

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

DOI: 10.24143/2072-9502-2021-1-36-48
УДК 519.8, 004.942

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ (САНКЦИИ, HR, TQM, PMBOK, COVID-19, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ) МЕТОДОМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

С. Н. Масаев

*Сибирский федеральный университет,
Красноярск, Российская Федерация*

Метод интегральных показателей – один из методов исследования поведения динамических систем, оценивающий степень изменения системы под влиянием параметров внешней среды. Скоррелированность наблюдаемых параметров процессов в динамике дает интегральную величину изменений условий (режимов) работы системы и возможность прогнозировать разные события, стрессовые ситуации и кризисы. Рассмотрены режимы деятельности деревообрабатывающего предприятия, реализации проекта на нем и режимы работы строительного предприятия. Каждое предприятие формализовано отдельно как динамические системы, параметрами которых являются показатели деятельности: структура основных средств, структура продаж, логистика движения материальных ценностей, структура собственников и пр. В авторском программном комплексе разработаны и проанализированы 15 режимов работы динамической системы. Смоделированы процесс выполнения всех режимов работы на основе описания бизнес-процессов, внедрения системы менеджмента качества, внедрения стандарта управления проектами PMBOK, внедрения системы пожарной безопасности, работа при инфицировании Covid-19. При этом состояния динамической системы получены методом интегральных показателей. Исследование показало характерные изменения значений коррелированности параметров системы и выполнения бизнес-процессов при изменении сигнала управления и позволило сформировать пространство решений (управлений) для системы.

Ключевые слова: теория управления, динамическая система, система менеджмента качества TQM, управление персоналом, санкции, режим, интегральные показатели, должностная инструкция, пожарная безопасность, Covid-19.

Для цитирования: Масаев С. Н. Алгоритм оценки состояния системы (санкции, HR, TQM, PMBOK, Covid-19, пожарная безопасность) методом интегральных показателей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 1. С. 36–48. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-1-36-48.

Введение

В теории динамических систем создают и рассматривают математическую модель объекта исследования, формализуют цели ее управления, синтезируется контур управления изучаемого объекта для контроля режима его работы. Таким образом, изучаются свойства объекта по имеющимся о нем параметрам и их изменению, влияние параметров внешней среды и сигналов управления. По имеющейся у нас информации, актуальным остается вопрос оценки состояния динамической системы в следующих ситуациях: увеличение размерности, изменение размерности на каждом временном такте, синтез управления человеко-машинных объектов (производств) и влияния параметров внешней среды.

Вопросами управления подобными математическими моделями на экономических объектах занимались В. В. Леонтьев и Л. В. Канторович, А. Г. Гранберг, А. Г. Аганбегян, В. Ф. Кротов и др. [1–14]. В 2008 г. среди классических подходов в анализе экономического объекта методами теории управления был создан оригинальный метод интегральных показателей [15, 16]. Метод интегральных показателей был разработан на основе метода корреляционной адаптометрии А. Н. Горбана, Е. В. Смирновой (Петушковой), В. Т. Манчук [17]. Авторы с помощью корреляционной адаптометрии определили 4 стадии (состояния) организма: нормальное состояние, рост нагрузки, стресс, адаптация или смерть. Смерть наступает, если организм не адаптировался к влияющим на него факторам. Под стрессом понимается как положительное, так и отрицательное влияние факторов (внутренних, внешних) на организм. Понятие адаптационной энергии введено Г. Селье в 1936 г. [18]. Мобилизация организма в ответ на стресс авторы [17] обосновали полифакторностью. В соответствии с методом корреляционной адаптометрии для подтверждения наличия адаптации системы, по закону Либиха о лимитирующих факторах, необходимо, чтобы расчетная ковариация и дисперсия возрастали одновременно с корреляцией. Согласно закону Либиха развитие, как правило, лимитируется одним фактором или небольшим их числом («Бочка Либиха»). Это означает, что среди факторов, влияющих на производственную систему, выделяется один или несколько наиболее существенных (сильно отстающих от оптимума), а остальные влияют на развитие незначительно.

В отличие от метода корреляционной адаптометрии метод интегральных показателей дает ответ на следующие вопросы: идентификация объекта исследования как системы, оптимального управления системой с учетом изменений количества параметров (размерности), ее характеризующих, в условиях влияния параметров внешней среды. Метод интегральных показателей применен автором статьи для управления реально действующим строительным предприятием в городе Красноярске с 2007 по 2009 гг. При этом управление выполнялось децентрализованно, т. е. каждый департамент, отдел управлял своим набором параметров в рамках единой системы управления (бюджетирования), формируя свое состояние в будущем (план). В течение двух лет было достигнуто оптимальное управление с точностью отклонения фактического состояния строительного предприятия от прогноза планового состояния строительного предприятия на 5–7 % [15, 16]. Метод интегральных показателей хорошо зарекомендовал себя при составлении прогноза наступления финансового кризиса (2008 г.) [15].

При использовании метода интегральных показателей на предприятии остались нерешенными некоторые вопросы. Можно ли при децентрализованном управлении предприятием каждому департаменту, отделу использовать удобную ему методологию управления? Можно ли распространить метод на другие предприятия?

Отдельно отметим, что персонал предприятия выбирает удобную ему методологию управления, и это не управление в классическом виде, по теории управления. Сотрудники департаментов планируют деятельность, используя удобные для них методы: управления персоналом, качеством, проектами и т. д., без знаний теории управления.

Цель работы: оценить режимы работы динамической системы интегральным показателем с выбором методологии управления.

Характеристика переменных и параметров объекта исследования

Состояние объекта исследования определяется через параметры связанных состояний этого объекта в последовательности точек наблюдения:

$$y(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + e(t),$$

где $t = \{t_0, t_0 + 1, \dots, T\}$ – множество моментов времени, где t – моменты времени; $x(0)$ – точка отсчета, $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T \in X$, где $x_n(t)$ – значение положительных последовательностей (поступление ресурса в объект) и отрицательных последовательностей (отток ресурса из объекта); X – пространство параметров состояния объекта; n – число компонент вектора x_n (данные последовательности компонент могут характеризовать выполняемые работы, бизнес-процессы, мероприятия, расходующие или привлекающие ресурс в объект);

