

УДК 330.4, JEL C02

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

**МЕХАНИЗМ ЛИНЕЙНОГО КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА НА ПРИМЕРЕ ВРЕМЕННОГО РЯДА КОЛИЧЕСТВ ПРОВЕРЕННЫХ ТОВАРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ ПОСЛЕ ВЫПУСКА ТОВАРОВ**

Таран Екатерина Алексеевна  
Студент  
ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина»,  
Краснодар, Россия

Попова Елена Витальевна  
д.э.н., к.ф.-м.н. профессор  
ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина»,  
Краснодар, Россия

Экономико-математические методы и модели прогнозирования показателей, отражающих динамику развития процессов, широко используются в различных сферах деятельности человека. Прогнозирование процесса и, как следующий этап, качественное планирование деятельности любой организации последовательны и взаимосвязаны. Результативность деятельности организации оценивается рядом показателей, для службы таможенного контроля таким показателем является количество проведенных форм контроля. Отбор объектов повторного контроля представляет отдельную задачу. Обычно инспектор руководствуется практикой проверок. Спрогнозировать количество товаров, попадающих на повторную проверку, является задачей, решение которой предложено в настоящей статье. Авторами рассмотрен механизм работы линейного клеточного автомата на примере временного ряда количеств проверенных товаров Краснодарской таможни, обоснован выбор математического инструментария «клеточный автомат» и на реальных данных количества проверенных товаров продемонстрирован процесс прогнозирования для каждого последующего периода времени

Ключевые слова: МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ, МЕХАНИЗМ ЛИНЕЙНОГО КЛЕТОЧНОГО АППАРАТА, ЧИСЛОВОЙ ВРЕМЕННОЙ РЯД, КОЛИЧЕСТВО ПРОВЕРЕННЫХ ТОВАРОВ, ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-200-033>

UDC 330.4, JEL C02

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

**MECHANISM OF A LINEAR CELLULAR AUTOMATA BY THE EXAMPLE OF A TIME SERIES OF QUANTITIES OF CHECKED GOODS DURING CUSTOMS CONTROL AFTER THE RELEASE OF GOODS**

Taran Ekaterina Alexeevna  
student  
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Popova Elena Vitalievna  
Doctor of Economics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor  
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Economic and mathematical methods and models for forecasting indicators reflecting the dynamics of the development of processes are widely used in various fields of human activity. Forecasting the process and, as the next stage, qualitative planning of the activities of any organization are consistent and interrelated. A number of indicators, for the customs control service, assesses the effectiveness of the organization's activities such an indicator is the number of control forms carried out. The selection of control objects is a separate task. Usually, the inspector guided by the practice of inspections. Predicting the number of products that will be re-checked is a task, the solution of which proposed in this article. The authors considered the mechanism of operation of a linear cellular automaton using the example of a time series of quantities of checked goods of Krasnodar customs, justified the choice of mathematical tools "cellular automaton" and demonstrated the forecasting process for each subsequent period based on real data on the number of checked goods

Keywords: METHODS OF NONLINEAR DYNAMICS, LINEAR CELLULAR AUTOMATA MECHANISM, NUMERICAL TIME SERIES, NUMBER OF PRODUCTS VERIFIED, VERIFICATION AND VALIDATION OF A PREDICTIVE MODEL

### **Введение.**

Ежегодно таможенными органами ставится задача о выполнении показателей эффективности и результативности деятельности. Данные показатели различны в зависимости от направления деятельности того или иного структурного подразделения. Показатели рассчитываются на основании полученных за определенный период времени данных (значений). Для службы таможенного контроля после выпуска товаров (СТКПВТ), например, одним из оснований для расчета показателей является количество проведенных форм таможенного контроля (ТК).

При этом, при проведении одной формы ТК (например, камеральной таможенной проверки) в отношении одной конкретной организации проверяться могут сразу несколько партий товаров. Соответственно, количество проверенных товаров всегда будет больше, чем количество проведенных форм ТК.

