

**ОДНОФАКТОРНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
МАЛОГО БИЗНЕСА МОНОГОРОДА****Андрей Николаевич ВАЖДАЕВ^а, Артур Александрович МИЦЕЛЬ^б**

^а старший преподаватель кафедры информационных систем, Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, Юрга, Российская Федерация
vazhdaev@tpu.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 1673-5279

^б доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем, Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, Юрга, Российская Федерация; профессор кафедры автоматизированных систем управления, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация
maa@asu.tusur.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 9698-2160

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 21.02.2018
Получена в доработанном
виде 12.03.2018
Одобрена 21.03.2018
Доступна онлайн 29.05.2018

УДК 338.49 / 519.237.7
JEL: C43, C81, C82, D90

Ключевые слова:

однофакторная
динамическая модель,
малый бизнес, моногород,
микропоказатель,
мезофактор

Аннотация

Предмет. Актуальная и требующая эффективного решения задача развития малого бизнеса на территории моногородов рассматривается во многих работах отечественных и зарубежных исследователей. Одним из направлений решения этой задачи является моделирование социально-экономических процессов в городах. Потребность решения проблем российских моногородов привела к разработке экономико-математической модели управления развитием малым бизнесом путем влияния на определенные городские социально-экономические показатели. Модель призвана одновременно учитывать особенности моногорода и характер самого бизнеса, который функционирует в пределах муниципалитета.

Цели. Разработка динамической экономико-математической модели для управления городскими социально-экономическими показателями в целях устойчивого развития малого предпринимательства.

Методология. При использовании эконометрических методов были определены наиболее значимые микропоказатели и мезопоказатели, характеризующие деятельность малого бизнеса и городского поселения соответственно. Данные показатели в процессе решения задачи оптимального управления стали параметрами однофакторной динамической модели.

Результаты. Доказанное существование значимой корреляционной связи между отдельными агрегированными микропоказателями малого бизнеса и выделенными мезофакторами моногорода позволило построить динамическую модель. Проведенные расчеты на построенной модели продемонстрировали возможность управления каждым микропоказателем малого предпринимательства с желаемым темпом изменений и в условиях заданных ограничений.

Выводы. Построенная однофакторная динамическая модель позволяет организовать процесс управления малым бизнесом путем влияния на один из его микропоказателей с помощью мезофакторов моногорода. Такой подход позволяет муниципалитету в каждый момент времени выбирать наиболее приоритетный показатель малого предпринимательства и, воздействуя на него своими социально-экономическими показателями, способствовать устойчивому развитию городской экономики.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Важдаев А.Н., Мицель А.А. Однофакторная динамическая модель управления деятельностью малого бизнеса моногорода // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 5. – С. 950 – 966.
<https://doi.org/10.24891/ea.17.5.950>

Влияние на бизнес, расположенный на городской территории, остается одной из актуальных задач для муниципальных властей на протяжении всего периода развития рыночной экономики в России. Не приходится сомневаться в том, что влиять или даже пытаться управлять направлением развития частного бизнеса на своей территории любому муниципалитету довольно непросто. Но что делать, если подавляющая часть городского бизнеса представлена одним или несколькими градообразующими предприятиями, которые находятся в кризисном состоянии. Именно с такими проблемами столкнулись так называемые моногорода, на экономическом развитии которых, по мнению авторов работы [1], последние мировые кризисы отразились наиболее серьезно.

Стоит отметить, что проблема моногородов существует и в других странах мира – об этом в своих работах пишут И.В. Манаева [2] и Р. Вигблад [3]. Из-за особенностей организации экономики, существовавшей в советский период (Е.А. Колесник [4] называет постсоветское пространство страной моногородов) только в 2009 г. в моногородах России проживало около 25% населения [5, 6].

Именно по причине падения спроса на продукцию градообразующих предприятий руководство моногородов стало активно изучать вопросы диверсификации экономики. О задачах диверсификации экономики в моногородах пишут в своих исследованиях А.И. Лыткин [7] и И.С. Антонова [8].

В работах [9, 10] авторы отмечают, что основой для развития экономики моногорода должно стать развитие его инфраструктурных проектов. В то же время А.О. Хиршман [11] утверждает, что без значительного спроса на инфраструктурные объекты, последние не смогут стать ключом к развитию экономики города.

В свете таких событий администрации малых городов задумались об активном развитии малого бизнеса. Так, Р.Б. Ротенберг [12] пишет о необходимости городам активизировать развитие именно малого бизнеса. Эту задачу можно решать путем развития новых

направлений городской экономики за счет создания соответствующих условий – территорий опережающего развития и территорий опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР). Об этом пишут Г.Д. Антонов, О.П. Иванова и И.С. Антонова [13], а также В.А. Трифонов и Г.Н. Валиуллина [14].

Переходя к вопросу экономико-математического моделирования социально-экономических процессов в городах, стоит отметить, что этому посвящено много отечественных и зарубежных публикаций. Например, И.В. Манаева и С.Н. Растворцева [15] демонстрируют модель прогнозирования социально-экономического развития моногорода и методический инструментарий оценки его конкурентоспособности [16]; О.С. Балаш [17] занимается вопросами пространственного моделирования темпов роста численности населения городов; А. Чикконе и Р. Холл [18] изучили влияние плотности населения на экономическую продуктивность города; Р. Капелло и А. Фаггиан [19] создали и проверили в Италии экономико-экологическую модель роста городов. Кроме того, с некоторыми допущениями по отношению к моногородам можно использовать описанную А.А. Волковым, А.Г. Зайцевым и Е.В. Токмаковой [20] экономико-математическую модель определения экономического потенциала региона.

