

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

О.В. Логиновский¹, О.И. Дранко², А.В. Голлай¹

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

² Московский физико-технический институт, г. Москва, Россия

В настоящее время управление промышленным предприятием осложняется большой степенью нестабильности мировой политической и финансово-экономической системы. В частности, Соединенные Штаты Америки и их союзников провоцируют межнациональные и религиозные противоречия в различных регионах мира, что влечет за собой развязывание локальных войн и иных военно-политических конфликтов. Благодаря этому США в гораздо большей степени, чем в периоды стабильного экономического развития регионов мира, получают возможность воздействовать на международную обстановку, это позволяет им ухудшить положение своих основных конкурентов (России, Китая, Индии, Ирана и др.) в военном, технологическом, экономическом и социальном развитии. Поэтому требуется разработка новых методов и подходов к выработке стратегических решений, позволяющих осуществлять эффективное управление в промышленности в условиях нестабильности.

В статье предлагаются две математические модели принятия решений по стратегическому управлению промышленным предприятием, которые учитывают условия нестабильности. Первая модель является математической моделью комплексной оценки деятельности промышленного предприятия на базе интегрированного показателя и может рассматриваться как процедура проведения экспертного моделирования. Вторая модель описывает цифровую технологию повышения эффективности промышленного предприятия.

Обе модели могут быть использованы при принятии стратегических решений по управлению промышленным предприятием.

Ключевые слова: математическое моделирование, промышленность, принятие решений, стратегическое управление, экспертная оценка, интегральная оценка, нечеткие множества, шкала Фишберна, цифровые технологии.

Введение

В настоящее время проблемы управления промышленностью и экономикой в нашей стране существенно видоизменяются даже по отношению к совсем недавнему прошлому [1, 2], что требует их переосмысления в новых реалиях современного мира, а главное – поиска новых путей, методов, моделей и технологий [3–5], которые позволят обеспечить эффективное управление деятельностью крупных отечественных промышленных предприятий и корпораций [6, 7]. Вкратце рассмотрим причины, которые обусловили сложившееся положение дел в промышленности и экономике.

В последние годы мировая и в том числе отечественная экономика приобрела характер нестабильности [8, 9], обусловленной стремлением Соединенных Штатов Америки и их союзников всячески провоцировать межнациональные и религиозные противоречия в различных регионах мира, что повлекло за собой развязывание локальных войн и иных военно-политических конфликтов. Благодаря этому США в гораздо большей степени, чем в периоды стабильного экономического развития регионов мира, получают возможность воздействовать на международную обстановку, а также – приобретают доступ к нефтяным и иным природным ресурсам и рынкам сбыта. Кроме того, это позволяет им ухудшить положение своих основных конкурентов (России, Китая, Индии, Ирана и др.) в военном, технологическом, экономическом и социальном развитии. Именно стремление достигнуть этих целей и явилось причиной принятия США и странами НАТО разнообразных санкций по отношению к России, Китаю, Ирану и др.

Другая важная причина появления новых проблем в управлении промышленностью и экономикой связана с низкой эффективностью экономической стратегии развития России [10, 11], которую мы наблюдаем в течение более чем целого десятилетия [13, 18]. Эти проблемы постоянно обсуждаются в научно-технической литературе, в том числе в ряде научных статей и монографий [9, 12–15]. Значительные величины падения темпов промышленного производства отмечались разными аналитиками в 2017 году. Критика программ социально-экономического развития Российской Федерации последних лет во многом способствует пониманию того, что вектор этого развития нуждается в корректировке или даже кардинальной смене. Если этого не сделать, то конкурентоспособность Российской промышленности на международной арене вряд ли удастся обеспечить.

1. Наиболее важные проблемы управления промышленными предприятиями в условиях нестабильности

Рассматривая в совокупности конгломерат научных трудов, посвященных совершенствованию процессов управления промышленными предприятиями [16–21], можно констатировать, что подавляющее большинство содержащихся в этих научных трудах выводов, рекомендаций и предложений ориентированы на повышение эффективности деятельности производственных компаний в условиях более или менее стабильного развития мировой экономики.

Однако в условиях глобальной нестабильности [22] упомянутые подходы и методы становятся недостаточно эффективными [23] и не позволяют сформировать адекватные складывающимся обстоятельствам стратегические альтернативы управления развитием промышленных предприятий [4]. Как известно [24–26], среди наиболее важных проблем управления промышленными предприятиями традиционно выделяют следующие:

1. Формирование рациональной организационной структуры промышленных предприятий и корпораций [27].
2. Создание продуманной системы управления трудовыми ресурсами, подбора и повышения квалификации управленческого и производственного персонала [28].
3. Организация движения материальных потоков на предприятии на основе логистического подхода (оптимизация грузоперевозок, сырьевых и товарных запасов, сбыта готовой продукции на основе маркетингового анализа и др.) [29].
4. Поддержка системы управления промышленным предприятием на базе различных автоматизированных систем управления технологическими процессами, перевозками, учетом и контролем материальных ресурсов, профилактикой и ремонтом оборудования и т. д. [26].

Важно осознавать, однако, что в сложившихся на сегодняшний день условиях глобальной военно-политической, финансово-экономической и социальной нестабильности в мире, а также резкого падения доходов производственных компаний на международных рынках и низкой клиентской покупательной способностью промышленные предприятия и корпорации [14] уже не могут получать такие же значительные, как в прошлые годы, доходы от продажи своей продукции. Поэтому сегодня на первый план в управлении промышленными предприятиями выходят соображения выживаемости [30]. В этой связи главные акционеры крупных промышленных предприятий и корпораций вынуждены искать пути обеспечения прибыльности и сохранения статуса своих компаний в трудных условиях ведения бизнеса [31, 32].

Таким образом, акценты в управлении деятельностью промышленных предприятий смещаются в сторону финансово-экономического анализа [33–35], оперативного и стратегического прогнозирования положения компаний [36], а также поиска путей снижения расходов за счет упрощения структуры и сокращения управленческого персонала как в производственных, так и в иных подразделениях.

Сложности управления промышленными предприятиями в современных условиях усугубляются также недостатком инвестиций, ограниченными объемами оборотных средств, большим износом основных фондов и непомерно большой долей старого оборудования, низким процентом новых технологий в производстве, высокими тарифами на электроэнергию и другие коммунальные услуги, низкой платежеспособностью потребителей продукции.

Старение квалифицированных кадров и недостаточный приток хорошо подготовленных молодых специалистов также не способствует повышению качества промышленных предприятий.