Количество проверенных товаров величина не постоянная, и предугадать какое именно количество подвергнется проверке достаточно тяжело ввиду многих факторов, в числе которых сокращение импорта, поддержка бизнеса со стороны государства (запрет на проведение проверочных мероприятий) и т.д., но не невозможно, что мы и попробуем сделать.

### **Обоснование актуальности исследования и обозначение проблемы.**

По итогам 2023 года СТКПВТ Краснодарской таможни проведено 265 форм ТК (камеральная, выездная таможенные проверки, таможенный осмотр помещений и территорий и др.), по результатам которых доначислено 387 млн. руб. таможенных платежей, возбуждено 215 дел об АП, 37 уголовных дел

(<https://yutu.customs.gov.ru/folder/151329/document/564505>).

При

проведении 265 форм ТК проверено 522 товара.

Основной задачей данного исследования является прогнозирование количества проверяемых товаров, тем не менее для того, чтобы это количество имело место быть, необходимо отобрать предполагаемые объекты таможенного контроля.

В настоящее время должностные лица таможенных органов при выборе объектов таможенного контроля руководствуются практикой нарушений (поиск похожих случаев нарушения таможенного законодательства на те, что были ранее совершены), либо же собственными исследованиями (анализ баз данных таможенных органов), тем самым реализуют прописанный на законодательном уровне принцип выборочности. Выбор объектов контроля таким образом носит субъективный характер. Ко всему прочему человеческие ресурсы ограничены, а это означает, что охватить весь объем данных (товаров) для проведения проверочных и аналитических мероприятий не представляется возможным.

На данный момент в таможенных органах нет программы, которая в автоматическом режиме отбирала бы потенциальные объекты таможенного контроля, авторами данной работы предложен рабочий алгоритм, решающий задачу отбора объектов (товаров) для проведения ТКПВТ [13].

В таможенной сфере, в основе которой лежат внешнеторговые связи и внешнеэкономические отношения, количество проверенных товаров, ввиду воздействия внешних факторов, не может быть каким-то определённым или постоянным числом. В данном исследовании авторы предлагают, используя методы нелинейной динамики, спрогнозировать возможное количество товаров, попадающих под вторичную проверку.

**Постановка задачи и методика решения.**

Для получения прогноза количества проверенных товаров на 1 квартал 2024 года, исследуем временной ряд ежеквартальных данных в течение десятилетнего периода:

$$K: k_l, l = \overline{1, m} \tag{1}$$

$K$  – количество проверенных товаров за истекший период времени.

Временные периоды пронумерованы индексом  $l = 1, 2, \dots, m$ , где  $m = 2023 - 2014 + 1 = 10$ ;  $k_l$  – максимальное количество проверенных товаров в  $l$  году. Значения  $k$  за период с 2014 по 2023 годы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальное количество проверенных товаров за период с 2014 по 2023 годы.

Период	Количество проверенных товаров
2014 год	
1 квартал	129
2 квартал	102
3 квартал	93
4 квартал	86
2015 год	
1 квартал	70
2 квартал	82
3 квартал	184
4 квартал	71
2016 год	
1 квартал	78
2 квартал	137
3 квартал	94
4 квартал	125
2017 год	
1 квартал	108
2 квартал	87
3 квартал	76
4 квартал	128
2018 год	
1 квартал	85
2 квартал	141
3 квартал	74
4 квартал	72

2019 год	
1 квартал	67
2 квартал	60
3 квартал	52
4 квартал	93
2020 год	
1 квартал	103
2 квартал	80
3 квартал	38
4 квартал	100
2021 год	
1 квартал	172
2 квартал	205
3 квартал	334
4 квартал	90
2022 год	
1 квартал	111
2 квартал	81
3 квартал	65
4 квартал	84
2023 год	
1 квартал	113
2 квартал	146
3 квартал	126
4 квартал	137