$u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T \in U$, где u_m – управление/корректировка $x_n(t)$; m – число компонент вектора уравнения u_m , которые обеспечивают достижение целевых параметров j_c ; U – пространство управляющих параметров; $u(t) = K((y), \Delta j(t))$ или $u(t) = K(x^*(t), \Delta j(t))$, где K – процедура управления в зависимости от отклонений по целям; $x_n^*(t)$ – желаемое состояние параметра, $j(t) = [j_1(t), j_2(t), \dots, j_c(t)]^T \in J$, где j_c – целевые значения работы объекта; c – число компонент вектора j_c ; J – пространство целей; $y(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_p(t)]^T \in Y$, где y_p – наблюдаемые внешние параметры объекта исследования, характеризующие его фактическое состояние, с функцией наблюдения $\psi(t)$; Y – пространство наблюдаемых параметров $y(t) = \psi(x(t))$ через функцию $\psi(t)$ по структуре наблюдения $\psi(t) = H(t)x(t)$, где $H(t)$ – матрица структуры наблюдения размерностью $p \times n$; $e(t) = [e_1(t), e_2(t), \dots, e_p(t)]^T \in E$ – помехи, действующие на $x_n(t)$, где E – пространство помех, действующих на объект; $A(t)$ – матрица, определяющая структуру объекта, размерностью $n \times n$; $B(t)$ – матрица, определяющая структуру управления, размерностью $n \times m$.

Тогда объект исследования представим как систему $S = \{T, X, U, Y, J, \psi, E\}$. Учитывая, что X определяется через последовательные t разными состояниями, переходы между которыми формализованы, объект исследования считаем динамической системой S .

Состояния системы по значениям $x_n(t)$ рассматриваем за k предыдущих тактов, т. е. регулируем количество точек, характеризующих признак n (выполняемая работа, бизнес-процесс). Регулятор k – глубина анализа (для анализа принято $k = 6$ месяцев, 6 точек). Регулятор k задает глубину анализа центра планирования. Вопрос величины параметра k (количества рассматриваемых точек от 2 и более) подробно рассмотрен отдельно в работе [19].

Из пространства $X(T)$ имеем матрицу $X_k(t)$, ограниченную значением k для расчета корреляционной матрицы $R_k(t)$:

$$X_k(t) = \begin{bmatrix} x^T(t-1) \\ x^T(t-2) \\ \dots \\ x^T(t-k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(t-1) & x_2(t-1) & \dots & x_n(t-1) \\ x_1(t-2) & x_2(t-2) & \dots & x_n(t-2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(t-k) & x_2(t-k) & \dots & x_n(t-k) \end{bmatrix}.$$

Параметр k задает длину временных рядов, между которыми высчитывается корреляция. Например, 1-й признак обозначает положительную или отрицательную последовательность параметра $x_1(t)$, сравнивается со 2-м признаком $x_2(t)$ и со всеми остальными $x_n(t)$. Параметр k ограничивает количество точек $x_n(t)$ для расчета коэффициента корреляции. Далее, 2-й признак обозначает положительную или отрицательную последовательность параметра и сравнивается с n признаком для расчета коэффициента корреляции, т. е. со всеми остальными $x_n(t)$.

Следуя методу интегральных показателей [15], рассчитываем коэффициенты взаимной корреляции между $x_n(t)$, характеризующие состояние системы за весь период хозяйственной деятельности экономического объекта (предприятия). Получаем корреляционную матрицу $R_k(t)$ с единичной диагональю:

$$R_k(t) = \frac{1}{k-1} \overset{o}{X_k^T}(t) \overset{o}{X_k}(t) = \left\| r_{ij}(t) \right\|,$$

где $r_{ij}(t)$ – коэффициенты корреляции переменных $x_i(t)$ и $x_j(t)$ в момент времени t .

Теперь рассчитываем интегральный показатель $G_i(t)$:

$$R_i(t) = G_i(t) = \sum_{j=1}^n |r_{ij}(t)|. \quad (1)$$

Сумма (1) показывает состояние динамической системы в зависимости от изменения внутренних параметров $x_n(t)$ объекта исследования и влияния на него параметров внешней среды. Изменение какого-либо параметра $x_n(t)$ влияет на расчет взаимной корреляции параметров между собой и изменяет величину интегрального показателя (1). Таким образом находятся параметры $x_n(t)$, имеющие наибольшую сумму таких взаимосвязей. При наблюдении за объектом (строительным предприятием) в течение 5 лет было обнаружено, что изначально параметры, имеющие наименьшее количество корреляционных связей, далее становились наиболее коррелированными с остальными [15]. Наиболее значимые показатели становились малозначимыми. Интегральный показатель (1) показывает эти изменения. Если его отобразить как корреляционный граф [15, с. 99–102], то можно формировать главные компоненты (локальные функции), определяющие состояние системы. Очевидно, что такие параметры выгодно использовать для управления состоянием динамической системы и прогнозирования ее состояния.

Таким образом, интегральный показатель отображает изменение состояния динамической системы при внедрении различных методологий управления.

Метод интегральных показателей подразумевает расчет еще трех показателей для идентификации объекта исследования как системы [15, 16], однако для целей нашей работы и выполнения алгоритма они не нужны, поэтому в статье они не рассматриваются.

Управление может задаваться различными методами, тогда V – это сечение на множестве X , которое обеспечивает управление в удобной форме V_i^k :

$$V = \sum_{i=1}^n V_i^k(t).$$

V_i^k необходимо для отображения управления, формируемого экспертами различных отделов и департаментов в удобной для них методологии (TQM, РМВоК, HR, автоматическая система управления пожарной безопасностью и др.). Происходит «натягивание» параметров выбранных методик управления на пространство X . Параметры пространства X , которые не могут быть охарактеризованы методикой, именуется любым названием, удобным для эксперта методом.

V_i^k – набор режимов управления системой:

$$V_i^k = \sum_{j=1}^n v_i^j(x_j^j) \rightarrow \min,$$

где v_i^j – элемент сечения через выбранный метод управления (соответствие x_j^j задается v_i^j как 1 – «да», 0 – «нет»). Объект ограничен в ресурсах $C: V(X) \leq C$.

Алгоритм эксперимента

Каждый шаг алгоритма совпадает с указанной программой из авторского комплекса программ по порядку (Свидетельства Роспатента на ЭВМ № 2013614410, 2017616973, 2008610295, 2017616970) [20–23].

1 шаг. Формируем исходный материал о фактическом состоянии наблюдаемого объекта по параметрам $x_n(t)$, информация собирается за максимальный интервал времени. Формируем S . Вводим мероприятия (бизнес-процессы) на предприятии. Рассчитываем G . Задаем цели работы системы J . Если S характеризует объект, тогда переходим к шагу 2. Если S не характеризует объект исследования, тогда начинаем с начала шага (данное решение принимается экспертом на его усмотрение исходя опыта работы).

