

УДК: 004.942

DOI: 10.12737/article\_5a02fa09138657.85054131

А.В. Аверченков, Е.Э. Аверченкова, Д.И. Гончаров

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СОВЕТУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Предложен алгоритм для построения математических зависимостей, позволяющих прогнозировать социально-экономическое развитие региона РФ в разрабатываемой информационной советующей системе. На его основе в программном модуле Statistica сформированы уравнения регрессии, описывающие наиболее значимые тренды в социально-экономическом развитии

Брянской области. Для полученных функций определена степень соответствия трендовой модели исходным данным.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, социально-экономическое развитие, регрессионный анализ, информационная советующая система, управленческие решения.

A.V. Averchnkov, E.E. Averchenkova, D.I. Goncharov

## SIMULATION OF BRYANSK REGION SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT FOR INFORMATION ADVISING SYSTEM

By today the problem of the region economic development simulation for informed management decision makings had gained a high relevance. The authors offer an algorithm for the formation of mathematical dependences allowing the prediction of the socio-economic development of the Russian Federation in the information advising system under development. On its basis in the program module Statistica there were formed regression equations describing the most significant trends in the socio-economic development of the Bryansk region. For the functions obtained there was defined a correspondence degree of the trend model to initial data. The models

formed take into account actual data on region socio-economic development indices of 2012-2017 and their predicted values for 2018-2019 taken from scenario conditions of the Bryansk region economy development. The data obtained may be used by a regional government at the formation of management decisions in the information advising system under development.

**Key words:** mathematical modeling, socio-economic development, Bryansk region, regression analysis, information advising system, management decision.

### Введение

Научное прогнозирование как основа планирования социально-экономического развития регионов активно развивается со второй половины 20 века. Базовые теоретические положения изложены в трудах И.В. Бестужева-Лады, Н.Д. Кондратьева, А. Бернштейна, Э.В. Минько. Особенности организации процесса прогнозирования рассмотрены в работах таких отечественных и зарубежных авторов, как Н.Т. Агафонова, Н.А. Аитова, Б.И. Бурса, М.М. Бутакова, Ю.Н. Гладкий, А.Г. Гранберг, М.С. Гусева, Д. Джонс, Я. Дитрих, Т.А. Дуброва, Р.П. Истомина, А.М. Ковалевский, Ю.А. Крючкова, О.С. Сухарев, В.Н. Цыгичко, Г.Е. Шепитько, А.А. Широков, Б.М. Штульберг и т.д. [5;6;7].

Отметим, что социально-

экономическое прогнозирование в регионах РФ имеет четкую законодательную основу: № 172-ФЗ от 28.06.2014, Указ Президента РФ №13 от 16.01.2017, постановление Правительства РФ № 1218 от 11.11.2015, приказ Министерства экономического развития РФ № 132 от 23.03.2017, прогнозы Министерства экономического развития РФ, распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2014 г. № 2769-р. Однако на сегодняшний день прогнозирование социально-экономического развития отдельных регионов еще нельзя определить как эффективный инструмент выработки региональной политики. Таким образом, несмотря на значительный объем исследований в области прогнозирования

регионального социально-экономического развития, остаются актуальными исследования, направленные на формирование комплексных методик, в том числе основанных на современных

математических методах. Кроме того, результаты прогнозирования необходимо адекватно использовать при принятии управленческих решений на региональном уровне.

### Формирование функций показателей прогноза социально-экономического развития Брянской области в информационной советующей системе

Моделирование социально-экономического развития региона характеризуется прежде всего сложностью учета влияющих факторов [1]. Следовательно, формирование реалистичной математической модели, описывающей процессы в региональной социально-экономической системе, позволит менеджерам регионального правительства принимать обоснованные

управленческие решения. Для унификации подхода к построению математических зависимостей, позволяющих прогнозировать значения показателей социально-экономического развития любого региона РФ в ИСС, ниже предлагается соответствующий алгоритм (рис. 1).

