

© 2024 г. А.Д. ЦВИРКУН, д-р техн. наук (tsvirkun@ipu.rssi.ru),
А.Ф. РЕЗЧИКОВ, чл.-корр. РАН (rw4cy@mail.ru),
И.О. ДРАНКО, д-р техн. наук (olegdranko@gmail.com),
(Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва),
В.А. КУШНИКОВ, д-р техн. наук (kushnikoff@iptmuran.ru),
А.С. БОГОМОЛОВ, д-р техн. наук (alexbogomolov@ya.ru),
(Саратовский научный центр РАН)

ОПТИМИЗАЦИОННО-ИМИТАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКИХ КОМБИНАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ КОМПАНИЙ

Предлагается оптимизационно-имитационный метод определения комбинаций воздействий, позволяющих вывести организационно-техническую систему из потенциально неблагоприятного состояния. Решение показано на примере обратной задачи стресс-тестирования зрелых компаний традиционных отраслей реального сектора. Условием нахождения компании в потенциально неблагоприятном состоянии считается прогнозируемый отрицательный остаток денежных средств. Для определения изменений, улучшающих прогноз, методами математического программирования решается задача максимизации выгоды от таких изменений – разности прогнозируемого остатка денежных средств и затрат на изменения. Полученные результаты могут быть применены при решении вопросов стабилизации в условиях рисков: пандемии, экономических санкций, стихийных бедствий и др. Приводится модельный пример.

Ключевые слова: критическая комбинация событий, неблагоприятное состояние системы, стресс-тестирование, остаток денежных средств, кризис.

DOI: 10.31857/S0005231024100053, **EDN:** YUUFME

1. Введение

В настоящее время массированное санкционное давление подталкивает компании из различных секторов экономики к потенциально неблагоприятным состояниям. Ряд таких состояний можно рассматривать как предбанкротные, когда банкротство может прогнозироваться, но существуют ресурсы для того, чтобы его избежать. Сравнительно небольшие и незатратные воздействия, которые могут быть сделаны с использованием этих ресурсов, можно рассматривать как подталкивание системы в сторону относительно безопасных или нужных исследователю состояний. Это соображение перекликается с известной теорией подталкивания, основанной на работах Д. Канемана и А. Тверски [1, 2] и далее Р. Тейлера и К. Санстейна, [3–5]. В отечественных работах данное направление также не обходится вниманием [6, 7].

Однако в данной работе эти идеи рассматриваются не только в контексте влияния на поведение людей, но и для воздействия на состояния и поведение организационно-технических систем в целом. Другой ключевой тезис работы связан с тем, что отдельные воздействия должны быть по отдельности сравнительно не немасштабны и не затратны. Тезис состоит в том, что сила и результативность подталкиваний определяется не столько величиной затрачиваемых ресурсов, сколько подбором определенной комбинации, в которой эти ресурсы будут использоваться. Такие комбинации можно рассматривать в определенном смысле как критические, а достижение соответствующими параметрами определенных значений – как критические комбинации событий [8–10]. Задача определения критических комбинаций является далеко не тривиальной, для ее решения потребуются как математические методы и алгоритмы, так и эксперименты, которые должны проводиться с математическими моделями.

В результате искомые управляющие воздействия для этого должны быть направлены на синтез новой (обновленной) структуры и параметров компании. Обновления могут заключаться в смене поставщиков, потребителей, логистики и прочих мероприятиях собственными силами компании. В условиях рисков и ограниченных ресурсов такие мероприятия требуют предварительного моделирования. Если результаты моделирования показывают, что собственных сил недостаточно, требуется помощь государства в виде кредитов и субсидий. Для целесообразного распределения такой помощи, планирования ее вида и объема, также требуется решение комплексов задач по оптимизации и моделированию. В результате решения этих задач формируются рекомендации по целесообразному использованию компаниями, их группами и отраслями своих ресурсов для возможного уменьшения потенциальных убытков и, если это необходимо, по способу и размеру государственной помощи.