Изучив имеющиеся материалы по экономико-математическому моделированию городских процессов, мы пришли к выводу о необходимости разработки математической модели управления малым бизнесом путем изменения городских социально-экономических показателей. Модель, с одной стороны, должна учитывать особенности моногорода, а с другой стороны – показатели самого малого бизнеса, работающего в городе. Результатом моделирования должны стать стратегии управления городскими социально-экономическими показателями в целях развития малого предпринимательства по заданным траекториям на примере моногорода Юрга.

В ранее опубликованных работах¹ нами были определены две группы переменных будущей экономико-математической модели: мезопоказатели моногорода (социально-экономические показатели города) и агрегированные микропоказатели малого бизнеса. Значения обеих групп показателей были взяты за период с 2007 по 2015 г.

Определению показателей при построении экономической модели городов посвящено немало публикаций, поэтому приведем только наиболее знаковые из них. Например, авторы предлагают использовать в экономико-математической модели индикаторы городского дохода и аренды [19], учитывать плотность и численность населения [17, 18], локализацию производства и уровень безработицы [21], инвестиции в бюджет, плотность дорог, валовой продукт и т.д. [16].

В результате тщательного отбора мезофакторов города (данный процесс подробно описан нами ранее²) для экономико-математической модели были выбраны те показатели, которые оказывают наибольшее влияние на развитие малого предпринимательства в моногороде и/или в наибольшей мере отражают экономико-социальное развитие города (табл. 1). Значения этих мезофакторов для моногорода Юрга за 2007–2015 гг. представлены в табл. 2.

Для малого бизнеса микропоказатели были взяты из регламентированных отчетов «Бухгалтерский баланс» (итоговые значения каждого из пяти разделов) и «Отчет о финансовых результатах» (показатель «Выручка»). В табл. 3 представлено описание агрегированных микропоказателей малого бизнеса.

Рассчитанные агрегированные значения микропоказателей малого бизнеса моногорода

Юрга с 2007 по 2015 г. представлены в табл. 4.

Предположим, что мы выделили n мезопоказателей города, у которых имеется значимая корреляционная связь с одним из шести агрегированных микропоказателей малого бизнеса³.

Пусть значения агрегированного микропоказателя вышли за границы допустимых и мы хотим изменить их значения, чтобы избежать негативных последствий в развитии малого бизнеса в городе. В этом случае возникает вопрос: а может ли город как-то повлиять на деятельность предприятий малого бизнеса? И как надо изменить мезопоказатели города, чтобы изменить определенный агрегированный показатель малого бизнеса?

В работе [22] рассматривалась динамическая модель управления финансовыми показателями предприятия, оказывающими влияние на один из ключевых показателей банкротства предприятия – выручку предприятия. В данном случае предлагается динамическая модель управления отдельным агрегированным показателем малого бизнеса за счет мезофакторов моногорода.

Обозначим $x_i(t)$, $i = 1, \dots, n$ мезофакторы города в момент времени t , $t = 0, \dots, T - 1$, где T – планируемый момент времени выхода малого бизнеса из критического состояния; $V(t)$ – агрегированный микропоказатель малого бизнеса; $V^0(t)$ – плановое значение агрегированного микропоказателя, которое соответствует устойчивому функционированию малого бизнеса.

Связь микропоказателя малого бизнеса с мезопоказателями города представим в виде множественной регрессии:

$$V(t) = \sum_{i=1}^n a_i x_i(t), \quad (1)$$

где a_i – коэффициенты регрессии.

¹ Ваздаев А.Н., Мицель А.А. Исследование взаимосвязи между экономическими макропоказателями моногорода и агрегированными показателями малого бизнеса // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов IV Международной научной конференции. Ч. 1 / под ред. О.Г. Берестневой и др. Томск: ТПУ, 2017. С. 198–202; Vazhdaev A., Mitsel A., Grigoryeva M. The Relationship of City and Small Business Economic Parameters. URL: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/itsmssm-17/25887832>

² Там же.

³ Vazhdaev A., Mitsel A., Grigoryeva M. The Relationship of City and Small Business Economic Parameters. URL: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/itsmssm-17/25887832>

Введем величины $v_i(t) = a_i x_i(t)$, которые можно рассматривать как микропоказатель, обусловленный i -м мезопоказателем города. Тогда

$$V(t) = \sum_{i=1}^n v_i(t). \quad (2)$$

Зависимость планового микропоказателя $V^0(t)$ представим в форме

$$V^0(t+1) = (1 + \mu^0(t)) V^0(t), \quad (3)$$

где $\mu^0(t)$ – желаемый темп роста микропоказателя.

Зависимость $v(t)$ от времени представим в форме

$$v_i(t+1) = [1 + \mu_i(t)](v_i(t) + u_i(t)), \\ i = 1, \dots, n, \quad t = 0, \dots, T-1, \quad (4)$$

где $\mu_i(t)$ – параметр необходимого увеличения мезопоказателя;

$u_i(t)$ – параметр увеличения ($u_i(t) > 0$) либо уменьшения ($u_i(t) < 0$) мезопоказателя.

Введем вектор $z(t) = (v(t), V^0(t))^T$. Тогда уравнения (3), (4) можно переписать в следующем виде:

$$z(t+1) = A_0(t) z(t) + B_0(t) u(t), \quad t = 0, \dots, T-1, \quad (5)$$

где $A_0(t)$ – диагональная матрица размерности $(n+1) \times (n+1)$,

$$A_0(t) = \text{diag}(1 + \mu_1(t), \dots, 1 + \mu_n(t); 1 + \mu^0(t));$$

$B_0(t)$ – диагональная матрица размерности $(n+1) \times n$,

$$B_0(t) = \begin{pmatrix} 1 + \mu_1(t) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 + \mu_n(t) \\ 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

В качестве целевой функции выберем квадратичный функционал:

$$J = \sum_{t=0}^{T-1} [V(t) - V^0(t)]^2 + (u(t))^T R(t) u(t) + [V(T) - V^0(T)]^2, \quad (6)$$

который характеризует качество процесса слежения за плановым микропоказателем малого бизнеса. Минимизируя этот функционал, мы тем самым обеспечим выход малого бизнеса на плановый режим. Здесь $R(t)$ – диагональная матрица весовых коэффициентов. Введем в (6) вектор $z(t)$. Величина $(V(t) - V^0(t))$ примет следующий вид $(V(t) - V^0(t)) = Cz(t)$, где $C = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{n+1}$.