2 шаг. В загруженной модели выбираем форму представления метода управления V_i^k . Можно выбрать РМВоК, бюджетирование, систему менеджмента качества TQM, HR, оценить

ущерб от санкций [24], противопожарные мероприятия [25, 26]. Методы управления для каждого отдела или департамента можно задать различные, например, PMBoK – для проектного департамента, TQM – для департамента управления качеством, HR – для управления персоналом через должностные инструкции. Если заданный экспертом метод управления его устраивает, т. е. методика управления V покрывает множество X , тогда переходим к шагу 3, иначе – к началу шага. При отсутствии выбранного метода управления допускается использовать просто порядковые номера параметров $x_n(t)$. Если отсутствие методики управления V устраивает эксперта, тогда переходим к шагу 3, иначе возврат к 1 шагу.

3 шаг. Проверяем управление на оптимальность. Например, можно сформировать оптимальный план (будущее желаемое состояние системы X^*) по классическому понятию, как у Р. Беллмана [27]. Алгоритм выполнения проверки решения на оптимальность через распределение ресурса приведен в работе [15]. Также можно формировать свои критерии оценки эффективности, например совпадение фактического состояния параметра $x_n(t)$ с требуемым $x_n^*(t)$. Если решение неоптимально (неэффективно), тогда возврат к шагу 1, иначе – переход к шагу 4.

4 шаг. Оцениваем эффективность управления в системе по интегральному показателю G . Принимается оптимальное управление, имеющее минимальное значение интегрального показателя (1). Оценку эффективности может выполнять эксперт или группа экспертов по пространству целей J , заданных на шаге 1. Если оптимальное решение не сформировано, то возвращаемся к шагу 1, иначе – конец алгоритма.

Алгоритм используется для моделирования и расчета состояния объекта исследования.

Объект исследования

Параметры $x_n(t)$ задаются последовательно по структуре: описание проекта и собственников, основные средства, характеристика продукции, анализ рынка, организационный план, маркетинговые данные, структура производства (склады, логистика), анализ норм расхода ресурсов, воздействие на окружающую среду, анализ проектных рисков, финансовая модель доходов и расходов. Учитывая, что размерность изучаемых объектов большая – 417,5 тыс., 1,2 млн параметров – и описание каждого параметра займет много места, целесообразно посмотреть детальное их описание в отдельной работе [15] для объекта из 417 параметров (стр. 152, приложение 1). Далее мы ограничимся укрупненным описанием объектов исследования.

Первый объект. Предприятие, используемое в качестве примера, имеет производство по глубокой переработке 800 000 м³ круглого леса с безотходным производством пеллет. Объект исследования сформирован на основе реально действующего предприятия. Описание составлено в виде проекта развития предприятия на 1 060 страницах. Данное развитие предприятия является инвестиционным приоритетным проектом РФ (приказ на второй странице презентации [28]). Проект предварительно прошел экспертизу Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края, Рослесхоза РФ и Министерства промышленности и торговли РФ. Также проект размещен на сайте Торгового представительства РФ в Китае [28] после экспертизы проекта Министерством экономики и регионального развития Красноярского края, Министерством экономики и развития РФ.

В силу большого объема данных описательной части проекта приведем только структуру формирования взаимосвязи между параметрами предприятия. Нулевой блок – это параметры внешней среды: курсы валют, налоги РФ, стоимость топлива и тариф электроэнергии, размер инфляции на ресурсы и продукцию, цены на сырье и продукцию, цены на оборудование, уровень производительности оборудования. Первый блок – это инвестиционный план и перечисление всех выполняемых мероприятий и бизнес-процессов на предприятии. Второй блок – это оборудование, машины и механизмы, используемые в производстве (харвестеры, форвардеры, трактора, экскаваторы, грейдеры, лесовозные тележки «шанси», дизельные генераторы энергии, вахтовые вагончики, здания и сооружения, оборудование глубокой переработки древесины USNR), машины и орг. техника, используемые для работы административного персонала. Смоделированы все виды ремонта техники: капитальный, текущий и оперативный осмотр, в зависимости от пробега каждой машины или ее использования административным персоналом. Обслуживание оборудования зависит от объема производства за 5 лет. Третий блок – рассчитана амортизация по всем основным средствам и оборудованию. Четвертый блок – это описание, ха-

рактические характеристики и объемы производимой продукции: круглого леса, калиброванного бруса, клееной доски, евровагонки, доски пола, шпона, мебели и пеллет. Пятый блок – это управление остатками на складе и логистика перемещения материальных ценностей с учетом основных технологических этапов: а) заготовка; б) складирование на верхнем участке; в) доставка баржами в мае, июне, июле, августе, сентябре по реке Енисей до нижнего склада; г) складирование на нижней площадке; д) глубокая переработка круглого леса и производство калиброванного бруса, клееной доски, евровагонки, доски пола, шпона, мебели; е) пеллетное производство – переработка отходов. Шестой блок – это формирование штатной численности рабочих, инженерно-технического персонала, административного персонала и прочих работников. Седьмой блок – это расчет ресурсов, средств собственника на предприятии, формирование формы 2 (отчет о прибылях и убытках), движение денежных средств и формы 1 (бухгалтерского баланса). В модели рассчитываются все существующие экономические показатели для оценки предприятия. Восьмой блок – расчет экологических параметров производства. Девятый блок – это инжиниринг всего производства компанией USNR (американская компания – мировой лидер по производству техники и оборудования для глубокой переработки круглого леса).

Второй объект. Строительное предприятие [15], созданное в 2002 г. и наблюдаемое до 2009 г. На предприятии автором статьи была внедрена система бюджетирования исследования в 2006 г. [15].

По другим объектам выполнены расчеты обеспечения режимов безопасности в работах [24, 26, 28].

Эксперимент

В табл. ниже рассчитаны характеристики сечения V управления работой объектов исследования различными методиками.