В целях оптимизации дальнейших расчётов необходимо преобразовать временной ряд (1) в лингвистический. Такое преобразование заключается в замене числовых элементов буквенными: Н – низкое количество проверенных товаров, С – среднее, В – высокое, П – пороговое. Таким образом, у нас получается лингвистический временной ряд

$$Z: z_l, l = 1, 2, \dots, m.$$

(2)

Согласно таблице 1 за весь рассматриваемый период максимальные (пороговые) количества проверенных товаров – 334, 205, 184, 172. Далее условно разграничим в процентном выражении интервалы для остальных буквенных элементов (Н, С, В). Для этого за 100% возьмем среднее

значение пороговых элементов ( $S(224)$ ). Через пропорцию найдем сколько процентов от максимума составляет количество проверенных товаров в каждом квартале 
$$\%_l = \frac{k_l \times 100}{S}$$

(3)

Таким образом, к низким элементам (Н) относятся те, которые имеют значения  $\%_l$  до 36%; к средним элементам (С) относятся те, которые имеют значения  $\%_l$  от 36,16% до 48,21%; к высоким элементам (В) относятся те, которые имеют значения  $\%_l$  от 48,66% и выше.

Выполнив описанный выше вариант решения, получаем следующий лингвистический временной ряд (таблица 2).

Таблица 2 – лингвистический временной ряд количеств проверенных товаров за период 2014-2023 гг.

І кв. 2014	ІІ кв. 2014	ІІІ кв. 2014	ІV кв. 2014	І кв. 2015	ІІ кв. 2015	ІІІ кв. 2015	ІV кв. 2015	І кв. 2016	ІІ кв. 2016
В	С	С	С	Н	С	П	Н	Н	В
ІІІ кв. 2016	ІV кв. 2016	І кв. 2017	ІІ кв. 2017	ІІІ кв. 2017	ІV кв. 2017	І кв. 2018	ІІ кв. 2018	ІІІ кв. 2018	ІV кв. 2018
С	В	В	С	Н	В	С	В	Н	Н
І кв. 2019	ІІ кв. 2019	ІІІ кв. 2019	ІV кв. 2019	І кв. 2020	ІІ кв. 2020	ІІІ кв. 2020	ІV кв. 2020	І кв. 2021	ІІ кв. 2021
Н	Н	Н	С	С	С	Н	С	П	П
ІІІ кв. 2021	ІV кв. 2021	І кв. 2022	ІІ кв. 2022	ІІІ кв. 2022	ІV кв. 2022	І кв. 2023	ІІ кв. 2023	ІІІ кв. 2023	ІV кв. 2023
П	С	В	С	Н	С	В	В	В	В

Лингвистические временные ряды содержат информацию о влиянии каких-либо внешних факторов на количество, в нашем случае, проверенных товаров, т.е. обладают долговременной памятью.

В основе процесса прогнозирования лежат переходы низких, средних, высоких и пороговых состояний.

Пусть  $Q$  обозначает набор конфигураций, возникших в нашем лингвистическом временном ряду, подмножества  $Q$  фиксированной длины будут иметь следующий вид:

$$Q_1 = \{H, C, P, B\}, Q_2 = \{HC, HB, CH, CC, CB, PH, PC, PB, VH, VC, VP, BV\},$$
$$Q_3 = \{HHH, HHC, HNB, HCC, HCP, HCB, HVC, CHC, CHB, CCC, СПН, СПП, СВН, СВС, СВВ, ПНН, ПСВ, ППП, ВНН, ВСН, ВСС, ВСВ, ВВС, ВВВ\}$$

Кроме того, в лингвистическом временном ряду встречаются попарно различные конфигурации. Возможное количество различных конфигураций составляет 1364. В нашем случае количество попарно различных конфигураций ( $J$ ) составляет 99, из которых 4 в первой конфигурации, 13 во второй, 24 в третьей, 29 в четвертой, 29 в пятой. В связи с этим, количество реальных конфигураций составляет менее 7,26% от количества возможных.