Управление в социально-экономических системах

Российские промышленные предприятия нуждаются также в более эффективных системах управления с использованием новейших информационных технологий.

Среди множества показателей, характеризующих деятельность промышленных предприятий, приведем наиболее важные финансовые показатели (табл. 1).

Таблица 1

Набор показателей финансового состояния предприятия

Блок оценки имущественного положения	Блок оценки ликвидности	Блок оценки финансовой устойчивости	Блок оценки деловой активности	Блок оценки рентабельности
а) доля основных средств в активах; б) доля активной части основных средств; в) коэффициент износа основных средств; г) коэффициент износа активной части основных средств; д) коэффициент обновления основных средств; е) коэффициент выбытия основных средств	а) маневренность собственных оборотных средств; б) коэффициент общей ликвидности; в) коэффициент текущей ликвидности; г) коэффициент критической ликвидности; д) коэффициент абсолютной ликвидности (платежеспособности); е) доля оборотных средств в активах; ж) доля собственных оборотных средств в оборотных активах; з) доля собственных оборотных средств в общей их сумме; и) доля запасов в оборотных активах; к) доля денежных средств и их эквивалентов в оборотных активах; л) доля собственных оборотных средств в покрытии запасов; м) коэффициент покрытия запасов; н) соотношение «дебиторская задолженность – кредиторская задолженность»	а) коэффициент концентрации собственного капитала; б) коэффициент маневренности собственного капитала; в) коэффициент структуры долгосрочных вложений; г) коэффициент долгосрочного привлечения заемных средств (соотношение «долгосрочный заемный капитал – перманентный капитал»); д) коэффициент структуры заемного капитала; е) коэффициент соотношения заемных и собственных средств; ж) коэффициент обеспеченности собственными средствами; з) покрытие I степени	а) оборачиваемость средств в расчетах (в оборотах) б) оборачиваемость запасов (в оборотах); в) оборачиваемость кредиторской задолженности (в днях); г) продолжительность операционного цикла; д) продолжительность финансового цикла; е) коэффициент погашаемости дебиторской задолженности; ж) оборачиваемость собственного капитала; з) оборачиваемость совокупного капитала; и) коэффициент устойчивости экономического роста	а) рентабельность продукции; б) рентабельность основной деятельности; в) рентабельность совокупного капитала; г) рентабельность собственного капитала; д) рентабельность оборотных активов

В данной статье из большого комплекса разнообразных мер по повышению эффективности работы производственных компаний предлагаются две математические модели принятия решений по стратегическому управлению предприятиями в условиях нестабильности.

1. Модель построения интегрального показателя.

2. Модель формирования программы повышения эффективности промышленного предприятия.

Обе модели могут быть использованы при формировании стратегических решений по управлению развитием промышленных предприятий.

2. Математическая модель интегральной оценки деятельности промышленного предприятия

Комплексная автоматизированная информационная система промышленного предприятия, обеспечивающая объединение всех информационных систем в рамках компании в целом, в обязательном порядке должна включать в себя информационную систему интегральной оценки деятельности данного предприятия [37–39].

В основу подобной информационной системы может быть положена представленная далее математическая модель интегральной оценки деятельности промышленного предприятия.

Под интегральной оценкой понимается вычисление единого показателя, который однозначно отражает обобщенное, суммарное финансово-экономическое состояние организации в данный момент времени. Сравнивая его значение за какой-либо период (пятилетие, год или квартал), можно увидеть, как изменяется состояние предприятия. А проанализировав соответствующую динамику, можно дать оценку работе предприятия за соответствующий период и на этой основе сформировать предложения по улучшению управления финансово-хозяйственной деятельностью промышленного предприятия.

В значительной мере подобные оценки могут быть проведены путем ранжирования предприятий по известным международным методикам (например, по критерию инвестиционной привлекательности, платежеспособности, кредитоспособности), адаптированным к особенностям национальной экономики и целям заинтересованных сторон (инвесторов, акционеров, кредиторов).

Указанные методики предполагают проведение расчета некоторого агрегированного показателя (например, Z -показателя Альтмана), сравнение его с аналогичными показателями других предприятий и последующее их сравнение с нормативными значениями для их совместной интерпретации (например, отнесения к группе финансово устойчивых предприятий при $Z > 2,99$).

Процесс оценки финансово-экономического состояния предприятия рассматривается как процедура проведения экспертного моделирования слабоформализуемых фрагментов описания проблемной ситуации, основанная на данных стандартной отчетности и применении формальных методов упорядочения экспертных оценок для построения математической модели многокритериального выбора путем компьютерной реализации известного принципа свертки, адаптированного к количеству и квалификации экспертов, степени однородности и нестатистической неопределенности экспертных оценок.

2.1. Выбор показателей

Выбор перечня показателей (см. табл. 1), по которым будет рассчитана интегральная оценка финансового состояния предприятия, зависит от целей построения рейтинга. По своему смысловому назначению показатели разбиваются на несколько групп, которые определяют структуру агрегированной оценки. При отборе показателей необходимым условием является неиспользование взаимозависимых показателей. При несоблюдении этого условия построение рейтинга по правилу аддитивной свертки даст некорректный результат. Набор показателей финансового состояния предприятия приведен в табл. 1.

2.2. Расчет показателей и нормирование

Процедура экспертной оценки финансово-экономического состояния предприятия является многоуровневой и предусматривает несколько этапов: формулировку ЛПР (лицом, принимающим решения) цели экспертного опроса; подбор ЛПР состава основной экспертной рабочей группы (ЭРГ); разработку ЭРГ подробного сценария проведения сбора и анализа экспертных мнений (оценок), конкретный вид экспертной информации (слова, условные градации, числа, ранжировки, разбиения или иные виды объектов нечисловой природы), способ ее формализации и методы ее анализа; подбор экспертов в соответствии с их компетентностью и формирование экспертной комиссии (ЭК); проведение сбора экспертной информации; обработку результатов экспертизы, включая определение согласованности мнений экспертов и определение максимально допустимых, минимально допустимых и оптимальных значений показателей финансового состояния предприятия; обобщение и интерпретацию полученных результатов и подготовку официального заключения для ЛПР.

Решение проблем моделирования и оптимизации всегда связано с наличием неопределенностей различного вида. Экспертные оценки разных специалистов могут существенно различаться в зависимости от их опыта, квалификации и интуиции. Определенная объективизация процесса формирования функции желательности может быть достигнута различными путями. Одним из наиболее распространенных является метод агрегирования мнений группы экспертов. В данной методике учет нестатистической неопределенности предлагается осуществлять на базе аппарата теории нечетких множеств. При оценивании показателей эксперты задают нижние – «пессимистические оценки», верхние – «оптимистические оценки» и интервалы наиболее ожидаемых (возможных) значений исследуемых параметров. Затем для выполнения операций, связанных с определением обобщенного мнения экспертов, используются процедуры построения частных критериев качества на основе гипернечетких функций принадлежности.