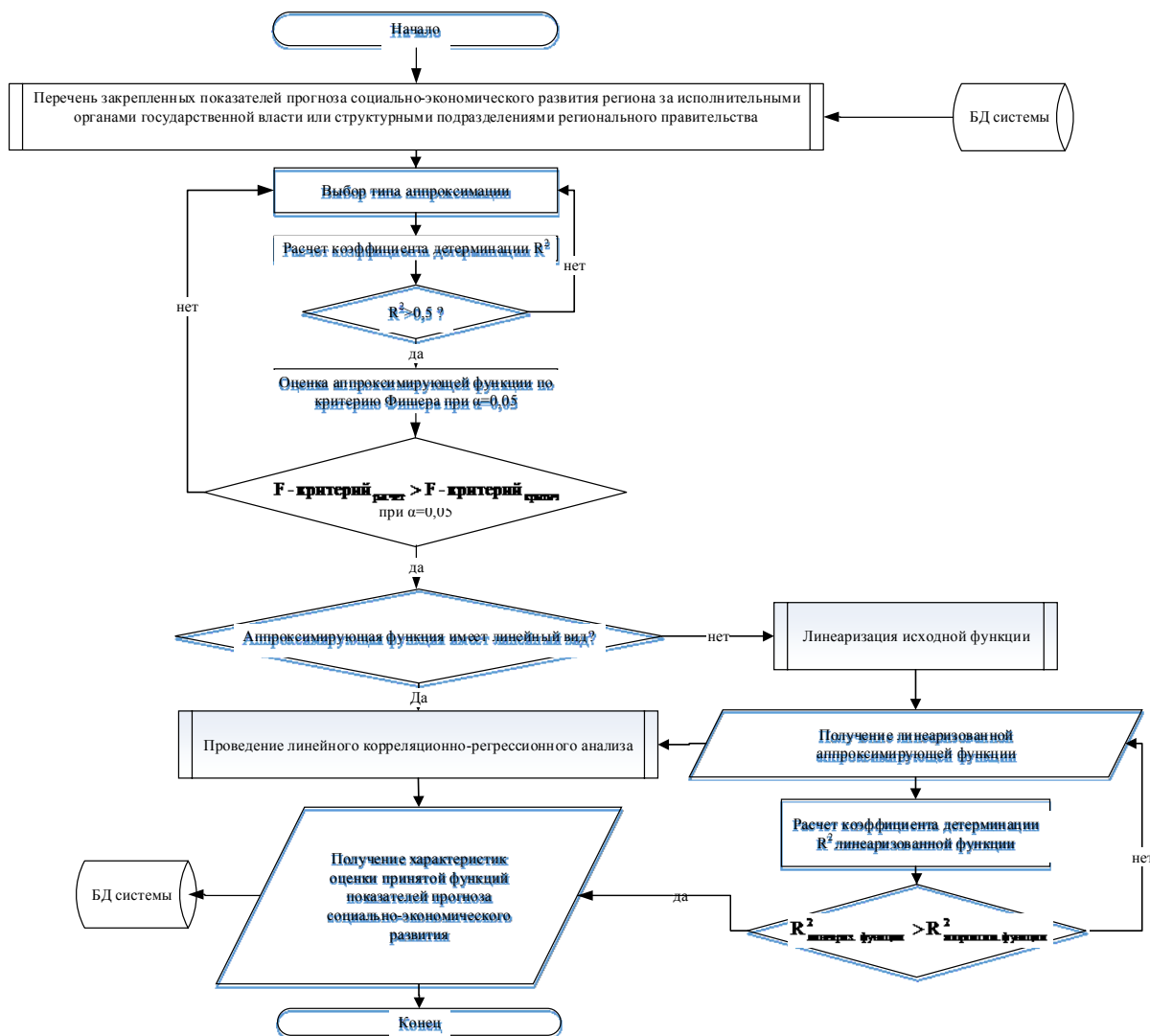


Рис. 1. Алгоритм формирования функций показателей прогноза социально-экономического развития региона в ИСС

Алгоритм обосновывает целесообразность применения конкретной математической функции для описания трендов развития показателей прогноза социально-экономического развития региона РФ в разрабатываемой ИСС. Так, пользователь ИСС может выбрать конкретные показатели, закрепленные за исполнительными органами государственной власти или структурными подразделениями регионального правительства, которые будут моделироваться средствами ИСС. Для них производится выбор типа аппроксимирующей функции по методу наименьших отклонений от фактических точечных данных. Оценка практической пригодности построенной математической модели осуществляется путем расчета коэффициента детерминации  $R^2$ : если  $R^2 > 0,5$ , то предлагаемая математическая модель пригодна для практического применения в ИСС, в противном случае программой осуществляется выбор другого типа аппроксимации.

