

Генетический алгоритм формирования оптимального комплекса стратегий работы с договорами портфеля просроченной задолженности

Т.В. Азарнова, С.А. Гуров, Т.Н. Недикова

Воронежский государственный университет

Аннотация: Статья посвящена проблеме формирования комплекса корректирующих мероприятий по работе с совокупностью договоров просроченной задолженности банка. Рассматриваемая проблема является актуальной практически для каждого банка. Формируемый комплекс мероприятий должен быть адаптирован к временным и ресурсным возможностям сотрудников специализированного подразделения банка, к прогнозируемой эффективности применения мероприятий и к требованиям политики лояльности банка к своим клиентам. Предложенный метод решения поставленной задачи управления портфелем договоров просроченной задолженности базируется на многокритериальной оптимизационной модели. Многокритериальность объясняется необходимостью учесть различные критерии эффективности и прогнозируемой результативности формируемого комплекса корректирующих мероприятий. Для нахождения оптимального решения поставленной многокритериальной задачи разработан специальный генетический алгоритм, который формирует набор недоминируемых альтернативных вариантов решений, выбор из которых может осуществить лицо принимающее решение. В статье рассматривается краткое описание основных этапов предложенного генетического алгоритма и вычислительного эксперимента на базе разработанного программного обеспечения.

Ключевые слова: портфель просроченной задолженности, многокритериальная оптимизационная модель, комплекс корректирующих мероприятий, генетический алгоритм, множество Парето-оптимальных решений.

Введение

Просроченная задолженность представляет собой непогашенную в назначенный срок задолженность по кредитному договору. Договора, имеющие просроченную задолженность, банк объединяет в так называемый портфель просроченной задолженности [1]. С клиентами, попавшими в данный портфель, работают специальные коллекторские подразделения банков или самостоятельные коллекторские агентства [2]. Сотрудники коллекторских подразделений осуществляют различные предупреждающие (априорные) и корректирующие (апостериорные) мероприятия, направленные на решение проблем просроченной задолженности. Для

реализации данных мероприятий нужны специальные, в общем случае ограниченные временные и финансовые ресурсы. Если рассматривать не каждый отдельный договор, а сразу совокупность договоров портфеля, то необходимо планировать общие затраты ресурсов на обработку договоров [3]. В банках существует множество сформированных и детально описанных вариантов стратегий работы с договорами просроченной задолженности. Описание содержит оценку эффективности стратегий для различных типов клиентов, подробности их выполнения, взаимодействия между исполнителями и способы коммуникации с клиентом [4]. Интерес представляют автоматизированные решения, которые позволили бы автоматически выбирать вариант взыскания с учетом показателей кредитного договора, показателей задолженности, уровня загруженности коллекторского подразделения [5]. Для разных типов (классов) договоров должны выбираться разные группы стратегий. Существуют разные подходы к классификации клиентов. Например, в работе [4] приводится классификация клиентов на 4 группы: «подверженные воздействию» («группа для обзвона») - это клиенты, которые точно внесут платеж, если им позвонят и точно не внесут платеж без звонка; «не беспокоить» – клиенты, которые не оплатят, если им позвонить, и оплатят при отсутствии звонка; «Безнадежное дело» - клиенты, которые в любом случае не оплатят сами; «Верное дело» - клиенты, которые в любом случае оплатят. В работе [6] для оценки эффективности различных стратегий работы с просроченной задолженностью предлагается использовать методы машинного обучения (нейронные сети), которые по ретроспективным данным позволяют обучать инструментарий распознавания успешности стратегии для каждого клиента из 4-х описанных групп. В работе [7] методами машинного обучения (логистическая регрессия на преобразованных с помощью TF-IDF текстовых данных, нелинейные модели XGBoost) исследуется влияние речи коллектора в диалогах по взысканию

долгов на итоговый уровень взыскания. Выявляются диалоговые паттерны в речи, которые положительно или отрицательно влияют на уровень взыскания долга. В результате были выявлены речевые конструкции и параметры диалогов, оказывающие влияние на вероятность возврата долга.