Пусть наша последовательность (1) продолжает расти (значение параметра  $m$  в  $k_l, l = \overline{1, m}$  стремится к бесконечности), тогда можно сказать, что в этой продолжающейся последовательности появляется некая фиксированная конфигурация, после которой на постоянной основе следует переход в то же состояние, конфигурация имеет память. Если есть переходы в два фиксированных состояния, то конфигурация имеет частичную память. Конфигурация без памяти отображает переходы без фиксированных состояний.

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы. Отрезки длиной 1 (H, C, B, P) и некоторые отрезки длиной 2 (HC, HB, CH, CC, CB, PH, PC, PB, VH, VC, VP, BV) не имеют памяти, так как переходы были только в одно состояние. Однако некоторые сегменты длины 2 уже имеют частичную память. Сегменты длиной 3 имеют память, при этом 12,5% этой конфигурации также имеют частичную память; 97% конфигураций, в которых присутствуют сегменты длиной 4, имеют память, а 3% — частичную память; 91% конфигураций, в которых присутствуют сегменты длиной 5, имеют память и 3% имеют частичную память.

### Выполнение подсчетов статистики переходов.

Для этого сначала посчитаем количество переходов в одно из состояний Н, С, В, П. Далее вычисляются эмпирические значения частот переходов в одно из состояний. Значение  $\frac{1}{3}$  имеют переходы из Н в Н, из С в Н, из П в Н, из П в С, из П в П, из С в В, из В в В. Значение 0 имеют переходы из Н в П, из В в П, из П в В. Значение  $\frac{1}{9}$  имеет переход из В в Н. Значение  $\frac{4}{9}$  имеет переход из Н в С. Значение  $\frac{1}{6}$  имеют переходы из С в С, из С в П. Значение  $\frac{5}{9}$  имеет переход из В в С. Значение  $\frac{2}{9}$  имеет переход из Н в В.

Аналогично рассчитываем значения для остальных конфигураций.

По результатам работы клеточного автомата создадим прогнозирующую модель.

Перед тем, как приступить к прогнозированию, необходимо представить описательную часть на примере нашего лингвистического временного ряда, который состоит из квартальных максимальных количеств проверенных товаров. Ставится задача прогнозирования возможного количества проверенных товаров в 1 квартале 2024 года (неизвестных значений) на основании вычисленных выше частот (известных значений).

Прогнозирование определённого значения представим в виде нечёткого множества  $M_{m+1} = \{(Н; \varphi_H), (С; \varphi_C), (П; \varphi_P), (В; \varphi_B)\}$ , где  $\varphi$  удовлетворяет равенству  $\varphi_H + \varphi_C + \varphi_P + \varphi_B = 1$ .

Сначала рассчитываются переходы конкретной конфигурации в известные состояния (в Н, С, П, В). После этого рассчитываются эмпирические значения частот элементов конфигурации 2 в Н, С, П, В. Далее элементы конфигурации 3 в Н, С, П, В. Если конфигурация 3 имеет память, то можно переходить к расчету  $\varphi_H, \varphi_C, \varphi_P, \varphi_B$ .



Для этого вычисляем ненормированные значения  $\varphi'_H = b_1(z_m \rightarrow H) + b_2(z_{m-1}z_m \rightarrow H) + 0$ ,  $\varphi'_C = b_1(z_m \rightarrow C) + b_2(z_{m-1}z_m \rightarrow C) + 1$ ,  $\varphi'_\Pi = b_1(z_m \rightarrow \Pi) + b_2(z_{m-1}z_m \rightarrow \Pi) + 0$ ,  $\varphi'_B = b_1(z_m \rightarrow B) + b_2(z_{m-1}z_m \rightarrow B) + 0$  и их сумму  $\delta = \varphi'_H + \varphi'_C + \varphi'_\Pi + \varphi'_B$ . После получаем следующие выражения  $\varphi_H = \frac{\varphi'_H}{\delta}$ ,  $\varphi_C = \frac{\varphi'_C}{\delta}$ ,  $\varphi_\Pi = \frac{\varphi'_\Pi}{\delta}$ ,  $\varphi_B = \frac{\varphi'_B}{\delta}$ .