Оценка полученных аппроксимирующих функций производится по критерию Фишера, расчетные значения которого сравниваются с табличным согласно принятому уровню значимости  $\alpha = 0,05$ . Если расчетное значение  $F$ -критерия больше критического, то построенную математическую модель считают адекватной (рабочей) с вероятностью  $1 - \alpha$ , в противном случае модель считается нерабочей при заданном уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и выполняется выбор другого вида функции.

ИСС определяет, требуется ли для аппроксимирующей функции линеаризация. Если да, то для новой линеаризованной функции рассчитывается коэффициент детерминации  $R^2$ . Если он больше соответствующего показателя для исходной аппроксимирующей функции, то происходит переход к завершению алгоритма и осуществляется расчет соответствующих характеристик принятой функции показателей прогноза социально-экономического развития региона.

Параметры полученных функций характеризуются по  $t$ -критерию, рассчитываются средние квадратические отклонения факторного и результативного признаков от своих усредненных значений, рассчитывается коэффициент эластичности и определяются факторы, оказывающие наиболее ощутимое влияние на результативный признак, определяется коэффициент корреляции и его значимость по  $t$ -критерию.

Таким образом, для каждого показателя, закрепленного за исполнительными органами государственной власти или структурными подразделениями регионального правительства, в ИСС проводится выравнивание данных с помощью аппроксимирующих функций. ИСС оценивает значения показателей на ближайшую перспективу и, с учетом принципа сущности, изложенного ниже, формирует рекомендации о необходимости управленческого воздействия на показатели [2].

### **Опыт формирования математических зависимостей, описывающих наиболее значимые тренды в социально-экономическом развитии Брянской области**

Для апробации алгоритма, представленного на рис. 1, авторами был выбран Департамент экономического развития Брянской области в качестве базового структурного подразделения регионального правительства [3]. Показатели, закрепленные за ним, характеризуют следующие направления социально-экономической сферы: население, производство товаров и услуг, торговля и услуги населению, внешнеэкономическая деятельность региона, малое и среднее

предпринимательство, инвестиции региона, труд и занятость, развитие социальной сферы, окружающая среда, туризм.

Такой выбор объясняется тем, что Департамент экономического развития Брянской области реализует задачи по социально-экономическому развитию региона, осуществляет стратегическое планирование, способствует развитию инновационной активности в регионе, осуществляет контроль выполнения государственных и региональных

программ на территории Брянской области и т.д. [1]. Следовательно, показатели, определяемые этим департаментом, имеют ключевое место в социально-экономическом развитии региона.

В работе предлагается сформировать прогноз развития региона по 12 направлениям, общее количество конкретных показателей к расчету составляет 44. При формировании математических функций были использованы статистические данные за 2011-2016 гг. и прогнозируемые данные Брянского региона до 2019 г., взятые из официальной документации правительства Брянской области для разработки прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2019 года (для субъектов Российской Федерации).

При моделировании показателей был использован такой влияющий фактор, как финансирование соответствующих направлений социально-экономического развития региона. Для этого применялась ведомственная структура расходов Департамента экономического развития Брянской области за 2011-2019 гг. Ранее в статьях авторов были рассмотрены особенности формирования и расходования бюджета Брянской области на 2016-2019 гг. [3;4]. Было показано, что ведомственная структура расходов бюджета как распределение бюджетных ассигнований, предусмотренных законом Брянской области о бюджете, определяет объем и направление финансирования приоритетных для региона направлений его социально-экономического развития. Прогнозирование собственных доходов областного бюджета осуществлялось в соответствии с нормами, установленными статьей 174.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации. Кроме того, при расчетах учитывались положения нормативных правовых актов Российской Федерации и Брянской области, предусматривающие изменения в законодательстве о налогах и сборах, бюджетном законодательстве, вступившие в действие с 1 января 2017 года.

В таблице в качестве примера приводятся аппроксимирующие функции по основным группам показателей развития региональной социально-экономической системы и их характеристики.

Итак, при формировании модели показателей социально-экономического развития Брянской области были получены аппроксимирующие функции, ограниченные диапазоном заданных значений ведомственных расходов бюджета Брянской области за 2012-2019 гг. и выступающие в качестве интерполирующей зависимости.