Гипернечеткими множествами называются нечеткие множества, характеризующиеся функциями принадлежности трапецеидальной формы (нечеткими интервалами), опорные (реперные) точки которых в свою очередь сами являются нечеткими интервалами трапецеидальной формы.

Рассмотрим ситуацию, когда экспертам предложено количественно оценить значения реперных точек трапецеидальной функции желательности $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$. Ясно, что в общем случае для каждой из реперных точек экспертами будут даны различающиеся оценки. Наиболее простым способом построения на их основе функции желательности является усреднение мнений экспертов. Однако при этом утрачивается значительная часть информации. Для её сохранения и использования на основе множества экспертных оценок строим функции принадлежности для каждой из реперных точек.

Далее на базе функций принадлежности [40] полученных нечетких интервалов, описывающих реперные точки, конструируем искомую функцию желательности для критерия качества. Чаще всего под нечетким интервалом понимается трапецеидальная форма нечеткой величины, а под нечетким числом – треугольная.

Рис. 1 графически иллюстрирует структуру гипернечеткого числа на плоскости. Более темные участки соответствуют наибольшему единодушию среди экспертов относительно значения реперных точек, более светлые – разбросу в их представлениях. Наиболее желательному значению показателя качества соответствует максимальное значение функции желательности, равное 1, наименее желательному – минимальное значение, равное 0.

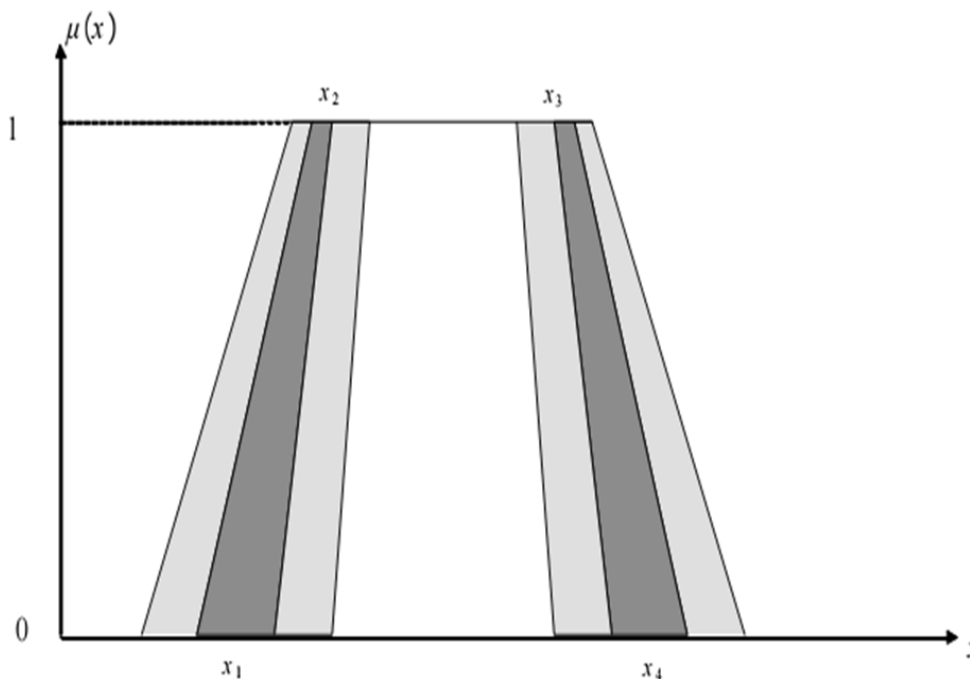


Рис. 1. Представление гипернечеткого числа на плоскости

Для оперирования с гипернечеткими числами (интервалами) разработана конструктивная методика.

Практика показывает, что трапецидальные формы являются вполне достаточным уровнем абстракции для формализации неопределенностей в большинстве реальных ситуаций.

Положим далее, что существует некоторый частный критерий, описываемый функцией желательности, представленной гипернечетким числом G_X (рис. 2). Пусть далее $x^* \in X_{GX}$ – некоторое четкое число, соответствующее определенному конкретному значению анализируемого показателя. Тогда в рамках сформулированных определений значением введенной гипернечеткой функции принадлежности (описывающей гипернечеткое число G_X) для фиксированного аргумента x^* будет обычное трапецидальное нечеткое число $G(x^*)$:

$$G(x^*) = \{(g_1(x^*), g_2(x^*), g_3(x^*), g_4(x^*)), x^* \in X_{GX}\}. \quad (1)$$

Последнее утверждение для левого фронта гипернечеткого интервала графически иллюстрирует рис. 2, на котором наглядно видно, что получаемый в качестве итогового результат является также нечетким интервалом $G = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$. Интерпретировать полученный результат необходимо следующим образом: наиболее возможные значения оценки критерия качества лежат в интервале $[g_2, g_3]$, а весь диапазон возможных значений оценки критерия составляет $[g_1, g_4]$.

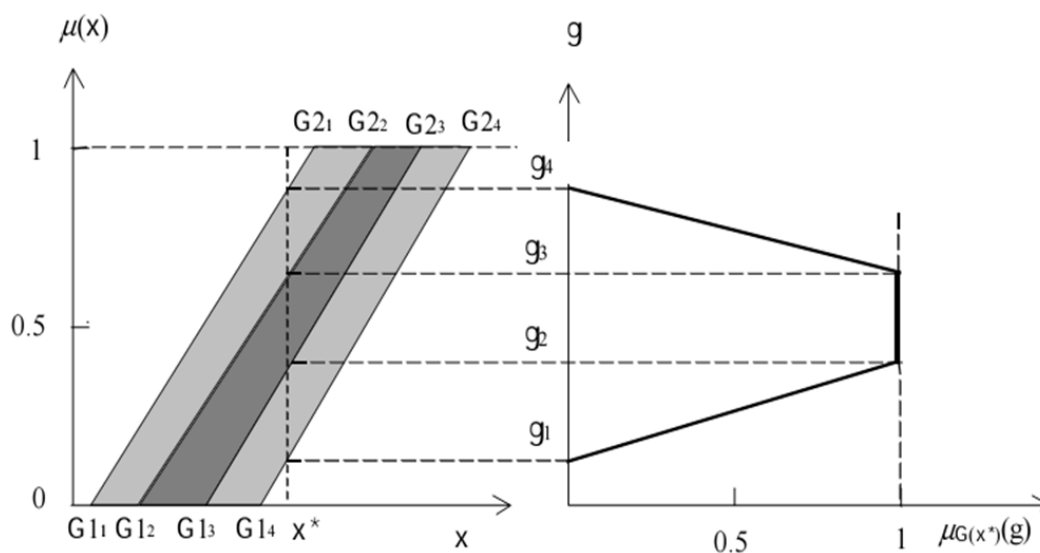


Рис. 2. Отображение четкого числа x^* на левую часть трапецидального гипернечеткого числа