Если у конфигурации 3 нет памяти, переходим к конфигурации 4, для которой также рассчитываем переходы в H, C, П, В. К вычислению  $\varphi_H, \varphi_C, \varphi_\Pi, \varphi_B$  переходим в том случае, когда мы сталкиваемся с конфигурацией, имеющей память, т.е. получается единственное значение любого из элементов H, C, П, В. При возникновении такой ситуации сначала рассчитываются ненормированные значения, а после искомые.

Представленный таблицей 2 лингвистический временной ряд проверенных товаров заканчивается элементом В, где  $m = 40$ , что соответствует 4 кварталу 2023 года.

Теперь перейдем к прогнозу 1 квартала 2024 года, т.е. определим для неизвестного элемента его нечеткое множество  $M_{m+1}^0 = \{(H; \varphi_H^0), (C; \varphi_C^0), (\Pi; \varphi_\Pi^0), (B; \varphi_B^0)\}$ . В результате точно можно будет сказать, каким будет максимальное количество проверенных товаров в 1 квартале 2024 года.

Так как глубина памяти равна 5 рассмотрим отрезок лингвистического временного ряда СВВВВ. Для этого рассмотрим все его конфигурации В; ВВ; ВВВ; ВВВВ; СВВВВ. Для длины равной 1 получаем  $b_1(B \rightarrow H) = \frac{1}{9}$ ,  $b_1(B \rightarrow C) = \frac{5}{9}$ ,  $b_1(B \rightarrow \Pi) = \frac{1}{3}$ .

(4)

Для длины равной 2 получаем  $b_2(BB \rightarrow H) = 0$ ,  $b_2(BB \rightarrow C) = \frac{1}{2}$ ,  $b_2(BB \rightarrow \Pi) = 0$ ,  $b_2(BB \rightarrow B) = \frac{1}{2}$ .

(5)

Сегмент ВВ 2 конфигурации имеет память и на этом этапе расчеты

можно остановить, однако с целью более высокой точности прогноза расчеты можно продолжить до исчерпывающей 5 конфигурации.

Далее вычислим ненормированные значения:

$$\varphi'_H = \frac{1}{9} + 0 + 0 + 0 + 0 = 0,11; \varphi'_C = \frac{5}{9} + \frac{1}{2} + 0 + 0 + 0 = 1,06;$$

$\varphi'_\Pi = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0; \varphi'_B = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + 1 + 0 + 0 = 1,83$  и их сумму  $\delta = 0,11 + 1,06 + 0 + 1,83 = 3$ . Далее процесс нормирования и получения искомого значения:  $\varphi_H = \frac{\varphi'_H}{\delta} = \frac{0,11}{3} = 0,04; \varphi_C = \frac{\varphi'_C}{\delta} = \frac{1,06}{3} = 0,35; \varphi_\Pi = \frac{\varphi'_\Pi}{\delta} = \frac{0}{3} = 0; \varphi_B = \frac{\varphi'_B}{\delta} = \frac{1,83}{3} = 0,61$  (таблица 3).

Таким образом, мы можем наблюдать, что представленный прогноз возможного максимального количества проверенных товаров в 1 квартале 2024 года в форме лингвистических элементов будет Н, т.е. низкое количество.

Таблица 3 – Результат прогнозирования

Период	Конфигурация	Переходы в	Ненормированные значения	Сумма ненормированных значений	Результат	Прогноз
1 кв 2024	СВВВВ	Н	1/9+0+0+0+0=0,11	3	0,04	U={(Н;0,04), (С;0,35), (Π;0), (В;0,61)}
		С	5/9+1/2+0+0+0=1,06		0,35	
		Π	0+0+0+0+0=0		0	
		В	1/3+1/2+1+0+0=1,83		0,61	

Представленным образом мы определили прогноз на 1 квартал 2024 года. Чтобы убедиться в достоверности данного прогноза, необходимо осуществить так называемую сверку с уже известными данными. Поэтому последовательно рассмотрим (спрогнозируем) значения количеств проверенных товаров за указанный период. Для этого рассмотрим лингвистические ряды  $z_l, l = 1, 2, \dots, g, g = m - j, j = \overline{1, m - k}$ , (6)

т.е. последовательно удаляем из ряда последние  $j$  элементы.