Ввиду того, что исследуемые системы имеют гибридную природу, являются большими и сложными, для решения обозначенных задач оказывается необходимым использование и разнородных комплексов моделей, включая не только аналитические, но и представленные отчасти в виде алгоритмов, правил, эвристик. Современные возможности информационных технологий позволяют достаточно оперативно осуществлять как аналитические, так и имитационные вычисления в этих комплексах. Такой подход составляет современную оптимизационно-имитационную парадигму [11, 12]. Представляется, что в условиях роста турбулентности исследуемых систем в ряде случаев целесообразно выходить из традиционной плоскости еще и в направлении привлечения моделей различной природы к решению одной и той же подзадачи, представляя итоговые результаты после их сравнения и обработки также в виде комплексов данных.

В оптимизационно-имитационной парадигме исследуются как крупномасштабные системы (промышленный комплекс [13], регион [14]), так и отдельные предприятия [15]. При этом в условиях кризисов значимость подхода возрастает ввиду новых вносимых переходными процессами неопределенностей

и вызовов [16]. Комбинированные оптимизационно-имитационные модели используются для анализа возможностей оптимизации деятельности предприятий в процессах слияния и поглощения [17], удаления неприбыльных предприятий из компаний [18].

Зарубежные исследователи также отмечают недостаточность для решения обозначенных задач использования жестких математических моделей, которые не следуют междисциплинарному подходу, для решения вопросов управления большими и сложными системами [9]. Так, прогнозирование банкротства компаний у ряда авторов предлагается делать с использованием моделей, основанных на глубоком обучении [20], гибридными методами роя частиц и опорных векторов [21, 22]. Такие модели призваны учесть, кроме прочего, различные юридические, поведенческие и экономические вопросы в условиях финансового кризиса.

Ниже предлагается постановка задачи определения комбинации сценариев, позволяющих вывести компанию из неблагоприятного по заданному показателю эффективности состояния, и подход к решению этой задачи с использованием комплекса имитационных задач и задач математического программирования.

2. Формальная постановка задачи

Предположим, что в качестве критерия эффективности деятельности компании за определенный период рассматривается величина S , прогноз значения которой $S(X)$ на конец рассматриваемого периода может быть определен по известному алгоритму, применяемому к комплексу параметров и структуры X .

Например, в качестве такого показателя может рассматриваться остаток денежных средств на счете компании в конце этого периода. Такая величина отражает платежеспособность организации, что особенно актуально в условиях сложной макроэкономической ситуации. Пусть прогнозируемое значение величины $S(X)$ не удовлетворяет ЛПП, например, прогнозируемый остаток денежных средств является отрицательным.

Требуется определить сценарии изменения параметров и структуры системы для увеличения значения S . При этом учитывается, что изменения параметров и структуры системы от X до X' потребуют определенных затрат, обозначаемых как $R(X, X')$. Поэтому возможность и целесообразность проведения мероприятий зависит от того, допускаются ли такие затраты имеющимися ограничениями и того, насколько соответствующий прирост S превысит эти затраты. Таким образом, требуется найти такую структуру системы и значения параметров X' , при которых

$$(1) \quad S(X') - R(X, X') \longrightarrow \max,$$

где $S(X')$, $R(X, X')$ – аналитически или алгоритмически заданные функционалы: прогноз значения S для системы с параметрами и структурой X' и

затраты на мероприятия по изменению структуры и параметров компании от X до X' соответственно. Ограничения задачи:

$$(2) \quad R(X, X') \leq R,$$

$$(3) \quad y_i(X) = 0, \quad i \in I,$$

$$(4) \quad S(X') - R(X, X') > 0,$$

где R – величина, ограничивающая ресурсы на изменение параметров и структуры системы, $y_i(X)$ – связи между параметрами и структурой X , заданные в аналитическом или в алгоритмическом виде, а условие (4) означает целесообразность искомых мероприятий.

