

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ
Международной научной конференции
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ,
ТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Томск, 28–30 мая 2020 г.

Под общей редакцией
кандидата технических наук И.С. Шмырина

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

ББК 22.17–22.19
УДК 519.2, 519.7, 519.8
Т78

**ЧЛЕНЫ КОЛЛЕГИИ, РУКОВОДИТЕЛИ НАУЧНЫХ РЕДАКЦИЙ
ПО НАПРАВЛЕНИЯМ:**

д-р техн. наук, проф. **А.А. Глазунов** – научная редакция «Механика, математика»; д-р техн. наук, проф. **Э.Р. Шрагер** – научная редакция «Механика, математика»; д-р техн. наук, проф. **А.М. Горцев** – научная редакция «Информатика и кибернетика»; д-р техн. наук, проф. **С.П. Сущенко** – научная редакция «Информатика и кибернетика»; д-р физ.-мат. наук, проф. **В.Г. Багров** – научная редакция «Физика»; д-р физ.-мат. наук, проф. **А.И. Потекаев** – научная редакция «Физика»; д-р биол. наук, проф. **С.П. Кулижский** – научная редакция «Биология»; д-р геол.-минер. наук, проф. **В.П. Парначев** – научная редакция «Науки о Земле, химия»; канд. хим. наук, доц. **Ю.Г. Слизов** – научная редакция «Науки о Земле, химия»; д-р филол. наук, проф. **Т.А. Демешкина** – научная редакция «История, филология»; д-р ист. наук, проф. **В.П. Зиновьев** – научная редакция «История, филология»; д-р экон. наук, проф. **В.И. Канов** – научная редакция «Юридические и экономические науки»; д-р юрид. наук, проф. **В.А. Уткин** – научная редакция «Юридические и экономические науки»; д-р ист. наук, проф. **Э.И. Черняк** – научная редакция «Философия, социология, психология, педагогика, искусствознание»; д-р психол. наук, проф. **Э.В. Галажинский** – научная редакция «Философия, социология, психология, педагогика, искусствознание»

НАУЧНАЯ РЕДАКЦИЯ ТОМА:

д-р техн. наук, проф. **А.М. Горцев**, д-р техн. наук, проф. **С.П. Сущенко**, д-р физ.-мат. наук, доц. **Ю.Г. Дмитриев**, д-р физ.-мат. наук, доц. **С.П. Моисеева**, д-р физ.-мат. наук, проф. **В.В. Конев**, д-р техн. наук, проф. **А.Ю. Матросова**, д-р техн. наук, проф. **А.А. Назаров**, д-р техн. наук, проф. **К.И. Лившиц**, канд. техн. наук **С.А. Останин**, канд. физ.-мат. наук **А.С. Морозова**, канд. техн. наук **А.С. Шкуркин**, канд. техн. наук **И.С. Шмырин**.

Т78 Труды Томского государственного университета. – Т. 305. Серия физико-математическая: Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем : материалы Международной научной конференции. Томск, 28–30 мая 2020 г. / под общ. ред. И.С. Шмырина. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2020. – 322 с.

ISBN 978-5-94621-970-9

Сборник содержит материалы Международной научной конференции «Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем», проводившейся 28–30 мая 2020 г. на базе Института прикладной математики и компьютерных наук Томского государственного университета. Материалы сгруппированы в соответствии с работавшими на конференции секциями.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов.

УДК 539.3.004
ББК 22,25.22.251.22.62

ISBN 978-5-94621-970-9

© Томский государственный университет, 2020

АНАЛИЗ ПРОДАЖ ТОВАРА С УЧЕТОМ АНОМАЛЬНОГО СПРОСА

Тюменцева Л.С., Зенкова Ж.Н.

Томский государственный университет

tl442@mail.ru, thankoffjean@mail.ru

Введение

Для составления эффективной стратегии управления запасами, любой компании необходимо проводить адекватную классификацию номенклатуры [1]. В этом может помочь достаточно известный и доступный метод ABC-XYZ-анализа [2,3]. Он используется для группировки ассортимента предприятия в зависимости от выручки или непосредственно прибыли от продаж относительно ABC-метода. Касательно XYZ-части принято рассматривать объем продаж.

