

Н. В. Шолохова

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ДЕПОЗИТНЫМ ПОРТФЕЛЕМ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

В настоящей работе предложен подход к управлению депозитами коммерческого банка как способ управления процентным риском и риском ликвидности на уровне банковских продуктов. Для идентификации и оценки рисков депозитного портфеля вводится модель «сигнальной системы». После получения сигнала к пересмотру депозитного портфеля в «Системе управления жизненным циклом депозита» моделируются условия новых депозитов на основе стохастических ветвящихся процессов Гальтона-Ватсона, а также решается задача формирования стратегии внесения изменений в депозитный портфель. Сформированный депозитный портфель размещается в активы банка, максимизируя его показатель прибыльности в «Системе размещения привлеченных средств». *Управление депозитным портфелем; банковские риски; сигнальная система; жизненный цикл депозита; частотная логика; логистическая регрессия; стохастические ветвящиеся процессы; дискретные Марковские процессы с доходностью*

Необходимость анализа и управления депозитами физических лиц вызвана высокой значимостью этих средств в составе источников привлеченных средств банка. Случайный характер процесса привлечения в свою очередь обуславливает потребность в рассмотрении и оценке рисков связанных с деятельностью по управлению депозитами. В то же время необходимо учитывать влияние рисков на финансовые показатели банка, например чистый процентный доход. В работе предлагается свой подход к управлению депозитами коммерческого банка, предполагающий динамический мониторинг структуры депозитного портфеля. Чтобы учесть и проанализировать большие потоки информации, описывающие изменчивость внешних и внутренних экономических условий, предложено создать автоматизированную систему поддержки принятия решения, в составе которой реализованы следующие модели управления депозитным портфелем банка:

- «Сигнальная система» для идентификации и оценки рисков депозитного портфеля;
- «Система управления жизненным циклом депозита» для анализа денежных потоков и структуры портфеля депозитов. Здесь также формируется стратегия внесения изменений в депозитный портфель коммерческого банка, минимизирующая показатель риска управления депозитами коммерческого банка;
- «Система размещения привлеченных средств» позволяет определить состав депозитного портфеля банка, соответствующий воз-

можностям банка по размещению привлеченных депозитных средств в активы.

СИГНАЛЬНАЯ СИСТЕМА

Для постоянного мониторинга факторов, оказывающих влияние на решение аналитика о необходимости внесения изменений в депозитный портфель, разработана «Сигнальная система». Функционирование этой системы разбито на 3 составляющие.

1. СБОР И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

1.1. Выделение конкурентной группы банков

Для того чтобы оценивать свое положение на рынке депозитов физических лиц, а также принимать эффективные решения, банку необходимо ориентироваться среди непосредственных конкурентов. Для этого на первом этапе выделим группу банков, близких по определенным показателям к исследуемому банку.

Оценим банки по двум критериям: величина активов, доля депозитов физических лиц в обязательствах банка.

Рассмотрим банки, представленные на рынке банковских услуг Уфы. По данным Центрального банка России в регионе функционирует 51 кредитная организация, в том числе филиалы.

В результате разбиения выделим 7 региональных банков, зарегистрированных в Уфе, с высокой долей вкладов физических лиц в обязательствах банка.

1.2. Разбиение депозитного портфеля на три портфеля: краткосрочный, среднесрочный, долгосрочный

Одной из характеристик депозитного портфеля является срок привлечения денежных средств по вкладу. Депозитные портфели банков с высокой долей вкладов в обязательствах обычно представлены большим разнообразием продуктов, предлагаемых клиентам.

Разобьем депозитный портфель на три группы депозитов по длительности срока вклада:

краткосрочные – от 1 до 3 месяцев;

среднесрочные – от 3 месяцев до года;

долгосрочные – свыше года.

Таким образом, задача анализа депозитного портфеля разбивается на три подзадачи, с учетом срочности депозитных продуктов.

1.3. Выделение факторов, влияющих на формирование депозитного портфеля банка

В табл. 1–2 описаны исходные данные по группам внешних и внутренних факторов, необходимые для формирования сигналов. Так как данные обновляются с различной периодичностью, заполним промежуточные значения данными на предыдущую отчетную дату. Затем преобразуем исходные временные ряды, используя формулу абсолютного прироста.

