
ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕКОМПОЗИЦИОННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ¹

Кумратова Альфира Менлигуловна¹, канд. экон. наук, доц.

Попова Елена Витальевна¹, д-р экон. наук, проф.

Чикатуева Любовь Анатольевна², д-р экон. наук, доц.

Василенко Игорь Иванович¹, канд. с.-х. наук, доц.

¹ Кубанский государственный аграрный университет, Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: kumratova.a@edu.kubsau.ru

² Ростовский государственный экономический университет, филиал в г. Черкесске, Красная, 3, Черкесск, Россия, 369000; e-mail: rseu.kchr@mail.ru

Цель: в статье представлены результаты работы по созданию адаптированной комплексной методики прогнозирования динамики декомпозиционных временных рядов туристического потока в горнолыжный пос. Домбай, особенности которой заключаются в совместном использовании как классической, так и новой «нелинейной» статистики. *Обсуждение:* предложенные и апробированные методы представлены в виде предпрогнозной и прогнозной модели для оценки трендоустойчивости временных рядов туристического потока и получения прогноза. В качестве методов нелинейной динамики апробированы: метод нормированного размаха Херста, фазовый анализ, линейный клеточный автомат. *Результаты:* представлены результаты анализа и прогноза на реальных данных туристического потока в виде значений нижнего уровня моделирования туристско-рекреационной деятельности, которые в свою очередь являются входными данными для моделей верхнего уровня – уровня управления туристско-рекреационной деятельностью. Количественный прогноз величины туристического потока позволяет решать вопросы управления туристско-рекреационной деятельностью, например, в планировании занятости номерного фонда.

Ключевые слова: экономика туризма, декомпозированный временной ряд, туристический поток, статистические показатели, фазовый анализ, R/S-анализ, прогноз, линейный клеточный автомат.

DOI: 10.17308/meps.2021.9/2668

¹ Постановление Правительства РФ от 3 апреля 2020 г. № 434 «Об утверждении перечня отраслей российской экономики, в наибольшей степени пострадавших в условиях ухудшения ситуации в результате распространения новой коронавирусной инфекции»

Введение

Актуальность настоящего исследования обусловлена государственной необходимостью создания благоприятных условий для динамичного развития туристического рынка. В соответствии с постановлением правительства № 434 от 06.04.2020, туризм вошел в число отраслей российской экономики, наиболее пострадавших от коронавируса². На сайте Федерального агентства по туризму РФ представлены актуальные и принятые меры поддержки для предприятий туристской отрасли малого и среднего бизнеса³.

В условиях эпидемиологической ситуации в мире большое внимание уделяется вопросам развития внутреннего туризма, в связи с чем количественный прогноз величины туристического потока позволит контролировать один из основных моментов – вопрос управления туристско-рекреационной деятельностью, например, в планировании занятости номерного фонда как отдельно взятой гостиницы, так и туристско-рекреационного комплекса региона в целом.

В условиях настоящей реальности туристско-рекреационная сфера каждого отдельного региона России укрепляет свои позиции на внутреннем рынке, что сказывается на социально-экономическом развитии как самого региона, так и страны в целом. Объявленный жесткий локдаун, фиксированные рекордные показатели заболеваемости в Европе на март 2021 года и статистика бронирований дают возможность предположить, что на сегодняшний день основное население России планирует отдых в пределах страны и даже в пределах региона проживания. Именно этот факт на практике даст возможность региональным туристско-рекреационным комплексам продемонстрировать свои возможности в предоставлении качественных услуг, улучшит инвестиционный климат в сфере туризма, увеличит количество коллективных средств размещения, развитие комплекса услуг лечебно-оздоровительного, делового и профессионального характера. Все вышесказанное способствует развитию новых направлений в туристической отрасли каждого региона в отдельности и страны в целом, определит проблемы развития региональной туристической индустрии, позволив выделить приоритетные направления устойчивого развития российского туризма.

Таким образом, определяя роль и место туристической отрасли в экономике регионов в реалиях сегодняшнего дня, можно отметить значительное укрепление позиции и влияния как на социально-экономическое развитие региона, так и на структуру его экономики. В 2020 году на стимулирование и развитие динамики внутренних туристических потоков Правительство России выделило 15 млрд руб. В 2021 году выделено Ростуризму 2 млрд руб. на возобновление программы по стимулированию внутреннего туризма с возможностью получения кешбэка за покупку туров по России⁴. По сообще-

² Russia travel. Доступно: <https://tourism.gov.ru> (дата обращения: 30.06.2021).

³ Гарант.ру. Доступно: <http://www.garant.ru/news/1451028/#ixzz6rQg4Xf00> (дата обращения: 16.07.2021).