Параметры режимов работы динамической системы

№	N , число компонент x_n	Метод управления	Сечение V	Параметры режима
1	1,2 млн	Нет подхода	50 млн ед.	Стандартный режим работы предприятия.
2	1,2 млн	TQM	131 млн ед.	Внедрение системы менеджмента качества
3	1,2 млн	PMBoK	147 млн ед.	Переход на стандарт управления через создание проектного офиса и формализацию бизнес-процессов.
4	5 000	Бюджетирование	186 591 ед.	Режим – 1: Кредит от стоимости проекта 100 %. Ставка за кредит – 10 %, вложения собственника – нет. Субсидии государства – 33 %. Продажа круглого леса – с 5 месяца. Продажа продукции – с 21 мес.
5	5 000	Бюджетирование	161 675 ед.	Режим – 2: Кредит от стоимости проекта 63 %. Ставка за кредит – 10 %, вложения собственника – 37 %. Субсидии государства – 100 %. Продажа круглого леса – с 10 месяца. Продажа продукции – с 21 мес.
6	5 000	Бюджетирование	162 031 ед.	Режим – 3: Кредит от стоимости проекта 63 %. Ставка за кредит – 10 %, вложения собственника – 37 %. Субсидии государства – 100 %. Продажа круглого леса – с 10 месяца. Продажа продукции – с 21 мес. Смещение приобретения основных средств на 5 мес от даты в первом режиме.
7	5 000	Бюджетирование	162 774 ед.	Режим – 4: Кредит от стоимости проекта 126 %. Ставка за кредит – 13 %, вложения собственника – нет. Субсидии государства – 100 %. Продажа круглого леса – с 10 месяца. Продажа продукции – с 27 мес. Смещение приобретения основных средств на 5 мес от даты в первом режиме.
8	5 000	Бюджетирование	162 529 ед.	Режим – 5: Кредит от стоимости проекта 112 %. Ставка за кредит – 13 %, вложения собственника – нет. Субсидии государства – 100 %. Продажа круглого леса – с 10 мес. Продажа продукции – с 27 мес. Смещение приобретения основных средств на 5 мес от даты в первом режиме.
9	5 000	Бюджетирование	166 463 ед.	Режим – 6: Кредит от стоимости проекта 112 %. Ставка за кредит – 13 %, вложения собственника – нет. Субсидии государства – 100 %. Продажа круглого леса – с 10 мес. Продажа продукции – с 27 мес. Смещение приобретения основных средств на 5 мес от даты в первом режиме. Режим 6 отличается от режима 5 увеличением заготовки объемов сырья с 800 тыс. м ³ до 1 млн м ³ для производственного процесса.
10	1,2 млн	Бюджетирование	1,23 млн	Режим – $V_{\text{Станд.реж.}}^6$: Стандартный режим работы.

Параметры режимов работы динамической системы

№	N, число компонент x_n	Метод управления	Сечение V	Параметры режима
11	1,2 млн	Система управления пожарной безопасностью	1,25 млн	Режим – $V_{АСУПБ}^6$: Внедрение автоматической системы управления пожарной безопасностью (далее АСУПБ) подразумевает внедрений на сумму 282,5 млн руб. за 5 лет (укрупненно): 1) АСУПБ по требованиям руководящих документов; 2) управление и контроль пожарной безопасности (ПБ) на предприятии, исполнение законодательных и иных нормативных правовых актов, требований, правил и инструкций ПБ. Наблюдение за служебными обязанностями подчиненных; 3) обеспечение ПБ в технологических процессах, эксплуатации оборудования, производстве пожароопасных работ; 4) монтаж, контроль и обеспечение работоспособности средств оповещения и пожаротушения; 5) своевременное финансирование мероприятий ПБ; 6) поддержание высокого уровня компетенций у специалистов ПБ; 7) контроль электробезопасности на объектах; 8) актуализация плана эвакуации; 9) ведение системы документов по ПБ.
12	417	Должностная инструкция	155 895 ед.	Режим – $V_{базовый}^6$: Стандартный режим работы.
13	417	Должностная инструкция	153 080 ед.	Режим – V_1^6 : Инфицирование COVID-19 инженерно-технического персонала и рабочих (инженер-проектировщик, инженер технического отдела, инженер-конструктор, архитектор, главный инженер, начальник участка, прораб, инженер ПТО, инженер тех. надзора, инженер по охране труда, плотник-бетонщик, каменщик, сварщик, стропальщик, отделочник). Государственные антиковидные мероприятия нарушаются. Заболевание определяется на рабочем месте по явным признакам. Работники не изолируются на карантин при инфицировании. Затраты предприятие несет только при тяжелых случаях инфицирования работника, когда он не может работать.
14	417	Должностная инструкция	156 470 ед.	Режим – V_2^6 : Инфицирование COVID-19 инженерно-технического персонала (инженер-проектировщик, инженер технического отдела, инженер-конструктор, архитектор, главный инженер, начальник участка, прораб, инженер ПТО, инженер тех. надзора, инженер по охране труда). Государственные антиковидные мероприятия соблюдаются полностью. Заболевание определяется через регулярное тестирование на рабочих местах. Любой инфицированный работник изолируется на карантин. На его место временно нанимается другой работник.
15	417	Должностная инструкция	155 150 ед.	Режим – V_3^6 : Инфицирование COVID-19 инженерно-технического персонала с учетом сезонности работ: (инженер-проектировщик, инженер технического отдела, инженер-конструктор, архитектор, главный инженер, начальник участка, прораб, инженер ПТО, инженер тех. надзора, инженер по охране труда). Государственные антиковидные мероприятия соблюдаются полностью. Заболевание определяется через регулярное тестирование на рабочих местах. Работник изолируется на карантин, только если он не нужен для деятельности предприятия. При карантине на его место временно нанимается другой работник.

Обсуждение результатов

На рис. 1 представлена динамика характеристик методик управления V 1, 2 и 3 режимов по первому объекту исследования.

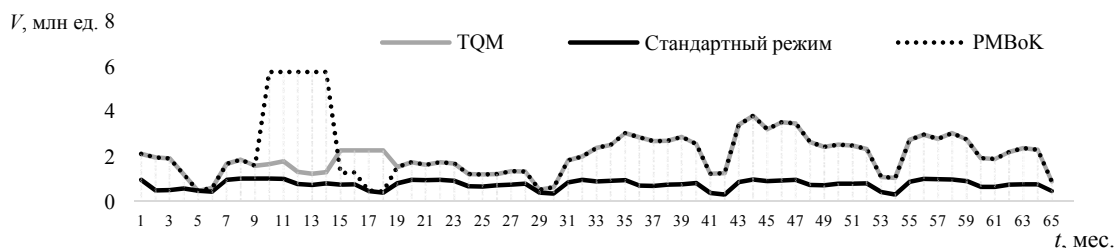


Рис. 1. Динамика режимов деятельности системы по первому объекту

Стандартный режим на рис. 1 отображает формализацию (описание) бизнес-процессов, которая выявила несогласованность бизнес-процессов между собой, наличие разрывов при переработке полуфабрикатов, продуктов в материальных потоках процессов, отсутствие четких форм процедур документооборота. Режим TQM отображает второй шаг: внедрение системы менеджмента качества (TQM) в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001:2001. Режим РМВоК отображает внедрение американского стандарта управления проектами. Анализ показал, что некоторые, до внедрения TQM, процессы были выполнены фактически, но не были отражены (формализованы) в бухгалтерском учете. Общая стоимость «вскрытых» материальных потоков производственных процессов составила 4,5 млрд руб. в год. На рис. 2 отображены различные режимы выполнения проекта по созданию предприятия с нуля, на примере *первого объекта*, в условиях наложения санкций (влияния параметров внешней среды).

