

УДК 519.6:338.27
DOI 10.17513/snt.39788

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Гусарова О.М., Денисов Д.Э., Сулеменков А.В.

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Смоленск,
e-mail: om.gusarova@mail.ru

В период стремительной цифровизации всех сфер технологического производства, государственного управления, экономики при разработке стратегических и тактических планов и исследовании результатов их реализации важная роль принадлежит численным методам оценки, базирующимся на статистических методах и математическом моделировании. Экспертные методы исследования явлений по-прежнему пользуются популярностью, но численные методы дают количественную оценку параметров процессов и позволяют отслеживать их значение на различных этапах реализации. Численные методы в качестве встроенных пакетов в ряде специализированных компьютерных программ дают возможность работать с большими массивами данных и осуществлять математическое моделирование и численную оценку результатов в автоматическом режиме. В научной публикации осуществлены математическое моделирование и численная оценка результатов малого и среднего бизнеса. С использованием численных методов осуществлен корреляционный анализ группы взаимосвязанных показателей, характеризующих сферу малого и среднего бизнеса. Разработана мультифакторная модель регрессии численности занятых в сфере малого и среднего предпринимательства от ряда факторов. Осуществлены численная оценка и анализ параметров построенной математической модели; выполнена оценка качества модели регрессии; дана экономическая интерпретация результатов численных значений результатов регрессионной статистики. С целью более детального исследования в дополнение к мультифакторной модели разработаны математические однофакторные модели, оценивающие парную регрессию признаков из системы выбранных для анализа показателей. Приведены уравнения парных регрессий, дана численная оценка результатов математического моделирования. С использованием разработанных трендовых моделей ряда исследуемых показателей осуществлена разработка прогноза развития малого и среднего бизнеса на перспективные периоды. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при разработке стратегических планов развития малого и среднего бизнеса.

Ключевые слова: математические модели, численные методы оценки, показатели эффективности бизнеса, численность занятых в сфере малого и среднего бизнеса, количество субъектов малого и среднего бизнеса

MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL METHODS FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES

Gusarova O.M., Denisov D.E., Sulemenkov A.V.

Financial University under the Government of the Russian Federation, Smolensk,
e-mail: om.gusarova@mail.ru

In the period when all the spheres of technological manufacturing, state running, economy are being heavily digitalized, numerical methods based on statistic methods and math modelling play an important role in devising strategic and tactic plans as well as in assessing their efficiency. Judgmental methods are still popular but numerical methods provide the numerical estimate of the processes' indicators and allow to track down their values at different implementation stages. Numerical methods being a part of a specialized software make it possible to work with big data and have math modelling and numerical estimate of the results on an automatic basis. The article provides math modelling and numerical estimate of the performance for small and medium businesses. Correlation analysis of the interrelated indicators for small and medium businesses has been performed using numerical methods. A multifactor regression model for the employed in the small and medium enterprises has been created. There has been a numerical estimate provided as well as the analysis of the parameters of the created math model; the quality estimate of the regression model has been performed; the economic interpretation of the numerical values of the results of regression statistics has been given. For more details, besides the multifactor model, there have been math one-factor models created to estimate the dual regression of indicators taken from the system of chosen analyzed indicators. Dual regression equations have been presented as well as numerical estimate of the math modelling results. Using the created trend models of a number of analyzed indicators, the forecast for developing small and medium businesses has been made. Practical implications of the research involve using the results in devising strategic plans of medium-sized businesses developing.

Keywords: mathematical models, business performance indicators, number of employees in the field of small and medium-sized businesses, numerical methods of assessment, number of small and medium-sized businesses

В свете геополитических изменений и введения рядом мировых стран экономических санкций одной из важнейших задач, стоящих перед отечественной экономикой,

является дальнейшее реформирование сектора малого и среднего бизнеса. Ключевыми направлениями являются увеличение количества субъектов малого и среднего пред-

принимательства, наращивание оборотов сферы МСП, расширение сфер их деятельности [1]. В более ранних научных публикациях авторов исследованы мотивационные механизмы и осуществлен анализ отдельных аспектов инновационного развития сфер малого и среднего предпринимательства отечественной экономики [2, 3].