Однако, не стоит забывать, что данная классификация проводится на основе продаж, на которые влияет спрос потребителей. Зачастую на практике можно наблюдать случаи, когда единичное событие, например, период празднования Международного женского дня 8 марта) приводит к резкому кратковременному колебанию спроса, выбросу, которое быстро стабилизируется. При этом всплеск этот бывает настолько силен, что может оказывать весьма продолжительное влияние на результаты классификации ABC-XYZ анализа, вплоть до следующего подобного события. Это существенно искажает результаты классификации и приводит к потере оптимальности системы управления запасами предприятия.

Поэтому необходимо учитывать любой аномальный спрос (как в большую, так и в меньшую сторону потребления) товара для составления адекватной стратегии по управления запасами. Для этого были разработаны различные модификации методов классификации, в зависимости от выбора главного критерия

1. Постановка задачи

Предлагается рассмотреть ABC-XYZ-анализ в целом, а также его модификацию с использованием критерия Граббса [4], позволяющего идентифицировать наличие выбросов [5]. А далее предполагается применение изученного метода на реальных данных (табл. 1) до и после исключения выбросов.

Таблица 1

Исходные данные по продаже товаров за 7 месяцев

Наименование	Средняя цена за период, руб./ед.	Продажи, ед./мес.						
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
Один	98	1202	1003	1123	989	1075	1102	1098
Два	250	119	127	165	116	122	107	93
Три	194	322	360	345	312	325	339	328
Четыре	350	100	110	90	100	105	95	100
Пять	200	103	112	106	98	89	109	112
Шесть	100	98	95	93	114	108	120	119
Семь	30	280	295	287	279	293	300	288
Восемь	286	20	25	23	19	18	15	16
Девять	100	50	60	70	30	0	40	60
Десять	230	18	18	19	20	19	22	21

2. Классический ABC-XYZ-анализ

Алгоритм классического ABC-анализа [5] можно представить следующим образом:

1. Сортируем товары по доходности R_i , $i = \overline{1, N}$ за указанный период n в порядке убывания.
2. Рассчитываем удельный вес [3] для каждого товара, $i = \overline{1, N}$:

$$d_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^N R_i} \cdot 100\%.$$

3. Рассчитываем нарастающий итог [3] для каждого товара, $i = \overline{1, N}$: $S_i = S_{i-1} + d_i$, $S_0 = 0$.
4. Группируем товары: $S_i \leq 80\%$ – относим товар к группе А, $80\% < S_i \leq 95\%$ – относим товар к группе В, $S_i > 95\%$ – относим товар к группе С.

Таблица 2

АВС-классификация на реальных данных

Наименование	Доход R_i за период, тыс. руб.	d_i , %	S_i , %	АВС-классификация
Один	744 016	36.5	36.5	А
Три	452 214	22.2	58.7	А
Четыре	245 000	12.0	70.7	А
Два	212 250	10.4	81.1	В
Пять	145 800	7.2	88.3	В
Шесть	74 700	3.7	92.0	В
Семь	60 660	3.0	95.0	С
Восемь	38 896	1.9	96.9	С
Десять	31 510	1.6	98.5	С
Девять	31 000	1.5	100.0	С
Общий доход	2 036 046	–	–	–

XYZ-анализ базируется на вычислении коэффициента вариации по следующей формуле: $v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$, где $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$ – среднее значение уровня спроса на запас или продаж за n рассматриваемых периодов, $x_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ является выборкой, состоящей из объем продаж продукта, n – размер выборки, в нашем случае – количество месяцев в заданном периоде, $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ – среднеквадратическое отклонение (СКО), оцененное по выборке.

Классификация проводится по значению коэффициента вариации, рассчитанного для каждого товара, по следующему правилу: $v \leq 10\%$ – относим товар к группе Х, $10\% < v \leq 30\%$ – относим товар к группе Y, $v > 30\%$ – относим товар к группе Z.