В процессе сверки прогноза подтверждена адекватность предложенной нечеткой модели прогноза реальным временным рядам количеств товаров. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты прогнозной модели

Период	Конфигурация	Переходы в	Ненормированные значения	Сумма ненормированных значений	Результат	Прогноз
2 кв 2015	ВСССН	Н	$1/3+0+0+0=0,33$	3,99	0,08	$U=\{(H;0,08), (C;0,8), (П;0), (B;0,12)\}$
		С	$4/9+3/4+0+1+1=3,19$		0,8	
		П	$0+0+0+0=0$		0	
		В	$2/9+1/4+0+0=0,47$		0,12	
2 кв 2016	НСПНН	Н	$1/3+1/3+0+0=0,66$	4,98	0,13	$U=\{(H;0,13), (C;0,15), (П;0), (B;0,71)\}$
		С	$4/9+1/3+0+0=0,77$		0,15	
		П	$0+0+0+0=0$		0	
		В	$2/9+1/3+1+1=3,55$		0,71	
4 кв 2023	НСВВВ	Н	$1/9+0+0+0=0,11$	5	0,02	$U=\{(H;0,02), (C;0,21), (П;0), (B;0,77)\}$
		С	$5/9+1/2+0+0=1,06$		0,21	
		П	$0+0+0+0=0$		0	
		В	$3/9+1/2+1+1=3,83$		0,77	

Далее преобразуем лингвистическое нечеткое множество в числовое.

$$K_{m+1}^0 = \{(k_H^0; \varphi_H), (k_C^0; \varphi_C), (k_P^0; \varphi_P), (k_B^0; \varphi_B)\}.$$

(7)

В качестве соответствующих числовых значений элементов выбираются наиболее близкие к элементам  $k_z$  усредненные низкие, средние, высокие и пороговые значения.

В качестве соответствующих числовых значений элементов выбираются наиболее близкие к элементам  $k_z$  усредненные низкие, средние, высокие и пороговые значения  $k_z^0, z \in \{H, C, П, B\}$ :

$$k_{\text{H}}^0 = k_{35} = 65; k_{\text{C}}^0 = \frac{1}{2}(k_{34} + k_{36}) = \frac{1}{2}(84 + 81) = 82,5; k_{\text{П}}^0 = k_{31} \\ = 334; k_{\text{В}}^0 = \frac{1}{2}(k_{38} + k_{39}) = \frac{1}{2}(146 + 126) = 136.$$

Получаем искомый прогноз:

$$K_{m+1}^0 = \{(65; 0,04), (82,5; 0,35), (334; 0), (136; 0,61)\}.$$

В обычном числовом виде прогнозное максимальное значение количества проверенных товаров выглядит следующим образом:  $K_{m+1}^0 = \sum_{d=1}^4 \varphi_d k_d^0 = 0,04 \times 65 + 0,35 \times 82,5 + 0 \times 334 + 0,61 \times 136 = 114,5$ , где  $d$  пронумерованы соответственно Н, С, В:  $\varphi_1 = \varphi_{\text{H}} = 0,11$ ;  $\varphi_2 = \varphi_{\text{C}} = 1,06$ ;  $\varphi_3 = \varphi_{\text{В}} = 1,83$ .

На основании полученных выше расчетов можно сформировать оценку средней погрешности прогноза  $\leq 7,3\%$ , т.е. почти стопроцентный прогноз для каждого квартала.

Подводя итог, были получены следующие результаты: количество угаданных уровней 38 шт., количество неугаданных уровней 3 шт.

Тем не менее, нет стопроцентной гарантии прогноза ввиду различных внешних факторов, например, изменения во внешней торговле, санкции, поддержка внутреннего рынка и т.д.