3. Математическая модель для решения

Пусть в результате системного анализа схемы расчета финансово-экономических показателей компании выделена совокупность управляющих параметров X_1, \dots, X_n , определяющих S – прогноз целевого показателя деятельности компании:

$$(5) \quad S = F(X_1, \dots, X_n),$$

где $F(X_1, \dots, X_n)$ выражает прогнозное значение остатка денежных средств.

Предположим далее, что параметры X_1, \dots, X_n доступны для изменения с коэффициентами в интервалах K_1, \dots, K_n . Эти интервалы предполагаем достаточно малыми, поэтому соответствующие изменения могут быть проведены практически одновременно, влияние времени, которое потребуется в текущем состоянии системы на эти изменения, несущественно.

Исследуется возможность улучшения (далее будем говорить – увеличения, как в случае остатка денежных средств) S путем изменений X_1, \dots, X_n в указанных интервалах. В частности, если прогнозируемое значение S отрицательно, то требуется предпринять меры для предотвращения потенциального банкротства. Обозначим через X_1^*, \dots, X_n^* измененные значения показателей X_1, \dots, X_n . Прогнозируемое значение показателя остатка денежных средств обозначим через S^* и представим в виде

$$(6) \quad S^* = S + Z(X_1^*, \dots, X_n^*) - R(X_1^*, \dots, X_n^*),$$

где S – начальное прогнозируемое значение целевого показателя, а функции $Z(X_1^*, \dots, X_n^*)$ и $R(X_1^*, \dots, X_n^*)$ выражают его прирост благодаря принятым изменениям и затраты, связанные с этими изменениями.

Представим измененные значения в виде $X_i^* = k_i X_i$, $i = 1, \dots, n$. Если $k_i > 1$, то значение X_i увеличивается на $100(k_i - 1)$ процентов в результате принятых мер, если $k_i < 1$, то значение X_i уменьшается на $100(1 - k_i)$ процентов. При $k_i = 1$ значение X_i не меняется. Далее величины k_1, \dots, k_n будут рассматриваться как переменные задачи оптимизации, а аргументы функций Z и R будем записывать как $(X_1, \dots, X_n, k_1, \dots, k_n)$.

Требуется определить такие допустимые значения k_1, \dots, k_n , что значение S^* , определяемое по (6), превысит текущее значение S и будет максимальным при заданных ограничениях, что означает максимальную выгоду от принимаемых мер. Критическими комбинациями будем считать такие подмножества множества параметров X_1, \dots, X_n , коэффициенты изменения которых в найденных решениях будут отличны от 1.

Содержательно задача может быть сформулирована следующим образом. Допустим, в процессе функционирования компания перешла в состояние, которое является потенциально неблагоприятным с точки зрения ЛППР (например, прогнозируется отрицательный остаток денежных средств на счету, что ведет к банкротству организации). Необходимо принять меры по переводу компании в другое, более благоприятное состояние, максимизируя при этом критерий выгоды (6) с учетом имеющихся ограничений.

Рассматриваемая задача может быть поставлена и решена как задача математического программирования [22, 23] с неотрицательными переменными k_1, \dots, k_n . Во введенных выше обозначениях требуется при заданных X_1, \dots, X_n , $S = F(X_1, \dots, X_n)$, функциях $Z(X_1, \dots, X_n, k_1, \dots, k_n)$, $R(X_1, \dots, X_n, k_1, \dots, k_n)$ найти максимум функции:

$$(7) \quad S^* = S + Z(X_1, \dots, X_n, k_1, \dots, k_n) - R(X_1, \dots, X_n, k_1, \dots, k_n) \longrightarrow \max,$$

при ограничениях

$$(8) \quad Z(X_1, \dots, X_n, k_1, \dots, k_n) - R(X_1, \dots, X_n) \leq 0,$$

$$(9) \quad k_i \in K_i,$$

$i = 1, \dots, n$, и условием связи между изменениями

$$(10) \quad Y(k_1, \dots, k_n),$$

где $Y(k_1, \dots, k_n)$ – предикат, выражающий возможные зависимости между искомыми изменениями и обуславливающий составом, структурой и ресурсами исследуемой системы.