Критерий качества J примет форму

$$J = \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} z^T(t) C^T C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} (u^T(t) R(t) u(t)) + z^T(T) C^T C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}. \quad (7)$$

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (5), а функционал качества – выражением (7). Управление задается вектором $u(t)$. Введем ограничения на мезофакторы:

$$x_i^{\min}(t) \leq \frac{v_i(t) + u_i(t)}{a_i} \leq x_i^{\max}(t), \\ i = 1, \dots, n; \quad t = 0, \dots, T-1. \quad (8)$$

Здесь $x_i^{\min}(t)$, $x_i^{\max}(t)$ – минимальное и максимальное значения мезопоказателей соответственно; $v_i(t) = a_i x_i(t)$.

Введем диагональную матрицу

$$Ar = \text{diag}(1/a_1 \dots 1/a_n),$$

где $a_i, i = 1, \dots, n$ – коэффициенты регрессии (1).

Тогда ограничение (8) примет вид:

$$x^{\max}(t) \leq Ar(v(t) + u(t)) \leq x^{\max}(t). \quad (9)$$

Введем ограничение на микропоказатель

$$V^{\min}(t) \leq V(t) \leq V^{\max}(t), \quad t = 2, \dots, T, \quad (10)$$

где $V^{\min}(t)$, $V^{\max}(t)$ – минимальное и максимальное значения микропоказателя соответственно.

В терминах $z(t)$ ограничение (10) примет следующий вид:

$$V^{\min}(t) \leq \sum_{i=1}^n (A_0(t-1)(z(t-1) + u(t-1)))_i \leq V^{\max}(t), \quad t = 2, \dots, T. \quad (11)$$

Необходимо найти оптимальное решение $(\bar{z}(t), \bar{u}(t))$, удовлетворяющее уравнению состояния (5), ограничениям (9) и (11), при котором функционал (7) принимает минимальное значение. Описанная модель представляет собой модель динамического программирования. Рассмотрим алгоритм решения.

Запишем задачу слежения за плановым значением микропоказателя:

$$J = \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} z^T(t) C^T C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} (u^T(t) R(t) u(t)) + z^T(T) C^T C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}; \quad (12)$$

$$z(t+1) = A_0(t)z(t) + B_0(t)u(t); \quad (13)$$

$$x^{\min}(t) \leq Ar(v(t) + u(t)) \leq x^{\max}(t);$$

$$V^{\min}(t) \leq \sum_{i=1}^n (A_0(t-1)z(t-1) + B_0(t-1)u(t-1))_i \leq V^{\max}(t), \quad t = 1, \dots, T.$$

Подставим выражение (13) в (12), получим

$$J = 2 \sum_{t=0}^{T-1} (u^T(t) B_0^T(t) h A_0(t) z(t)) + \sum_{t=0}^{T-1} u^T(t) (B_0^T(t) h B_0(t) + R(t)) u(t) + \sum_{t=0}^{T-1} z^T(t) A_0^T(t) h A_0(t) z(t) \rightarrow \min_{u(t)}.$$

Здесь $h = C^T C$ – матрица размерности $(n+1) \times (n+1)$.

Задаем начальные значения макропоказателей $x_i(0)$, $i = 1, \dots, n$, вычисляем $v_i(0) = a_i x_i(0)$, $i = 1, \dots, n$, и

$$V(0) = \sum_{i=1}^n v_i(0).$$

Задаем начальное плановое значение $V^0(0)$, параметр необходимого увеличения мезопоказателя $\mu_i(t)$ и желаемый темп роста агрегированного микропоказателя бизнеса $\mu^0(t)$, вычисляем матрицы $A_0(t)$ и $B_0(t)$. Задаем также границы изменения мезопоказателей города $x_i^{\min}(t)$, $x_i^{\max}(t)$, $i = 1, \dots, n$ и границы возможного изменения агрегированного микропоказателя $V^{\min}(t)$, $V^{\max}(t)$. На основе $v(0)$ и $V^0(0)$ вычисляем составной вектор $z(0) = (v(0) V^0(0))^T$.

Шаг 1. Решаем задачу для момента $t = 0$.

$$J = 2u^T(0)B_0^T(0)hA_0(0)z(0) + u^T(0) \times (B_0^T(0)hB_0(0) + R(0))u(0) \rightarrow \min_{u(0)};$$

$$x^{\min}(0) \leq Ar(v(0) + u(0)) \leq x^{\max}(0);$$

$$V_{\min}(1) \leq \sum_{i=1}^n (A_0(0)(z(0) + u(0)))_i \leq V_{\max}(1).$$

Здесь мы опустили константу

$$z^T(0)A_0^T(0)hA_0(0)z(0).$$

Затем по найденному управлению $u(0)$ вычисляем

$$z(1) = A_0(0)z(0) + B_0(0)u(0).$$

Шаг 2. Решаем задачу для момента $t = 1$.