Таким образом, при проведении исследования мы можем спрогнозировать возможное количество проверенных товаров СТКПВТ в 1 квартале 2024 года – 115 товаров.

### **Заключение.**

Напомним, что для целей иллюстрации, валидации предлагаемой модели рассматривался временной ряд количеств проверенных товаров СТКПВТ за период с 2014 по 2023 годы (в статье представлены более подробные расчеты для прогноза 1 квартала 2024 года).

Подводя итог исследованию, можно сделать вывод, что методы нелинейной динамики можно применять в любой сфере, в том числе и таможенной. Рассмотренный механизм линейного клеточного автомата на примере временного ряда количеств проверенных товаров СТКПВТ позволил почти стопроцентно спрогнозировать количество проверенных товаров в каждом последующем квартале. Ошибка прогнозной модели составляет 7,3%.

Тем не менее, на количество проверяемых товаров оказывают влияние как внешние факторы, так и внутренние, так как проверяемые товары – это ввозимые товары. Соответственно, можно наблюдать следующую картину: под влиянием пандемии COVID-19 во втором и третьем квартале 2020 года количество проверенных товаров достаточно низкое. Механизм линейного клеточного автомата не всегда может предугадать такого рода изменения, а также влияние на объем работы подразделений СТКПВТ.

### **Список использованных источников**

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2000. - 352 с.
2. Перепелица В.А., Попова Е.В. Математические модели и методы оценки рисков экономических, социальных и аграрных процессов. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. Ун-та, 2002. –202с.
3. Жирабок А.Н. Нечеткие множества и их использование для принятия решений // Соровский образовательный журнал. - 2001.- Том 7, №2. - С. 109-115.
4. Янгишиева А.М., Перепелица В.А., Попова Е.В., Салпагаров А.Д. Использование методов нелинейной динамики для предпрогнозного анализа объемов стока горных рек // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2005. № 1. С. 73-84.
5. Янгишиева А.М., Попова Е.В., Каппушев А-М.М-У. Представление глубины памяти временных рядов урожайности нечеткими множествами / III Международная научно-практическая конференция «Проблемы регионального управления, экономики, права и инновационных процессов в образовании». (10-13 сентября 2003г.) – Таганрог, 2003. – С. 179-182.
6. Яновский Л.П. Принципы, методология и научное обоснование урожая по технологии «Зонт». - Воронеж: ВГАУ, 2000.-379 с.

7. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. - М.: Мир, 2000. - 333 с.

8. Перепелица В.А., Касаева М.Д. Прогнозирование природного временного ряда на базе модели клеточного автомата // Современные аспекты экономики. –2002. – № 9 (22). – С. 201-208.

9. Перепелица В.А., Касаева М.Д., Тебуева Ф.Б., Темирова Л.Г. Использование инструментария клеточных автоматов для формирования прогнозных нечетких значений урожайности на базе временного ряда // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2003. –№ 4. – С. 5-11.

10. Янгишиева А.М., Перепелица В.А., Попова Е.В. О возможности прогнозирования майских заморозков на основе фазового анализа / VII Международный симпозиум «Математическое моделирование и компьютерные технологии». (21-22 апреля 2005г.) – Кисловодск, 2005. – С.157-160.

11. Янгишиева А.М., Перепелица В.А., Попова Е.В. О фрактальном методе исследования природных временных рядов / V Всероссийский симпозиум «Математическое моделирование и компьютерные технологии». (17-19 октября 2002г.) – Кисловодск, 2002. – С. 26-28.

12. Янгишиева А.М., Перепелица В.А., Попова Е.В., Салпагаров А.Д. Использование методов нелинейной динамики для предпрогнозного анализа объемов стока горных рек // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2005. № 1. С. 73-84.

13. Попова, М. И. Математические методы многокритериальной оптимизации для принятия решения по отбору объектов таможенного контроля после выпуска товаров / М. И. Попова, Е. А. Таран, Н. А. Вилкова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2024. – № 3(171). – С. 24-36.

