s)$, которая может принимать три значения $u(s) = 0$ – отсутствие новостей, $u(s) = -1$, $u(s) = 1$ – соответственно отрицательные и положительные новости, свидетельствующие о возможности падения и повышении стоимости акций.

Рассчитав фактические значения входной переменной ε , сделав интерполяцию (например, показанную на рис. 1), вычислив переменную $B(t)$ по формуле (9), и произведя нормирование этих значений с целью получения их в диапазоне $\varepsilon \in [-1; 1]$, $B(t) \in [-1, 1]$, алгоритмами фузификации определяем значения лингвистической переменной для каждого входного параметра и соответствующие им значения функций принадлежности. В соответствии с решающими правилами вычисляем результирующее значение функции принадлежности для лингвистических значений выходной переменной каждого решающего правила. Алгоритм дефузификации центра тяжести плоскости определит действительное значение той доли капитала, который может участвовать в сделке.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Анализ фондового рынка Украины показал, что цена акции может быть описана дифференциальным уравнением (1), которое моделирует малые колебания маятника под действием силы с запаздыванием. При построении математических моделей экономических систем в современных условиях, следует учитывать фактор «нечёткости» в уравнениях и системах, которые их описывают. В данной статье этим фактором является сила с запаздыванием $u(t - \tau)$, которую необходимо воспринимать как информацию, полученную от новостей о состоянии рынков. Этот фактор представляет собой некоторую функцию от параметра ε , который выступает в роли индикатора принятия решений. Именно он определяет решающие системы в зависимости от объёма информации. Так как с помощью функции (4), которая получила название запаздывающего экспоненциала, удалось получить решение задачи Коши (1), то в любой момент времени мы можем получить значение стоимости акции, как функции от параметра ε - амплитуды колебаний стоимости акции. Анализируя этот параметр, как fuzzy-число, построено решающее правило системы принятия решений, представленное таблицей 2. Если выводы при одновременном использовании нескольких решающих систем, включающих различные объёмы входной информации, различаются, то на основе взвешенного во времени статического анализа относительной эффективности каждой из полученных рекомендаций можно сделать правильные выводы о степени доверия каждой системе в конкретной ситуации на рынке.

Список использованной литературы

1. Бондаренко В.В. Модель финансовых данных как интеграл от диффузионного процесса / В.В.Бондаренко // Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики». – 2011. – №5.
2. Хусаинов Д.Я. Об относительной управляемости в системах с чистым запаздыванием / Д.Я. Хусаинов, Г.В. Шуклин // Прикладная механика. – 2005, Том 41, № 2. – С. 118-130.
3. Хусаинов Д.Я. Про один алгоритм керування в системах з чистим запізненням / Д.Я. Хусаинов, Г.В. Шуклін // Вісник Київського Університету. – 2002, Вип. №2. – С. 262-267.
4. Хусаинов Д.Я. Керування в системах з чистим запізненням / Д.Я. Хусаинов, Г.В. Шуклін // Вісник Київського Університету. – 2002. – Вип. 1. – С. 267-276.
5. Шуклін Г.В. Про одну задачу стабілізації маятника з запізненням / Г.В. Шуклін // Вісник Київського Університету. – 2002, Вип. 4. – С. 275-283.
6. Шуклін Г.В. Моделювання інвестиційних рішень на фондовому ринку / Г.В. Шуклін // Моделювання та інформаційні системи в економіці. Збірник наукових праць. – 2009. – Вип. 79. – С. 62-69.

7. Шуклін Г.В. Статистичне розглядання динаміки цін активів на фондовому ринку в умовах невизначеності / Г.В. Шуклін // Моделювання та інформаційні системи в економіці. Збірник наукових праць. – 2009. – Вип. 80. – С. 216-225.
8. Christopher Gan, Gilbert V. Nartea, Dou Ling Ling, Baiding Hu. Duration dependence test of rational speculative bubbles: a case study of Hong Kong stock market / Christopher Gan // *Investment Management and Financial Innovations*, 2012, Volume 9, issue 2.
9. Chaudhuri Ranjan. Application of Fuzzy Control Algorithms in Market Management / Chaudhuri Ranjan // *Advances in management*. – March (2010). – Vol. 3 (3), pp.40-45.
10. Cheng P., Quek C. and Mah M.I. Predicting the impact of anticipatory action on US stock market – an event study using ANFIS (a neural fuzzy model). *Computational Intelligence*, 23(2), 2007, p. 117-141.
11. Jorgen Vitting Andersen, Andrzej Nowak, Cuilia Rotundo, Lael Parrot, Sebastian Martinez. «Price-Quakes» Shaking the World's Stock Exchanges. // Jorgen Vitting Andersen. www.Plosone.org, November, 2011, Volume 6, p. 1-8.
12. Olcer A.I., Odabasi A.Y. A new fuzzy multiple attribute group decision making methodology and its application to propulsion maneuvering system selection problem // *European Journal of Operational Research*, 2005, 166 (1), p. 93-114.
13. Yeh C.H., Deng H. and Chang Y.H. Fuzzy multicriteria analysis for performance evaluation of bus companies // *European Journal of Operational Research*, 2000, 126(3), pp. 459-473.
14. Yeh C.H. and Deng H. A practical approach to fuzzy utilities comparison in fuzzy multi-criteria analysis // *International Journal of Approximate Reasoning*. 2004, 35(2), pp.179-194.
15. Takafumi Ichinose, Shigeki Hirobayashi, Tadanobu Misawa and Toshio Yoskizawa. Forecast of stock market based on nonharmonic analysis used on NASDAQ since 1985 // Takafumi Ichinose. *Applied Financial Economics*, 2012, No. 22, pp. 197-208.
16. Forbes Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.forbes.ua.
17. Фондова біржа ПФТС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.pfts.com.