Целями исследования являются разработка мультифакторной модели, характеризующей взаимную регрессию и корреляцию ряда факторов, определяющих развитие предпринимательского сектора экономики, и численная оценка результатов математического моделирования.

Материалы и методы исследования

При осуществлении исследования для разработки математических моделей и численной оценки прогнозируемых показателей использовались официальные статистические данные о результатах малого и среднего бизнеса в динамике за 2005–2022 годы. Для исследования тенденций экономического развития сектора малого и среднего бизнеса применялись научные методы комплексного системного анализа, методы обобщения и группировки статистических данных; для разработки прогнозов – численные методы оценки результатов исследования, специальные методы математического моделирования с использованием аппарата корреляционно-регрессионного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с национальным проектом РФ «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы» одним из ключевых показателей, характеризующим эффективность развития предпринимательского сектора МСП, является численность населения, занятого в данной сфере [4].

При построении мультифакторной модели оценки эффективности деятельности сферы МСП в качестве результативного и факторных признаков по усмотрению исследователей могут быть приняты различные показатели: численность занятых в сфере МСП; количество субъектов МСП; оборот сферы малого и среднего предпринимательства; инвестиции в основной капитал; объем государственной поддержки сферы МСП.

В данном исследовании осуществлено построение регрессионной модели, в которой в качестве результативного признака принята численность населения, занятого в сфере МСП. В качестве факторов-регрессоров, оказывающих влияние на результативный признак, приняты остальные показатели, обозначенные выше. Необходимо отметить, что по усмотрению исследователей в качестве результативного и факторных признаков могут быть использованы различные другие показатели, не обозначенные в данном исследовании. Для построения системы показателей, участвующих в реализации мультифакторной модели, введем следующие обозначения (табл. 1).

С целью выявления корреляционной зависимости между показателями, выбранными для построения мультифакторной модели оценки эффективности малого и среднего бизнеса, выполнено построение матрицы парных корреляций (табл. 2).

Осуществляя численный анализ результатов корреляционного анализа, можно сделать вывод, что между исследуемыми показателями имеет место тесная корреляционная зависимость, о чем свидетельствуют коэффициенты парных корреляций факторных признаков с результативным признаком, значения которых варьируют в пределах от 0,6795 до 0,9124. Значения полученных коэффициентов корреляции положительны, поэтому можно утверждать, что между исследуемыми показателями имеет место тесная положительная корреляционная связь.

Таблица 1

Система показателей мультифакторной регрессионной модели

	Обозначение		Наименование показателя
	Y	ANE	
Результативный признак	Y	ANE	Численность занятого населения в сфере МСП, млн человек
Факторные признаки	X1	KNB	Количество субъектов МСП, тыс.
	X2	VOB	Оборот МСП, млрд руб.
	X3	VGP	Объем государственной поддержки сферы МСП, млрд руб.
	X4	VI	Объем инвестиций в основной капитал, млрд руб.

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа системы показателей

	Y, ANE	X1, KNB	X2, VOB	X3, VGP	X4, VI
Y, ANE	1				
X1, KNB	0,6795	1			
X2, VOB	0,8347	0,8809	1		
X3, VGP	0,6845	0,6934	0,6807	1	
X4, VI	0,9124	0,8701	0,9323	0,7940	1

Источник: получено авторами.

Осуществляя дальнейший анализ матрицы парных корреляций, следует отметить, что имеет место явление мультиколлинеарности, заключающееся в высокой корреляционной взаимосвязи ряда исследуемых факторных признаков и находящее отражение в численных значениях коэффициентов парных корреляции, превышающих величину 0,8. Для устранения явления мультиколлинеарности исследователями было принято решение исключить из рассмотрения показатель, характеризующий объем инвестиций в основной капитал, так как данный показатель отражает величину инвестиций в различные сферы и направления деятельности субъектов российской экономики, а не только в сектор МСП.