Результат вычисления значений гипернечеткой функции определяется в наиболее общей ситуации следующим образом:

$$\begin{aligned} g_4 &= (x^* - G1_1) / (G2_1 - G1_1); \\ g_3 &= (x^* - G1_2) / (G2_2 - G1_2); \\ g_2 &= (x^* - G1_3) / (G2_3 - G1_3); \\ g_1 &= (x^* - G1_4) / (G2_4 - G1_4). \end{aligned} \quad (2)$$

2.3. Определение весовых коэффициентов показателей

Каждому показателю x_i сопоставляется оценка его значимости. Система весов составляется таким образом, что

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1, \quad (3)$$

где a_i – вес i -го показателя; n – количество показателей; i – номер текущего показателя.

Для составления системы весов каждый эксперт ранжирует показатели по убыванию значимости:

$$x_1 \geq x_2 \geq \dots \geq x_i \geq \dots \geq x_n, \quad (4)$$

где x_i – показатели состояния предприятия.

В этом случае для определения весов показателей предлагается воспользоваться шкалой Фишберна [41], которая отвечает максимуму энтропии наличной информационной неопределенности о значениях a_i :

$$a_i = \frac{2(n-i+1)}{n(n+1)}, \quad (5)$$

где a_i – коэффициент значимости i -го показателя; i – номер текущего показателя; n – количество показателей. Если система предпочтений отсутствует, то показатели являются равнозначными:

$$a_i = \frac{1}{n}. \quad (6)$$

На основе индивидуальных ранжировок экспертов нужно построить обобщенную. Это можно сделать разными методами (например, метод «медианы Кемени») [42]. Для нахождения медианы, прежде всего, нужно задать способ определения расстояния между ранжировками, т. е. «определить метрику в пространстве ранжировок». После этого нужно найти (построить) такую ранжировку, суммарное расстояние от которой до всех заданных экспертных ранжировок было бы минимально:

$$\sum_{j=1}^m \{d_j(A_j, X)\} \rightarrow \min, \quad (7)$$

где A_j – ранжировка j -го эксперта; X – медиана Кемени; $d_j(A_j, X)$ – расстояние между ранжировкой j -го эксперта A_j и X ; m – количество экспертов; j – номер текущего эксперта.

Искомая ранжировка и будет медианой Кемени. Заметим, что тем самым мы получаем обобщенное мнение экспертов, не отбрасывая ни одного мнения, поскольку при построении медианы существенно учитываются все индивидуальные ранжировки.

2.4. Расчет интегральной оценки

Вычисление многоуровневой интегральной оценки финансового состояния предприятий предлагается выполнять по следующей формуле

$$J(x^*) = \sum_{j=1}^m \left[k_j \cdot \sum_{i=1}^n (G(x^*) \cdot a_i) \right] = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (G(x^*) \cdot a_i \cdot k_j), \quad x^* \in X, \quad (8)$$

где J – интегральная оценка; $G(x^*)$ – отображение четкого числа $x^* \in X$ (показатель качества) на гиперчеткое число; a_i – удельный вес i -го показателя в j -й группы показателей; k_j – удельный вес j -й группы показателей; i – номер текущего показателя в j -й группе; j – номер текущей группы показателей; m – количество групп показателей; n – количество показателей в группе j .

Результат расчета интегральной оценки представляет собой также нечеткий интервал.

Необходимо отметить, что максимальная ширина итогового интервала (ширина основания трапеции) существенно больше ширины любого из интервалов, характеризующих исходные данные, т. е. решение задачи приводит к возрастанию неопределенности, однако использование нечетких интервалов позволяет узнать возможные пределы искомой величины и определить наиболее вероятный интервал значения, что дает более отвечающие реальной ситуации результаты, чем при использовании традиционных подходов. Теория нечетких множеств предоставляет для данной задачи удобный математический аппарат, позволяющий наиболее полно использовать информацию, полученную от экспертов.

3. Цифровая технология повышения эффективности деятельности промышленного предприятия

Применение методики интегральной оценки не ограничивается только областью исследования финансово-экономического состояния предприятия. Её можно применять как для оценки конкретных направлений деятельности предприятия, так и для оценки всей хозяйственной деятельности компании в целом, а значит для формирования программ ее улучшения.

Рассмотрим информационную технологию формирования программы повышения эффективности деятельности промышленного предприятия на примере конкретной интегральной оценки, в качестве которой возьмем прибыль предприятия:

$$\Pi = \sum_i q_i (p_i - c_i) - c, \quad (9)$$

где q_i – объем выпуска i -го вида продукции (в единицах); p_i – цена i -го вида продукции; c_i – удельные затраты на выпуск i -го вида продукции; c – постоянные издержки.

Примем, что на мероприятия по увеличению прибыли выделена определенная величина финансовых ресурсов R .

Задача решается методом дихотомического программирования.

Дихотомическое представление целевой функции (1) приведено на рис. 3 на примере выпуска двух видов продукции.