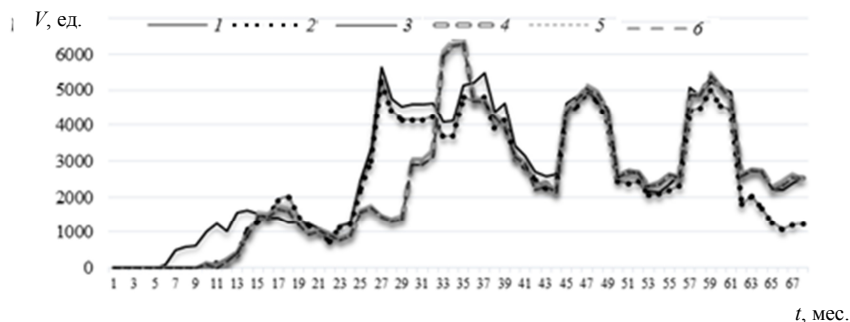


Рис. 2. Динамика режимов создания деятельности первого объекта:
 1 – стандартное выполнение проекта; 2 – ограничение рынка для продаж круглого леса;
 3–6 – смещение срока закупки оборудования на 5 мес.

При режиме 2 поиск нового рынка сбыта смещает продажи на 10-й месяц от старта проекта. При режимах 3–6 смещение срока закупки оборудования на 5 мес. происходит из-за введенных США ограничений (санкций) накупаемое высокотехнологичное оборудование для проекта. В 4–6 режимах происходит смещение продаж готовой продукции, из-за санкций смещается экспорт из России на 6 мес. – с 21 на 27 мес. За 6 мес. удается найти новых потребителей и рынки сбыта. Оптимальным по интегральному показателю (1) является режим 2.

На рис. 3 отображены режимы для первого объекта из таблицы (строки 10 и 11: стандартный и внедрение АСУБП).

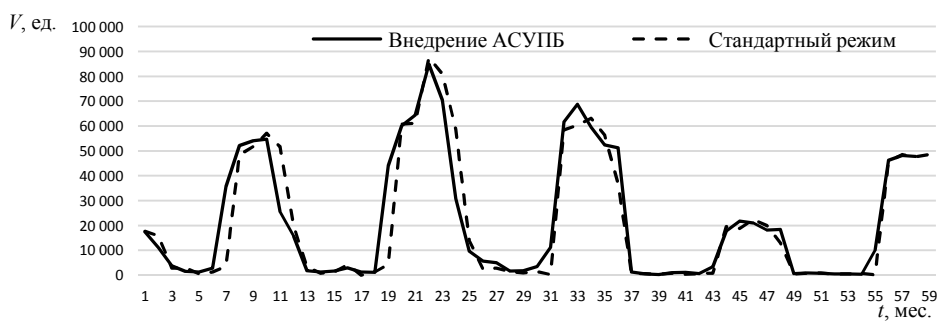


Рис. 3. Динамика режимов внедрения АСУБП

Влияние АСУБП на работу системы измеряется как разность между состоянием параметров $\Delta V = V_{\text{станд.реж}}^6 - V_{\text{АСУБП}}^6$, $\Delta V = -19\,415$. Затраты на внедрение АСУБП составили 0,283 млрд руб., потери от остановки предприятия вследствие пожара составили 6 млрд руб. Окупаемость мероприятий – 1,5 мес. Режим работы V_2^6 не является оптимальным, но является вынужденным с точки зрения требований правил пожарной безопасности к работе предприятий.

На рис. 4 представлены режимы работы *второго объекта* исследования.

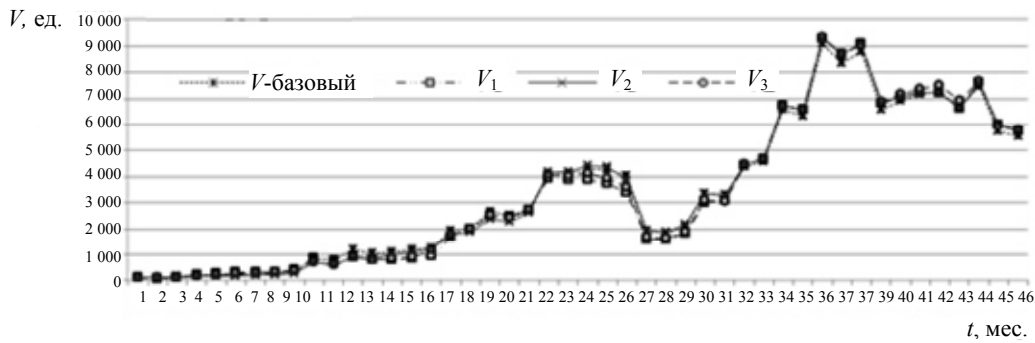


Рис. 4. Динамика режимов работы $V_i(t)$

Управление выполняется по должностным инструкциям каждого сотрудника: $V_{\text{базовый}}^6 = 155\,895$ режим стандартной работы предприятия, $V_1^6 = 153\,080$ режим инфицирования Covid-2019 инженерно-технического персонала и рабочих, $V_2^6 = 156\,470$ режим инфицирования Covid-2019 инженерно-технического персонала, $V_3^6 = 155\,150$ режим инфицирования Covid-2019 инженерно-технического персонала с учетом сезонности. Ущерб от введения мероприятий по противодействию инфекционному заражению Covid-19 по каждому режиму рассчитывается из возможности сохранения заработной платы заболевшим сотрудникам и перераспределения должностных инструкций между обязанностями здорового персонала и процессом поиска новых сотрудников: $V_1^6 - 2,5$ млн руб., $V_2^6 - 198$ млн руб., $V_3^6 - 196,6$ млн руб. Принятие мер в рамках реализации режима V_1^6 является оптимальным по интегральному показателю (1) и по величине затрат. Режим является противозаконным и создает угрозу жизни и здоровью людей. Неоптимальным для второго объекта – по стоимости и по интегральному показателю – является режим V_2^6 , который для персонала этого объекта является самым щадящим.