Таблица 3

XYZ-классификация на реальных данных

Наименование	$\bar{x}$	σ	v	XYZ-классификация
Один	1 084.57	72.61	6.69%	Х
Два	121.29	22.29	18.38%	Y
Три	333.00	16.12	4.84%	Х

Наименование	$\bar{x}$	σ	ν	XYZ-классификация
Четыре	100.00	6.45	6.45%	X
Пять	104.14	8.36	8.02%	X
Шесть	106.71	11.43	10.71%	Y
Семь	288.86	7.73	2.68%	X
Восемь	19.43	3.60	18.52%	Y
Девять	44.29	23.70	53.53%	Z
Десять	19.57	1.51	7.72%	X

Объединив результаты двух методов, составим матрицу ABC-XYZ-анализа, которой уже можно пользоваться для эффективного управления запасами представленных товаров.

ABC-XYZ-анализ на реальных данных

Таблица 4

Наименование	ABC-классификация	XYZ-классификация
Один	A	X
Два	B	Y
Три	A	X
Четыре	A	X
Пять	B	X
Шесть	B	Y
Семь	C	X
Восемь	C	Y
Девять	C	Z
Десять	C	X

3. Модифицированный ABC-XYZ-анализ

Внимательно изучив табл. 1, можно отметить слегка завышенную мартовскую продажу товара «Два» из группы ВУ и отсутствие майской продажи товара «Девять» из группы CZ. Данные отклонения могли существенно повлиять на общие результаты. Для большей ясности и точности вычислений рассмотрим товары «Два» и «Девять» как отдельные выборки $X_2 = (119, 127, 165, 116, 122, 107, 93)$ и $X_9 = (50, 60, 70, 30, 0, 40, 60)$ при $n = 7$.

Таким образом, сформулируем и рассмотрим статистическую гипотезу относительно товара «Два»:

$$H_0: X_{2,3} = 165 \text{ является выбросом,}$$

альтернативная же гипотеза

$$H_1: X_{2,3} = 165 \text{ не является выбросом.}$$

Для проверки данной гипотезы воспользуемся критерием Граббса [4,6] для определения наличия верхнего выброса, а именно: $G = \frac{1}{\sigma} \cdot \max_{i=1,n} |x_i - \bar{x}|$.

В нашем случае максимальным значением является $X_{2,3} = 165$, $\bar{x} = 121.29$, $\sigma = 22.29$, а значит $G = 1.961$. Табулированные значения процентных точек критерия Граббса приведены в [6]. В нашем случае при $n = 7$ табличное значение $G^* = 1.828$. Получается, что $G = 1.961 > G^* = 1.828$, следовательно, мы принимаем гипотезу H_0 и считаем, что $X_{2,3} = 165$ является выбросом.

Теперь необходимо проверить выборку без выброса на нормальность. Это можно сделать с помощью критерия Шапиро – Уилка [4] по следующей формуле:

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n/2} a_i \cdot (x_{n-i+1} - x_i) \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

В нашем случае $W = 0.922$, а значение $p\text{-value} = 0.522$, что при заданном уровне значимости $\alpha = 0.1$ позволяет утверждать о нормальности полученной выборки, т.к. $p\text{-value} = 0.522 > \alpha = 0.1$.

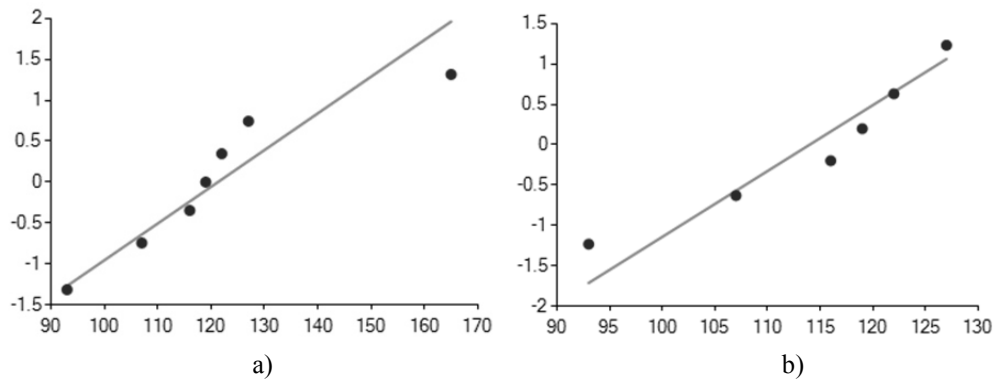


Рис. 1 Нормальные вероятностные графики продаж товара «Два» а) с выбросом; б) без выброса

Далее необходимо рассчитать урезанное среднее. Для этого упорядочим исходный набор по возрастанию, а затем отбросим слева и справа по одному значению, что позволит исключить выброс: $\bar{x}^* = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{i=2}^{n-1} x_i$. Следовательно, урезанное среднее значение

$\bar{x}^* = 118.2$, а 7-месячный доход от товара «Два» с учетом усечений будет составлять 206 850 тыс. руб., а не 212 250 тыс. руб., как было подсчитано ранее.