Замечание 1. Фактически решается задача повышения прогнозируемого остатка денежных средств. При этом выделим следующие варианты:

– $S < 0$, $S^* \leq 0$ – определяем изменения параметров, которые позволят прогнозировать максимально выгодный положительный остаток;

– $S < 0$, $S^* < 0$ – в условиях имеющихся ограничений не найдены меры по выходу к положительному прогнозу остатка денежных средств, однако есть возможность определить изменения параметров, которые позволят прогнозировать минимальные потери, оценить «масштаб бедствия» и размер необходимых субсидий при условии реализации таких мер;

– $S > 0$, $S^* > 0$ – отрицательный остаток денежных средств не прогнозируется изначально, но целесообразно определить возможные меры по его повышению в условиях имеющихся ограничений.

Замечание 2. Решение задачи (7)–(10) не будет существовать в случае, если условия задачи не совместимы между собой, т.е. множество допустимых планов пусто. В этом случае для дальнейшего использования предлагаемых результатов ЛПР целесообразно изменить множество рассматриваемых параметров X_1, \dots, X_n или ограничения задачи.

Если же решение задачи (7)–(10) существует, но не единственно, то предполагается осуществлять выбор реализуемого варианта изменения параметров с помощью дополнительных критериев, экспертных заключений и соображений прозрачности, объяснимости мер, которые будут предприниматься для этого варианта изменений. При этом может быть проведена проверка выбираемых решений на устойчивость и при необходимости – регуляризация [24–27].

4. Подход к решению задачи

Предлагаемый подход заключается в выполнении следующих действий:

1. Анализ состояния предприятия и выявление резервов для изменения параметров и структуры X . Результатом этого этапа должен являться перечень управляющих параметров x_1, \dots, x_n , влияющих на значение S , и соотношения, связывающие эти параметры помимо их вхождения в алгоритм определения S .
2. Определение границ возможных изменений рассматриваемых параметров на основании результатов вычислительных экспериментов с учетом установленных связей и условий (2)–(4).
3. Решение задачи оптимизации (1)–(4).
4. Определение возможных сценариев для изменений, определенных в результате предыдущего пункта, с учетом ретроспективных данных и экспертных заключений. Анализ возможности совмещения сценариев, соответствующих решениям для различных подмножеств X_1, \dots, X_n , для достижения максимума (1) на всех параметрах и структурах из X .
5. Передача информации ЛПР о полученных решениях исходной задачи или отсутствии таких решений в заданных условиях.

5. Предлагаемый алгоритм решения

Метод определения критических комбинаций изменений заключается в следующем:

1. Выделить X_1, \dots, X_m – доступные для изменения параметры компании, влияющие на значения прогноза в виде (1) и метод определения значения прогноза целевого показателя S из значений X_1, \dots, X_m , определить значение S .
2. Определить K_1, \dots, K_n – множества возможных значений коэффициентов k_1, \dots, k_n изменения параметров X_1, \dots, X_m . Верхняя граница K_i

в общем случае оценивается в результате имитационного моделирования возможных мероприятий, увеличивающих значение X_i , с учетом условия (2), нижняя граница K_i – аналогично с мероприятиями, уменьшающими X_i .