## References

1. Altunin A.E., Semuxin M.V. Modeli i algoritmy` prinyatiya reshenij v nechetkix usloviyax. - Tyumen`: Izd-vo TyumGU, 2000. - 352 s.

2. Perepelicza V.A., Popova E.V. Matematicheskie modeli i metody` ocenki riskov e`konomicheskix, social`ny`x i agrarny`x processov. – Rostov n/D: Izd-vo Rost. Un-ta, 2002. –202s.

3. Zhirabok A.N. Nechetkie mnozhestva i ix ispol`zovanie dlya prinyatiya reshenij // Sorovskij obrazovatel`ny`j zhurnal. - 2001.- Tom 7, №2. - S. 109-115.

4. Yangishieva A.M., Perepelicza V.A., Popova E.V., Salpagarov A.D. Ispol`zovanie metodov nelinejnoj dinamiki dlya predprognoznogo analiza ob`emov stoka gorny`x rek // E`kologicheskij vestnik nauchny`x centrov Chernomorskogo e`konomicheskogo sotrudnichestva. 2005. № 1. S. 73-84.

5. Yangishieva A.M., Popova E.V., Kappushev A.M.M.U. Predstavlenie glubiny` pamyati vremenny`x ryadov urozhajnosti nechetkimi mnozhestvami / III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Problemy` regional`nogo upravleniya, e`konomiki, prava i innovacionny`x processov v obrazovanii». (10-13 sentyabrya 2003g.) – Taganrog, 2003. – S. 179-182.

6. Yanovskij L.P. Principy`, metodologiya i nauchnoe obosnovanie urozhaya po texnologii «Zont». - Voronezh: VGU, 2000.-379 s.

7. Peters E`. Хаос и порядок на рынках капитала. Новы`j analiticheskij vzglyad na cikly`, ceny` i izmenchivost` ry`nka. - М.: Мир, 2000. - 333 s.

8. Perepelicza V.A., Kasaeva M.D. Prognozirovanie prirodnogo vremennogo ryada na baze modeli kletochnogo avtomata // Sovremennyye aspekty ekonomiki. –2002. – № 9 (22). – S. 201-208.

9. Perepelicza V.A., Kasaeva M.D., Tebueva F.B., Temirova L.G. Ispol'zovanie instrumentariya kletochnyx avtomatov dlya formirovaniya prognoznyx nechetkix znachenij urozhajnosti na baze vremennogo ryada // Izvestiya VUZov. Severo-Kavkazskij region. Estestvennyye nauki. – 2003. –№ 4. – S. 5-11.

10. Yangishieva A.M., Perepelicza V.A., Popova E.V. O vozmozhnosti prognozirovaniya majskix zamorozkov na osnove fazovogo analiza / VII Mezhdunarodnyj simpozium «Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternyye texnologii». (21-22 aprelya 2005g.) – Kislovodsk, 2005. – S.157-160.

11. Yangishieva A.M., Perepelicza V.A., Popova E.V. O fraktal'nom metode issledovaniya prirodnix vremennyx ryadov / V Vserossijskij simpozium «Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternyye texnologii». (17-19 oktyabrya 2002g.) – Kislovodsk, 2002. – S. 26-28.

12. Yangishieva A.M., Perepelicza V.A., Popova E.V., Salpagarov A.D. Ispol'zovanie metodov nelinejnoj dinamiki dlya predprognoznogo analiza ob`emov stoka gornyx rek // E`kologicheskij vestnik nauchnyx centrov Chernomorskogo e`konomicheskogo sotrudnichestva. 2005. № 1. S. 73-84.

13. Popova, M. I. Matematicheskie metody mnogokriterial'noj optimizacii dlya prinyatiya resheniya po otboru ob`ektov tamozhennogo kontrolya posle vypuska tovarov / M. I. Popova, E. A. Taran, N. A. Vilkova // Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya. – 2024. – № 3(171). – S. 24-36.