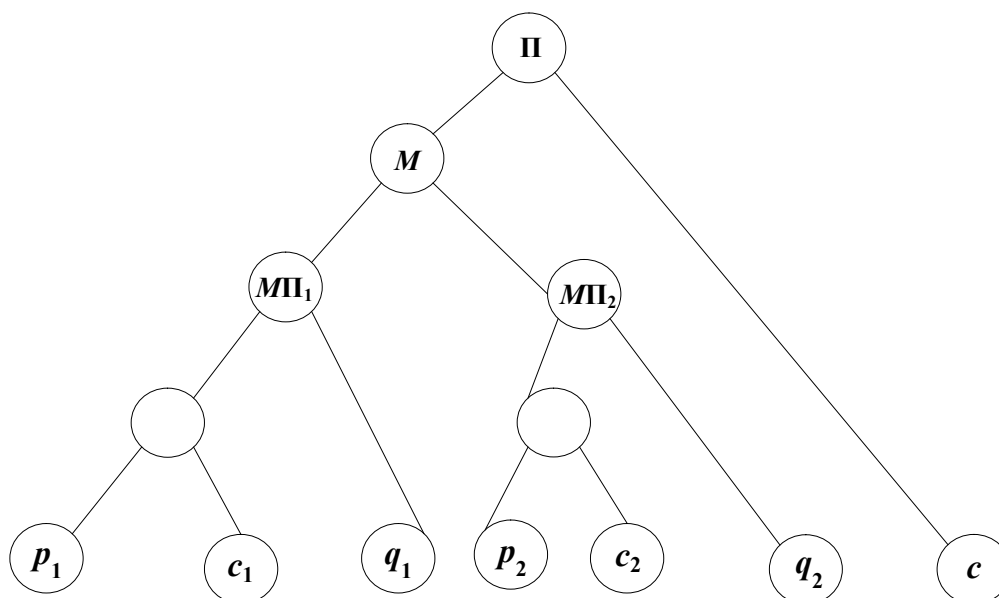


Рис. 3. Дихотомическое представление целевой функции (9)

Задача решается в три этапа.

I этап. Определяется зависимость максимальной маржинальной прибыли $M_i(Y_i)$ i -го вида продукции от величины средств Y_i , направленных на ее увеличение.

II этап. Определяется зависимость максимальной маржинальной прибыли предприятия $M(Y_m)$ от величины средств Y_m , направленных на ее увеличение.

III этап. Определяется зависимость прибыли предприятия $\Pi(Y)$ от величины средств Y , направленных на ее увеличение.

Если $Y = R$, то $\Pi(R)$ равно максимальной прибыли от вложенных средств R . Программа повышения эффективности предприятия определяется методом обратного хода.

Пример. Предприятие выпускает два вида продукции. Примем $R = 25$.

I этап. Рассматриваем первое предприятие. Примем, что имеются два мероприятия по повышению цены продукции, два мероприятия по уменьшению себестоимости и два мероприятия по увеличению объема выпуска. Каждое мероприятие характеризуется эффектом (увеличением или уменьшением соответствующего показателя) и затратами S на его реализацию. Данные о мероприятиях приведены ниже.

Управление в социально-экономических системах

Мероприятия по увеличению цены

k	1	2
Δp	2	4
s	10	15

Мероприятия по уменьшению себестоимости

k	1	2
Δc_1	10	12
s	15	20

Мероприятия по увеличению объема выпуска

k	1	2
Δq	1	2
s	15	25

Примем начальные значения $p_1 = 60$, $c_1 = 50$, $q_1 = 6$.

В соответствии с дихотомическим представлением максимизируем $(p_1 - c_1)$ при заданном Y . Решение приведено ниже.

2	22; 20	–	–
1	20; 15	32; 25	–
0	10; 0	12; 10	14; 15
c_i / p_i	0	1	2

Результаты сведены в таблицу.

i	0	1	2	3	4
$p_i - c_i$	10	12	20	22	32
Y	0	10	15	20	25

Определяем $M_1(Y_1)$. Решение приведено ниже.

2	80; 25	–	–	–	–
1	70; 15	84; 25	–	–	–
0	60; 0	72; 10	120; 15	132; 20	192; 25
q_1 / $p_1 - c_1$	0	1	2	3	4

Результаты сведены в таблицу $M_1(Y_1)$.

i	0	1	2	3	4
M_1	60	72	120	132	192
Y_1	0	10	15	20	25

Аналогичным образом получаем таблицу $M_2(Y_2)$. Пусть она имеет следующий вид.

i	0	1	2
M_2	30	60	100
Y_2	0	20	25

2 этап. Определяем зависимость $M(Y_m)$. Решение приведено ниже.

2	160; 25	–	–	–	–
1	120; 20	–	–	–	–
0	90; 0	102; 10	150; 15	162; 20	222; 25
2 / 1	0	1	2	3	4

Результаты сведены в таблицу.

i	0	1	2	3	4
M	90	102	150	162	222
Y_M	0	10	15	20	25

3 этап. Определяем зависимость $\Pi(Y)$. Примем, что начальная величина постоянных затрат $c = 75$ и имеются два варианта ее снижения.

k	1	2
Δc	5	10
s	8	10

Решение приведено ниже.

2	30; 10	57; 20	105; 25	–	–
1	20; 8	47; 18	95; 23	–	–
0	15; 0	27; 10	75; 15	87; 20	147; 25
C / M	0	1	2	3	4

Оптимальное решение определяется клеткой (147; 25). Методом обратного хода определяем оптимальную программу, включающую мероприятие 1 по снижению себестоимости продукции первого вида и мероприятие 1 по увеличению объема выпуска продукции первого вида. В ряде случаев имеются так называемые многоцелевые мероприятия, которые дают эффект в несколько критериев. Например, увеличение цены может привести к падению объема выпуска и наоборот. В этом случае рассматриваются все варианты включения в программу таких мероприятий и из них выбирается лучший.

Изложенная технология естественно применима к широкому кругу интегральных оценок, включая рассмотренную выше.

Заключение

Описанные в статье проблемы управления промышленными предприятиями в условиях нестабильности позволяют руководителям и ведущим специалистам производственных компаний глубже понять происходящие изменения в условиях ведения бизнеса, а также получить инстру-

менты, которые позволят сделать процесс управления промышленными предприятиями адекватным складывающимся условиям внешней среды.

Предложенные в статье математические модели могут быть использованы в управлении промышленными предприятиями различных направлений деятельности. Преимуществом модели, базирующейся на конструировании интегрального показателя, является возможность делать выводы о состоянии предприятия в целом и рассматривать изменение данного состояния во времени для обнаружения трендов. Цифровая технология позволяет разрабатывать оптимальные программы развития предприятия.