Опуская константу $z^T(1)A_0^T(1)hA_0(1)z(1)$, имеем:

$$J = 2u^T(1)B_0^T(1)hA_0(1)z(1) + u^T(1) \times (B_0^T(1)hB_0(1) + R(1))u(1) \rightarrow \min_{u(2)};$$

$$x^{\min}(1) \leq Ar(v(1) + u(1)) \leq x^{\max}(1);$$

$$V_{\min}(2) \leq \sum_{i=1}^n (A_0(1)z(1) + B_0(1)u(1))_i \leq V_{\max}(2).$$

Затем по найденному управлению $u(1)$ вычисляем

$$z(2) = A_0(1)z(1) + B_0(1)u(1).$$

Этап $(T - 1)$. Решаем задачу для $t = T - 1$. Опуская константу

$$z^T(T-1)A_0^T(T-1)hA_0(T-1)z(T-1), \text{ имеем}$$

$$J = 2u^T(T-1)B_0^T(T-1)hA_0(T-1)z(T-1) + \\ + u^T(T-1)(B_0^T(T-1)hB_0(T-1) + R(T-1)) \times \\ \times u(T-1) \rightarrow \min_{u(T-1)};$$

$$x^{\min}(T-1) \leq Ar(v(T-1) + u(T-1)) \leq x^{\max}(T-1);$$

$$V_{\min}(T) \leq \sum_{i=1}^n (A_0(T-1)(z(T-1) + u(T-1)))_i \leq V_{\max}(T).$$

По найденному управлению $u(T-1)$ вычисляем

$$z(T) = A_0(T-1)z(T-1) + B_0(T-1)u(T-1).$$

Из векторов $z(t)$ выделяем $v(t)$ ($v_i(t) = z_i(t)$, $i = 1, \dots, n$). По найденным $v(t)$ вычисляем мезопоказатели $x_i(t) = v_i(t) / a_i$, $i = 1, \dots, n$ и микропоказатель

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

Полученная модель была применена для моделирования управления агрегированными микропоказателями малого бизнеса (каждого в отдельности) от восьми описанных мезофакторов моногорода Юрга. На первом этапе были рассчитаны коэффициенты регрессии (1) для каждого микропоказателя. На *рис. 1* в качестве примера приведено сравнение модели нормированного микропоказателя выручки $Rev = Xa$ с реальными нормированными данными Rev_r , по которым строилась модель. Как видно, согласие вполне приемлемое (максимальное отклонение составило 6,9%, средняя ошибка составила 2,6%).

Расчет параметров темпов изменения мезопоказателей $\mu_i(t)$ проводился на основе исторических данных по формуле

$$\mu_i(t) = \frac{\sum_{t=2}^T x_i(t)x_i(t-1)}{\sum_{t=2}^T (x_i(t-1))^2} - 1, \\ i = 1, \dots, n.$$

Результаты расчетов $\mu_i(t)$ представлены в *табл. 5*. В данном случае параметры $\mu_i(t)$ не зависят от времени. Заметим, что эти параметры могут также задаваться экспертами.

Расчет параметров темпов изменения микропоказателей $\mu_j^0(t)$ был произведен на основе собранных данных по следующей формуле:

$$\mu_j^0(t) = \frac{\sum_{t=2}^T (Pt_j(t)Pt_j(t-1))}{\sum_{t=2}^T (Pt_j(t-1)^2)} - 1,$$

$$i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, p.$$

Теперь можно перейти к решению задачи управления микропоказателями. Как уже указывалось, задача управления относится к классу моделей динамического программирования с квадратичным критерием и ограничениями. Как известно, в случае отсутствия ограничений эта модель имеет аналитическое решение. Однако расчеты по такой модели иногда приводят к неинтерпретируемым экономическим результатам. Поэтому нами было предложено ввести ограничения как на управление $u(t)$ (мезопоказатели), так и на управляемую переменную (микропоказатель). Ограничения определяются исходя из экономического смысла переменных.

На основе этой модели и приведенных исходных данных были проведены расчеты модели процесса управления каждым из микропоказателей за счет изменения мезопоказателей моногорода Юрга. На *рис. 2* в качестве примера приведен график слежения за плановым показателем микропоказателя Rev в зависимости от восьми мезофакторов города.

На *рис. 3* в качестве примера приведены моделируемые значения одного из мезопоказателей УПД (ЕНВД для отдельных видов деятельности), при которых обеспечивается достижение плановых значений изучаемых микропоказателей.

Графики на *рис. 3* демонстрируют результат, из которого следует, что для достижения плановых устойчивых значений микропоказателей необходимо устанавливать различные (иногда даже противоположные) значения мезопоказателей города в один и тот же момент времени. Это говорит о том, что возможность практического использования

однофакторной модели ограничивается управлением лишь одним наиболее приоритетным микропоказателем в один период времени, иногда в ущерб остальным. Поэтому для практического случая управления некоторой группой или всеми шестью микропоказателями малого бизнеса требуется разработать и использовать многофакторную (многокритериальную) модель, оперирующую сразу всеми исследуемыми микропоказателями и мезофакторами. В построении такой многокритериальной модели авторы работы видят задачу своих дальнейших исследований.

Таблица 1
Мезофакторы города

Table 1
Mesofactors of a monotown

| Мезофактор | Обозначение в модели |
|---|----------------------|
| Единый налог на вмененный доход для отдельных видов деятельности, тыс. руб. | UTII |
| Количество индивидуальных предпринимателей | NIE |
| Количество малых предприятий | NSE |
| Налог на доходы физических лиц, тыс. руб. | PIT |
| Налоги на совокупный доход, тыс. руб. | TTI |
| Среднемесячный номинальный доход на душу населения, руб. | AMNI |
| Численность населения, чел. | PI |
| Количество крупных и средних предприятий | NLME |

Источник: авторская разработка по данным Росстата

Source: Authoring, based on the Rosstat data

Таблица 2

Исходные значения мезофакторов моногорода Юрга с 2007 по 2015 г.