3. Определить функцию $Z(X_1, \dots, X_n, k_1, \dots, k_n) = R(X_1, \dots, X_n)$, позволяющую получить по формуле (6) новое прогнозируемое значение целевого показателя.
4. Решить задачу поиска максимума целевой функции (7) от переменных k_1, \dots, k_n при ограничениях (7)–(10) методами математического программирования. Для каждого такого решения подмножество переменных X_1, \dots, X_m с соответствующими неединичными коэффициентами будем рассматривать как один из вариантов искомой критической комбинации параметров.
5. Передать ЛПР информацию обо всех найденных критических комбинациях или о том, что решения в заданных условиях не найдено. Предлагаемый подход к определению критической комбинации параметров для решения обратной задачи стресс-тестирования компании предполагает, что ЛПР имеет алгоритмы или предпочтения для выбора критической комбинации изменений параметров в случае, если решение задачи дает несколько вариантов таких комбинаций. Таким критерием может быть количество единичных значений в некоторой части искомого набора k_1^*, \dots, k_n^* , в случае, если желательно изменять в этой части минимальное количество показателей, и др. Также подразумевается, что ЛПР имеет возможность определить комплексы мероприятий по реализации выбранных изменений параметров предприятия.

Применение предлагаемого подхода будет показано на примере.

6. Модельный пример

Перейдем к конкретизированной постановке и решению задачи на примере одного из предприятий обрабатывающей промышленности, далее – Завод. Прогноз отчетности и расчеты при стресс-тестировании были сформированы в предположении равенства выручки прогноза и факта на 2021 г. Отметим, что данное исследование формировалось на основании отчетности Завода, носит модельный характер, и напрямую не связано с внутренней программой антикризисных мероприятий.

Переменная времени далее опускается, так как в примере рассматривается одношаговое управление.

Для определения величины и стоимости изменений параметров компании используем публикации, основанные на комплексе консультационных работ по развитию российских организаций [28–30], которые показывают, что практически во всех организациях есть возможности развития с высокой результативностью.

Для формирования выражения в левой части условия (7) и затем (8) воспользуемся результатами, полученными в [31]. В этой работе для зрелых сформировавшихся организаций предлагается модель прогнозирования финансового состояния, которая позволяет записать выражение в левой части (7) для организаций с возможностью быстрой перестройки производства как

$$(11) \quad S = S_0 + (V(1 - v) - FC - r_D D)(1 - k_\tau)(1 - k_u) - \\ - (\Delta FA + \Delta Inv + \Delta AR - \Delta AP) + \Delta D,$$

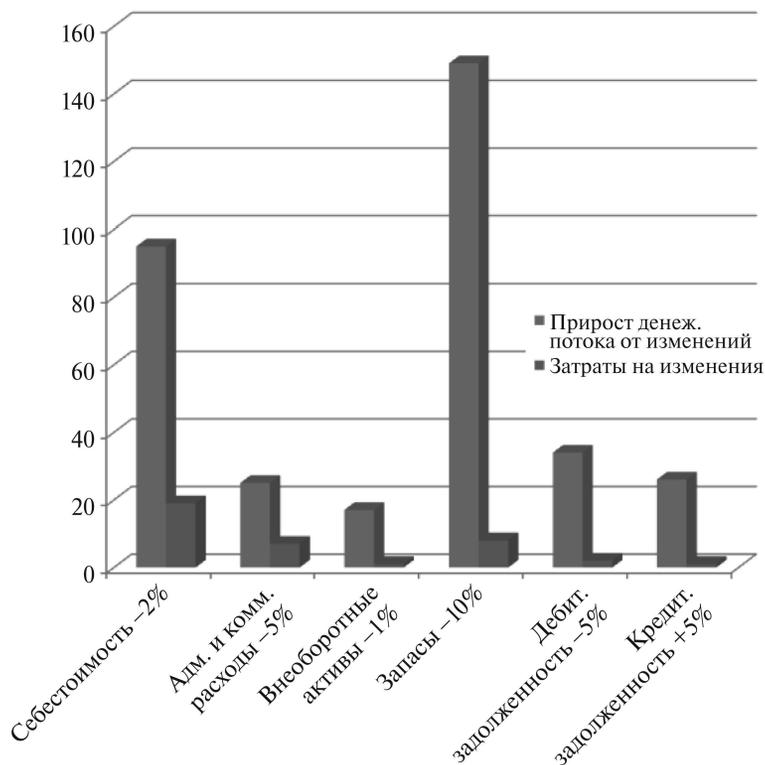
где S – прогнозируемый остаток денежных средств на конец периода, S_0 – остаток денежных средств на начало периода, V – выручка, v – доля переменных затрат, FC – постоянные затраты без процентов, r_D – процент долга к уплате, D – размер долга компании, k_τ – ставка налога на прибыль, k_u – доля чистой прибыли на потребление (дивиденды), ΔFA , ΔInv , ΔAR , ΔAP , ΔD – прирост внеоборотных активов, запасов, дебиторской, кредиторской задолженности и долга компании соответственно. Значения рассматриваются в момент прогнозирования значения целевого показателя на конец рассматриваемого периода.