Данные преобразование влечет за собой изменение общего дохода, удельного веса и нарастающего итога, что требует пересмотр распределения по группам в ABC-XYZ-анализе. Для этого необходимо рассчитать новое среднееквадратическое отклонение (СКО), рассматривая исходные упорядоченные значения выборки и новое среднее, используя следующую формулу: $\sigma^* = \sqrt{\frac{1}{n-3} \cdot \sum_{i=2}^{n-1} (x_i - \bar{x}^*)^2}$. Тогда коэффициент вариации

будет рассчитываться по формуле: $v^* = \frac{\sigma^*}{\bar{x}^*} \times 100\%$.

В нашем случае, для товара «Два» среднееквадратическое отклонение (СКО) $\sigma^* = 7.463$, а значит коэффициент вариации теперь не 18.38%, а 6.31%. В итоге получаем, что определение товара «Два» в группу ВУ было не совсем верным решением. Целесообразней и правильной определить его в группу ВХ.

Теперь выдвинем гипотезу относительно товара «Девять», имеющее распределение $X_9 = (50, 60, 70, 30, 0, 40, 60)$:

$$H_0: X_{9,5} = 0 \text{ является выбросом,}$$

альтернативная же гипотеза

$$H_1: X_{9,5} = 0 \text{ не является выбросом.}$$

В это раз для проверки гипотезы воспользуемся критерием Граббса для определения наличия нижнего выброса: $G = \frac{1}{\sigma} \cdot \min_{i=1,n} |x_i - \bar{x}|$. Очевидно, что минимальным значением является $X_{9,5} = 0$, среднее значение выборки $\bar{x} = 44.29$, среднеквадратическое отклонение $\sigma = 23.70$, а значит $G = 1.868$. Табличный критерий Граббса остается тем же, т.к. $n = 7$: $G^* = 1.828$. Получается, что $G = 1.868 > G^* = 1.828$, следовательно, мы принимаем гипотезу H_0 и считаем, что $X_{9,5} = 0$ является выбросом.

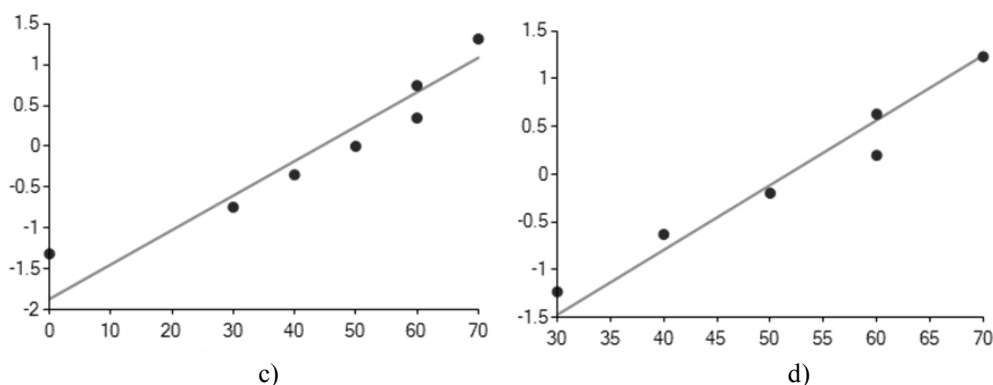


Рис. 2 Нормальные вероятностные графики продаж товара «Девять» c) с выбросом; d) без выброса

После проверки выборки на нормальность по критерию Шапиро – Уилка без выброса ($W = 0.958$, $p\text{-value} = 0.804 > \alpha = 0.1$), выполняем те же расчеты, что и для товара «Два».