Table 2

Initial values of mesofactors of Yurga monotown from 2007 to 2015

| Показатель | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| UTII | 31 718 | 31522 | 33 979,4 | 40 624,1 | 45 716 | 50 980,8 | 49 546,9 | 55 145,7 | 52 156,5 |
| NIE | 21 00 | 2 000 | 2 602 | 2 268 | 2 183 | 2 183 | 1 750 | 1 723 | 1 670 |
| NSE | 400 | 393 | 364 | 483 | 483 | 633 | 697 | 702 | 750 |
| PIT | 226 628 | 271 449 | 265 780,4 | 273 005,1 | 332 451,3 | 414 938,5 | 402 920,9 | 353 865,6 | 362 935,6 |
| TTI | 31 724 | 31 525 | 33 988,1 | 40 655,1 | 45 886,7 | 51 227,2 | 49 899,8 | 55 552,7 | 53 156,5 |
| AMNI | 9 445 | 12 547 | 11 722,4 | 13 638 | 14 904,6 | 15 978,2 | 16 720,3 | 19 422 | 20 539,2 |
| PI | 83 836 | 83 883 | 83 860 | 81 454 | 81 180 | 81 385 | 81 446 | 81 139 | 81 396 |
| NLME | 25 | 25 | 23 | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 | 16 |

Источник: авторская разработка по данным Росстата

Source: Authoring, based on the Rosstat data

Таблица 3

Агрегированные микропоказатели малого бизнеса

Table 3

Aggregated micro indicators of a small business

| Обозначение микропоказателя в модели | Описание микропоказателя |
|--------------------------------------|---|
| Rev | Среднее значение выручки малого бизнеса за год t находится как отношение итогового значения годовой выручки $Rev(t)$ малых предприятий к их суммарному числу за соответствующий год $N(t)$: $Rev(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N(t)} Rev(t)_i}{N(t)}.$ |
| wRev | Показатель рассчитывается на основании данных отчета о финансовых результатах Вес выручки i -го малого предприятия $Rev(t)$ в общем суммарном значении выручки Rev за каждый исследуемый год: $wRev(t)_i = \frac{Rev(t)_i}{\sum_{j=1}^{N(t)} Rev(t)_j}$ |
| FAB | Отношение суммы всех значений показателя «итого по разделу I (внеоборотные активы)» $FA(t)$ из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «баланс» $B(t)$ за соответствующий год: $FAB(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} \frac{FA(t)_i}{B(t)_j} wRev(t)_i.$ Показатель $FA(t)$ рассчитывается на основании бухгалтерского баланса и отражает внеоборотные активы |
| CAB | Отношение суммы всех значений показателя «итого по разделу II (оборотные активы)» $CA(t)$ из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «баланс» за соответствующий год: $CAB(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} \frac{CA(t)_i}{B(t)_j} wRev(t)_i.$ Показатель $CA(t)$ рассчитывается на основании бухгалтерского баланса и отражает оборотные активы |
| CRB | Отношение суммы всех значений показателя «итого по разделу III (капитал и резервы)» $CR(t)$ из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «баланс» за соответствующий год: $CRB(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} \frac{CR(t)_i}{B(t)_j} wRev(t)_i.$ |

| | |
|-------|---|
| | Показатель $CR(t)$ рассчитывается на основании бухгалтерского баланса и включает капитал с резервами |
| LLB | <p>Отношение суммы всех значений показателя «итого по разделу IV (долгосрочные обязательства)» $LL(t)$ из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «баланс» за соответствующий год:</p> $LLB(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} \frac{LL(t)_i}{B(t)_i} wRev(t)_i.$ <p>Показатель $LL(t)$ рассчитывается на основании бухгалтерского баланса и характеризует долгосрочную задолженность</p> |
| SLB | <p>Отношение суммы всех значений показателя «итого по разделу V (краткосрочные обязательства)» $SL(t)$ из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «Баланс» за соответствующий год:</p> $SLB(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} \frac{SL(t)_i}{B(t)_i} wRev(t)_i.$ <p>Показатель $SL(t)$ рассчитывается на основании бухгалтерского баланса и содержит данные о краткосрочной задолженности</p> |

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

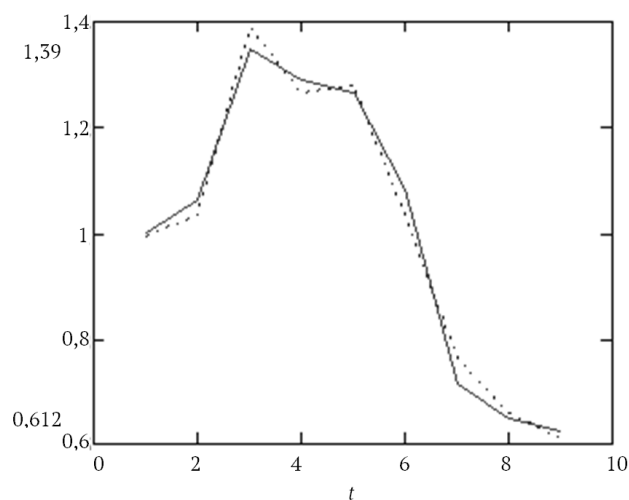
Таблица 4**Рассчитанные агрегированные значения микропоказателей с 2007 по 2015 гг.****Table 4****Calculated aggregated values of micro indicators from 2007 to 2015**

| Год | Rev | FAB | CAB | CRB | LLB | SLB |
|------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2007 | 18 286,195 | 0,25 | 0,727 | 0,496 | 0,037 | 0,446 |
| 2008 | 19 403,86 | 0,217 | 0,752 | 0,542 | 0,033 | 0,395 |
| 2009 | 24 648 | 0,213 | 0,779 | 0,559 | 0,02 | 0,422 |
| 2010 | 23 594,426 | 0,237 | 0,744 | 0,482 | 0,028 | 0,488 |
| 2011 | 23 133,914 | 0,23 | 0,768 | 0,36 | 0,039 | 0,539 |
| 2012 | 19 817,76 | 0,232 | 0,741 | 0,457 | 0,064 | 0,472 |
| 2013 | 13 024,369 | 0,217 | 0,768 | 0,449 | 0,043 | 0,506 |
| 2014 | 11 865,871 | 0,187 | 0,786 | 0,446 | 0,034 | 0,507 |
| 2015 | 11 392,034 | 0,19 | 0,791 | 0,387 | 0,033 | 0,556 |