1.4. Формирование сигналов

Для дальнейшей работы системы представим входную информацию в виде «сигналов» к изменению депозитного портфеля банка.

Для формирования «сигнала» необходимо определить границы изменения показателя и пороговое значение, о превышение которого сигнальная система сообщит пользователю.

Рассмотрим формирование сигнала на примере сигнала «В рынке»: на вход поступает информация о депозитных предложениях банков выделенной конкурентной группы (значения ставок процента по вкладам).

Минимальное и максимальное значения ставок образуют коридор процентных ставок для продуктов с различной срочностью (краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные). На рис. 1 процентный коридор составляет 4...8%. Также зададим пороговое значение P (%) – максимальное отклонение от границ интервала.

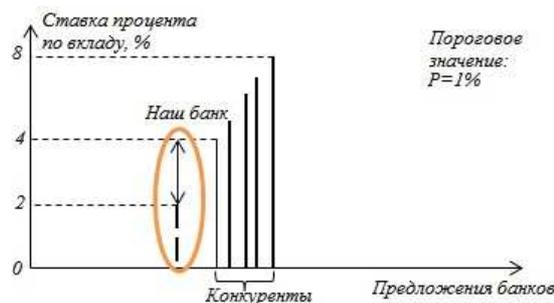


Рис. 1. Определение рыночной позиции банка

Если уровень ставок процента по продуктам рассматриваемого банка выходит за пределы соответствующего интервала на значение, превышающее по модулю P (на рис. 1 – ставка процента по вкладу нашего банка ниже минимального значения на 2%), то на выходе получаем сигнал к пересмотру портфеля.

2. АНАЛИЗ СВЯЗИ МЕЖДУ СИГНАЛАМИ

2.1. Анализ качества сигналов

Проанализируем выделенные сигналы, используя основные законы частотной логики. Частотная логика является одним из вариантов строгого обобщения классической логики [3]. Основным инструментом здесь выступают характеристики «частоты» элементов множеств на универсуме объектов наблюдения U_0 . Универсум представляет собой конечный набор изучаемых объектов.

В качестве таких объектов в нашем случае выступают значения временного ряда наблюдений факторов, влияющих на решение о внесении изменений в депозитный портфель за определенный промежуток времени. Обозначим выделенные ранее факторы через $X_j, j = 1 \dots m$.

В качестве значений выходной переменной, характеризующий решения банка о внесении изменений в депозитный портфель, рассмотрим временной ряд со значениями $Y^i = 1$ и $Y^i = 0$ соответственно наличие и отсутствие изменений в i -м наблюдении.

Напомним, что под «сигналом» подразумевается превышение установленного порогового значения P , тогда обозначим через $X_j^i = 1$ и $X_j^i = 0$ соответственно наличие и отсутствие сигнала в i -м наблюдении j -го фактора.

Таблица 1

Группа внешних факторов

Внешние сигналы	Исходные данные	Используемое обозначение	Частота обновления
Ставка рефинансирования	Значения ставки рефинансирования	X_1	Нерегулярно
Средняя ставка по 10 банкам	Значения ставки по данным ЦБ	X_2	Раз в 10 дней
Уровень реальных доходов населения	Значение уровня доходов населения	X_3	Ежемес
Сдвиг коридора процентных ставок	Данные по всем имеющимся депозитам в конк. группе/ Данные по депозитам нашего банка	X_4	Еженед.
Ставка по межбанк. кредитам	Значения ставки с сайта ЦБ	X_5	Ежедневн.
Индекс РТС	Значения индекса	X_6	Ежедневн.