Рассмотренные инструменты позволяют распознавать определенный критерий эффективности стратегий, но не позволяют формировать оптимальный портфель стратегий, учитывающий различные временные и ресурсные ограничения и позицию (статус) клиента в банке. В данной работе предложена более детальная многопараметрическая система описания клиента и многокритериальная модель распределения стратегий работы с клиентами портфеля просроченной задолженности. В качестве параметров классификации предлагается учитывать: тип задолженности (в соответствии с классификацией банка); финансовые показатели, отражающие рентабельность взыскания; величина погашения просроченной задолженности; анализ возможных затраченных ресурсов для успешного результата; вероятность возврата полной суммы задолженности, её части или не возврата; прогноз величины взыскания при помощи этой стратегии; возможность использования разных по жесткости мер для получения задолженности; показатели важности клиента для компании; показатели качества задолженности. Предложенная многокритериальная модель условной дихотомической оптимизации позволяет учесть все эти параметры на уровне целевых критериев и ограничений.

Оптимизационная модель формирования оптимального комплекса стратегий работы с договорами портфеля просроченной задолженности

Рассматриваемая в статье модель по своему типу относится к многокритериальным задачам дихотомического линейного программирования. Целевые функции рассматриваемой многокритериальной модели соответствуют основным критериям эффективности оперативной

деятельности банка по работе с просроченной задолженностью, ограничения модели формируются по ресурсам и принятым нормативам коллекторского подразделения.

Введем следующие основные обозначения модели:

T – длительность рассматриваемого периода планирования мероприятий (стратегий) по работе с договорами портфеля просроченной задолженности;

N – число стратегий работы с договорами просроченной задолженности;

$i = 1, \dots, N$ – номера стратегий по порядку;

$i = 1, \dots, K_1$ – номера стратегий группы soft (первая стадия работы с должником: рассылка sms, e-mail, письменные уведомления);

$i = K_1 + 1, \dots, K_2$ – номера стратегий группы hard (вторая стадия работы с должником: личные встречи коллектора с должником);

$i = K_2 + 1, \dots, N$ – номера стратегий группы legal (третья стадия работы с должником: действия по принудительному взысканию задолженности посредством обращения в суд);

M – количество договоров в портфеле;

$j = 1, \dots, M$ – номера договоров по порядку в портфеле;

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если вариант } i \text{ будет применен к договору } j \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

u_i – время работы юриста по i -му варианту;

U – верхняя граница для времени работы юридического отдела на период T ;

b_i – время работы отдела безопасности по i -му варианту;

B – верхнее ограничение для времени работы отдела безопасности на период T ;

p_{ij} – прогноз величины взыскания при применении i -й стратегии для j -го договора (экспертная оценка или формализованная оценка на основании нейросетевого механизма, обучение которого осуществляется по ретроспективной информации коллекторского подразделения);

z_j^n – размер просроченного долга для j -го договора;

z_j^o – общий размер долга для j -го договора;

z_j^e – выплаченный к текущей дате долг за предыдущие периоды;

c_i – себестоимость реализации стратегии i за период T ;

E_j – затраты по взысканию для j -го договора за весь период просрочки;

β_j – коэффициент, отражающий важность j -го клиента;

δ_{ij} – мера эффективности применения стратегии i к договору j на данный период;

l_{ij} – вероятность передачи дел в суд, если к j -му договору будет применена i -я стратегия в период T .

Ограничения модели имеют вид:

1. ограничение на время работы юридического отдела:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} u_i \leq U, \quad (1)$$

2. ограничение на время работы отдела безопасности коллекторского подразделения:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} b_i \leq B, \quad (2)$$

3. ограничение на среднюю долю просроченной задолженности:

$$\frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} \left(\frac{z_j^n - p_{ij}}{z_j^o - p_{ij}} \right) * 100 \leq 5, \quad (3)$$

ограничение отражает принятый норматив банка, в соответствии с которым средняя доля просроченной задолженности не должна превосходить 5% от общей задолженности по портфелю.