Литература

1. Новиков, Д.А. *Методология управления* / Д.А. Новиков. – М.: Либроком, 2011. – 128 с.
2. Новиков, Д.А. *Теория управления организационными системами* / Д.А. Новиков. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2012. – 604 с.
3. Глазьев, С.Ю. *Развитие российской экономики в условиях глобальных технологических сдвигов: науч. докл.* / С.Ю. Глазьев. – М.: НИР, 2007. – 134 с.
4. Максимов, А.А. *Адаптивное управление промышленной корпорацией в условиях неопределенности (на примере ферросплавных производств)* / А.А. Максимов, О.В. Логиновский, К.А. Коренная // *Проблемы теории и практики управления.* – 2012. – № 9–10. – С. 145–150.
5. Логиновский, О.В. *Повышение эффективности работы предприятия на основе современных управленческих технологий и информационно-аналитических систем* / О.В. Логиновский, К.А. Коренная // *Автоматизация и управление промышленными предприятиями: докл. науч.-техн. конф. всерос. форума «Информационное общество-2015: вызовы и задачи».* – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2015. – С. 4–38.
6. Логиновский, О.В. *Корпоративное управление: науч. изд.* / О.В. Логиновский, А.А. Максимов. – М.: Машиностроение, 2007. – Т. 2. – 624 с.
7. Логиновский, О.В. *Управление материальными ресурсами промышленного предприятия в современных условиях* / О.В. Логиновский, А.А. Максимов, К.С. Халдин // *Динамика сложных систем.* – 2016. – № 2. – С. 33–38.
8. Коренная, К.А. *Управление промышленными предприятиями в условиях глобальной нестабильности: моногр.* / К.А. Коренная, О.В. Логиновский, А.А. Максимов; под ред. д-ра техн. наук, проф. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 403 с.
9. *Global Economic Instability and Management of Industrial Organisations* / К.А. Korennaya, О.В. Loginovskiy, А.А. Maksimov, А.В. Zimin; ed. А.Л. Shestakov. – Kostanay: KSU, 2014 – 230 p.
10. *Новая модель экономического развития России: концепция формирования и реализации.* – М.: Изд. Гос. Думы, 2016. – 320 с.
11. *Развитие экономики России: проблемы и решения* / под ред. Ю.М. Осипова, С.Ю. Синельникова, А.А. Антропова. – М.: Экон. фак. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2016. – 148 с.
12. Рогов, С.Ф. *Математические модели в теории принятия решений* / С.Ф. Рогов. – М.: Компания Спутник+, 2013. – 148 с.
13. Томпсон, А.А. *Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа: пер. с англ.* / А.А. Томпсон, А.Дж. Стрикленд. – М.: Вильямс, 2007. – 928 с.
14. *Управление промышленными предприятиями: стратегии, механизмы, системы: моногр.* / О.В. Логиновский, В.Н. Бурков, И.В. Буркова и др.; под ред. О.В. Логиновского. – М.: ИНФРА-М, 2018 – 410 с.
15. Ушвицкий, Л.И. *Инновационное развитие экономики России: проблемы и перспективы: моногр.* / Л.И. Ушвицкий, А.В. Красников, О.М. Джавадова. – СКФУ, 2015. – 157 с.
16. Вумек, Д.П. *Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании: пер. с англ.* / Д.П. Вумек. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 473 с.
17. Гершун, А. *Технологии сбалансированного управления* / А. Гершун, М. Горский. – М.: Олимп-Бизнес, 2005. – 416 с.
18. Каплан, Р.С. *Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию: пер. с англ.* / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 304 с.
19. *Классики менеджмента* / под ред. М. Уорнера. – СПб.: Питер, 2001. – 1168с.
20. Лутц, Р.А. *7 законов Крайслер; пер. с англ.* / Р.А. Лутц. – М.: Альпина Паблшер. – 284 с.

21. Масааки, И. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний: пер. с англ. / И. Масааки. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 274 с.
22. Кондратьев, В.Б. Отрасли и сектора глобальной экономики: особенности и тенденции развития / В. Б. Кондратьев. – М.: Изд-во «Международ. отношения», 2015. – 448 с.
23. О стратегии развития экономики России: науч. докл. / С.Ю. Глазьев, В.В. Ивантер, В.Л. Макаров и др.; под ред. С.Ю. Глазьева – М.: ООИ РАН, 2011. – 48 с.
24. Бурков, В.Н. Механизмы корпоративного управления / В.Н. Бурков, И.А. Агеев, Е.А. Баранчиков. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 109 с.
25. Бурков, В.Н. Механизмы управления: Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль / В.Н. Бурков, И.В. Буркова, М.В. Губко; под ред. Д.А. Новикова. – М.: Ленанд, 2013. – 216 с.
26. Виссема, Х. Основы стратегического менеджмента и предпринимательства: пер. с англ. / Х. Виссема. – М.: Инфра, 2008. – 347 с.
27. Бурков, В.Н. Введение в теорию управления организационными системами / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков; под ред. Д.А. Новикова. – М.: Кн. дом «Либроком», 2009. – 264 с.
28. Быстрицкий, В.Е. Управление промышленным предприятием и персоналом в условиях инновации: моногр. / В.Е. Быстрицкий, С.В. Поляков. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 243 с.
29. Стерлигова, А.Н. Управление запасами в цепях поставок / А.Н. Стерлигова. – М.: Инфра-М, 2016. – 430 с.
30. Балашов, В.Г. Технологии повышения финансового результата: практика и методы / В.Г. Балашов, В.А. Ириков. – М.: МЦФЭР, 2009. – 672 с.
31. IPO и стоимость российских компаний: мода и реалии / В.Г. Балашов, В.А. Ириков, С.И. Иванова, Г.Р. Марголити. – М.: Дело, 2008. – 336 с.
32. Дранко, О.И. Метод «Затраты-эффективность» как инструмент выбора приоритетных проектов предприятий / О.И. Дранко, В.А. Ириков // Управленческий учет. – 2011. – № 4 – С. 15–20.
33. Бирюков, С.Е. От стратегии выживания к стратегии активного развития (практика реформирования и финансового оздоровления ОАО «Владимирский завод «Электроприбор»). Из опыта управленческого консультирования / С.Е. Бирюков, С.В. Хайниш – М.: МНИИПУ, 2001. – 196 с.
34. Дранко, О.И. Формирование программы инновационного развития: управление стоимостью / О.И. Дранко, З.А. Отарашвили, Д.В. Сушков // Проблемы управления. – 2012. – № 6. – С. 26–31.
35. Дранко, О.И. Экспресс-модель оценки стоимости бизнеса / О.И. Дранко // Проблемы управления – 2012. – № 4. – С. 32–37.
36. Паклин, Н.Б. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям / Н.Б. Паклин, В.И. Орешков. – СПб.: Питер, 2013. – 704 с.
37. Коренная, К.А. Информационно-ресурсное обеспечение управления промышленными предприятиями на основе прогнозно-адаптивного подхода / К.А. Коренная, О.В. Логиновский, А.А. Максимов // Информационные ресурсы России. – 2012. – С. 16–20.
38. Логиновский, О.В. Управление промышленным предприятием / О.В. Логиновский, А.А. Максимов. – М.: Машиностроение, 2006. – Т. 1. – 603 с.
39. Климанов, В. Государственные программы развития макрорегионов России. Подходы к анализу / В. Климанов – М.: Изд-во URSS, 2016. – 194 с.
40. Zadeh, L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility Systems: tutorial / L.A. Zadeh. – Holland: publishing house North-Holland, 1978. – 34 p.
41. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн – М.: Наука, 1978. – 352 с.
42. Буркова, И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации / И.В. Буркова // Автоматика и телемеханика. – 2015. – № 10. – С. 15–21.