Таблица 2

Группа внутренних факторов

Внутренние сигналы	Исходные данные	Используемое обозначение	Частота обновления
Объем привлеченных средств	Данные по объемам привлеченных средств	X_7	Ежедневно
Доля депозитов в привлеченных средствах	Объем депозитного портфеля, объем привлеченных средств	X_8	
Средняя ставка по депозитам	Ставки % по депозитам	X_9	
Средняя ставка размещения	Значения средней ставки размещения	X_{10}	
Чистый процентный доход	Значения ЧПД	X_{11}	
«В рынке»	Значения ставок % по депозитам	X_{12}	
Нормативы ликвидности ЦБ (Н2, Н3, Н4)	Значения нормативов	X_{13}	
Дюрация	Ежедневные данные по открытию депозитных счетов клиентами: дата открытия, дата закрытия, ставка %, сумма вклада	X_{14}	

Рассмотрим два свойства сигнала $Z_{X_j^i}$. Пусть $Z_{X_j^i} = 1$, если после возникновения сигнала было принято решение о внесении изменений в портфель, и $Z_{X_j^i} = 0$, если ответной реакции со стороны банка не последовало. Отношение $q_j = \frac{N_{Z_{X_j^i}}}{N}$ называется *частотой* свойства $Z_{X_j^i}$, где $N_{Z_{X_j^i}}$ – количество значений временного ряда, равных 1, N – общее число наблюдений [3]. Тогда чем ближе к 1 *частота* сигнала, тем выше качество сигнала. Изменяя уровень P для каждого из факторов, может быть подобрано такое пороговое значение, при котором качество сигнала будет наилучшим, то есть с максимальным значением *частоты*.

Объединение сигналов осуществляется при помощи функции *истинности*, аргументами которой выступают *частоты* сигналов и их всевозможные комбинации. В качестве такой функции может быть выбрана функция логического объединения переменных:

$$\begin{aligned}
 f(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m) &= q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_m = \\
 &= \sum_{j=1}^m q_j - \sum_{k>j} q_{jk} + \sum_{j>k>l} q_{jkl} \\
 &\quad + (-1)^{m+1} q_{1..m}
 \end{aligned}$$

где $q_j = 1 - q_j$ – *редкость* сигнала.

На выходе функция истинности примет значение от 0 до 1. Задав пороговое значение для этого показателя, получим сигнал к внесению изменений в депозитный портфель банка.

2.2. Объединение сигналов в модели логистической регрессии

Для подтверждения результата, полученного после расчета функции истинности, обобщим влияние сигналов с помощью логистической регрессии.

Логистический регрессионный анализ позволяет строить статистическую модель для прогнозирования вероятности наступления события по имеющимся данным.

При этом используется следующее уравнение регрессии:

$$P = \frac{\exp(b_0 + b_1X_1 + \dots + b_mX_m)}{1 + \exp(b_0 + b_1X_1 + \dots + b_mX_m)} \quad (1)$$

Y – зависимая бинарная переменная, принимающая значение 1 в случае наличия изменений в депозитном портфеле и 0 – при их отсутствии; b_0, b_1, \dots, b_m – коэффициенты регрессии; X_1, \dots, X_m – независимые переменные, в нашем случае – группа факторов, оказывающих влияние на решение о внесении изменений в депозитный портфель.

Используя логит-преобразование (2), рассчитаем вероятность внесения изменений в депозитный портфель при заданных значениях X_1, \dots, X_m :

$$P = \frac{1}{1 + e^{-Y}} \quad (2)$$

Аналогично, задав пороговое значение для показателя вероятности, получим сигнал к внесению изменений в депозитный портфель банка.

3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ДЕПОЗИТА

Получив рекомендацию «сигнальной системы» к пересмотру депозитного портфеля, необходимо понять какие именно изменения будут внесены.

Для формирования новых депозитных продуктов, а также оценки влияния каждого из них на показатели риска, смоделируем поведение будущего депозитного продукта на основе статистической информации, накопленной в банке. Рассмотрим подход, основанный на моделировании жизненного цикла депозитного продукта.

Моделирование жизненного цикла депозита.

Рассмотрим срочный депозит. Пусть T – период срочного вклада. Под жизненным циклом депозита будем понимать период времени с момента появления депозита на рынке и до момента вывода его с рынка.

Пусть $V_{d_i}(t)$ – объем средств, привлеченных по i -му депозиту d_i , тогда схематично жизненный цикл депозита может быть представлен следующим образом в виде кривой роста суммы накопленных денежных средств (рис. 2).



Рис. 2. Жизненный цикл депозита.

Для моделирования сумм средств, накопленных на счетах клиентов, обратимся к теории стохастических процессов. Оценим количество клиентов в каждый момент времени с помощью ветвящихся процессов Гальтона-Ватсона.

