

УДК 519.673:339.543

UDC 519.673:339.543

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (физико-математические науки, экономические науки)

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

МАШИННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РЕЖИМОВ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ

COMPUTER EXPERIMENTS TO STUDY CUSTOMS CONTROL MODES BASED ON THE LOGISTIC MAP

Колесникова Елена Валентиновна
аспирант кафедры «Прикладной экономики и экономической безопасности»
SPIN – код автора:5970-6134
kolesnikova_e@bsuedu.ru
Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Kolesnikova Elena Valentinovna
Postgraduate Student
RSCI SPIN-code: 5970-6134
kolesnikova_e@bsuedu.ru
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Настоящая статья служит дополнением к ранее опубликованному исследованию [1], в котором разработан алгоритм математической модели регулирования грузовых потоков на основе логистического отображения. Целью данных исследований является проведение серии компьютерных экспериментов над разработанной моделью для верификации её корректности, определения точных значений бифуркационных точек и установления количественных характеристик различных режимов работы таможенной службы. В статье представлена постановка экспериментальных задач, приведены аналитические выражения для их реализации, систематизированы результаты в виде таблиц и проведено их обсуждение. Эксперименты включают исследование стабильного режима, идентификацию бифуркаций периодических режимов. Полученные результаты позволяют сформулировать практические рекомендации по оптимизации управления таможенной службой

This article serves as a supplement to a previously published study [1], which developed an algorithm for a mathematical model regulating cargo flows based on the logistic map. The aim of this research is to conduct a series of computer experiments on the developed model to verify its correctness, determine the precise values of bifurcation points, and establish quantitative characteristics of various operating modes of the customs service. The study presents the formulation of experimental tasks, provides analytical expressions for their implementation, systematizes the results in tables, and discusses them. The experiments include the study of stable regimes and the identification of bifurcations of periodic regimes. The obtained results allow formulating practical recommendations for optimizing customs service management

Ключевые слова: ЛОГИСТИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ, ТАМОЖЕННАЯ СЛУЖБА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ, ДИАГРАММА ФЕЙГЕНБАУМА

Keywords: LOGISTIC MAP, CUSTOMS SERVICE, COMPUTATIONAL EXPERIMENT, BIFURCATION ANALYSIS, FEIGENBAUM DIAGRAM

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-219-011>

Введение

Рост объёмов грузопотоков, их сложная динамика, а также необходимость своевременного и экономически оправданного

<http://ej.kubagro.ru/2026/05/pdf/11.pdf>

регулирования требуют внедрения усовершенствованных методов управления. Время простоя грузов при таможенном оформлении демонстрируют нелинейную зависимость от жёсткости контроля: умеренное ужесточение может давать предсказуемый рост задержек, но дальнейшее повышение способно вызывать резкие качественные скачки (колебания, кратные циклы, хаос). Это затрудняет оптимизацию таможенных процедур. В ранее опубликованной работе [1] представлен алгоритм математической модели регулирования грузовых потоков на основе логистического отображения, который переводит проблему в язык нелинейной динамики. Настоящая статья посвящена машинным экспериментам, проведённым с программным продуктом, построенным на основе этого алгоритма. Проведённые эксперименты позволили верифицировать программную реализацию алгоритма, определить точные бифуркационные точки и получить характеристики стабильного, двух- и четырёхциклового режимов для последующей выработки управленческих рекомендаций.

Целью настоящей статьи является экспериментальная верификация и количественное исследование математической модели таможенного регулирования грузовых потоков на основе логистического отображения, разработанного в предыдущей статье [1], посредством проведения серии вычислительных экспериментов.

В соответствии с заявленной целью в статье поставлены и решены следующие задачи:

- проведение машинных экспериментов для стабильного режима (период-1) с целью определения зависимости времени простоя грузов от индекса жёсткости контроля;
- фиксация значений времени простоя, подтверждающая его монотонное возрастание при увеличении жёсткости контроля, и установление границ перехода к периоду-2;

- проведение машинных экспериментов для режима период-2 с целью выявления характера колебаний времени простоя между двумя значениями;

- проведение машинных экспериментов для режима период-4 с целью анализа циклических колебаний времени простоя между четырьмя значениями;

- формулирование практических рекомендаций по выбору индекса жёсткости таможенного контроля в зависимости от требуемого режима работы.