Тогда усеченное среднее значение для товара «Девять» $\bar{x}^* = 48$, 7-месячный доход составит уже 33 600 тыс. руб., что на 2 600 больше дохода с учетом выброса. Это приведет к увеличению удельного веса и уменьшению нарастающего итога. Среднеквадратическое отклонение (СКО) уменьшится на 10.662 условные единицы: $\sigma^* = 13.038$, а коэффициент вариации почти вдвое уменьшится и составит 27.16%.

Таким образом, после исключения всех выбросов, повторно проводим ABC-XYZ-анализ, который будет в большей мере соответствовать действительности (табл. 5).

Отметим, что далеко не всегда выбросы являются очевидными, поэтому при небольшом количестве товаров удобно рассчитать коэффициент Граббса для всех товаров, чтобы выявить как нижние, так и верхние выбросы (табл. 6). По получившейся таблице можно легко выявить их наличие, сравнив полученный коэффициент с табличным значением (в данном случае для $n = 7$).

Таблица 5

ABC-XYZ-классификация на реальных данных без выбросов

Наименование	Доход R_i за период, тыс. руб.	ABC-классификация	XYZ-классификация
Один	744 016	A	X
Три	452 214	A	X
Четыре	245 000	A	X
Два	206 850	B	X
Пять	145 800	B	X
Шесть	74 700	B	Y
Семь	60 660	B	X
Восемь	38 896	C	Y
Девять	33 600	C	Y
Десять	31 510	C	X
Общий доход	2 033 246	–	–

Таким образом, сравнив каждое из полученных чисел с табличным значением, в нашем случае $G^* = 1.828$, можно выявить выбросы, искажающие результат ABC-XYZ-анализа, что влияет на эффективность метода. Можно отметить, что мы исключили все имеющиеся в данной выборке сомнительные значения, препятствующие составлению адекватной ABC-XYZ – модели.

Таблица 6

Расчетные значения критерия Граббса

Наименование	$G_{\max}$	$G_{\min}$
Один	1.617	1.316
Два	1.961	1.269
Три	1.674	1.302
Четыре	1.549	1.549
Пять	0.940	1.812
Шесть	1.163	1.200
Семь	1.441	1.275
Восемь	1.548	1.231
Девять	1.085	1.868
Десять	1.606	1.039

Можно сделать вывод, что при использовании ABC-XYZ-анализа необходимо обращать внимание не только на завышенный спрос потребителя, связанный с различными факторами, но и на заниженный спрос на товар (или полное его отсутствие), т.к. это влияет на эффективность деятельности предприятия. Изменение системы управления запасов даже одного товара может значительно снизить затраты компании и привести к увеличению дохода

Также данный метод позволяет избежать возникновения эффекта хлыста, представляющий собой ситуацию, когда незначительное изменение спроса конечного потребителя способно привести к значительным отклонениям в планах цепи управления запасами. Одним из преимуществ рассмотренного метода является простота. Его реализация не требует наличия специального программного обеспечения, что позволяет сэкономить некоторые денежные и трудовые ресурсы компании. Данный вопрос актуален для малого и среднего бизнеса.

Заключение

В работе были рассмотрены такие методы управления запасами, как ABC- и XYZ-анализ с различными модификациями, а также совмещение данных классификационных методов, называемое ABC-XYZ-анализом. В частности, указанные методы были применены к реальным данным о продаже некоторых товаров, взяв за определяющий критерий доход от продаж каждого товара за указанный период.

Для статистической проверки гипотезы о наличии выбросов был использован критерий Граббса. С его помощью было выявлено два выброса, являющихся последствием аномального спроса потребителя. Чтобы получить более адекватные результаты анализа, был проведен перерасчет. Усеченное среднее значение выборки было необходимо для вычисления усеченного стандартного отклонения и расчета нового дохода и коэффициента вариации. После исключения из выборки имеющихся выбросов, результаты перерасчета классификации значительно отличаются от полученных ранее.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зенкова Ж.Н.* Логистический подход в управлении предприятием. Уч.-метод. комплекс. – Томск: Томский государственный университет, 2012.
2. *Бадюкин О.В., Лукинский В.В., Малевич Ю.В., Степанова А.С., Шульженко Т.Г.*; под общ. и научн. ред. Лукинского В. С. Управление запасами в цепях поставок. Учеб. пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 372 с.