Ветвящийся процесс Гальтона-Ватсона – это цепь Маркова $X(t)$ на множестве неотрицательных целых чисел начальным распределением вероятностей $P_0(k) = P(X(0) = k)$ и переходными вероятностями [1]:

$$P_{kj} = P(X(t+1) = j | X(t) = k), \quad (3)$$

где $X(t)$ – количество клиентов в момент времени t ; k, j – номера состояний в цепи и одновременно количество клиентов, заключивших с банком депозитный договор, $k, j = 0, 1, 2, \dots$; P_{kj} – вероятность перехода в состояние j в момент времени $t+1$ при условии, что сейчас мы находимся в состоянии k , $P_{kj} \geq 0$, $\sum_{j=0}^{\infty} P_{kj} = 1$.

Начальное состояние характеризуется:

$$P_0(1) = P(X(0) = 1) = 1, \quad P_0(k) = 0 \quad \text{для } \forall k \neq 1, \quad (4)$$

что означает, что в начальный момент времени количество клиентов $Z(0)$, с которыми был заключен депозитный договор равно единице.

Разобьем общий срок депозита T на несколько периодов моделирования – N , длина одного периода может составить день, неделю, месяц и т. д.

Так как по истечении выбранного периода моделирования клиент может либо продлить депозитный договор $X(t+1) = 1 | X(t) = 1$, либо

расторгнуть его с вероятностью отличной от нуля $X(t+1) = 0 \mid X(t) = 0$, то общее количество вкладчиков будет постоянно уменьшаться. Такие процессы относятся к классу *докритических*, для них вероятность вырождения равна 1.

Возникает необходимость привлечения клиентов извне. Процесс заключения контрактов с новыми клиентами может быть описан как процесс *иммиграции*. Тогда количество контрактов по данному депозитному продукту выражается следующим образом:

$$Z(t+1) = X_1^{(t)} + \dots + X_{Z(t)}^{(t)} + Y^{(t+1)}, \quad (5)$$

где $X_l^{(t)}$ – количество договоров l -го клиента в момент времени t , $l = \overline{1, Z(t)}$, причем величины $X_1^{(t)}, \dots, X_{Z(t)}^{(t)}$ независимы между собой; $Y^{(t+1)}$ – количество клиентов, пришедших в банк в момент времени $t+1$

Если сумма средств на счету клиента – случайная величина, то общая накопленная сумма средств по депозиту в момент времени t может быть описана как

$$V_{d_i}(t) = \sum_{l=1}^{Z(t)} V_l, \quad (6)$$

где V_l – сумма средств на счету l -го клиента. Случайная величина $V_{d_i}(t)$ описывается составным законом распределения. Для его определения зададим законы распределения случайных величин $Z(t)$ и V_l . В свою очередь для нахождения закона распределения $Z(t)$ потребуются законы распределения входящих в нее случайных величин $X_l^{(t)}$ и $Y^{(t+1)}$.

Для численных вычислений воспользуемся производящими функциями вероятностей, задающими законы распределений входных параметров.

На выходе получаем законы распределения $V_{d_i}(t)$ в каждый из моделируемых моментов времени, позволяющие определить значения суммы аккумулированных средств и вероятность их привлечения.

Формирование стратегии изменения депозитного портфеля

Оценку и сравнение альтернатив проведем с помощью алгоритмов, реализующих дискретные Марковские процессы. Данный подход позволяет сформировать оптимальную стратегию внесения изменений в депозитный портфель (минимизирующую показатель риска управления депозитами коммерческого банка).

Выделим следующие этапы решения задачи:

- определение альтернатив для внесения изменений в структуру депозитного портфеля;
- формирование и оценка рисков состояний депозитного портфеля;
- сравнение альтернатив на основе модели дискретных Марковских процессов (ДМП);
- определение стратегии формирования депозитного портфеля.

Альтернативами принятия решения в общем случае могут являться:

- открытие нового депозита
- закрытие текущего депозита;
- отсутствие изменений депозитного портфеля.

Представим поведение депозитного портфеля с помощью модели дискретных Марковских процессов. Данный метод позволяет сформировать оптимальную стратегию принятия последовательных решений о внесении изменений в депозитный портфель через заданные промежутки времени Δt .