Логиновский Олег Витальевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; loginovskiyo@mail.ru.

Дранко Олег Иванович, канд. физ.-мат. наук, заместитель заведующего кафедрой инновационного менеджмента, Московский физико-технический институт, г. Москва; olegdranko@gmail.com.

Голлай Александр Владимирович, канд. хим. наук, доцент кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; alexander@hollay.ru.

Поступила в редакцию 1 августа 2018 г.

DOI: 10.14529/ctcr180409

MATHEMATICAL MODELS FOR ASSESSMENT OF ACTIVITY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES UNDER THE CONDITIONS OF INSTABILITY

O.V. Loginovskiy¹, loginovskiyo@mail.ru,

O.I. Dranko², olegdranko@gmail.com,

A.V. Hollay¹, alexander@hollay.ru

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

² Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russian Federation

The management of an industrial enterprise is complicated by the high degree of instability in the world political and financial and economic system at present. In particular, the United States of America and its allies provoke interethnic and religious contradictions in various regions of the world. This entails the unleashing of local wars and other military-political conflicts. Thanks to this, the United States has the opportunity to influence the international situation, which allows them to worsen the situation of their main competitors (Russia, China, India, Iran, etc.) in military, technological, economic and social development. Therefore, the development of new methods and approaches to the formation of strategic solutions that allow for effective management in industry is required.

In this paper, we propose two mathematical models of decision-making for the strategic management of an industrial enterprise, which take into account the conditions of instability. The first model is a mathematical model of an integrated assessment of the activity of an industrial enterprise, based on an integrated indicator, and can be considered as a procedure for conducting expert modeling. The second model describes the digital technology of the enterprise effectiveness increasing. Both models can be used in making strategic decisions on the management of an industrial enterprise.

Keywords: mathematical modeling, industry, decision-making, strategic management, expert evaluation; integral estimation, fuzzy sets; Fishburn scale; digital technologies.

References

1. Novikov D.A. *Metodologiya upravleniya* [Methodology of Management]. Moscow, Librocom Publ., 2011. 128 p.
2. Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of Management of Organizational Systems]. Moscow, FML Publ., 2012. 604 p.
3. Glazyev S.Yu. *Razvitiye rossiyskoy ekonomiki v usloviyakh global'nykh tekhnologicheskikh sdvigo: nauchnyy doklad* [The Development of the Russian Economy in the Context of Global Technological Shifts: a Scientific Report]. Moscow, NIR Publ., 2007. 134 p.
4. Maksimov A.A., Loginovskiy O.V., Korennaya K.A. [Adaptive Management of an Industrial Corporation in Conditions of Uncertainty (by the Example of Ferroalloys Industries)]. *Problems of Theory and Practice of Management*, 2012, no. 9–10, pp. 145–150. (in Russ.)
5. Loginovskiy O.V., Korennaya K.A. [Increasing the Efficiency of the Enterprise on the Basis of

Modern Management Technologies and Information and Analytical Systems]. *Avtomatizatsiya i upravlenie promyshlennymi predpriyatiyami: dokl. nauch.-tekhn. konf. vseros. foruma "Informatsionnoe obshchestvo-2015: vyzovy i zadachi"* [Automation and Management of Industrial Enterprises: Dokl. of Scientific-Techn. Conf. All-Russia. Forum "Information Society 2015: Challenges and Tasks"]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2015, pp. 4–38. (in Russ.)

6. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. *Korporativnoye upravleniye* [Corporate Governance]. Moscow, Mechanical Engineering Publ., 2007, vol. 2. 624 p.

7. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A., Haldin K.S. [Management of Material Resources of Industrial Enterprises in Modern Conditions]. *Dynamics of Complex Systems*, 2016, no. 2, pp. 33–38. (in Russ.)

8. Korennaya K.A., Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. *Upravleniye promyshlennymi predpriyatiyami v usloviyakh global'noy nestabil'nosti: monografiya*. [Management of Industrial Enterprises in Conditions of Global Instability: Monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2013. 403 p.

9. Korennaya K.A., Loginovskiy O.V., Maksimov A.A., Zimin A.V. Global Economic Instability and Management of Industrial Organizations. Kostanay, *KSU Publ.*, 2014. 230 p.

10. *Novaya model' ekonomicheskogo razvitiya Rossii: kontseptsiya formirovaniya i realizatsii*. [A New Model of Russia's Economic Development: the Concept of Formation and Implementation]. Moscow, Publ. of the State Duma, 2016. 320 p.

11. *Razvitiye ekonomiki Rossii: problemy i resheniya* [The Development of the Russian Economy: Problems and Solutions]. Moscow, Faculty of Economics, M.V. Lomonosov Moscow State Univ. Publ., 2016. 148 p.

12. Rogov S.F. *Matematicheskiye modeli v teorii prinyatiya resheniy* [Mathematical Models in Decision Theory]. Moscow, Company Sputnik + Publ., 2013. 148 p.

13. Thompson A.A., Strickland A.J. *Strategicheskii menedzhment: kontseptsii i situatsii dlya analiza* [Strategic Management: Concepts and Situations for Analysis]. Moscow, Williams Publ., 2007. 928 p.

14. Loginovskiy O.V., Burkov V.N., Burkova I.V., Gelrud Ya.D., Korennaya K.A., Maksimov A.A. *Upravleniye promyshlennymi predpriyatiyami: strategii, mekhanizmy, sistemy: monografiya* [Management of Industrial Enterprises: Strategies, Mechanisms, Systems: Monograph]. Moscow, INFRA-M Publ., 2018. 410 p.

15. Ushvitsky L.I., Krasnikov A.V., Javadov O.M. *Innovatsionnoye razvitiye ekonomiki Rossii: problemy i perspektivy: monografiya* [Innovative Development of the Russian Economy: Problems and Perspectives: Monograph]. SKFU Publ., 2015. 157 p.

16. Woomeck D.P. *Berezhlivoye proizvodstvo: Kak izbavit'sya ot poter' i dobit'sya protsvetaniya vashey kompanii* [Lean Production: How to Get Rid of Losses and Achieve Prosperity for Your Company]. Moscow, Alpina Business Books Publ., 2004. 473 p.