3. *Стерлигова А.Н.* Управление запасами в цепях поставок. Учебник. / Высшее образование. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 430 с.
4. *Козбарь А.И.* Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
5. *Zenkova Z.N., Kabanova T.V.* The ABC-XYZ Analysis Modified for Data with Outliers. Proceeding GOL'2018 The 4th IEEE International Conference on Logistics Operations Management. April 10-12, 2018, Le Havre, France. P. 63-68 DOI: 10.1109/GOL.2018.8378073.
6. *Заляжных В.В.* Статистическая обработка результатов испытаний (измерений) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: <https://arhiuch.ru/lab4a.html>.

СОДЕРЖАНИЕ

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ, МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И СИСТЕМ СЕМАНТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	3
Головчинер М.Н., Рогожин А.С. Построение параметризованного человеческого манекена на основе швейных мерок	3
Голышев В.К., Семенова Д.В. Методы и алгоритмы решения задачи поиска формальных понятий для бинарных и нечётких контекстов	11
Гузев И.В., Кабанова Т.В. GMDH сети с обратной связью	18
Дарибаева Н.Т. Прогнозирование объемов потребительского кредитования в коммерческом банке	26
Дубровин М.Г. Алгоритм отбора информативных параметров производительности для проактивного мониторинга сервера базы данных	29
Евсюткин И.В., Марков Н.Г. Прогноз значений дебитов скважин с использованием искусственных нейронных сетей	34
Ибрагимова Э.И., Семенова Д.В. Задачи исследования знаковых графов	40
Игольников Н.А., Марков Н.Г. Сверточные нейронные сети для семантической сегментации изображений в реальном времени	46
Кочетков Д.М., Бирюков А.А., Ермолаева А.М. Сравнительный анализ различных показателей цитирования для оценки и ранжирования конференций	52
Павлюченко М.В., Кабанова Т.В. Анализ ошибок бинарного классификатора текстов с применением мета-признаков	57
Седун Д.А., Гончарова Н.А. Формирование цифрового двойника города при участии горожан на примере интеллектуальных систем видеонаблюдения	66
Якимук Н.А., Головчинер М.Н. Распознавание нот в вокальном исполнении с резким изменением частот основного тона	71
II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ	80
Багдалов П.Д., Пахомова Е.Г. Создание обучающей программы для формирования навыка определения характеристик кривых второго порядка и их построения	80
Безходарнов Н.И., Самохина С.И. Двухкомпонентное разложение кардиологической кривой	86
Дмитренко А.Г., Балашова О.М. Алгоритм и программа расчета электромагнитного рассеяния на тонких ортогональных идеально проводящем и диэлектрическом цилиндрах	90
Киреев Д.А., Литвинова Н.И., Попов Н.С., Морозова А.С., Шкуркин А.С. UX в новых каналах взаимодействия с приложением: голосовое управление и управление через чат	98
Лихоманов Т.Д., Безходарнов Н.И., Буторина Н.Б. Разработка графического кроссплатформенного приложения «Unigame»	101
Прилепова И.Д., Пахомова Е.Г. Создание обучающей программы по теме «Решение СЛАУ методом Гаусса»	107
Славянова Я.И., Лагереv Д.Г. Проектирование и разработка аналитической подсистемы для программного комплекса поддержки работы преподавателя вуза	112
Стародубцева М.О., Буторина Н.Б. Создание обучающей программы по дискретной математике "Различные представления булевой функции"	117