Материалы и методы

Проблема прогнозирования времени простоя грузов в зависимости от жёсткости таможенного контроля всегда была и остаётся востребованной, так как на практике даже малые изменения в таможенном контроле могут вызвать нелинейные скачки задержек. По этой причине разработкой моделей для таможенного управления занимались многие авторы. Так, в работе [2] приведено строгое обоснование необходимости поиска оптимальных решений при оформлении грузов. В статье [3] описан начальный этап риск-ориентированного подхода к управлению таможенным контролем. Современные тенденции цифровизации таможенных процессов проанализированы в [4]. Ряд исследований [5-10] предлагают методы моделирования экономических систем для решения сложных задач. Настоящие исследования посвящены учёту нелинейных связей при функционировании транспортных систем, при моделировании которых особая роль отводится методам нелинейной динамики, в частности логистического отображения.

Логистическое отображение является канонической моделью, демонстрирующей широкий спектр режимов поведения: от стабильных до хаотических. Эти режимы соответствуют наблюдаемым пороговым

эффектам и качественным переходам в работе таможенного контроля при изменении уровня жёсткости [1].

В данном исследовании таможенная служба рассматривается как динамическая система, состояние которой постоянно меняется во времени, все процессы таможенного контроля взаимодействуют как друг с другом, так и с процедурами регулирования пропускной способностью грузов, а её поведение зависит как от внутренних процессов, так и от внешних условий [1]. В ранее опубликованной статье [1] был представлен алгоритм математической модели регулирования грузовых потоков на основе логистического отображения

Основные положения алгоритма заключаются в следующем. Таможенная служба рассматривается как сложная, открытая, диссипативная, нелинейная динамическая система, для описания которой применяется логистическое отображение. Основные переменные математической модели регулирования грузовых потоков описаны в таблице 1 [1].

Таблица 1– Основные переменные математической модели регулирования грузовых потоков

Обозначение	Наименование	Единица измерения	Диапазон значений
C	Индекс жёсткости таможенного контроля	безразмерный	$C \in [C_{\min}, C_{\max}] = [0.1; 0.9]$
T	Время простоя груза	часы	$T \in [T_{\min}, T_{\max}] = [2; 48]$
t	Дискретный момент времени (номер итерации)	безразмерный	$t = 1, 2, 3, \dots$
r	Управляющий параметр логистического отображения	безразмерный	$r \in [r_{\min}, r_{\max}] = [2, 5, 4, 0]$
x_t	Нормированное состояние системы в момент t	безразмерный	$x_t \in [0, 1]$

В [1] построена математическая модель, устанавливающая зависимость времени простоя грузов T от индекса жёсткости C таможенного контроля на основе логистического отображения

$$x_{t+1} = r \cdot x_t(1 - x_t), \quad x_t \in [0,1], \quad r \in [2.5 - 4], \quad (1)$$

где x_t – нормированное время простоя грузов; r – управляющий параметр, связанный с индексом жёсткости контроля C соотношением:

$$r(C) = r_{\min} + (C - C_{\min}) \cdot \frac{r_{\max} - r_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}}. \quad (2)$$

Обратное преобразование имеет вид:

$$C(r) = C_{\min} + (r - r_{\min}) \cdot \frac{C_{\max} - C_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}}. \quad (3)$$

Исходными данными являются два временных ряда, генерируемых по равномерному закону распределения:

$$C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}, \quad C_i \in \cup[C_{\min}, C_{\max}];$$

$$T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}, \quad T_i \in \cup[T_{\min}, T_{\max}];$$

где $\cup[a, b]$ – равномерное распределение на отрезке $[a, b]$.

На основе математической модели, построенной в [1], создан программный продукт CUSTOMS, который для наглядной демонстрации зависимости времени простоя грузов T от индекса жёсткости C таможенного контроля строит диаграмму Фейгенбаума (рисунок 1).