4. ограничение на количество стратегий работы с j -м договором за период планирования:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1 \quad \forall j = \overline{1, M}. \quad (6)$$

Модель включает четыре целевых функции:

1. максимизация суммарной величины погашения просроченной задолженности, с учетом уже понесенных и прогнозируемых на будущее затрат на взыскание:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} (p_{ij} + z_j^e - c_i - E_j) \rightarrow \max, \quad (4)$$

2. минимизация использования жестких планов для важных для банка клиентов:

$$\sum_{i=K_2+1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} \beta_j \rightarrow \min, \quad (8)$$

3. максимизация суммы ожидаемых экспертных оценок эффективности применения стратегий:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} \delta_{ij} \rightarrow \max, \quad (9)$$

4. минимизация суммы вероятностей передачи дел в суд:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} l_{ij} \rightarrow \min. \quad (10)$$

С учетом приведенных обозначений, ограничений и целевых функций, многокритериальная оптимизационная модель управления портфелем просроченной задолженности банка принимает вид:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} (p_{ij} + z_j^e - c_i - E_j) \rightarrow \max \\ & \sum_{i=K_2+1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} \beta_j \rightarrow \min \\ & \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} \delta_{ij} \rightarrow \max \\ & \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} l_{ij} \rightarrow \min \\ & \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} b_i \leq B \\ \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} \left(\frac{z_j^n - p_{ij}}{z_j^o - p_{ij}} \right) * 100 \leq 5 \\ \sum_{i=1}^N x_{ij} = 1 \forall j \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} u_i \leq U \end{array} \right. \end{aligned} \quad (11)$$

Решение полученной многокритериальной задачи представляет собой

матрицу назначений $X = \begin{pmatrix} x_{11} \dots x_{1M} \\ \dots \dots \dots \\ x_{N1} \dots x_{NM} \end{pmatrix}$, представляющую компромиссное по

частным критериям решение.

Для решения данной оптимизационной модели предлагается использовать генетический алгоритм [8,9].

Генетический алгоритм для формирования оптимального комплекса стратегий работы с договорами портфеля просроченной задолженности

Сформулируем основные этапы генетического алгоритма [10] для решения предложенной многокритериальной оптимизационной задачи.

Шаг 1. Представление матрицы назначений в виде популяции генетического алгоритма.

В качестве особей популяции при решении многокритериальной задачи

рассматривается матрица назначений $X = \begin{pmatrix} x_{11} \dots x_{1M} \\ \dots \dots \dots \\ x_{M1} \dots x_{MM} \end{pmatrix}$. Хромосома,

отвечающих за репрезентацию матрицы назначений X , задается с помощью вектора перестановки длины M , в котором на j -м ($j = 1, \dots, M$) месте расположен номер i , для которого $x_{ij} = 1$. Например, для объекта

договоры

$$\begin{matrix} \text{варианты} \\ X = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (14)$$

хромосома запишется как вектор-перестановка: $X=(4,2,3,2)$.

Шаг 2. Генерация начальной популяции.

Для формирования начальной популяции генерируются L различных перестановок с повторением длиной N . Полученные перестановки могут оказаться недопустимыми, не удовлетворяя некоторым ограничениям задачи, поэтому их необходимо проверять на допустимость. При нарушении допустимости, перестановка подвергается корректировке методом последовательного смещения её элементов с использованием принципа минимизации невязок ограничений.

Шаг 3. Формирование оценки приспособленности допустимых особей:

1) В рамках текущей популяции отбирается и сохраняется подмножество недоминируемых по совокупности критериев особей первого уровня.

2) Исключается множество недоминируемых особей первого уровня, в усеченном множестве формируется подмножество недоминируемых альтернатив второго уровня и т.д. Данный процесс проводится до того момента, пока не будут исключены из популяции все особи.

3) Особи, полученные на разных уровнях отбора, получают оценку приспособленности: элементы последнего уровня, подвергнутого исключению, получают оценку 1, предпоследнего - оценку 2 и так далее. Особи первого уровня получают наивысшую оценку приспособленности.

Шаг 4. Отбор (селекция).

В рамках селекции используется стандартный механизм пропорционального отбора, заключающийся в том, что вероятность попадания особи в множество родителей для следующего поколения прямо пропорциональна оценке приспособленности.

Шаг 5. Скрещивание и мутация.

Для порождения потомков используется специальный модифицированный кроссовер. Модификация заключается в выборе точек сечения хромосом родительской пары. В соответствии с точками сечения происходит перекрестное заполнение генов первого и второго потомков. После стадии кроссовера потомки могут быть подвергнуты ряду случайных изменений, которые именуется мутациями. Каждая из хромосом может быть подвержена таким изменениям с некоторой вероятностью P_m . Используются такие виды мутации как операторы инверсии и транслокации.

Проверка допустимости полученных в результате скрещивания и мутации особей оценивается по аналогии с описанной выше проверкой допустимости особей первоначальной популяции.

Шаг 6. Формирование нового поколения.