Далее, если ввести обозначения $k_{\tau u} = (1 - k_\tau)(1 - k_u)$, $l_{TC1} = l_{Inv} - l_{AP}$, $l_{TC} = k_{Inv}l_{Inv} = k_{AP}l_{AP}$, соотношение (6) может быть представлено в виде

$$(12) \quad S^* = S + (k_D - 1)D - k_{FA}FA + V(k_{\tau u} - k_{AR}l_{AR} - l_{TC}v) - \\ - (k_{FC}FC + k_D r_D D)r_{\tau u} - l_{TC}FC + l_{AR}V + l_{TC1}TC,$$

где TC – полные затраты (без процентов по кредитам), VC – условно-переменные затраты, FC – условно-постоянные затраты, l_{Inv} – срок оборачиваемости запасов (Inventory), k_v – коэффициент изменения переменных расходов, k_{Inv} – коэффициент изменения запасов, k_{AR} – коэффициент изменения дебиторской задолженности (Accounts Receivable), l_{AR} – срок оборачиваемости дебиторской задолженности, k_{AP} – коэффициент изменения кредиторской задолженности (Accounts Payable), l_{AR} – срок оборачиваемости кредиторской задолженности.

Для уточнения задачи оптимизации определим параметры, которые могут подвергаться изменениям, и возможные границы этих изменений (условие (9)). Параметры, изменение которых может быть целесообразно: выручка, себестоимость, административные и коммерческие расходы, внеоборотные активы, запасы, дебиторская и кредиторская задолженности. Рассматриваемый диапазон изменения всех этих параметров возьмем 10%. Решение задачи оптимизации показывает, что в этих пределах могут быть выбраны изменения, затраты на которые достаточно малы по сравнению с положительным эффектом от них (рисунок). На этом рисунке прирост от изменений и затраты на них отложены по вертикальной оси и выражаются в млн руб. После названия каждой переменной указано ее изменение, полученное при решении задачи оптимизации.



Затраты и эффект изменения параметров предприятия.

Полученное решение позволяет дать положительный прогноз остатка денежных средств согласно построенной в [31] модели при условии выполнения мероприятий по указанным изменениям. Как показывают расчеты, значение целевой функции в рассматриваемом примере до применения изменений мероприятий составит $S = 21$ млн руб., а после применения этих мер новое значение будет $S^* = 455$ млн руб.

Таким образом, показана возможность применения предлагаемого подхода для определения мер по выводу прогнозируемого остатка денежных средств компании в область положительных значений. Отметим, что при рассмотрении существенных зависимостей между возможными изменениями параметров предлагаемый подход может столкнуться с задачами нелинейной, в том числе невыпуклой оптимизации. С этим может быть связано ограничение его применения с силу ограничений методов, разработанных для решения таких задач.