Значения корреляции, которые попадают в формулу (1), можно проверить на значимость в доверительном интервале, тогда она будет иметь вид $G_i(t) = \sum_{j=1}^n |r_{ij}(t)|$ при $|r_{ij}(t)| \geq r_{\text{кр}}$ для объекта, приведенного на рис. 4. По таблице критических значений коэффициентов Пирсона, для $k = 6$ при $\alpha = 0,95$ критическое значение равно $r_{\text{кр}} = 0,73$ (рис. 5).

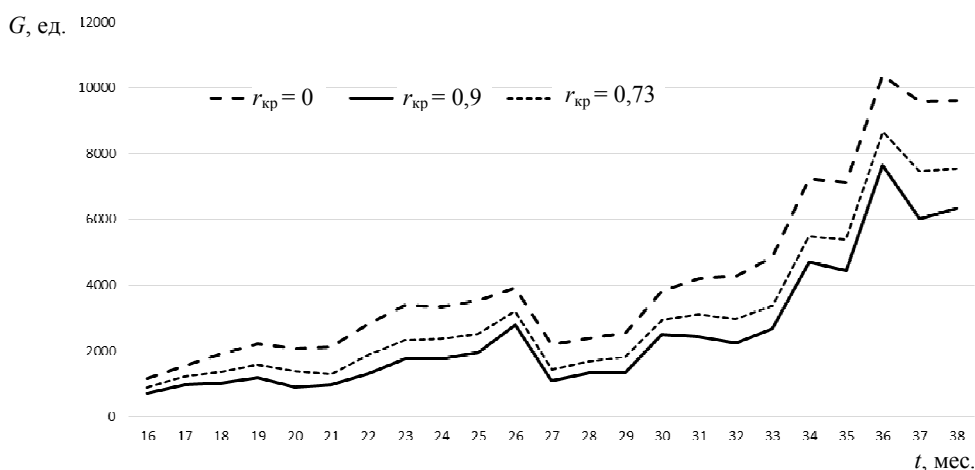


Рис. 5. Динамика процесса во втором объекте в зависимости от критического значения $r_{\text{кр}}$

Если на втором объекте сделать расчет $r_{\text{кр}}$, то в доверительный интервал попадут значения статистически незначимые при $r_{\text{кр}} = 0,1$ в первом случае и сильно статистически значимые

во втором, при $r_{кр} = 0,9$ (рис. 5). Следовательно, рассматриваемые динамические системы характеризуют множество (плотное топологическое пространство), с некоторым отношением порядка, при котором объект (наблюдаемая система) остаются вполне упорядоченным векторным пространством при различных режимах управления.

Таким образом, можно добиваться заданной точности оптимального управления, при выполнении алгоритма эксперимента, в рассматриваемых динамических системах.

Выводы

Первый и второй объекты исследования формализованы как динамические системы. Каждая динамическая система использована для расчета интегрального показателя и выполнения алгоритма. В динамической системе задан выбор формы представления метода управления в центре/центрах управления (РМВОК, бюджетирование, система менеджмента качества (TQM), HR-управление персоналом через должностные инструкции, управление пожарной безопасностью). Приведен результат расчетов режимов работы динамической системы по выбранным методам управления через значение интегрального показателя. Приведен расчет режимов ограниченной работы Covid-19 и санкций через интегральный показатель.

Выполнена оптимизация расчета режимов работы динамической системы через автоматизацию выполняемого алгоритма. При автоматизации расчет алгоритма занимает 420–450 мин, в зависимости от мощности ЭВМ. Без автоматизации расчет одного режима занимает 8 месяцев.

Цель работы – оценить режимы работы динамической системы интегральным показателем с выбором методологии управления – достигнута.

Получен положительный ответ на вопросы, поставленные в начале статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винер Н. Кибернетика. М.: Совет. радио, 1968. 258 с.
2. Красовский А. А. Исторический очерк развития и состояния теории управления // Современная прикладная теория управления. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. Ч. I. 400 с.
3. Цыпкин Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968. 400 с.
4. Ressler O. E. Chemical Turbulence: Chaos in a Small Reaction-Diffusion System // Naturforsch. 1976. V. 31. P. 1168–1172.
5. Lorenz E. N. Deterministic Nonperiodic Flow // J. Atoms. Sci. 1963. V. 20. N. 2. P. 130–141.
6. Биркгоф Дж. Динамические системы. М.: ОГИЗ, 1999. 480 с.
7. Гукенхеймер Дж., Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. М.; Ижевск: Изд-во Ин-та компьютер. исслед., 2002. 560 с.
8. Палис Ж., ду Мелу В. Геометрическая теория динамических систем: введение. М.: Мир, 1986. 301 с.
9. Golestani M., Mohammadzaman I., Yazdanpanah M. J. Robust Finite-Time Stabilization of Uncertain Nonlinear Systems Based on Partial Stability // Nonlinear Dynamics. 2016. V. 85. N. 1. P. 87–96.
10. Haddad W. M., L'Afflitto A. Finite-Time Partial Stability and Stabilization, and Optimal Feedback Control // Journal of the Franklin Institute. 2015. V. 352. N. 6. P. 2329–2357.
11. Jammazi C., Abichou A. Controllability of Linearized Systems Implies Local Finite-Time Stabilizability: Applications to Finite-Time Attitude Control // Journal of Mathematical Control and Information. 2018. V. 35. N. 1. P. 249–277.
12. Jenkins M. et al. Export Processing Zones in Latin America. Harvard Institute for International Development, Development Discussion Paper, 1998. N. 646 (August). P. 289–292.
13. Kumar A., Shankar R., Choudhary A., Thakur L. S. A big data MapReduce framework for fault diagnosis in cloud-based manufacturing // International Journal of Production Research. 2016. V. 54 (23). P. 7060–7073.
14. L'Afflitto A. Differential Games, Finite-Time Partial-State Stabilization of Nonlinear Dynamical Systems, and Optimal Robust Control // International Journal of Control. 2017. V. 90. N. 9. P. 1861–1878.
15. Масаев С. Н. Методика комплексной оценки управленческих решений в производственных системах с применением корреляционной адаптометрии: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2011. 214 с.
16. Масаев С. Н. Оценка управления в компании методом интегральных показателей компании для шести вариантов ее развития // Решетневские чтения. Красноярск: Изд-во СибГАУ, 2013. Т. 2. С. 133–134.
17. Горбань А. Н., Манчук В. Т., Петушкова Е. В. Динамика корреляций между физиологическими параметрами при адаптации и эколого-эволюционный принцип полифакториальности // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1987. Т. 10. С. 187–198.
18. Selye H. A Syndrome Produced by Diverse Nocuous Agents // Nature. 1936. V. 138. P. 32.