REFERENCES

1. Bondarenko V.V. Financial data model as the integral of the diffusion process [Model' finansovykh danykh kak integral ot diffuzionnogo protsessa]. *Mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskyy zhurnal. Problemy upravleniya i informatiki – International scientific and technical journal "Problems of control and information"*, 2011, No.5.
2. Khusainov D.Ya., Shuklin G.V. On relative controllability in pure delay [Ob otноситel'noy upravlyaemosti v sistemakh s chystym zapazdyvaniem]. *Prikladnaya mekhanika – Journal of Applied Mechanics*, 2005, Vol. 41, No. 2, pp. 118-130.
3. Khusainov D.Ya., Shuklin H.V. On a control algorithm for systems with pure delay [Pro odyn alhorytm keruvannya v sistemakh z chystym zapiznennyam]. *Visnyk Kyivsk'oho Universytetu – Bulletin of Kiev University*, 2002, Vol. 2, pp. 262-267.
4. Khusainov D.Ya., Shuklin H.V. Control systems with pure delay [Keruvannya v sistemakh z chystym zapiznennyam]. *Visnyk Kyivsk'oho Universytetu – Bulletin of Kiev University*, 2002, Vol. 1, pp. 267-276.
5. Shuklin H.V. On a problem of stabilizing a pendulum with a delay [Pro odnu zadachu stabilizatsiyi mayatnyka z zapiznennyam]. *Visnyk Kyivsk'oho Universytetu – Bulletin of Kiev University*, 2002, Vol. 4, pp. 275-283.
6. Shuklin H.V. Simulation investment decisions in the stock market [Modelyuvannya investytsiynykh rishen' na fondovomu rynku]. *Modelyuvannya ta informatsiyi systemy v ekonomitsi. Zbirnyk naukovykh prats' – Modelling and Information Systems in the economy. Collected papers*, 2009, Vol. 79, pp. 62-69.
7. Shuklin H.V. Statistical examination of the dynamics of asset prices in the stock market in the face of uncertainty [Statystychno roz'hlyadannya dynamiky tsin aktyviv na fondovomu rynku v umovakh nevyznachenosti]. *Modelyuvannya ta informatsiyi systemy v ekonomitsi. Zbirnyk naukovykh prats' – Modelling and Information Systems in the economy. Collected papers*, 2009, Vol. 80, pp. 216-225.
8. Christopher Gan, Gilbert V. Nartea, Dou Ling Ling, Baiding Hu. Duration dependence test of rational speculative bubbles: a case study of Hong Kong stock market. *Investment Management and Financial Innovations*, 2012, Vol. 9, Iss. 2.
9. Chaudhuri Ranjan. Application of Fuzzy Control Algorithms in Market Management. *Advances in management*, March (2010), Vol. 3 (3), pp.40-45.
10. Cheng P., Quek C. and Mah M.I. Predicting the impact of anticipatory action on US stock market – an event study using ANFIS (a neural fuzzy model). *Computational Intelligence*, 23(2), 2007, p. 117-141.
11. Jorgen Vitting Andersen, Andrzej Nowak, Cuilia Rotundo, Lael Parrot, Sebastian Martinez. «Price-Quakes» Shaking the World's Stock Exchanges. *Jorgen Vitting Andersen*. www.Plosone.org, November, 2011, Vol. 6, pp. 1-8.
12. Olcer A.I., Odabasi A.Y. A new fuzzy multiple attribute group decision making methodology and its application to propulsion maneuvering system selection problem. *European Journal of Operational Research*, 2005, Vol. 166 (1), pp. 93-114.

13. Yeh C.H., Deng H. and Chang Y.H. Fuzzy multicriteria analysis for performance evaluation of bus companies. *European Journal of Operational Research*, 2000, Vol. 126(3), pp. 459-473.
14. Yeh C.H. and Deng H. A practical approach to fuzzy utilities comparison in fuzzy multi-criteria analysis. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2004, Vol. 35(2), pp.179-194.
15. Takafumi Ichinose, Shigeki Hirobayashi, Tadanobu Misawa and Toshio Yoskizawa. Forecast of stock market based on nonharmonic analysis used on NASDAQ since 1985. *Applied Financial Economics*, 2012, No. 22, pp. 197-208.
16. Forbes Ukraine, available at: www.forbes.ua.
17. The PFTS Stock Exchange, available at: www.pfts.com.

Рецензія: д.е.н., проф. Галіцин В. К.

Reviewed: Dr., Prof. V. Galicyn

Received: January, 2014

1st Revision: April, 2014

Accepted: May, 2014