Сложность, взаимное влияние процессов, протекающих в социально-экономической системе региона, определили выбор типа аппроксимации с помощью полинома 4-й степени. Формирование функций производилось с помощью ресурсов *MS Excel*. Так как аппроксимирующие функции являются нелинейными, то была проведена их линеаризация путем замены переменной. Также были рассчитаны некоторые показатели, характеризующие полученные математические модели. Для оценки средней вариации факторных и результирующего признаков были рассчитаны соответствующие среднеквадратические отклонения. Значимость параметров  $a$  и  $b$  уравнения регрессии была оценена с помощью коэффициентов Стьюдента:  $t_a$  и  $t_b$ . Проведено их сравнение их с табличными значениями. Аналогично (по критерию Стьюдента) была проанализирована значимость рассчитанного коэффициента корреляции.

Расчет достоверности аппроксимации  $R^2$  для полученных математических функций показал тесноту связи между рассматриваемыми признаками и оценил надежность вида предлагаемого уравнения регрессии. Для всех функций, представленных в таблице, показатель  $R^2$  имеет величину, превосходящую значение 0,5. Так как применяемый тип аппроксимации является полиномиальным, то возникла необходимость оценить, насколько лучше

предложенный вид выравнивания, чем обычный линейный. Для этого был использован коэффициент детерминации  $D^2$ . Анализ значений  $D^2$  показал, что полученные полиномиальные уравнения регрессии являются более надёжными, чем линейная регрессионная модель.

Использование критерия Фишера для проверки значимости построенной регрессионной модели оценивалось с

надёжностью 95 %. Все расчетные значения  $F$ -критерия были больше табличного критического значения ( $F_{\text{критич}}=5,99$ ). Расчетные значения  $F_{\text{расч}}$  для всех функций совпадали, так как количество наблюдений ( $n=8$  лет) и число объясняющих переменных ( $k=1$ ) во всех случаях были одинаковыми. Очевидно, что предложенные модели с вероятностью 95% являются адекватными.

Таблица

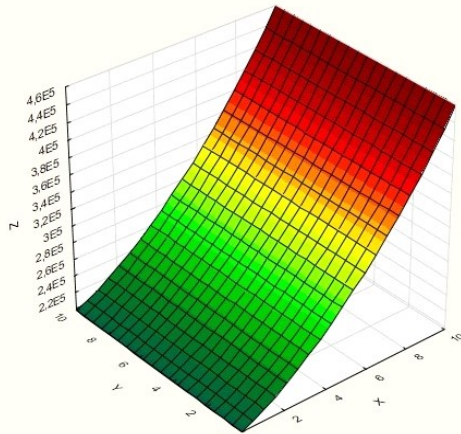
Основные характеристики функций показателей прогноза социально-экономического развития Брянской области

Характеристика	Валовой региональный продукт, $y = 5,3938x^4 - 97,948x^3 + 1952,4x^2 + 11176x + 197178$	Индекс потребительских цен, $y = 0,0811x^4 - 1,2929x^3 + 6,0538x^2 - 7,5484x + 107,64$	Индекс промышленного производства, $y = 0,2975x^4 - 5,686x^3 + 36,884x^2 - 91,942x + 175,52$	Инвестиции в основной капитал, $y = -170,57x^4 + 3407,3x^3 - 23172x^2 + 64250x + 1868,7$
Показатель достоверности аппроксимации $R^2$	0,999	0,728	0,830	0,988
Критерий Фишера ( $F$ -критерий)	8565,43	16,05	29,38	506,82
Коэффициент эластичности $\varepsilon$	-3,26	-2,88	-5,94	-3,48
$\sigma_x$	57080,69	3,81	5,83	9250,48
Фактическое значение $t$ -критерия параметра $a$ , $t_a$	12,31	11,21	20,05	12,95
Фактическое значение $t$ -критерия параметра $b$ , $t_b$	1,87	0,29	0,93	1,43
Парный коэффициент корреляции $r$	-0,76	-0,12	-0,38	-0,58
Коэффициент детерминации $D$ , %	58,44	1,45	14,48	34,11
Фактическое значение $t$ -критерия коэффициента $r$ , $t_{кр}$	2,90	0,30	1,01	1,76