19. *Masaev S.* Depth of Planning the State of a Dynamic Discrete System by Autocorrelation Function // Proceedings of 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (Sochi, Russia, 2020). RusAutoCon, 2020. P. 989–993. DOI: 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208187.
20. *Св-во* о регистр. прогр. для ЭВМ RUS 2013614410. Программа для расчета экономической модели функционирования предприятия, занимающегося заготовкой и глубокой переработкой различных пород древесины при определенных сценариях развития рынка и стратегии / Масаев С. Н.; заяв. № 2013611869 от 12.03.2013.
21. *Св-во* о регистр. прогр. для ЭВМ RU 2017616973. Оценка достижения выбранной стратегии предприятия по универсальным показателям бизнес-функций производственных процессов и процессов управления / Масаев С. Н.; заяв. № 2017614017 от 26.04.2017.
22. *Масаев С. Н.* Программный комплекс оценки эффективности управленческого решения // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2008610295, 14.01.2008 / Заявка № 2007614460 от 13.11.2007..
23. *Св-во* о регистр. прогр. для ЭВМ RU 2017616970. Автоматизированный расчет и заполнение форм экономической оценки инвестиционных проектов в соответствии с постановлением Совета администрации Красноярского края «О государственной поддержке инвестиционной деятельности» 91-П / Масаев С. Н.; заяв. № 2017614111 от 26.04.2017.
24. *Масаев С. Н.* Гарантированное уничтожение деятельности предприятия резидента особой экономической зоны санкциями // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019: материалы XII Междунар. конф. (Москва, 1–3 октября 2019 г.). М.: Изд-во ИПУ РАН, 2019. С. 84–92.
25. *Масаев С. Н., Минкин А. Н., Едимичев Д. А.* Оценка пожарных рисков и поражающих факторов закрытого распределительного устройства 220 кВ // Сибир. пожар.-спасат. вестн. 2018. № 4 (29). С. 29–38.
26. *Масаев С. Н., Масаев В. Н., Минкин А. Н., Едимичев Д. А., Мочалов Д. Ю.* Инверсный функционально-стоимостной анализ выбора аварийно-спасательной техники для малообъемных и рассредоточенных объектов // Современные проблемы гражданской защиты. 2018. № 4 (29). С. 16–22.
27. *Bellman R.* Dynamic programming. New Jersey: Princeton University Press, 1957. 360 p.
28. *Harlov Y., Masaev S.* Master LLC jointly develops priority investment projects in the Russian Federation in the field of deep wood processing. Organization of deep processing of industrial wood. «马斯捷尔» 有限责任公司共同开发木材深加工领域的俄罗斯联邦优先投资项目 工业化木材深加工组织. Китай. Торговое представительство Российской Федерации в Китайской Народной Республике. 2019. URL: http://www.russchinatrade.ru/assets/files/ru-offer/OOO_master.pdf (дата обращения: 22.12.2020).

Статья поступила в редакцию 02.12.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Масаев Сергей Николаевич – Россия, 660041, Красноярск; Сибирский федеральный университет; канд. техн. наук; доцент кафедры пожарной безопасности; faberi@list.ru.



ALGORITHM FOR ASSESSING THE STATE OF THE SYSTEM (SANCTIONS, HR, TQM, PMBOK, COVID-19, FIRE SAFETY) BY THE METHOD OF INTEGRATED INDICATORS

S. N. Masaev

*Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russian Federation*

Abstract. The article considers the integral indicators as one of the methods for studying the behavior of dynamic systems, evaluating the change in the system under the influence of environmental parameters. Correlation of the observed process parameters in dynamics gives the integral value of changes in the operational conditions (modes) of the system and helps predict various

events, stressful situations and crises. The modes of activity of a woodworking enterprise, the implementation of a project on it and modes of operation of a construction enterprise are considered. Each enterprise is formalized separately as dynamic systems, the parameters of which are performance indicators: the structure of fixed assets, the structure of sales, logistics of the movement of material assets, the structure of owners, etc. The author's program complex has developed and analyzed 15 operating modes of the dynamic system. The process of fulfilling all operating modes has been simulated using a description of business processes, as well as the implementation of a quality management system, the PMBOK project management standard, a fire safety system, and operating in conditions of Covid-19 infection. The states of the dynamic system were obtained by the integral method indicators. The study showed characteristic changes in the correlated values of the system parameters and the performance of business processes with a changed control signal and allowed to create a solution space for the system.

Key words: control theory, dynamical system, total quality system, human resource management, sanctions regime, integrated indicators, job description, fire safety, Covid-19.

For citation: Masaev S. N. Algorithm for assessing the state of the system (sanctions, HR, TQM, PMBOK, Covid-19, fire safety) by the method of integrated indicators. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2021;1:36-48. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2021-1-36-48.