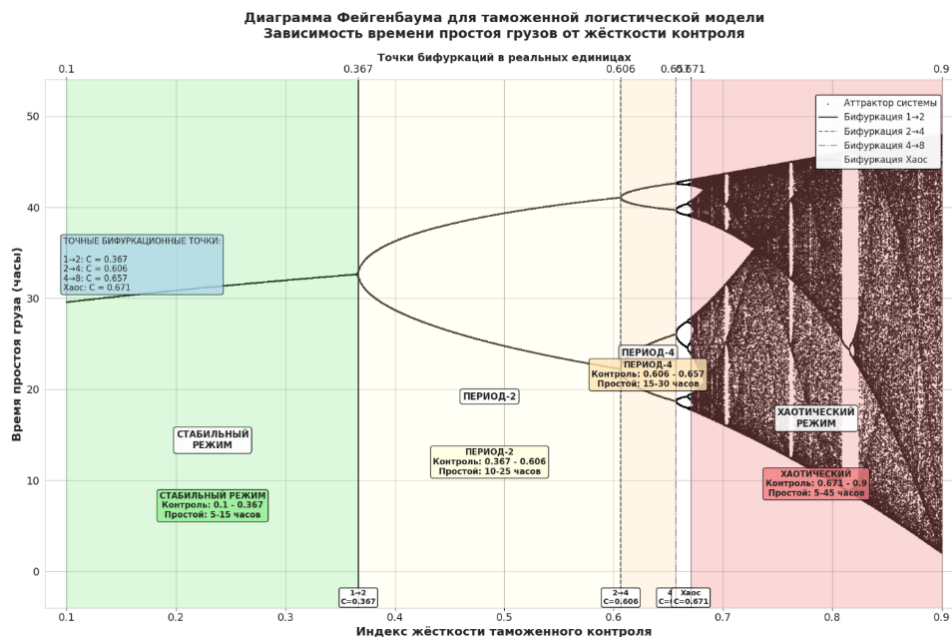


Рисунок 1. Диаграмма Фейгенбаума, демонстрирующая зависимость $T = f(C)$

На диаграмме по оси абсцисс отображены как исходные значения индекса жёсткости таможенного контроля C в реальных единицах (нижняя ось), так и его масштабированные показатели r (верхняя ось), что обеспечивает наглядное сравнение и анализ различных вариантов. По оси ординат на диаграмме отображается время простоя груза T в реальных единицах (левая ось), а также его нормализованные значения x_i (правая ось), что позволяет удобно сравнивать фактические показатели с их масштабированными аналогами. Вертикальные прямые диаграммы наглядно демонстрируют точки бифуркации.

Общая формулировка постановки задачи

Пусть задана математическая модель $T = f(C)$ зависимости времени простоя T грузов от индекса жёсткости контроля C , реализованная на логистическом отображении [1]. Ставится задача проведения серии машинных экспериментов для исследования поведения системы во всём диапазоне изменения управляющего параметра $C \in [C_{\min}, C_{\max}] = [0.1; 0.9]$. Для проведения машинных экспериментов по исследованию режимов

работы таможенной службы использовался программный продукт CUSTOMS на языке Python, алгоритм которого описан в [1]. Программа реализует итерационный процесс логистического отображения и предоставляет пользователю возможность интерактивного ввода значений индекса жёсткости таможенного контроля с последующим выводом результатов моделирования. Таким образом, машинный эксперимент представляет собой процесс прямого взаимодействия исследователя с программным продуктом CUSTOMS, в ходе которого для каждого заданного значения индекса таможенного контроля C программа выполняет следующую последовательность действий [1]:

Шаг 1. Ввод значений C в интерактивном режиме.

Шаг 2. Запуск итерационного процесса логистического отображения:

$$x_{t+1} = r \cdot x_t(1 - x_t), \quad x_0 = 0.5,$$

где значение r программа вычисляет автоматически на основе введённого C по встроенному масштабирующему преобразованию.

Шаг 3. Выполнение переходных операций для выхода системы на аттрактор.

Шаг 4. Построение аттрактора, результаты которого сохраняются для анализа.

Шаг 5. Выполнение обратного масштабирования, в результате которого нормированные значения фазового состояния x переводятся в реальное время простоя грузов T по встроенному в программу аналитическому выражению:

$$T_i = T_{\min} + x_i \cdot (T_{\max} - T_{\min}).$$

В соответствии с целью исследования на модели CUSTOMS проводятся следующие серии машинных экспериментов:

Серия 1. Исследование стабильного режима для значений параметра r в диапазоне от 2.5 до 3, что соответствует значению C от 0.1 до 0.367.

Серия 2. Исследование режима период-2 для значений параметра r в диапазоне от 3 до 3.449, что соответствует значению C от 0.38 до 0.60.

Серия 3. Исследование режима период-4 для значений параметра r в диапазоне от 3.449 до 3.544, что соответствует значению C от 0.61 до 0.65.

Результаты каждого машинного эксперимента фиксируются в виде таблиц.

Результаты и их обсуждение

Результаты машинных экспериментов для стабильного режима

Эксперименты проводились для значений индекса жёсткости таможенного контроля C в диапазоне от 0.1 до 0.35 с шагом $\Delta C = 0.05$, а также в точке бифуркации $C = 0.367$. Для каждого C фиксировались значения масштабированного параметра r логистического отображения и значение времени простоя грузов T , полученное в результате итерационного процесса (Таблица 2).

Таблица 2– Результаты машинных экспериментов для стабильного режима

№ п.п	Индекс жёсткости контроля C	Масштабированное значение параметра r	Время простоя грузов (часы) T
1	0,1	2,5	29,6
2	0,15	2,5938	30,3
3	0,20	2,6875	30,9
4	0,25	2,7813	31,5
5	0,30	2,8750	32,0
6	0,35	2,9688	32,5
7	0,367	3,0000	32,7

Эксперименты, проводимые в стабильном режиме, демонстрируют, что с увеличением индекса жёсткости контроля C время простоя T возрастает с 29.6 до 32.7 часов. При $C = 0.367$ система находится на границе перехода к режиму периода-2.