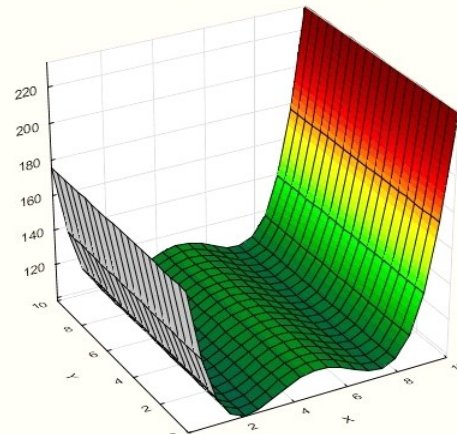
Ниже представлено визуальное представление некоторых полученных зависимостей, описывающих наиболее

значимые тренды в социально-экономическом развитии Брянской области (рис. 2).

$$\text{Function} = 5,3938 \cdot x^4 - 97,948 \cdot x^3 + 1952,4 \cdot x^2 + 11176 \cdot x + 197178 \quad \text{Function} = 0,2975 \cdot x^4 - 5,686 \cdot x^3 + 36,884 \cdot x^2 - 91,942 \cdot x + 175,52$$

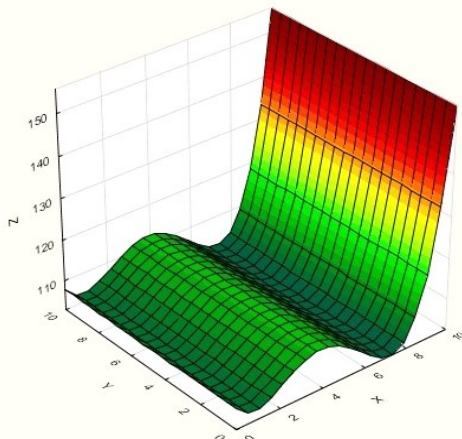


а. Валовой региональный продукт, млн. руб.

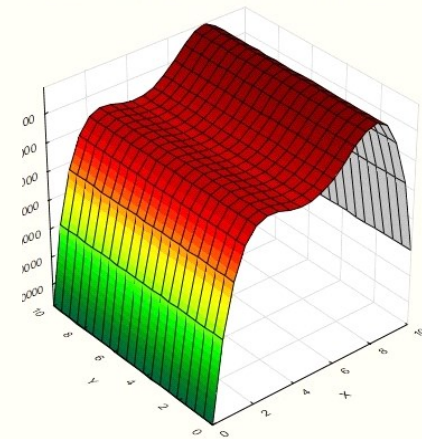


б. Индекс промышленного производства, в % к предыдущему году в сопоставимых ценах.

$$\text{Function} = 0,0811 \cdot x^4 - 1,2929 \cdot x^3 + 6,0538 \cdot x^2 - 7,5484 \cdot x + 107,64 \quad \text{Function} = -170,57 \cdot x^4 + 3407,3 \cdot x^3 - 23172 \cdot x^2 + 64250 \cdot x + 1868,7$$



с. Индекс потребительских цен за период с начала года, в % к предыдущему году



д. Инвестиции в основной капитал, в ценах соответствующих лет, млн. руб.

Рис. 2. Пример полученных зависимостей, описывающих наиболее значимые тренды в социально-экономическом развитии Брянской области

### Заключение

Предложенный авторами алгоритм позволяет сформировать математические функции для прогнозирования социально-экономического развития региона РФ. С учетом получаемых результатов разрабатываемая ИСС формирует управленческие мероприятия, которые

назначаются в соответствии с системой производственных правил [1]. Таким образом, это позволит учитывать разные комбинации трендов показателей прогноза социально-экономического развития региона РФ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверченкова, Е.Э. Информационный мониторинг региональных социально-экономических систем / Е.Э. Аверченкова, А.В. Аверченков. – Брянск: БГТУ, 2016. – 177с.
2. Аверченкова, Е.Э. Концептуальная модель оценки влияния внешней среды на региональную социально-экономическую систему / Е.Э. Аверченкова, А.В. Аверченков. –

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.-2016.-№ 9.- С. 148-153.

3. Аверченкова, Е.Э. Особенности формирования и распределения бюджета Брянской области в 2016 г. / Е.Э. Аверченкова, К.Ю. Помогаева. – Проблемы сохранения культурного наследия: материалы VI междунар. семинара (2 дек. 2016 г.) / филиал ОАНО ВО «МПСУ» в г. Брянске.- Брянск: Новый проект, 2017.- С.165-171.