REFERENCES

1. Viner N. *Kibernetika* [Cybernetics]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1968. 258 p.
2. Krasovskii A. A. Istoricheskii ocherk razvitiia i sostoiianiia teorii upravleniia [Historical sketch of development and status of management theory]. *Sovremennaia prikladnaia teoriia upravleniia*. Taganrog, Izd-vo TRTU, 2000. Part I. 400 p.
3. Tsyppin Ia. Z. *Adaptatsiia i obuchenie v avtomaticheskikh sistemakh* [Adaptation and training in automatic systems]. Moscow, Nauka Publ., 1968. 400 p.
4. Ressler O. E. Chemical Turbulence: Chaos in a Small Reaction-Diffusion System. *Naturforsch*, 1976, vol. 31, pp. 1168-1172.
5. Lorenz E. N. Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal Atoms. Sci.*, 1963, vol. 20, no. 2, pp. 130-141.
6. Birkhof Dzh. *Dinamicheskie sistemy* [Dynamic systems]. Moscow, OGIZ Publ., 1999. 480 p.
7. Gukenkheimer Dzh., Kholms F. *Nelineinye kolebaniia, dinamicheskie sistemy i bifurkatsii vektornykh polei* [Nonlinear oscillations, dynamical systems and bifurcations of vector fields]. Moscow, Izhevsk, Izd-vo In-ta komp'iuter. issled., 2002. 560 p.
8. Palis Zh., di Melu V. *Geometricheskaia teoriia dinamicheskikh sistem: vvedenie* [Geometric theory of dynamical systems: basic principles]. Moscow, Mir Publ., 1986. 301 p.
9. Golestani M., Mohammadzaman I., Yazdanpanah M. J. Robust Finite-Time Stabilization of Uncertain Nonlinear Systems Based on Partial Stability. *Nonlinear Dynamics*, 2016, vol. 85, no. 1, pp. 87-96.
10. Haddad W. M., L'Afflitto A. Finite-Time Partial Stability and Stabilization, and Optimal Feedback Control. *Journal of the Franklin Institute*, 2015, vol. 352, no. 6, pp. 2329-2357.
11. Jammazi C., Abichou A. Controllability of Linearized Systems Implies Local Finite-Time Stabilizability: Applications to Finite-Time Attitude Control. *Journal of Mathematical Control and Information*, 2018, vol. 35, no. 1, pp. 249-277.
12. Jenkins M. et al. *Export Processing Zones in Latin America*. Harvard Institute for International Development, Development Discussion Paper, 1998. No. 646 (August). Pp. 289-292.
13. Kumar A., Shankar R., Choudhary A., Thakur L. S. A big data MapReduce framework for fault diagnosis in cloud-based manufacturing. *International Journal of Production Research*, 2016, vol. 54 (23), pp. 7060-7073.
14. L'Afflitto A. Differential Games, Finite-Time Partial-State Stabilization of Nonlinear Dynamical Systems, and Optimal Robust Control. *International Journal of Control*, 2017, vol. 90, no. 9, pp. 1861-1878.
15. Masaev S. N. *Metodika kompleksnoi otsenki upravlencheskikh reshenii v proizvodstvennykh sistemakh s primeneniem korreliatsionnoi adaptometrii. Dissertatsiia ... kand. tekhn. nauk* [Methods of complex assessment of management decisions in production systems using correlation adaptation. Diss.... Cand.Tech. Sci.]. Krasnoyarsk, 2011. 214 p.
16. Masaev S. N. Otsenka upravleniia v kompanii metodom integral'nykh pokazatelei kompanii dlia shesti variantov ee razvitiia [Assessment of management in company by method of integrated indicators of company for six variants for its development]. *Reshetnevskie chteniia*. Krasnoyarsk, Izd-vo SibGAU, 2013. Vol. 2. Pp. 133-134.
17. Gorban' A. N., Manchuk V. T., Petushkova E. V. Dinamika korreliatsii mezhdru fiziologicheskimi parametrami pri adaptatsii i ekologo-evoliutsionnyi printsip polifaktorial'nosti [Dynamics of correlations between physiological parameters during adaptation and ecological-evolutionary principle of polyfactoriality]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniia ekosistem*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1987. Vol. 10. Pp. 187-198.
18. Selye H. A Syndrome Produced by Diverse Nocuous Agents. *Nature*, 1936, vol. 138, p. 32.

19. Masaev S. Depth of Planning the State of a Dynamic Discrete System by Autocorrelation Function. *Proceedings of 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (Sochi, Russia, 2020)*. DOI: 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208187.
20. Masaev S. N. *Programma dlya rascheta ekonomicheskoy modeli funkcionirovaniya predpriyatiya, zanimayushchegosya zagotovkoj i glubokoj pererabotkoj razlichnyh porod drevesiny pri opredelennyh sce-nariyah razvitiya rynka i strategii* [A software package for calculating the economic model of the functioning of an enterprise engaged in the procurement and deep processing of various types of wood under certain scenarios of market development and strategy]. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RUS 2013614410; № 2013611869, 12.03.2013.
21. Masaev S. N. *Ocenka dostizheniya vybrannoj strategii predpriyatiya po universal'nyim pokazate-lyam biznes-funkcij proizvodstvennyh processov i processov upravleniya* [Assessment of the achievement of the selected enterprise strategy by universal indicators of business functions of production processes and management processes]. Svidetel'stvo o registra-cii programmy dlya EVM RU 2017616973; № 2017614017, 26.04.2017.
22. Masaev S. N. *Programmnyi kompleks otsenki effektivnosti upravlencheskogo resheniia* [Software package for evaluating the effectiveness of a management decision]. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlia EVM RUS 2008610295, 14.01.2008 / Zaiavka № 2007614460 ot 13.11.2007.
23. Masaev S. N. *Avtomatizirovannyj raschet i zapolnenie form ekonomicheskoy ocenki investici-onnyh proektov v sootvetstvii s postanovleniem soвета administracii Krasnoyarskogo kraja «o gosudar-stvennoj pod-derzhke investicionnoj deyatel'nosti» 91-P* [Automated calculation and filling out forms of economic evaluation of investment projects in accordance with the resolution of the Council of the Administration of the Krasnoyarsk Territory On State Support of Investment Activities “91-P”]. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2017616970; № 2017614111, 26.04.2017.
24. Masaev S. N. *Garantirovannoe unichtozhenie deiatel'nosti predpriiatia rezidenta osoboi ekonomich-eskoi zony sanktsiiami* [Guaranteed destruction of enterprise-resident of special economic zone using sanctions]. *Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem MLS D'2019: materialy XII Mezhdunarodnoi konferentsii (Moskva, 1–3 oktiabria 2019 g.)*. Moscow, Izd-vo IPU RAN, 2019. Pp. 84-92.
25. Masaev S. N., Minkin A. N., Edimichev D. A. *Otsenka pozharnykh riskov i porazhaiushchikh faktorov zakrytogo raspredelitel'nogo ustroystva 220 kV* [Estimating fire risks and striking factors of closed switchgear of 220 kV]. *Sibirskii pozharno-spasatel'nyi vestnik*, 2018, no. 4 (29), pp. 29-38.
26. Masaev S. N., Masaev V. N., Minkin A. N., Edimichev D. A., Mochalov D. Iu. *Inversnyi funktsional'no-stoimostnoi analiz vybora avariino-spasatel'noi tekhniki dlia maloob"emnykh i rassredotochennykh ob"ektov* [Inverse functional-cost analysis of choosing emergency rescue equipment for small and scattered objects]. *Sovremennye problemy grazhdanskoi zashchity*, 2018, no. 4 (29), pp. 16-22.
27. *Bellman R. Dynamic programming*. New Jersey: Princeton University Press, 1957. 360 p.
28. Harlov Y., Masaev S. *«Мастер» 有限责任公司共同开发木材深加工领域的俄罗斯联邦优先投资项目 工业化木材深加工组织* [Master, LLC investment project of wood processing in Russian Federation. Organization of wood industrial processing]. Kitai. Torgovoe predstavitel'stvo Rossiiskoi Federatsii v Kitaiskoi Narodnoi Respublike. 2019. Available at: http://www.russchinatrade.ru/assets/files/ru-offer/000_master.pdf (accessed: 22.12.2020).

The article submitted to the editors 02.12.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Masaev Sergey Nikolaevich – Russia, 660041, Krasnoyarsk; Siberian Federal University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Fire Safety; faberi@list.ru.