Для оценки качества вносимых в портфель изменений, выберем показатель, характеризующий риск управления депозитным портфелем.

Например, **риск дефицита депозитных средств в составе привлеченных средств банка**. Данный вид риска может быть выделен в качестве одной из составляющих общего риска ликвидности банка:

$$R = l - \frac{V_{DP}^t}{V_L^t}, \quad (7)$$

где l – доля депозитов в составе привлеченных средств, устанавливаемая банком; V_{DP}^t – накопленная сумма средств по депозитному портфелю к определенному моменту времени t . Данная сумма рассчитывается с помощью описанной выше модели ветвящихся процессов Гальтона-Ватсона; V_L^t – объем привлеченных средств на момент времени t .

Классификационная шкала рисков состояний депозитного портфеля коммерческого банка составляется в зависимости от величины заданного значения l .

Будем также считать, что текущий уровень риска депозитного портфеля зависит только от предыдущего значения риска и не зависит от всех других состояний. При этом каждая из альтернатив оказывает влияние на общий уровень риска депозитного портфеля за анализируемый промежуток времени.

Приведем основные определения, характеризующие специфику Марковского процесса.

Система – риск управления депозитным портфелем банка, в данном случае – риск дефицита депозитных средств в структуре привлеченных средств.

Состояние – уровень риска, определяемый по (2). Количество рискованных состояний N определяется шкалой рискованных состояний.

Альтернатива – изменение в депозитном портфеле банка в данный момент времени t . Количество альтернатив – K .

Стратегия – изменение структуры депозитного портфеля в динамике через заданные промежутки времени Δt . Стратегия определяется выбором конкретной альтернативы в каждый момент принятия решения о пересмотре депозитного портфеля.

Решение – оптимальная стратегия, характеризующаяся минимальным значением риска R .

При этом каждому переходу системы из состояния в состояние с вероятностью p_{ij}^k соответствует своя доходность r_{ij}^k . Рассмотрим в качестве показателя доходности – сумму привлеченных средств, соответствующую данной альтернативе.

Для вычислений воспользуемся методом рекуррентных соотношений, позволяющим учесть последовательность изменения уровня риска при переходе из одного состояния в другое [4].

Шаг 1. Вычисление ожидаемой доходности за один переход, характеризующей выбор k -й альтернативы при выходе из i -го рискованного состояния:

$$q_i^k = \sum_{j=1}^N p_{ij}^k r_{ij}^k, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (8)$$

где q_i^k – ожидаемая доходность, соответствующая данной стратегии k и рискованному состоянию системы i ; p_{ij}^k – вероятность перехода из состояния i в состояние j при выборе k -й альтернативы; r_{ij}^k – уровень доходности соответствующий переходу из i -го рискованного состояния в j -е при выборе k -й альтернативы;

Шаг 2. Нахождение полной ожидаемой доходности за n шагов при оптимальном поведении (оптимальным называется поведение, максимизирующее полную ожидаемую доходность для всех i и n), если система отправляется из состояния i :

$$v(n+1) = \max_k \left[q_i^k + \sum_{j=1}^N p_{ij}^k v_j(n) \right], \quad (9)$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

где $v_i(n)$ – полная ожидаемая доходность, при условии, что $v_j(0) = 0$.

Шаг 3. Определение порядка альтернатив, соответствующего максимальному значению $v_i(n+1)$:

$$d_i(n) = \max v_i(n+1). \quad (10)$$

В результате будет найдена оптимальная стратегия, обеспечивающая максимальное значение ожидаемой доходности при минимальном значении уровня риска дефицита депозитных средств при переходе системы из состояния в состояние.

Система размещения привлеченных средств

Располагая информацией об объемах привлеченных средств и сроках привлечения по нескольким депозитным продуктам, а также вариантах размещения привлеченных средств в активы, можно сформировать депозитный портфель банка, основанный на оптимальном соотношении привлеченных и размещенных ресурсов. Для этого решим транспортную задачу, где в качестве критерия оптимальности выступает удельная нетто-маржа банка.