Сыч М.Б., Пахомова Е.Г. Создание обучающей программы для формирования навыка вычисления обратной матрицы.....	124
Трифонов С.А., Самохина С.И. Численные методы решения жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений при моделировании кинетики пластической деформации.....	129
Хамуев В.В., Буторина Н.Б. Разработка программного комплекса для одновременной (параллельной) доставки видео-контента в несколько сетей с поддержкой адаптивного битрейта	136
Чалых Е.П., Самохина С.И. Парсер для языка программирования RhineStone	142
Alimbaeva E.A., Balashova O.M., Keba A.V. Research of the Convergence of the Flexible Tolerance Method depending on the Parameters Values	146
 III. ТЕСТИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЕПРИГОДНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
Бизяев Д.К. Обнаружение утечек ресурсов в списочных структурах произвольной вложенности и связности	155
Генрих В.В., Тренькаев В.Н. Обеспечение конфиденциальности «облачных» данных в защищенных СУБД	165
Матросова А.Ю., Чернышов С.В. Алгоритмы построения последовательности, доставляющей тестовые пары для робастно тестируемых PDFs с использованием операций над ROBDD-графами	169
Провкин В.А. Синтез вентильных схем, маскирующих неисправности, с использованием SAT-решателей.....	178
Сампилов А.А., Андреева В.В. Построение минимизированного проверяющего теста для системы безыбыточных ДНФ ,ориентированное на сокращение расстояния по Хеммингу между соседними тестовыми наборами	188
Тычинский В.З., Андреева В.В. Получение тестовых пар для робастно тестируемых неисправностей задержек путей с использованием SAT-решателей	194
 IV. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	
Вилкина И.Ю., Дмитриев Ю.Г., Кошкин Г.М. Алгоритмы идентификации и прогнозирования для комбинированных моделей	201
Дмитриев Ю.Г., Ерёмкина Н.Л., Тарасенко В.Ф. Детерминационный анализ опросов по тестам Реддина	206
Змеев Д.О., Дмитриев Ю.Г. Применение статистических оценок в управлении проектами по разработке программного обеспечения.....	211
Иштуганов Р.А. Классификация современных портфельных теорий	216
Кодочигов А.В., Тарасенко В.Ф. Технология прикладного системного анализа решения проблем на предприятии в условиях ограничительных мер для населения	224
Пупков А.В. Численное сравнение процедур оценивания параметра авторегрессии с аддитивным шумом.....	229
Скрипин С.В., Дмитриев Ю.Г. Комбинированная оценка в классификации кардиограмм	233
Тюменцева Л.С., Зенкова Ж.Н. Анализ продаж товара с учетом аномального спроса	242

V. ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ, КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	249
Бурцева С.А., Хакимов А.А., Григорьева Т.В., Власкина А.В., Кочеткова И.А. Имитационная модель управляемого занятия ресурсов системы облачных вычислений из двух групп виртуальных машин	249
Гуркова В.М., Осипов О.А. Исследование split-merge системы с двумя классами требований и потерями	254
Даммер Д.Д., Федерягина П.В. Исследование дополнительно формируемого потока в системе с экспоненциальным обслуживанием и неограниченным числом приборов методом Марковского суммирования	260
Заварзин А.С., Осипов О.А. Разработка фреймворка дискретно-событийного моделирования.....	265
Ключникова П.Н., Пауль С.В. Исследование циклической системы с повторными вызовами	270
Морозова М.А., Пауль С.В., Назаров А.А. Модели телекоммуникационных систем связи в виде систем с повторными вызовами и вызываемыми заявками	277
Назаров А.А., Рожкова С.В., Титаренко Е.Ю. Исследование RQ-системы с обратной связью и неординарным пуассоновским входящим потоком	284
Рачис В.А. Реализация автоматизированной информационной платформы интернета вещей «Micran IoT»	288
Удодова А.Э., Бесчастный В.А., Острикова Д.Ю. Модель обслуживания трафика одноадресных соединений в беспроводной сети на базе технологии "Новое Радио"	296
Федорова Е.А., Рожкова С.В., Воронина Н.М. Асимптотический анализ RQ-системы М/М/1 с ненадежным прибором	304
Шульгина К.С., Пауль С.В. Асимптотический анализ RQ-системы с вызываемыми заявками и ненадежным прибором	309
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	315

Научное издание

**МАТЕРИАЛЫ
Международной научной конференции
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

Томск, 28–30 мая 2020 г.

*Под общей редакцией
кандидата технических наук И.С. Шмырина*

Издание подготовлено в авторской редакции

Подписано в печать 29.12.2020 г. Формат 70×108 1/16
Печ. л. 20; усл. печ. л. 28.
Тираж 500 экз. Заказ № 4574.

Отпечатано на оборудовании
Издательства Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8+(382-2) 52-98-49
Сайт: <http://publish.tsu.ru>; e-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-94621-970-9