С точки зрения оценки степени влияния факторных признаков на результативный признак, по результатам расчетов в качестве ведущего факторного признака, оказывающего наибольшее влияние на численность населения, занятого в секторе МСП, следует отметить оборот МСП (фактор X2), имеющий наибольшее по сравнению с другими факторами значение коэффициента парной корреляции с результативным признаком Y

(численность населения, занятого в секторе МСП), равное 0,8347. Также можно отметить, что между факторами X1 (количество субъектов МСП) и X2 (оборот МСП) имеет место высокая корреляционная зависимость, характеризующаяся коэффициентом корреляции 0,8809, что является свидетельством мультиколлинеарности. Для исключения данного явления рекомендуется исключить из рассмотрения либо фактор X1, либо фактор X2. Фактор X2 (оборот МСП) с точки зрения корреляционного анализа оказывает большее влияние на результативный признак Y (численность населения, занятого в секторе МСП) по сравнению с фактором X1 (количество субъектов МСП), но с экономической точки зрения именно количество субъектов МСП определяет численность населения, занятого в данном секторе. Поэтому по усмотрению исследователей принято допущение об оставлении в рассмотрении факторов X1 и X2.

Результаты регрессионного анализа исследуемой системы признаков при построении мультифакторной модели оценки эффективности функционирования сектора МСП представлены в таблице 3.

Таблица 3

Численная оценка результатов регрессионной статистики

Показатель	Значение	Интерпретация показателя
Множественный коэффициент корреляции R	0,8659	Высокая коррелированная взаимосвязь результативного и факторных признаков модели регрессии
Коэффициент детерминации R ²	0,7499	Около 74,99% вариации результативного признака обусловлено вариацией факторных признаков, включенных в модель регрессии
Критерий Фишера F	11,9915	Статистическая значимость разработанного уравнения многофакторной регрессии
Критерий Стьюдента	-1,1572	Статистическая незначимость факторного признака KNB (количество субъектов МСП)
t _{KNB}	3,1016	Статистическая значимость факторного признака VOB (объем оборота МСП)
t _{VOB} t _{VGP}	1,3715	Статистическая незначимость факторного признака VGP (объем государственной поддержки)

Источник: получено авторами.

Таблица 4

Численная оценка результатов однофакторного регрессионного анализа

Показатель	Значение	Содержание показателя
Однофакторная модель регрессии численности населения, занятого в сфере МСП, от количества субъектов МСП		
Коэффициент детерминации R ²	0,49040	Около 49,04% вариации ANE обусловлено вариацией KNB
Критерий Фишера F	14,4352	Статистическая значимость построенного уравнения однофакторной регрессии
Критерий Стьюдента t	3,7993	Статистическая значимость факторного признака KNB
Однофакторная модель регрессии численности населения, занятого в сфере МСП, от оборотов МСП		
Коэффициент детерминации R ²	0,5112	Около 51,12% вариации ANE обусловлено вариацией VOB
Критерий Фишера F	10,47126	Статистическая значимость построенного уравнения однофакторной регрессии
Критерий Стьюдента t	3,23593	Статистическая значимость факторного признака VOB
Однофакторная модель регрессии численности населения, занятого в сфере МСП, от объема государственной поддержки		
Коэффициент детерминации R ²	0,46850	Около 46,85% вариации ANE обусловлено вариацией VGP
Критерий Фишера F	12,34066	Статистическая значимость построенного уравнения однофакторной регрессии
Критерий Стьюдента t	3,51293	Статистическая значимость факторного признака VGP

Источник: получено авторами.

Высокие значения коэффициента множественной корреляции R, равного 0,8659, и коэффициента детерминации R-квадрат, равного 0,7499, свидетельствуют о высоком качестве построенного уравнения регрессии и высокой достоверности полученных результатов. Результаты исследования свидетельствуют о том, что включенные в рассмотрение обозначенные факторные признаки на 74,99% определяют вариацию результативного признака (численности населения, занятого в секторе МСП).