Пусть имеется m депозитов D_i – источников средств, которые необходимо разместить в n активов A_k . – «пункты потребления». Депозиты определяются объемом средств V_{D_i} , $i = \overline{1, m}$ и ставкой привлечения r_{D_i} . Аналогично активы характеризуются размером размещаемой суммы V_{A_k} и ставкой доходности r_{A_k} , $k = \overline{1, n}$.

Уровень доходности, получаемой банком при размещении средств, определяется значением удельной нетто-маржи:

$$M_{ki} = \frac{r_{A_k} - r_{D_i}}{r_{D_i}}. \quad (11)$$

Необходимо определить такую схему размещения, при которой удельная нетто-маржа банка максимальна, все депозитные средства размещены без остатка в активы, все активы в свою очередь обеспечены депозитными средствами.

Для решения транспортной задачи необходимо преобразовать показатель нетто-маржи к виду, позволяющему решить задачу минимизации. Для этого выполняется следующее преобразование [2]:

$$C_{ki} = M_{ki\max} - M_{ki}. \quad (12)$$

Пусть X_{ki} – объем средств, размещаемый из депозита i в актив k . Тогда модель транспортной задачи записана следующим образом:

$$\begin{cases} \sum_i^m \sum_k^n C_{ki} X_{ki} \rightarrow \min \\ \sum_i^m X_{ki} = V_{D_i}, i = \overline{1, m} \\ \sum_k^n X_{ki} = V_{A_k}, k = \overline{1, n} \\ X_{ki} \geq 0 \end{cases} \quad (13)$$

Результатом решения задачи является вектор размещений X_{ki} , обеспечивающий максимальное значение доходности банка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автором были рассмотрены существующие подходы к управлению активами и пассивами банка: частные и полные модели, модели, основанные на теории фирмы и портфельном подходе. Также был проведен обзор программных средств, реализующих поддержку управления структурой средств банка. На основе проведенного анализа была поставлена задача управления структурой депозитного портфеля в рамках комплексного управления активами-пассивами банка в целях: 1) поддержания определенного уровня прибыльности операций; 2) сведения к минимуму банковских рисков, в частности процентного и риска ликвидности.

К способам поддержания эффективной структуры портфеля депозитов относят регулярный мониторинг и пересмотр структуры портфеля. Согласно такому подходу в качестве инструмента, позволяющего динамично анализировать депозитный портфель, вносить изменения в него, определять их характер, а также оценивать эффективность предлагаемых изменений, разработана специальная система поддержки принятия решения.

Данная система, реализуя задачу снижения банковских рисков, на первом этапе проводит идентификацию и оценку рисков состояний депозитного портфеля. Для этого разработана

«Сигнальная система», которая на основе анализа информационных потоков выдает рекомендацию аналитику банка о необходимости внесения изменений в депозитный портфель, в случае если уровень риска превышает допустимое пороговое значение.

Для формирования новых депозитных продуктов, а также оценки влияния каждого из них на показатели риска, предложен подход, основанный на моделировании жизненного цикла депозитного продукта, реализованный в составе «Системы управления жизненным циклом депозитов». Автором разработана модель привлечения депозитных средств на основе стохастических ветвящихся процессов Гальтона-Ватсона.

Для формирования стратегии банка, обеспечивающей максимальное значение ожидаемой доходности при минимальном значении уровня риска, предложен подход на основе модели Дискретных Марковских процессов с доходностями. Для оценки прибыльности операций в структуре системы поддержки принятия решений выделена Система размещения привлеченных средств, реализующая модель перераспределения депозитных средств в активы банка на основе транспортной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ватугин В. А.** Лекционные курсы НОЦ / Математический институт им. В. А. Стеклова РАН (МИАН). М.: МИАН, 2008. Вып. 8: Ветвящиеся процессы и их применения /– 108 с.
- Димаков С. А.** Разработка механизма управления пассивами коммерческого банка // Транспортное дело России. 2008. № 04.
- Зверев Г. Н.** Теоретическая информатика и ее основания. Т. 1, М.: Физматлит, 2007. 295 с.
- Ховард Р. А.** Динамическое программирование и Марковские процессы. М.: Советское радио, 1964.

ОБ АВТОРЕ

Шолохова Надежда Владимировна, асп. каф. вычислительн. математики и кибернетики. Иссл. в обл. управления в социальных и экономических системах.