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 5****Параметры темпов изменения мезопоказателей $\mu_i(t)$** **Table 5****Parameters of the rate of change of $\mu_i(t)$ mesofactors**

| Мезопоказатели | Фактор | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $\mu_i(t)$ | 0,052 | -0,032 | 0,078 | 0,039 | 0,055 | 0,09 | -0,004 | -0,051 |

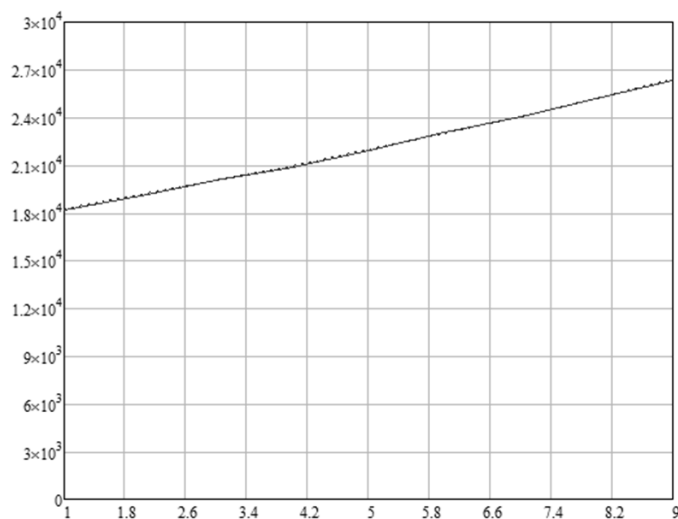
Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Рисунок 1**Сравнение модели микропоказателя *Rev* с реальными данными****Figure 1****Comparison of the *Rev* micro indicator model with real data**

Примечание. Сплошной график обозначает моделируемые значения показателя, пунктирный – реальные значения.
Источник: авторская разработка

Note. The solid line shows simulated values of the indicator, the dotted one shows real values.

Source: Authoring

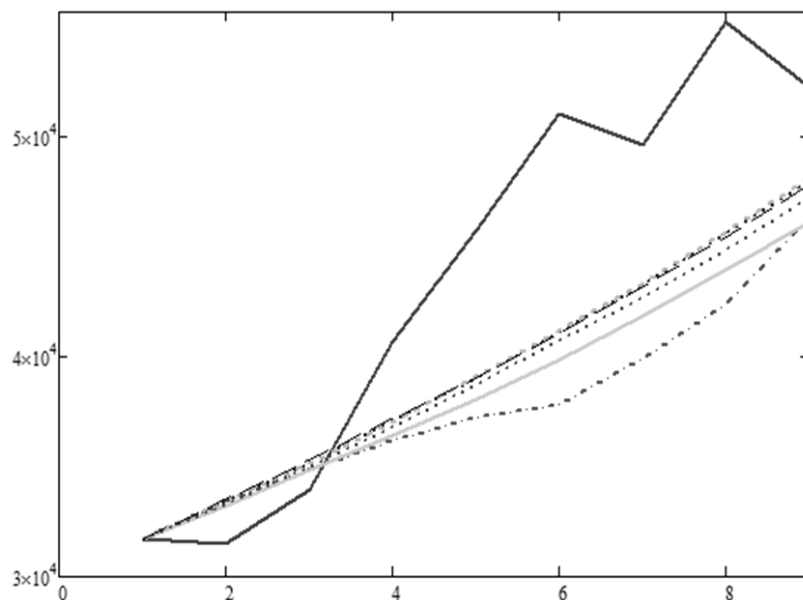
Рисунок 2**График слежения за плановым показателем микропоказателя *Rev* в зависимости от восьми мезофакторов города****Figure 2****A diagram of monitoring of the target *Rev* micro indicator depending on eight mesofactors of the monotown**

Примечание. Пунктиром обозначены желаемые значения показателя *Rev0*, сплошной линией – моделируемое поведение исследуемого показателя *Rev*.

Источник: авторская разработка

Note. The dotted line shows desired values of the *Rev0* indicator, the solid line shows simulated behavior of the investigated index *Rev*.

Source: Authoring

Рисунок 3**График моделирования поведения мезопоказателя *UTII*****Figure 3****A diagram of modeling the behavior of the *UTII* mesofactor**

Примечание. Первый график (сплошная линия) отражает фактическое поведение мезопоказателя города (по легенде). Остальные графики отражают поведение мезофактора для каждого из шести микропоказателей.
Источник: авторская разработка

Note. The first graph (solid line) shows actual behavior of the monotown's mesofactor (according to the legend). Other graphs show mesofactor behavior for each micro indicator.