Результаты машинных экспериментов для режима периода-2

После первой бифуркации ($C > 0.367$) система переходит в режим периода-2, характеризующийся колебаниями между двумя значениями

времени простоя. В отличие от стабильного режима, где программа выдаёт одно значение T , в режиме периода-2 программа фиксирует два различных значения T_1 и T_2 , между которыми колеблется система. Результаты машинных экспериментов для режима периода-2 представлены в таблице 3. Таблица показывает, что при $C = 0.38$ максимальное значение T_2 составляет 44.8 часов, а уже при $C = 0.42$ достигает максимального значения $T_2 = 48$ часов и остаётся постоянным во всём дальнейшем диапазоне. Величина T_1 монотонно убывает от 41.5 часов (при $C = 0.38$) до 26.0 часов при $C = 0.6$. Разность $\Delta T = T_2 - T_1$ возрастает от 3.3 часов (при $C = 0.38$) до 22.0 часов (при $C = 0.6$), что свидетельствует об увеличении амплитуды колебаний времени простоя с ростом жёсткости контроля.

Таблица-3– Результаты машинных экспериментов для режима периода-2

№ п.п	Индекс жёсткости контроля C	Масштабированное значение параметра r	Время простоя грузов (часы) T_1	Время простоя грузов (часы) T_2	Разность $\Delta T = T_2 - T_1$	Среднее время простоя \bar{T}
1	0,38	3,0219	41,5	44,8	3,3	43,2
2	0,40	3,0625	37,8	47,4	9,6	42,6
3	0,42	3,1031	34,5	48,0	13,5	41,3
4	0,44	3,1438	32,0	48,0	16,0	40,0
5	0,46	3,1688	30,8	48,0	17,2	39,4
6	0,48	3,2094	29,5	48,0	18,5	38,8
7	0,50	3,2500	28,5	48,0	19,5	38,3
8	0,52	3,2906	27,5	48,0	20,5	37,8
9	0,54	3,3313	26,8	48,0	21,2	37,4
10	0,56	3,3563	26,5	48,0	21,5	37,3
11	0,58	3,3969	26,3	48,0	21,7	37,2
12	0,60	3,4375	26,0	48,0	22,0	37,0

Среднее время простоя \bar{T} монотонно убывает от 43.2 часов (при $C = 0.38$) до 37.0 (при $C = 0.6$).

Результаты машинных экспериментов для режима периода-4

После прохождения бифуркации $C > 0.6$ система переходит в режим период-4, характеризующийся колебаниями между четырьмя значениями

времени простоя T . В этом режиме программа CUSTOMS фиксирует четыре различных значения T_1, T_2, T_3, T_4 , между которыми циклически колеблется система. Результаты машинных экспериментов для режима периода-4 представлены в Таблице 4. В ней показана эволюция системы, демонстрирующая цикл из четырёх значений времени простоя. По мере увеличения r (приближения к точке бифуркации $r = 3.544$) максимальное значение (T_4) убывает от 38.8 до 33.4 часов; минимальное значение T_1 возрастает от 26.2 до 30.2 часов, а средние значения T_2 и T_3 сближаются. Размах $R_T = T_{\max} - T_{\min}$ монотонно убывает. При приближении к $r = 3.544$ размах стремится к нулю, что означает слияние всех четырёх значений в одно. Среднее время простоя \bar{T} остаётся практически постоянным в диапазоне 31.7-32.5 часов.

Таблица 4 – Результаты машинных экспериментов для режима периода-4

№ п/п	Индекс жёсткости контроля r	Масштабированное значение параметра C	Время простоя грузов (часы) T_1	Время простоя грузов (часы) T_2	Время простоя грузов (часы) T_3	Время простоя грузов (часы) T_4	Размах R_T	Среднее время простоя \bar{T}
1	3,45	0,6067	26,2	35,5	29,5	38,8	12,6	32,5
2	3,46	0,6113	26,5	35,0	29,8	38,2	11,7	32,4
3	3,47	0,6160	26,8	34,5	30,0	37,6	10,8	32,2
4	3,48	0,6207	27,2	34,0	30,3	37,0	9,8	32,1
5	3,49	0,6253	27,6	33,5	30,6	36,4	8,8	32,0
6	3,50	0,6300	28,0	33,0	30,9	35,8	7,8	31,9
7	3,51	0,6347	28,5	32,5	31,2	35,2	6,7	31,9
8	3,52	0,6393	29,0	32,0	31,5	34,6	5,6	31,8
9	3,53	0,6440	29,6	31,5	31,8	34,0	4,4	31,7
10	3,54	0,6487	30,2	31,0	32,1	33,4	3,2	31,7