После выполнения шага 5 сформировалось множество новых особей, которые могут быть включены в новое поколение особей. Необходимо определить принцип, по которому из новых особей и особей предыдущего поколения будет формироваться новое поколение. В работе реализовано два подхода:

1) Новые особи полностью входят в популяцию вместо своих

родителей.

2) Следующая популяция составляется как из родителей, так и из их «детей». В данном случае должен быть выбран подход, в соответствии с которым часть родителей и часть потомков войдет в следующее поколение. При использовании классического варианта [11], в новое поколение из двух родителей и двух потомков в новое поколение будут выбраны две наиболее приспособленные особи. Можно использовать механизм «вытеснения», направленный на удаление «похожих» хромосом из популяции, и механизм «элитизма», направленный на сохранение хорошего промежуточного решения. Применение «элитизма» может привести к «застреванию» алгоритма в локальном экстремуме, нужно дополнительно использовать механизмы предоставления алгоритму возможности анализа разных хромосом из пространства поиска.

Шаг 7. Критерий прекращения работы.

Множество недоминируемых за время работы алгоритма особей будем хранить в качестве рекордного множества. Если за пороговое число поколений с момента своего образования рекордное множество не претерпело никаких изменений, то происходит останов работы алгоритма.

Вычислительный эксперимент

Для проведения экспериментальной части исследования было разработано специальное программное обеспечение. В данном разделе демонстрируется работа программного обеспечения и результаты расчетов на тестовом примере.

Для тестового примера работы программы создадим модель коллекторского подразделения банка, в котором имеются 5 вариантов работы с просроченной задолженностью и сам портфель просроченной задолженности из 1000 договоров.

Выберем из портфеля 4 договора, по которым требуется провести работу, для формирования комплекса корректирующих мероприятий будем использовать 5 стратегий (Рисунки 1-4).

Выбранные договоры

Идентификатор	Код клиента	Коэффициент важности	Возраст	Пол	Женат/Замужем	Доход	Опыт работы	Время проживания	Жилая площадь	Кредитная история
2	0002	0	39	Мужской	<input checked="" type="checkbox"/>	13500	17	6	0	Очень отрицательная
29	0029	0	24	Мужской	<input checked="" type="checkbox"/>	11500	6	8	0	Отрицательная
421	0421	0	34	Женский	<input checked="" type="checkbox"/>	27000	16	21	0	Очень отрицательная
833	0833	0	35	Мужской	<input type="checkbox"/>	7000	16	5	36	Положительная
Ежемесячный платеж	Общая сумма	Осталось выплатить	Выплачено	Сумма просроченной задолженности	Затраты на взыскание					
2460	147600	78720	68880	12056	783					
2972	142656	59440	83216	21953	294					
2152	103296	36584	66712	18688	558					
4168	200064	66688	133376	16030	1862					

Рис. 1. - Характеристики выбранных для анализа договоров

Выбранные варианты работы

Выбранные варианты работы

Идентификатор	Время работы юристов	Время работы службы безопасности	Себестоимость	Сложность
1	6	5	700	1
5	5	2	850	1
2	4	10	900	2
4	9	0	800	2
3	2	12	1000	3

Рис. 2. - Характеристики стратегий работы с договорами

Определим параметры работы коллекторского подразделения (Рисунок 3).

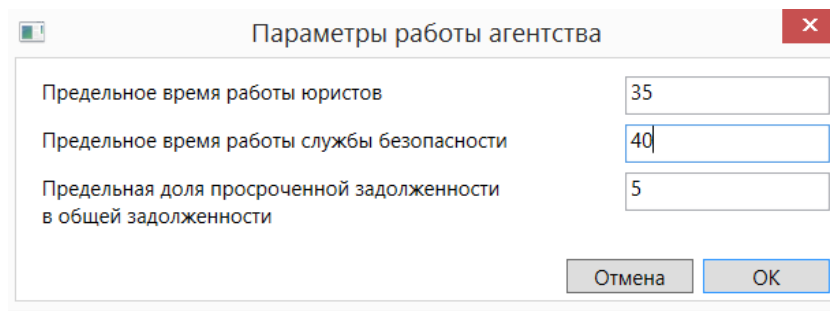


Рис. 3. - Параметры работы коллекторского подразделения (агентства)

При проведении вычислительного эксперимента будем использовать следующие параметры работы алгоритма (Рисунок 4).