Source: Authoring

Список литературы

1. Анимица Е.Г., Сбродова Н.В., Ивлева И.В. Исследование эволюции города: от зарождения, процветания к депрессии (на примере монопрофильного города) // Известия Уральского государственного экономического университета. 2011. № 2. С. 41–46.
2. Манаева И.В. Реструктуризация экономики моногорода: зарубежный опыт // Муниципальная экономика. 2011. № 5. С. 36–37.
3. Wigblad R. Community Turnarounds in Declining Company Towns: A Restructuring Model. *The Journal of Socio-Economics*, 1995, vol. 24, iss. 3, pp. 463–475.
 URL: [https://doi.org/10.1016/1053-5357\(95\)90018-7](https://doi.org/10.1016/1053-5357(95)90018-7)
4. Колесник Е.А. Особенности развития моногородов в переходной экономике // Муниципальная экономика. 2004. № 3. С. 2–7.
5. Манаева И.В. Городское экономическое неравенство в РФ: показатели, оценка // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 10. С. 46–57.
 URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/gorodskoe-ekonomicheskoe-neravenstvo-v-rf-pokazateli-otsenka>
6. Манаева И.В. Особенности социально-экономического неравенства в городах России // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. Вып. 5. С. 960–970.
 URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.5.960>

7. *Лыткин А.И.* Направления инновационного развития моногорода // *Статистика и экономика*. 2012. № 1. С. 44–46.
8. *Антонова И.С.* Моделирование инфраструктуры диверсификации экономики моногорода // *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева*. 2016. Т. 17. № 4. С. 1104–1112.
9. *Иванова О.П., Антонов Г.Д.* ТОСЭР в моногородах // *ЭКО*. 2017. № 3. С. 120–133.
10. *Трусова К.Е.* Особенности управления устойчивым развитием моногородов в посткризисный период // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 77(03).
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/osobennosti-upravleniya-ustoychivym-razvitiem-monogorodov-v-postkrizisnyy-period>
11. *Hirschman A.O.* Development Projects Observed. Brookings Institution Press, 2011. 68 p.
12. *Ротенберг Р.Б.* Принципиальная схема стратегического планирования развития экономики моногорода // *Экономика и управление*. 2013. № 11. С. 57–61.
13. *Антонов Г.Д., Иванова О.П., Антонова И.С.* Подход к управлению проектами диверсификации моногорода (на примере Кузбасса) // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2012. № 7. С. 15–22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/podhod-k-upravleniyu-proektami-diversifikatsii-monogoroda-na-primere-kuzbassa>
14. *Трифонов В.А., Валиуллина Г.Н.* Территория опережающего социально-экономического развития как инструмент диверсификации г. Юрги // *Электронный научный журнал*. 2017. № 3-2. С. 233–238. URL: <http://co2b.ru/docs/enj.2017.03.02.pdf>
15. *Манаева И.В., Растворцева С.Н.* Экономико-математическая модель прогнозирования социально-экономического развития моногорода // *Экономический анализ: теория и практика*. 2016. № 10. С. 131–139. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomiko-matematicheskaya-model-prognozirovaniya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-monogoroda>
16. *Манаева И.В., Растворцева С.Н.* Методический инструментарий оценки конкурентоспособности моногорода // *Региональная экономика: теория и практика*. 2016. № 5. С. 23–39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/metodicheskiy-instrumentariy-otsenki-konkurentosposobnosti-monogoroda>
17. *Балаш О.С.* Пространственное моделирование темпов роста численности населения городов России // *Известия Саратовского университета. Сер.: Экономика. Управление. Право*. 2014. Т. 14. Вып. 1. С. 80–86.
18. *Ciccone A., Hall R.* Productivity and the Density of Economic Activity. *The American Economic Review*, 1996, vol. 86, iss. 1, pp. 54–70.
19. *Capello R., Faggian A.* An Economic-Ecological Model of Urban Growth and Urban Externalities: Empirical Evidence from Italy. *Ecological Economics*, 2002, vol. 40, iss. 2, pp. 181–198.
URL: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00252-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00252-X)
20. *Волков А.А., Зайцев А.Г., Токмакова Е.В.* Определение приоритетов развития региона на основе экономико-математического моделирования его экономического потенциала // *Региональная экономика: теория и практика*. 2015. № 37. С. 34–43.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/opredelenie-prioritetov-razvitiya-regiona-na-osnove-ekonomiko-matematicheskogo-modelirovaniya-ego-ekonomicheskogo-potentsiala>

21. Марков В.А. Информационные технологии и пространственные модели в анализе региональной локализации и глобализации безработицы // Информационная безопасность региона. 2015. № 2. С. 21–27.
22. Мицель А.А., Козлов С.В., Корепанов К.В. Информационная система управления выручкой предприятия // Управление экономическими системами. 2016. № 91.
URL: http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=4065

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

**ONE-FACTOR DYNAMIC MODEL TO MANAGE SMALL BUSINESSES
IN A SINGLE-INDUSTRY CITY****Andrei N. VAZHDAEV^{a,*}, Artur A. MITSEL'^b**

^a Yurga Technological Institute (Branch) of National Research Tomsk Polytechnic University,
Yurga, Russian Federation
vazhdaev@tpu.ru
ORCID: not available

^b Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation
maa@asu.tusur.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Received 21 February 2018
Received in revised form
12 March 2018
Accepted 21 March 2018
Available online
29 May 2018

JEL classification: C43, C81,
C82, D90

Keywords: one-factor
dynamic model, small
business, monotown, micro
indicator, mesofactor

Abstract

Subject The article considers the economic and mathematical models to manage small businesses by impacting certain socio-economic indicators of monotowns.

Objectives The aim is to develop a dynamic economic-mathematical model to manage urban socio-economic indicators for the purpose of sustainable development of small businesses.

Methods Applying econometric methods, we identified the most significant micro indicators and mesofactors describing the operations of small businesses and urban settlements, respectively. While solving the problem of optimal control, these indicators were used as parameters of a single-factor dynamic model.