7. Заключение

В статье исследуется вопрос определения сравнительно небольших изменений параметров, которые позволяют перевести организационно-техническую систему из потенциально неблагоприятного состояния в область, где рассматриваемые показатели имеют благоприятный прогноз. Предлагаемый подход

к решению задачи позволяет выделить подмножество таких параметров (критическую комбинацию параметров) и необходимый объем их изменения. При этом выбирается вариант, наиболее целесообразный с точки зрения затрат на искомые изменения. Для использования подхода должна быть известна функциональная зависимость прогноза интересующего показателя от рассматриваемого множества параметров. В этом случае задача сводится к задаче математического программирования. В качестве прогнозируемого показателя в рассматриваемом примере берется остаток денежных средств компании. Предлагаемый подход позволяет определить сравнительно небольшие допустимые изменения параметров компании, которые позволят увеличить прогнозируемый остаток денежных средств на счете компании, и в частности вывести компанию к большему значению этой величины. В частности к положительному значению, если прогнозировалось банкротство. При этом необходимые меры ищутся из соображений максимальной выгоды с учетом затрат.

Полученные результаты решения обратной задачи стресс-тестирования предназначены в перспективе для периодического применения на временных интервалах различной длительности с коррекцией условий и допущений на каждом из них. Для этого в продолжении исследования будут разработаны основные положения по распространению предлагаемого подхода на управление в несколько шагов. Кроме того, заслуживает внимание вопрос организации целесообразной последовательности вносимых изменений.

Управляющие воздействия для таких изменений в общем случае зависят от данных по прошлым периодам и от желаемых или ожидаемых данных по предстоящим периодам.

Как перспективу для исследования отметим, что рассмотренная в примере обратная задача стресс-тестирования может решаться сразу для множества компаний и корпораций различных отраслей. Такое решение может быть использовано для выявления компаний, поддержка которых государством в условиях пандемии, турбулентности и международных санкций наиболее целесообразна для сохранения стабильной работы этих отраслей. При этом будут определяться необходимые объемы такой поддержки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kahneman D., Tversky A.* Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk // *Econometrica*. XLVII (1979). P. 263–291.
2. *Kahneman D., Tversky A.* Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty // *J. Risk Uncertain.* 1992. No. 5. P. 297–323.
3. *Sunstein C., Thaler R.* Libertarian Paternalism is Not an Oxymoron // *Univer. Chicago Law Rev.* 2003. No. 70. P. 1159–1202.
4. *Thaler R., Sunstein C.* Nudge: improving decisions about health, wealth, and happiness. Soundview Executive Book Summaries. Norwood: Mass. 2010.
5. *Талер Р.* Архитектура выбора. Как улучшить наши решения о здоровье, благосостоянии и счастье / М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017.