Рис. 4. - Параметры работы алгоритма

Результаты экспертной оценки договоров по прогнозу взыскания, мере эффективности стратегии, вероятности передачи дела в суд и коэффициенты важности клиентов для банка приведены на рисунке 5.

	1	5	2	4	3
2	9500	10000	10800	11000	11500
29	19000	20100	20800	21223	21600
421	15000	16000	17000	18000	18500
833	13000	13300	14500	15300	16000

	1	5	2	4	3
2	0.7	0.8	0.82	0.85	0.9
29	0.8	0.85	0.87	0.9	0.96
421	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9
833	0.81	0.83	0.89	0.92	0.99

	1	5	2	4	3
2	0.2	0.25	0.28	0.1	0.15
29	0.34	0.13	0.1	0.25	0.18
421	0.4	0.5	0.34	0.27	0.6
833	0.7	0.35	0.37	0.15	0.9

Идентификатор	Оценка
2	1
29	1
421	0
833	0

Рис. 5. - Экспертные оценки эффективности применения стратегий и важности клиента

Результат расчетов представлены на рисунке 6. Каждая строка соответствует особи и состоит она из трех частей: вектора-перестановки, вектора-значений критериев и скалярной уровня приспособленности особи. Позиция каждого элемента вектора-перестановки показывает нам, порядковый номер договора среди выбранных договоров, а значение этого элемента – порядковый номер применяемого к данному договору стратегии работы. Вектор значений-критериев состоит из четырех элементов, первый показывает сумму взыскания, второй количество примененных жестких планов относительно важных клиентов. Третий – суммарную меру эффективности, а четвертый суммарную возможность передачи дела в суд. Последнее значение в строке – это оценка уровня недоминируемости особи.

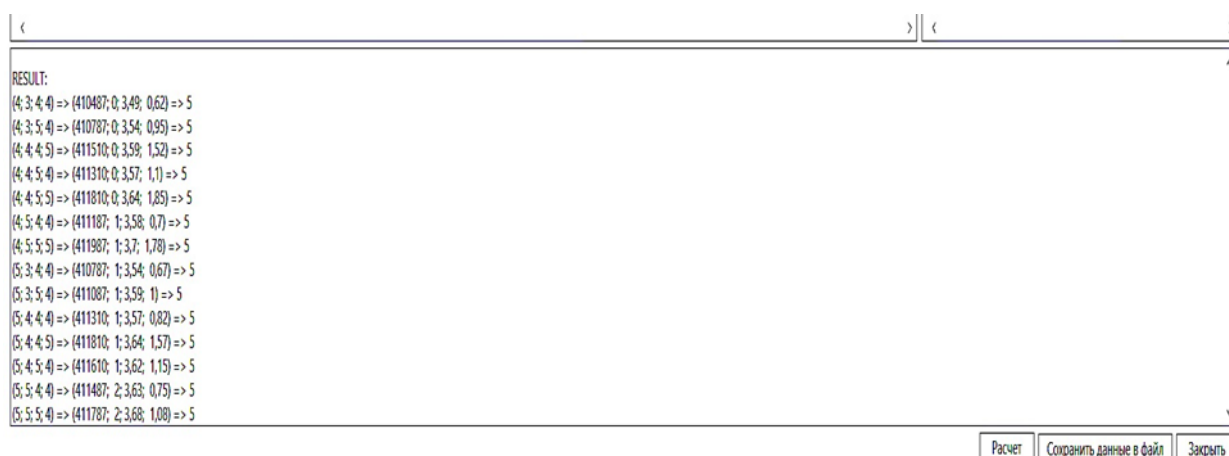


Рис. 6. - Результат расчета.

Из полученного списка особей выбор может осуществить лицо принимающее решение, с учетом значений по отдельным критериям эффективности.

Заключение

В статье предложена многокритериальная оптимизационная модель дихотомического программирования для выбора оптимальных стратегий работы с договорами просроченной задолженности банка. Для решения подобных многокритериальных задач можно применить принцип

формирования обобщенного критерия в виде линейной свертки отдельных критериев и решения полученной однокритериальной задачи одним из методов решения дихотомических задач, например методом ветвей и границ, используя специальные методы оценки, настроенные на специфику ограничений задачи. Но, для крупных банков, количество договоров становится большим, и метод ветвей и границ начинает работать медленно. Поэтому в рамках исследования был предложен специальный генетический алгоритм, который работает с достаточно равномерным представлением множества Парето-оптимальных решений. Алгоритм доведен до программной реализации. Результаты расчетов по данному алгоритму могут служить эффективным средством автоматизированной поддержки принятия решений при выборе стратегий работы с большим количеством договоров просроченной задолженности. Алгоритм позволяет учесть все основные аспекты качества и эффективности работы коллекторского подразделения банка.