С учетом результатов исследования уравнение мультифакторной модели оценки эффективности деятельности сектора МСП может быть записано в виде:

$$ANE(t) = 9,2445 - 7,0188E-03 KNB(t) + 2,0089E-03 VOB(t) + 0,0803 VGP(t) \quad (1)$$

Полученные результаты показали, что в построенной мультифакторной модели факторы X1 (количество субъектов МСП) и X3 (объем государственной поддержки) не являются статистически значимыми. Поэтому в дополнение к построенной мультифакторной модели осуществим построение однофакторных регрессионных моделей результативного признака от каждого факторного признака в отдельности. Численная оценка и анализ одно-

факторных регрессионных моделей представлены в таблице 4.

По результатам исследования получены следующие уравнения регрессии:

$$ANE(t) = 11,99053 + 0,00129 KNB(t) \quad (2)$$

Коэффициент регрессии, равный 0,00129, означает, что при увеличении на 1 тысячу количества субъектов МСП численность населения, занятого в сфере МСП, в среднем увеличится на 0,00129 млн, или 1,29 тыс. человек.

$$ANE(t) = 13,91567 + 9,07809E-05 VOB(t) \quad (3)$$

Значение коэффициента регрессии, равного 9,07809E-05, свидетельствует о том, что при увеличении в среднем оборота МСП на 1 млрд руб. численность занятых в сфере МСП увеличится на 0,0000978 млн, или 0,0978 тыс. человек.

$$ANE(t) = 12,08134 + 0,19569 VGP(t) \quad (4)$$

Коэффициент регрессии, равный 0,19569, означает, что при увеличении на 1 млрд руб. объема государственной поддержки МСП численность населения, занятого в сфере МСП, в среднем увеличится на 0,19569 млн, или 195,69 тыс. человек.

Для оценки эффективности деятельности сектора МСП могут быть использованы наряду с показателем численности занятых

в сфере МСП показатели производимого валового внутреннего продукта, количества субъектов МСП, объема оборота сектора малого и среднего бизнеса и др.

По официальным статистическим данным, в 2022 году наблюдается значительное оживление сектора малого и среднего бизнеса. Так, численность занятых в сфере МСП увеличилась почти до 22 млн человек, количество субъектов малого и среднего бизнеса за последние 3 года выросло на 4,5% и достигло 6,3 млн, оборот данного сектора, по оценкам, достиг 71–75 трлн руб. [5, 6]. Трендовые модели ряда показателей представлены на рисунках 1–3.

По результатам построения трендовых моделей показателя «численность занятых в сфере МСП» лучшей по качеству признается полиномиальная модель 5-го порядка,

имеющая наибольшее значение коэффициента детерминации, равное 0,8321.

Численная оценка результатов трендового анализа динамики количества субъектов МСП позволяет сделать вывод, что линейная и полиномиальные модели 2-го и 5-го порядков имеют коэффициенты детерминации 0,8347, 0,8683 и 0,9266 соответственно. Так как целью трендового анализа является выбор лучшей модели для дальнейшего прогнозирования величины данного показателя, то можно принять допущение, что все данные модели имеют примерно одинаковый уровень качества и достоверности. Поэтому для целей прогнозирования можно использовать любую из данных моделей, но, с точки зрения простоты расчета прогнозных значений, целесообразно использовать линейную модель [7].