17. Gershun A., Gorsky M. *Tekhnologii sbalansirovannogo upravleniy* [Technologies of balanced management]. Moscow, Olimp-Business, 2005. 416 p.

18. Kaplan R.S., Norton D.P. *Sbalansirovannaya sistema pokazateley. Ot strategii k deystviyu* [Balanced Scorecard. From Strategy to Action]. Moscow, Olimp-Business Publ., 2003. 304 p.

19. *Klassiki menedzhmenta* [Classics of Management]. St. Petersburg, Peter Publ., 2001. 1168 p.

20. Lutz R.A. *7 zakonov Kraysler* [7 Chrysler Laws]. Moscow, Alpina Publ., 2003. 284 p.

21. Masaaki I. *Kaidzen: klyuch k uspekhu yaponskikh kompaniy* [Kaizen: the Key to the Success of Japanese Companies]. Moscow, Alpina Business Books Publ., 2004. 274 p.

22. Kondratiev V.B. *Otrasli i sektora global'noy ekonomiki: osobennosti i tendentsii razvitiya* [Branches and Sectors of the Global Economy: Features and Development Trends]. Moscow, Intern. Relations Publ., 2015. 448 p.

23. Glazyev S.Yu., Ivanter V.V., Makarov V.L., Nekipelov A.D., Tatarkin A.I., Grinberg R.S., Fetisov G.G., Tsvetkov V.A., Batchikov S.A., Ershov M.V., Mityaev D.A., Petrov Yu.A. *O strategii razvitiya ekonomiki Rossii: nauchnyy doklad* [On the Strategy for the Development of the Russian Economy: a Scientific Report]. Moscow, UN RAS, 2011. 48 p.

24. Burkov V.N., Ageev I.A., Baranchikov E.A. *Mekhanizmy korporativnogo upravleniya* [Mechanisms of Corporate Governance]. Moscow, ICP RAS Publ., 2004. 109 p.

25. Burkov V.N., Burkova I.V., Gubko M.V. *Mekhanizmy upravleniya: Upravleniye organizatsiyey: planirovaniye, organizatsiya, stimulirovaniye, kontrol'* [Mechanisms of Management: Organization Management: Planning, Organization, Incentives, Control]. Moscow, Lenand Publ., 2013. 216 p.

26. Vissema H. *Osnovy strategicheskogo menedzhmenta i predprinimatel'stva* [Fundamentals of Strategic Management and Entrepreneurship]. Moscow, Infra Publ., 2008. 347 p.
27. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. *Vvedeniye v teoriyu upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Introduction to the Theory of Management of Organizational Systems]. Moscow, Librokom Publ., 2009. 264 p.
28. Bystritsky V.E., Polyakov S.V. *Upravleniye promyshlennym predpriyatiyem i personalom v usloviyakh innovatsii: monografiya* [Management of an Industrial Enterprise and Personnel in the conditions of innovation: monograph]. Ulyanovsk, UISTU Publ., 2011. 243 p.
29. Sterligova A.N. *Upravleniye zapasami v tsepyakh postavok* [Inventory Management in Supply Chains]. Moscow, Infra-M Publ., 2016. 430 p.
30. Balashov V.G., Irikov V.A. *Tekhnologii povysheniya finansovogo rezul'tata: praktika i metody* [Technologies for Increasing the Financial Result: Practice and Methods]. Moscow, MCFER Publ., 2009. 672 p.
31. Balashov V.G., Irikov V.A., Ivanova S.I., Margoliti G.R. *IPO i stoimost' rossiyskikh kompaniy: moda i realii* [IPO and the Value of Russian Companies: Fashion and Reality]. Moscow, Delo Publ., 2008. 336 p.
32. Dranko O.I., Irikov V.A. [The “Cost-Effectiveness” Method as a Tool for Selecting Priority Projects of Enterprises]. *Management Accounting*, 2011, vol. 4, pp. 15–20. (in Russ.)
33. Biryukov S.E., Hainish S.V. *Ot strategii vyzhivaniya k strategii aktivnogo razvitiya (praktika reformirovaniya i finansovogo ozdorovleniya OAO Vladimirskiy zavod “Elektropribor”)*. *Iz opyta upravlencheskogo konsul'tirovaniya* [From the Strategy of Survival to the Strategy of Active Development (the Practice of Reforming and Financial Recovery of JSC Vladimir Plant “Elektropribor”). From the Experience of Management Consulting]. Moscow, MNIIPU Publ., 2001. 196 p.
34. Dranko O.I., Otarashvili Z.A., Sushkov D.V. [Formation of the Program of Innovative Development: Cost Management]. *Problems of Management*, 2012, vol. 6, pp. 26–31. (in Russ.)
35. Dranko O.I. [Express Model of Business Valuation]. *Problems of Management*, 2012, vol. 4, pp. 32–37. (in Russ.)
36. Paklin N.B., Oreshkov V.I. *Biznes-analitika: ot dannykh k znaniyam* [Business Intelligence: from Data to Knowledge]. St. Petersburg, Peter Publ., 2013. 704 p.
37. Korennaya K.A., Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. [Information and Resource Management of Industrial Enterprises on the Basis of a Prognostically Adaptive Approach]. *Information Resources of Russia*, 2012, pp. 16–20. (in Russ.)
38. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. *Upravleniye promyshlennym predpriyatiyem* [Management of an Industrial Enterprise]. Moscow, Mechanical Engineering, 2006, vol. 1. 603 p.
39. Klimanov V. *Gosudarstvennyye programmy razvitiya makroregionov Rossii. Podkhody k analizu* [State Programs for the Development of Macro-Regions of Russia. Approaches to Analysis]. Moscow, URSS Publ., 2016. 194 p.
40. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility Systems: Tutorial. *Holland: Publ. House North-Holland*, 1978. 34 p.
41. Fishburn P. *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya resheniy* [Theory of Utility for Decision Making]. Moscow, Nauka, 1978. 352 p.
42. Burkova I.V. [The Method of Network Programming in Problems of Nonlinear Optimization]. *Automation and Telemechanics*, 2015, vol. 10, pp. 15–21. (in Russ.)

Received 1 August 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Логиновский, О.В. Математические модели оценки деятельности промышленных предприятий в условиях нестабильности / О.В. Логиновский, О.И. Дранко, А.В. Голлай // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 88–102. DOI: 10.14529/ctcr180409

FOR CITATION

Loginovskiy O.V., Dranko O.I., Hollay A.V. Mathematical Models for Assessment of Activity of Industrial Enterprises under the Conditions of Instability. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 88–102. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr180409