На рисунках 2-4 представлены фазовые портреты, наглядно демонстрирующие качественное изменение поведения системы при увеличении параметра r : переход от одной неподвижной точки (стабильный режим) к двухточечному циклу (период-2) и затем к четырёхточечному циклу (период-4). Фазовые портреты (итерационные

диаграммы) представляют собой графическое отображение динамики системы в координатах (x_n, x_{n+1}) , где $x_{n+1} = r \cdot x_n(1 + x_n)$. Точка на плоскости соответствует переходу от состояния x_n к состоянию x_{n+1} . Диагональ $x_{n+1} = x_n$ соответствует неподвижным точкам, в которых система остаётся неизменной. Аттрактор (установившийся режим) отображается множеством точек, по которым система циклически перемещается. На рисунках 2-4 представлены три характерных фазовых портрета для значений управляющего параметра r , соответствующих стабильному режиму, режиму период-2 и режиму период-4.

Фазовый портрет для индекса жёсткости контроля $r = 2.8$ (стабильный режим) (рисунок 2)

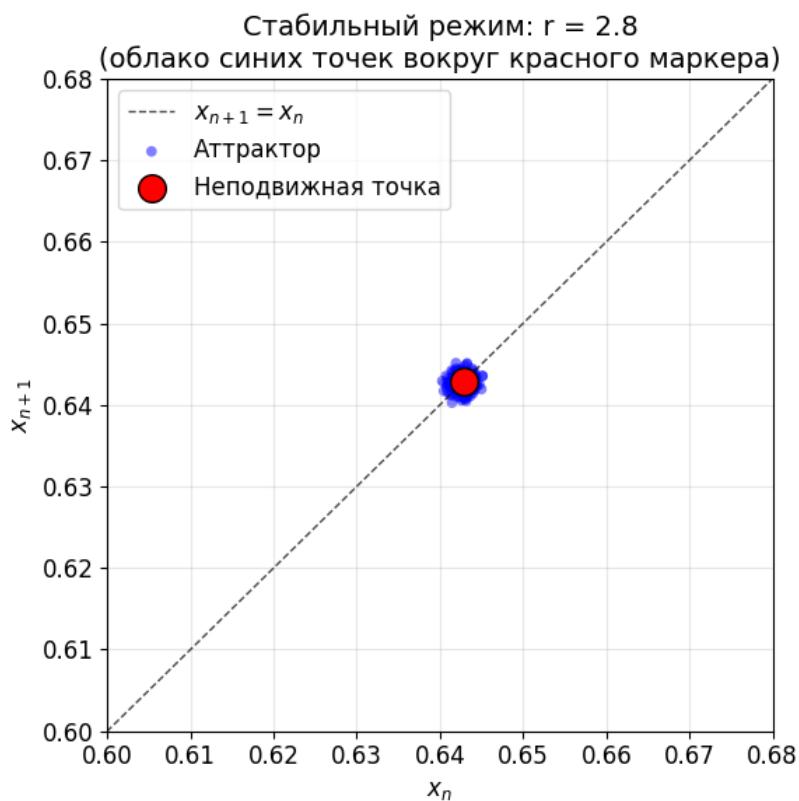


Рисунок 2. Фазовый портрет для индекса жёсткости контроля $r = 2.8$ (стабильный режим)

При $r = 2.8$ система таможенного контроля находится в стабильном режиме. После завершения переходных процессов все траектории сходятся к единственной неподвижной точке $x^* = 1 - \frac{1}{2.8} \approx 0.6429$. На фазовом портрете это проявляется в виде одной ярко выраженной точки, лежащей на диагонали $x_{n+1} = x_n$. Все итерации, начиная с некоторого номера, отображаются в точку. Синие точки (аттрактор) практически сливаются в одну, а красный маркер указывает на координату неподвижной точки. Отсутствие разброса свидетельствует о предсказуемости и устойчивости системы.