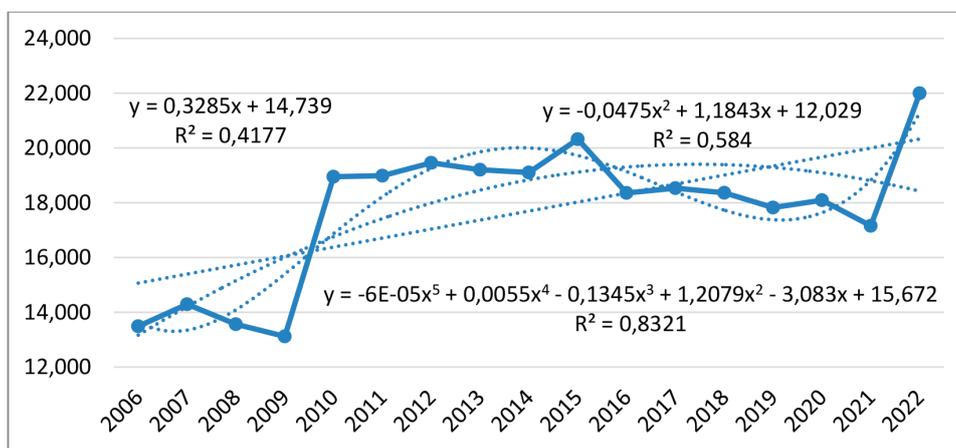


Рис. 1. Трендовые модели динамики численности занятых в сфере МСП, млн человек
Источник: получено авторами

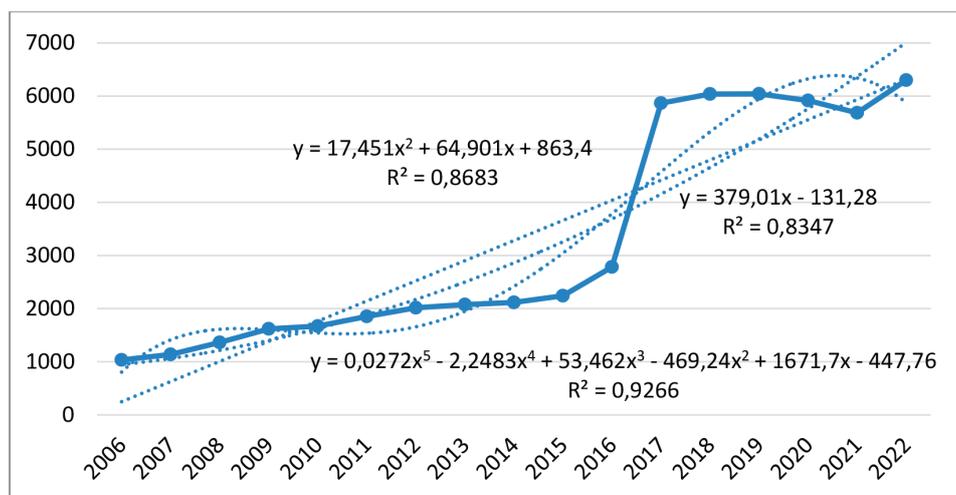


Рис. 2. Трендовые модели количества субъектов МСП, тыс.
Источник: получено авторами