Results The proven existence of significant correlation between individual aggregated micro indicators of a small business and chosen mesofactors of a monotown made it possible to build a dynamic model. The calculations carried out based on the constructed model demonstrated a possibility to control each of the micro indicators of small businesses at the desired rate of change and under given constraints.

Conclusions The said model enables to organize a process of managing small businesses by impacting one of their micro indicators using the monotown's mesofactors. Under this approach, municipalities at any time can choose the most desirable indicator of a small business and, through the impact of socio-economic indices, contribute to the sustainable development of the urban economy.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Vazhdaev A.N., Mitsel' A.A. One-Factor Dynamic Model to Manage Small Businesses in a Single-Industry City. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 5, pp. 950–966.
<https://doi.org/10.24891/ea.17.5.950>

References

1. Animitsa E.G., Sbrodova N.V., Ivleva I.V. [Investigating the city's evolution: From onset, prosperity to depression (the single-industry city case)]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Journal of Ural State University of Economics*, 2011, no. 2, pp. 41–46. (In Russ.)
2. Manaeva I.V. [Restructuring of monotown's economics: international practices]. *Munitsipal'naya ekonomika = Municipal Economy*, 2011, no. 5, pp. 36–37. (In Russ.)
3. Wigblad R. Community Turnarounds in Declining Company Towns: A Restructuring Model. *The Journal of Socio-Economics*, 1995, vol. 24, iss. 3, pp. 463–475.
URL: [https://doi.org/10.1016/1053-5357\(95\)90018-7](https://doi.org/10.1016/1053-5357(95)90018-7)

4. Kolesnik E.A. [Specifics of monotown development in a transition economy]. *Munitsipal'naya ekonomika = Municipal Economy*, 2004, no. 3, pp. 2–7. (In Russ.)
5. Manaeva I.V. [Urban economic inequality in the Russian Federation: Indicators, estimation]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2016, no. 10, pp. 46–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/gorodskoe-ekonomicheskoe-neravenstvo-v-rf-pokazateli-otsenka> (In Russ.)
6. Manaeva I.V. [Specifics of socio-economic inequality in Russian cities]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 5, pp. 960–970. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.5.960> (In Russ.)
7. Lytkin A.I. [Directions of innovative development of a monocity]. *Statistika i ekonomika = Statistics and Economics*, 2012, no. 1, pp. 44–46. (In Russ.)
8. Antonova I.S. [Modeling of infrastructure for company town economy diversification]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva = Vestnik SibSAU*, 2016, vol. 17, no. 4, pp. 1104–1112. (In Russ.)
9. Ivanova O.P., Antonov G.D. [Priority social and economic development areas in factory-based towns]. *EKO = ECO*, 2017, no. 3, pp. 120–133. (In Russ.)
10. Trusova K.E. [Features of sustainable development of company towns in the post crisis period]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 77(03). (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/osobennosti-upravleniya-ustoychivym-razvitiem-monogorodov-v-postkrizisnyy-period>
11. Hirschman A.O. *Development Projects Observed*. Brookings Institution Press, 2011, 68 p.
12. Rotenberg R.B. [The monocity: a potential replacement for the company town in the Russian Federation]. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*, 2013, no. 11, pp. 57–61. (In Russ.)
13. Antonov G.D., Ivanova O.P., Antonova I.S. [An approach to managing the projects for single-industry town diversification (the Kuzbass case)]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2012, no. 7, pp. 15–22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/podhod-k-upravleniyu-proektami-diversifikatsii-monogoroda-na-primere-kuzbassa> (In Russ.)
14. Trifonov V.A., Valiullina G.N. [Priority social and economic development area as an instrument of diversification of Yurga town]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2017, no. 3-2, pp. 233–238. (In Russ.) URL: <http://co2b.ru/docs/enj.2017.03.02.pdf>
15. Manaeva I.V., Rastvortseva S.N. [An economic and mathematical model to forecast socio-economic development of single-industry cities]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2016, no. 10, pp. 131–139. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomiko-matematicheskaya-model-prognozirovaniya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-monogoroda> (In Russ.)
16. Manaeva I.V., Rastvortseva S.N. [Methodological tools for assessing the competitiveness of mono-cities]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2016, no. 5, pp. 23–39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/metodicheskiy-instrumentariy-otsenki-konkurentosposobnosti-monogoroda> (In Russ.)

17. Balash O.S. [Spatial modeling of population growth rate of Russian cities]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Ser.: Ekonomika. Upravlenie. Pravo = Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Economics. Management. Law*, 2014, vol. 14, iss. 1, pp. 80–86. (In Russ.)
18. Ciccone A., Hall R. Productivity and the Density of Economic Activity. *The American Economic Review*, 1996, vol. 86, iss. 1, pp. 54–70.
19. Capello R., Faggian A. An Economic-Ecological Model of Urban Growth and Urban Externalities: Empirical Evidence from Italy. *Ecological Economics*, 2002, vol. 40, iss. 2, pp. 181–198.
URL: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00252-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00252-X)
20. Volkov A.A., Zaitsev A.G., Tokmakova E.V. [Definition of priorities of development of the region on the basis of economic-mathematical modelling of its economic potential]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2015, no. 37, pp. 34–43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/opredelenie-prioritetov-razvitiya-regiona-na-osnove-ekonomiko-matematicheskogo-modelirovaniya-ego-ekonomicheskogo-potentsiala> (In Russ.)
21. Markov V.A. [Information technology and spatial models in the analysis of regional localization and globalization of unemployment]. *Informatsionnaya bezopasnost' regiona = Information Security of the Region*, 2015, no. 2, pp. 21–27. (In Russ.)
22. Mitsel' A.A., Kozlov S.V., Korepanov K.V. [Information management system the profit of the enterprise]. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami*, 2016, no. 91. (In Russ.)
URL: http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=4065

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.