4. Аверченкова, Е.Э. Обзор основных направлений формирования бюджета Брянской области на 2017-2019 гг. / Е.Э. Аверченкова, Д.И. Гончаров. – Проблемы сохранения культурного наследия: материалы VI междунар. семинара (2 дек. 2016 г.) / филиал ОАНО ВО «МПСУ» в г. Брянске.- Брянск: Новый проект, 2017.- С.162-165.
5. Сухарев, О.С. Региональная экономическая политика: структурный подход и инструменты

(теоретическая постановка). /О.С. Сухарев. - Экономика региона. - 2015. - № 2.

6. Сухарев, О.С. Отдельные современные проблемы регионального развития / О.С. Сухарев // Современные тенденции регионального развития: Материалы III междунар. науч.-практ. конф. - 2017. - С. 32-51.
7. Сухарев, О.С. Экономическая стратегия и тактика в России / О.С. Сухарев // Управление стратегическим развитием территорий: сб. науч. тр. / отв. ред. О.Н. Фомин. - 2016. - С. 13-16.

1. Averchenkova, E.E. *Information Monitoring of Regional Socio-Economic Systems* / E.E. Averchenkova, A.V. Averchenkov. – Bryansk: BSTU, 2016. – pp. 177.
2. Averchenkova, E.E. Conceptual model for assessment of environment impact upon regional socio-economic system / E.E. Averchenkova, A.V. Averchenkov // *Bulletin of Shukhov State Technical University of Bryansk*. – 2016. – No.9. – pp. 148-153.
3. Averchenkova, E.E. Peculiarities in formation and distribution of the Bryansk region budget in 2016 / E.E. Averchenkova, R.Yu. Pomogayeva // *Problems of Cultural Heritage Conservation: Proceedings of the VI-th Inter. Seminar (December 2, 2016)* / Branch OANO HE “MPSU” in Bryansk. – Bryansk: New Project, 2017. – pp. 165-171.
4. Averchenkova, E.E. Review of basic directions in budget formation of the Bryansk region for 2017-

2019 / E.E. Averchenkova, D.I. Goncharov // *Problems of Cultural Heritage Conservation: Proceedings of the VI-th Inter. Seminar (December 2, 2016)* / Branch OANO HE “MPSU” in Bryansk. – Bryansk: New Project, 2017. – pp. 162-165.

5. Sukharev, O.S. Regional economic policy: structural approach and tools (theoretical setting) / O.S. Sukharev // *Region Economy*. – 2015. – No. 2.
6. Sukharev, O.S. Separate current problems in regional development / O.S. Sukharev // *Current Trends in Regional Development: Proceedings of the III-d Inter. Scientific-Pract. Conf.* – 2017. – pp. 32-51.
7. Sukharev, O.S. Economic strategy and tactics in Russia / O.S. Sukharev // *Management of Territory Strategic Development: Proceedings*: O.N. Fomin, executive editor. – 2016. – pp. 13-16.

Статья поступила в редколлегию 14.06.17.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета  
Лозбинев Ф.Ю.

#### Сведения об авторах:

**Аверченков Андрей Владимирович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета, e-mail: [mahar@mail.ru](mailto:mahar@mail.ru).

**Аверченкова Елена Эдуардовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика, организация производства и управление»

**Averchenkov Andrey Vladimirovich**, D. Eng., Head of the Dep. “Computer Technologies and Systems”, Bryansk State Technical University, e-mail: [mahar@mail.ru](mailto:mahar@mail.ru).

**Averchenkova Elena Eduardovna**, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Economy, Production

Брянского государственного технического университета, тел.: 89038691330, e-mail: [lena\\_ki@inbox.ru](mailto:lena_ki@inbox.ru).

**Гончаров Дмитрий Иванович**, студент кафедры «Системы информационной безопасности» Брянского государственного технического университета, тел.: 89155380840, e-mail: [jeriho32@yandex.ru](mailto:jeriho32@yandex.ru).

Organization and Management”, Bryansk State Technical University, e-mail: [lena\\_ki@inbox.ru](mailto:lena_ki@inbox.ru).

**Goncharov Dmitry Ivanovich**, Student of the Dep. “Information Security Systems”, Bryansk State Technical University, [jeriho32@yandex.ru](mailto:jeriho32@yandex.ru).