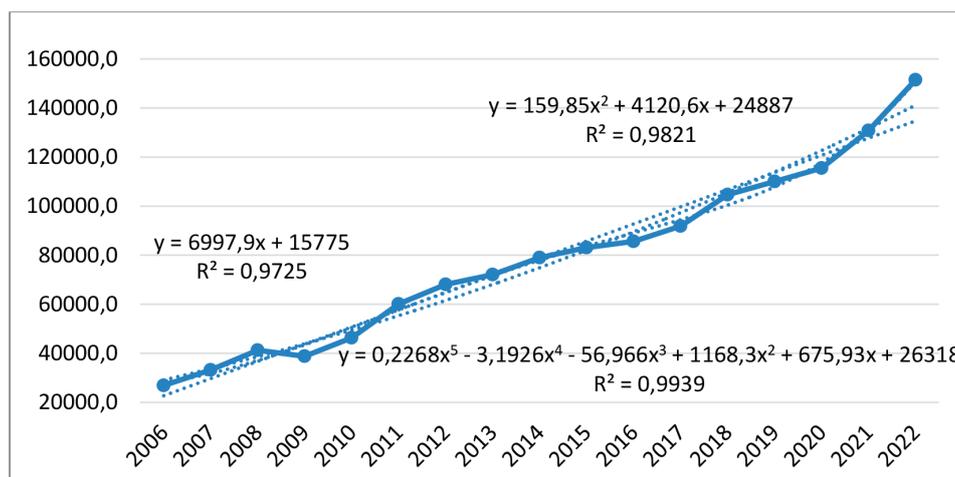


Рис. 3. Трендовые модели динамики ВВП, млрд руб.
Источник: получено авторами

Таблица 5

Сводные результаты трендового анализа показателей

№	Название показателя	Уравнение тренда	Прогнозные значения	
			1-й период	2-й период
1.	Численность занятых в сфере МСП, млн человек	$y = -6E-05 t^5 + 0,0055 t^4 - 0,1345 t^3 + 1,2079 t^2 - 3,083 t + 15,672$	31,1	35,8
2.	Количество субъектов МСП, тыс.	$y = 379,01t - 131,28$	6690,9	7069,9
3.	Валовой внутренний продукт, млрд руб.	$y = 6997,9t + 15775$	141737,2	148735,1

Источник: получено авторами.

Численная оценка результатов построения трендовых моделей объема ВВП позволяет сделать вывод, что линейная и полиномиальные модели 2-го и 5-го порядков, имеющие коэффициенты детерминации, равные 0,9725, 0,9821 и 0,9939 соответственно, имеют достаточно близкие показатели качества, и для целей прогнозирования целесообразно принять более простую для расчетов линейную модель.

В таблице 5 приведены сводные результаты трендового анализа ряда показателей, используемых для разработки прогнозов.

По прогнозным оценкам, численность занятых в сфере МСП в перспективном периоде будет колебаться в интервале 31,1–35,8 млн человек, количество субъектов малого и среднего бизнеса возрастет до 6,6–7,0 млн, валовой внутренний продукт прогнозируется в объеме 142–148 трлн руб. Необходимо отметить, что определение прогнозных значений показателей осуществлялось с использованием методов стохастического моделирования, имеющих вероятностный характер, в значительной степени

зависящий от возможного воздействия большого количества внешних факторов, часть из которых может проявляться периодически или носить случайный характер; другая часть факторов может иметь административно-целевой характер; третья часть факторов носит объективный характер, отражающий в целом динамику развития показателей. Поэтому прогнозы в большинстве случаев определяют не истинно достоверное перспективное значение показателей, а их наиболее вероятностную оценку.

Заключение

По результатам исследования можно отметить в целом поступательное развитие отечественной экономики, в том числе сферы малого и среднего бизнеса, которые подверглись значительным потрясениям в период пандемии. Сектор МСП восстанавливается и по итогам 2022 года показал положительную динамику по ряду показателей. Правительство России должно продолжить систематическую поддержку малого и среднего бизнеса по различным направлениям: со-

вершенствование нормативно-законодательной базы, регламентирующей деятельность малого и среднего бизнеса, отсутствие плановых налоговых проверок в определенном периоде или предоставление налоговых каникул, льготное кредитование или предоставление срочных беспроцентных кредитов и ряда прочих мероприятий.

Список литературы

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года (указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 10.09.2023).
2. Земляк С.В., Гусарова О.М., Регер Т.В. Модели активности предпринимательского сектора регионального субъекта // *Фундаментальные исследования*. 2022. № 8. С. 41-46. DOI: 10.17513/fr.43301.
3. Zemlyak S., Gusarova O., Khromenkova G. Entrepreneurial initiatives, education and culture: hubs for enterprise innovations and economic development // *Sustainability*. 2023. T. 15, № 5. С. 4016.
4. Национальный проект «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы». [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/nacionalnyy_proekt_maloe_i_srednee_predprinimatelstvo_i_podderzhka_individualnoy_predprinimatelskoy_iniciativy/ (дата обращения: 1.09.2023).
5. Росстат. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.09.2023).
6. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства. [Электронный ресурс]. URL: <https://tmnp.nalog.ru/> (дата обращения: 20.09.2023).
7. Зададаев С.А., Орлова И.В. Опыт применения эконометрического инструментария для прогнозирования показателей национальных целей развития РФ // *Фундаментальные исследования*. 2022. № 10-1. С. 54-59. DOI: 10.17513/fr.43343.