Фазовый портрет для индекса жёсткости контроля $r = 3.2$ (период-2) (рисунок 3)

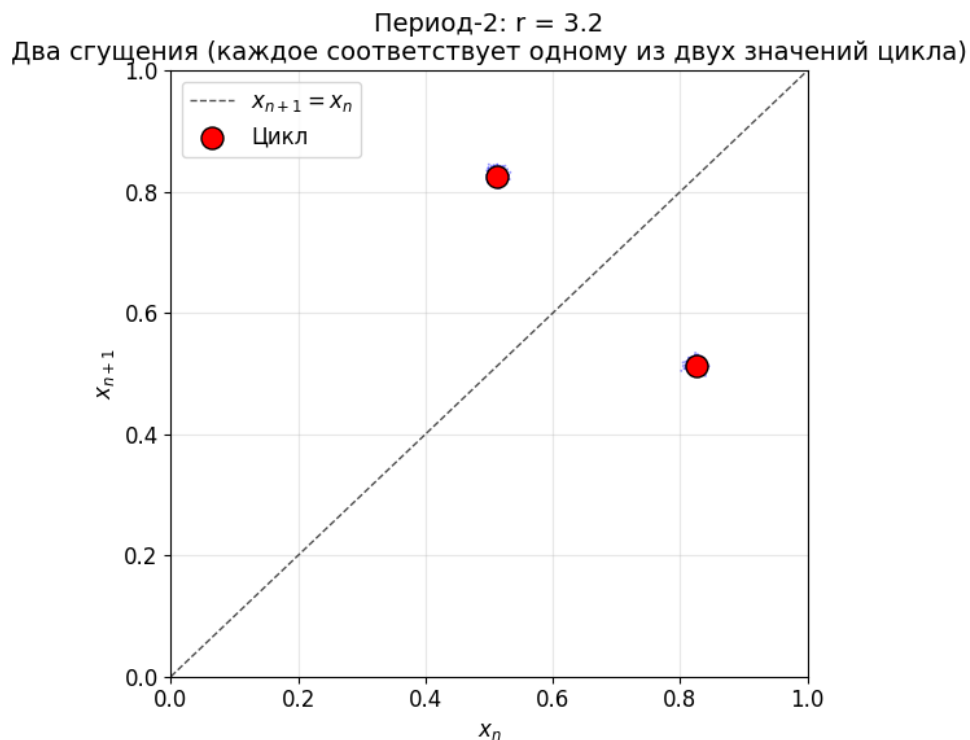


Рисунок 3. Фазовый портрет для индекса жёсткости контроля $r = 3.2$ (период-2)

При $r = 3.2$ система переходит в режим период-2. Неподвижная точка теряет устойчивость, и возникает устойчивый цикл из двух точек. На фазовом портрете это отображается двумя точками, не лежащими на

диагонали, но обозначающими замкнутый цикл (из одной точки происходит переход в другую и обратно). На графике видны два сгущения синих точек, соответствующих двум значениям аттрактора. Красные точки по диагонали показывают проекции этих точек (хотя сами точки цикла не находятся на диагонали). Чёткое разделение на два кластера указывает на периодические колебания между двумя значениями времени простоя.

Фазовый портрет для индекса жёсткости контроля $r = 3.48$ (режим период-4) (рисунок 4)

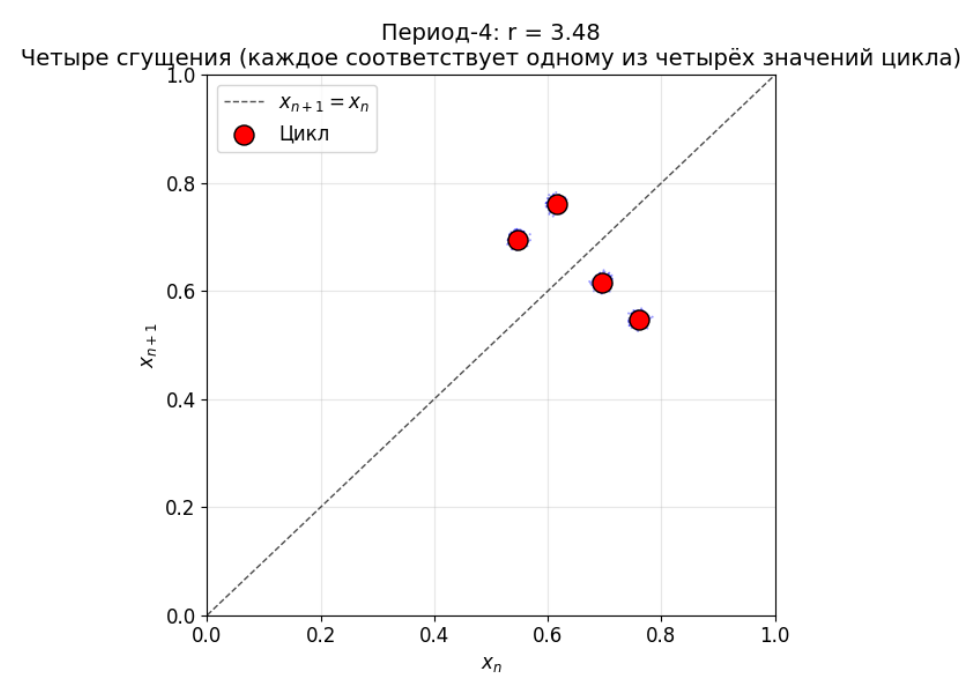


Рисунок 4. Фазовый портрет для индекса жёсткости контроля $r = 3.48$ (режим период-4)