6. *Журба М.В.* Критический взгляд на теорию подталкивания // Экономические исследования и разработки. 2017. № 8. С. 213–222.
7. *Жильцов В.А., Пахомов А.П.* «Nudge» – теория «мягкого подталкивания» // Вост.-европ. науч. журн. Т. 11. № 3. 2016. С. 129–137.
8. *Богомолов А.С.* Анализ путей возникновения и предотвращения критических сочетаний событий в человекомашинных системах // Изв. Саратов. ун-та. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2017. Т. 17. № 2. С. 219–230.
9. *Богомолов А.С., Иващенко В.А., Кушников В.А. и др.* Моделирующий комплекс для анализа критических сочетаний событий в авиационных транспортных системах // Проблемы управления. 2018. № 1. С. 74–79.
10. *Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Богомолов А.С. и др.* Математические модели и методы анализа выполнимости планов управления сложными системами в условиях критических комбинаций событий. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2023. 128 с.
11. *Цвиркун А.Д., Акинфеев В.К., Филиппов В.А.* Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем. Оптимизационно-имитационный подход. М.: Наука, 1985. 173 с.
12. *Антонова Г.М., Цвиркун А.Д.* Оптимизационно-имитационное моделирование для решения проблем оптимизации современных сложных систем управления // Проблемы управления. 2005. № 5. С. 19–27.
13. *Арутюнов А.Л.* Синтез оптимизационно-имитационных моделей структуры использования различных видов энергоресурсов в производственном цикле АПК // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2013) : Материалы международной конференции. 2013. С. 272–278.
14. *Семущина Е.И.* Оптимизационно-имитационное моделирование как инструмент анализа социально-экономического развития региона // Научный ежегодник Центра анализа и прогнозирования. 2017. № 1. С. 247–249.
15. *Бабина О.И.* Разработка оптимизационной имитационной модели для поддержки процессов планирования складских систем // Компьютерные исследования и моделирование. 2014. Т. 6, № 2. С. 295–307.
16. *Васильев С.Н., Цвиркун А.Д.* Проблемы управления развитием крупномасштабных систем в условиях кризиса // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009): Материалы международной конференции. 2009. С. 14–18.
17. *Горошников Т.А.* Оптимизационная модель и алгоритмы поиска оптимального решения для анализа эффективности удаления неприбыльных предприятий из компании // Управление большими системами: сборник трудов. 2012. № 36. С. 173–185.
18. *Горошников Т.А., Слюков А.В.* Оптимизационные модели анализа эффективности слияний и поглощений // Управление большими системами. 2010. № 31. С. 177–191.
19. *Nwogugu M.* Decision-making, risk and corporate governance: New dynamic models/algorithms and optimization for bankruptcy decisions // Appl. Math. Comput. 2006. V. 179. No. 1. P.386–401.
20. *Elhoseny M. et al.* Deep Learning-Based Model for Financial Distress Prediction // Annals of operations research. 2022.

21. *Lu Y., Zeng N., Liu X.* A New Hybrid Algorithm for Bankruptcy Prediction Using Switching Particle Swarm Optimization and Support Vector Machines // *Discrete dynamics in nature and society*. 2015. 294930.
22. *Sen Z., Li Y., Yang W. et al.* A Financial Distress Prediction Model Based on Sparse Algorithm and Support Vector Machine // *Mathematical Problems in Engineering*. 2020(4). P. 1–11.
23. *Карманов В.Г.* Математическое программирование. М.: Физматлит, 2004.
24. *Рыбкин В.А., Язенин А.В.* Возможностная регуляризация задач линейного программирования // *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2003. № 3. С. 80–89.
25. *Голиков А.И., Евтушенко Ю.Г., Ячмимович М.* Нормальное решение и регуляризация задач линейного программирования. В сб. «Динамика неоднородных систем» под ред. Ю.С. Попкова, 2004. С. 107–135.
26. *Федоров В.В.* К вопросу об устойчивости задачи линейного программирования // *Журн. вычисл. матем. и матем. физ.* 1975. Т. 15. № 6. С. 1412–1423.
27. *Ашманов С.А.* Условия устойчивости задач линейного программирования // *Журн. вычисл. матем. и матем. физ.* 1981. Т. 21. № 6. С. 1402–1410.
28. *Дранко О.И.* Эмпирический вид производственной функции предприятия // *Экономика и менеджмент систем управления*. 2014. №. 3.2 (13). С. 245–253.
29. *Ириков В.А. и др.* Разработка программы инновационного развития предприятия: Методика, практика, рекомендации по внедрению. М.: Логос, МЗ-Пресс, 2013.
30. *Балашов В.Г., Ириков В.А., Токарев В.Д.* Опыт реформирования: четырехкратный рост и техперевооружение. Трехлетний опыт ОАО «Салаватстекло». М.: Книга сервис, 2002.
31. *Богомолов А.С., Дворяшина М.М., Дранко О.И. и др.* Стресс-тестирование нефинансовых организаций: подход к обратной задаче на основе аналитического решения // *Проблемы управления*. 2021. № 6. С. 15–29.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.А. Галяевым.

Поступила в редакцию 07.06.2024

После доработки 20.07.2024

Принята к публикации 25.07.2024