Литература

1. Юсупова О.А. О просроченной задолженности в кредитных портфелях российских банков, причинах ее возникновения и методах работы с ней / О.А. Юсупова / Финансы и кредит – 2015. – № 3 (627). – С. 14-26.
2. Саблин М.Т. Взыскание долгов: от профилактики до принуждения. – Волтерс Клувер, 2011. – 508 с.
3. Фурзикова Е.Г. Методы работы с проблемной задолженностью потребительского кредитования, их преимущества и недостатки // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 34 – 38
4. Косинов, Д.С. Оптимизация и стратегия работы с проблемной и просроченной задолженностью в банках // Социально-экономические явления и процессы- 2013. – N 4(050) с.4-10

5. Ломакин Н.И., Вималаратхне К., Ботиров Г. Ai-модель для прогнозирования доли просроченных кредитов в кредитных портфелях коммерческих банков. Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2022. № 2 (60). С. 32-37.

6. Косинов, Д.С. Оптимизация и стратегия работы с проблемной и просроченной задолженностью в банках //Социально-экономические явления и процессы- 2013. – N 4(050) с.4-10

7. Кузнецов, А. В. Формирование образа клиента-заемщика коммерческого банка на основе аппарата искусственных нейронных сетей: автореферат дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (СГАУ) 2006. – 20 с.

8. Каширина И. Л. Эволюционное моделирование: учебное пособие //Воронеж: ИПЦ ВГУ. – 2011. – 59 с.

9. Гладков Л.А., Курейчик В.М., Курейчик В.В. Генетические алгоритмы – Физматлит, 2006. – 402 с.

10. Тененев В. А. Решение задачи многокритериальной оптимизации генетическими алгоритмами // Интеллектуальные системы в производстве. – 2006. – №. 2. – С. 103 – 109.

11. Батищев Д. И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач. – Воронеж : ВГТУ, 1995. – 69 с.

References

1. Yusupova O.A. Finansy` i kredit 2015. No 3 (627). p. 14-26.
2. Sablin M.T. Vzy`skanie dolgov: ot profilaktiki do prinuzhdeniya. [Debt collection: prevention from to coercion.] Volters Kluver, 2011. 508 p.
3. Furzikova E.G. Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. 2012. № 6. p. 34-38
4. Kosinov, D.S. Social`no-e`konomicheskie yavleniya i processy` 2013. N 4(050) p. 4-10

5. Lomakin N.I., Vimalaratxne K., Botirov G. Innovacionnaya e`konomika: perspektivy` razvitiya i sovershenstvovaniya. 2022. № 2 (60). pp. 32-37.
6. Kosinov, D.S. Social`no-e`konomicheskie yavleniya i processy` 2013. N 4(050) p. 4-10
7. Kuzneczov, A.V. Formirovanie obraza klienta-zaemshhika kommercheskogo banka na osnove apparata iskusstvenny`x nejronny`x setej [Formation of the image of a client-borrower of a commercial bank based on the apparatus of artificial neural networks]: avtoreferat dis. ... kand. e`kon. nauk : 08.00.13; Samar. gos. ae`rokosm. un-t im. S. P. Koroleva (SGAU) 2006. – 20 p.
8. Kashirina I. L. E`volyucionnoe modelirovanie [Evolutionary modeling]: uchebnoe posobie. Voronezh: IPCz VGU. 2011. 59 p.
9. Gladkov L.A., Kurejchik V.M., Kurejchik V.V. Geneticheskie algoritmy` [Genetic algorithms] Fizmatlit, 2006. 402 p.
10. Tenenev V. A. Intellektual`ny`e sistemy` v proizvodstve. 2006. №. 2. pp. 103-109.
11. Batishhev D. I. Geneticheskie algoritmy` resheniya e`kstremal`ny`x zadach [Genetic algorithms for solving extreme problems]. Voronezh: VGTU, 1995. 69 p.