При $r = 3.48$ система демонстрирует режим период-4. Аттрактор состоит из четырёх различных значений, образующих цикл $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_1$. На фазовом портрете это выражается в виде отдельных точек (четырёх компактных областей), расположенных в вершине некоторого прямоугольника. Каждая точка отображается в следующую по циклу. На графике видны четыре группы синих точек, соответствующих четырём значениям аттрактора. Красные точки

указывают на их координаты. По мере приближения к следующей бифуркации эти точки сближаются, что предвещает переход к периоду-8.

Фазовые портреты, приведённые на рисунках 2-4, иллюстрируют изменение поведения системы в новые качественные состояния при изменении параметра логистического отображения r , т.е. переход от стабильного режима (неподвижная точка) к режиму период-2 (двухточечному циклу), а затем к режиму период-4 (четырёхточечному циклу).

Проведённые эксперименты позволяют сформулировать рекомендации, которые можно использовать в практической работе по управлению таможенным контролем.

1. С целью максимальной определённости и предсказуемости времени простоя грузов рекомендуется осуществлять поддержку величины индекса жёсткости контроля в пределах $C < 0.35$. В этих условиях система функционирует в стабильном режиме, что даёт возможность эффективного планирования логистических операций.

2. В случае досмотра рискованных грузов, когда возникает необходимость усиления жёсткости контроля, величина жёсткости контроля C может быть повышена от 0.38 до 0.6. Однако следует учитывать, что в этом диапазоне система переходит в режим период-2, и время простоя начинает колебаться между двумя значениями. Амплитуда колебаний возрастает с ростом C , достигая 22 часов при $C = 0.60$.

3. Диапазон $C \in [0.61; 0.65]$ характеризуется режимом периода-4, при котором время простоя грузов циклически принимает четыре различных значения. Применение такого уровня контроля возможно только при краткосрочных операциях и при условии, что разброс значений приемлем для логистических процессов.

4. Значение индекса жёсткости контроля $C > 0.657$ приводят к дальнейшему усложнению режимов (период 8 и выше) и переходу к хаосу,

что делает систему непредсказуемой. Такие уровни контроля следует избегать в повседневной практике.

Полученные количественные зависимости времени простоя от индекса жёсткости контроля позволяют научно обоснованно выбирать режимы работы таможенной службы, обеспечивая баланс между эффективностью контроля и предсказуемостью логистических процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье представлены результаты машинных экспериментов, проведённых с использованием ранее составленного программного продукта, реализующего алгоритм математической модели регулирования грузовых потоков на основе логистического отображения. В отличие от аналитических расчётов, машинные эксперименты позволяют наблюдать динамическое поведение системы, фиксировать переходные процессы и эмпирически определять режимы её работы. В ходе проведения экспериментов были исследованы три основных режима функционирования таможенной системы:

1. Стабильный режим (период-1), когда значения индекса жёсткости таможенного контроля поддерживались в диапазоне $C < 0.35$. В этом режиме система находится в стабильном режиме, что обеспечивает её высокую предсказуемость и управляемость.

2. Режим период-2 при $C \in [0.38; 0.6]$. В этом режиме время простоя грузов колеблется между двумя значениями. Максимальное значение быстро достигает 48 часов и остаётся постоянным, тогда как минимальное значение монотонно убывает от 41.5 до 26.0 часов. Амплитуда колебаний возрастает и предсказуемость системы снижается.

3. Режим, когда индекс жёсткости контроля принимает значение в диапазоне $C \in [0.61; 0.65]$ и время простоя колеблется между четырьмя значениями (режим периода-4

Практическая значимость проведённых исследований заключается в возможности применения предложенного модельного инструментария в принятии решений по выбору научно обоснованной величины индекса жёсткости таможенного контроля.

Литература

1. Алгоритм математического моделирования регулирования грузовых потоков на основе логистического отображения /Стрельцова Е.Д., Яковенко И.В., Колесникова Е.В., Титов А.Ю.// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2026. – № –215. – С. 396-418.
2. Тахиров Ж. О., Абдурахмонов Т. Т., Саидов А. А. Теорема существования решения задачи оптимального управления процессом таможенного оформления //Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2025. – Т. 51. – №. 2. – С. 73-84.
3. Бреева М. М. Моделирование процесса внедрения системы управления рисками в процесс таможенного контроля на примере товаров, содержащих объекты интеллектуальной собственности //Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2006. – №. 4. – С. 326-332.
4. Валиев Ф. Н. Модель реализации бизнес-процессов сквозного таможенного контроля ввозимых товаров в условиях цифровой прослеживаемости //Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14. – №. 10. – С. 5849-5866.
5. Дмитриева О. А. Модель деятельности таможенно-логистических терминалов при предоставлении таможенных услуг //Вестник университета. – 2013. – №. 6. – С. 33-36.
6. Кумратова, А. М. Оценка и управление рисками: анализ временных рядов методами нелинейной динамики / А. М. Кумратова, Е. В. Попова. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2014. – 212 с. ISBN: 978–5–94672–786–0 EDN: SMCIVN
7. Бакурадзе Л.А. Математические модели, инструментарий и методики совершенствования оперативного управления уборочно-заготовительными компаниями в АПК, часть 1-я / Л.А. Бакурадзе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №01(055). С. 8 – 24. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0020, IDA [article ID]: 0551001002. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/02.pdf>, 1,062 у.п.л.
8. Abbasov A., Streltsova E., Borodin A., et al. Mathematical modeling of fiscal innovations based on the interdisciplinary synthesis of fuzzy logic and automata theory // Azerbaijan Journal of Mathematics. — 2022. — Vol. 12. — P. 2-29.
9. Streltsova E., Borodin A., Yakovenko I. Fuzzy-logic model for feasibility study of project implementation: Project's investment risk // Iranian Journal of Fuzzy Systems. — 2022. — Vol. 19. — P. 1-15.
10. Borodin A., Streltsova E., Mamedov Z., et al. Fuzzy-Logical model for analysis of sustainable development of fuel and energy complex enterprises // AIMS Energy. — 2023. — Vol. 11(5). — P. 974-990.

References

1. Algoritm matematicheskogo modelirovaniya regulirovaniya gruzovykh potokov na osnove logisticheskogo otobrazheniya / Strel'tsova E.D., Yakovenko I.V., Kolesnikova E.V., Titov A.Yu. // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2026. – № –215. – S. 396-418.
2. Takhirov Zh. O., Abdurakhmonov T. T., Saidov A. A. Teorema sushchestvovaniya resheniya zadachi optimal'nogo upravleniya protsessom tamozhennogo oformleniya // Vestnik KRAUNTS. Fiziko-matematicheskie nauki. – 2025. – T. 51. – №. 2. – S. 73-84.
3. Breeva M. M. Modelirovanie protsessa vnedreniya sistemy upravleniya riskami v protsess tamozhennogo kontrolya na primere tovarov, sodержashchikh ob"ekty intellektual'noy sobstvennosti // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki. – 2006. – №. 4. – S. 326-332.
4. Valiev F. N. Model' realizatsii biznes-protsessov skvoznoogo tamozhennogo kontrolya vvozimykh tovarov v usloviyakh tsifrovoy proslezhivaemosti // Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. – 2024. – T. 14. – №. 10. – S. 5849-5866.
5. Dmitrieva O. A. Model' deyatel'nosti tamozhenno-logisticheskikh terminalov pri predostavlenii tamozhennykh uslug // Vestnik universiteta. – 2013. – №. 6. – S. 33-36.
6. Kumratova, A. M. Otsenka i upravlenie riskami: analiz vremennykh ryadov metodami nelineynoy dinamiki / A. M. Kumratova, E. V. Popova. – Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2014. – 212 s. ISBN: 978-5-94672-786-0 EDN: SMCIVN
7. Bakuradze L.A. Matematicheskie modeli, instrumentariy i metodiki sovershenstvovaniya operativnogo upravleniya uborochno-zagotovitel'nymi kompaniyami v APK, chast' 1-ya / L.A. Bakuradze // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №01(055). S. 8 – 24. – Shifr Informregistra: 0421000012\0020, IDA [article ID]: 0551001002. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/02.pdf>, 1,062 u.p.l.
8. Abbasov A., Strel'tsova E., Borodin A., et al. Mathematical modeling of fiscal innovations based on the interdisciplinary synthesis of fuzzy logic and automata theory // Azerbaijan Journal of Mathematics. — 2022. — Vol. 12. — P. 2-29.
9. Strel'tsova E., Borodin A., Yakovenko I. Fuzzy-logic model for feasibility study of project implementation: Project's investment risk // Iranian Journal of Fuzzy Systems. — 2022. — Vol. 19. — P. 1-15.
10. Borodin A., Strel'tsova E., Mamedov Z., et al. Fuzzy-Logical model for analysis of sustainable development of fuel and energy complex enterprises // AIMS Energy. — 2023. — Vol. 11(5). — P. 974-990.