⁴ Гарант.ру. Доступно: <http://www.garant.ru/news/1451028/#ixzz6rQg4Xf00> (дата обращения: 16.07.2021).

ниям главы Ростуризма З.В. Догузовой, в рамках первого этапа программой воспользовались 60 тыс. граждан России, потратив на туры и размещения более 1,4 млрд руб. Самыми популярными направлениями в рамках программы кешбэка стали Краснодарский край, Ставрополье, Крым. Значительно увеличился поток туристов в зимний период и в Карачаево-Черкессию, Кабардино-Балкарию – горнолыжные курорты. Горнолыжный сезон в этих регионах еще продолжается, он достаточно длительный, включая майские праздники. Именно на майских праздниках в эти регионы ожидается наибольший внутренний (российский) туристический поток, интенсивность которого выступает одним из индикаторов состояния и оценки туристического рынка, наравне с такими индикаторами, как туристские ресурсы, финансы туристской сферы и инвестиции в сфере туризма, организация деятельности туристских фирм, платные услуги в сфере туризма (цены на туристские услуги), туристские перевозки, гостиничные предприятия и специализированные средства размещения, сеть общественного питания, производство товаров для туризма.

Оценка общих перспектив развития туризма как для любого региона, так страны и мира в целом с позиции экономической эффективности и социального эффекта базируется на совокупности перечисленных индикаторов, в том числе на индикаторе – туристический поток [10].

Методология исследования

Предлагаемые в работе методы прогнозирования позволяют провести количественную оценку интенсивности туристического потока как комплексного показателя, отражающего уровень туристического рынка региона или отдельного объекта (гостиничного комплекса, санатория, туристической базы и т.д.).

Используя анализ, обобщенные выводы и описание результатов, исследователь формирует «структурированную» информацию о временном ряде. Именно эти структурированные знания позволяют аналитику разработать обоснованные методы прогнозного анализа [9, 11]. В статье в качестве расчетной базы используются значения декомпозированных ежедневных временных рядов туристического потока в горнолыжный поселок Домбай по дням недели за период 2015-2017 гг. Отметим, что количественные данные объема туристического потока – базовый показатель туристической и рекреационной деятельности страны, региона и отдельной организации. В работе исследованы: исходный временной ряд (ВР) ежедневного туристического потока и декомпозиционные ВР (по дням недели, отдельно ВР выходных дней (суббота, воскресенье), будни). Практическое значение исследования отдельно ВР выходных дней обусловлено тем фактом, что наибольшую часть туристов составляют близлежащие регионы для Карачаево-Черкесской Республики: Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край.

Отдельно отметим, что для выводов о количественном измерении динамики процесса любой природы исследование усредненных (типичных)

значений не является результативным [8, 11]. Точность количественного прогноза определяет последовательность данных, которая позволяет выявить возможности появления следующего значения во времени.

В классической статистике выделим три основных показателя, вычисляемых для временной последовательности данных: эксцесс, асимметрия и вариация. Считается, что три этих коэффициента выступают в качестве триады для оценки трендоустойчивости процесса [7, 8, 11, 14].

Сводные результаты исследования временного ряда туристического потока разных декомпозиций представлены в таблице 1.

Таблица 1

Статистические показатели для декомпозированных временных рядов туристических потоков

Стат. показатели Дни недели	MX	DX	σ	V	A	E	Медиана
Понедельник	63.16	2082.4	45.63	0.72	2.2	6.4	49.5
Вторник	61.4	2154.2	46.4	0.75	2.03	5.6	48
Среда	57.4	1184.5	34.4	0.6	1.8	5.21	48.5
Четверг	91.8	5098.5	71.4	0.77	1.6	2.28	73
Пятница	92.57	6962.9	83.4	0.9	2.24	5.45	69
Суббота	136	10116.2	100.6	0.74	1.45	2.43	108
Воскресенье	207.3	30179.8	173.7	0.84	1.33	1.39	151
Будни	370.8	29158.8	170.76	0.46	1.18	1.63	333
Выходные дни	344.7	43774	209.2	0.61	0.91	0.25	291.5
Исходный ВР «Туристы»	1021.1	11195.5	105.81	1.03	2.74	9.65	67

Основываясь на визуализации графического представления исходных данных декомпозиционных ВР по дням недели, предложен механизм проведения процедуры нормирования данных для дальнейшей процедуры прогноза: удалены единичные случаи выброса во временных рядах «Понедельник», «Четверг», «Пятница». Можно отметить, что выбросы соответствуют единичным событийным составляющим и создают «смазанную» картину (динамику).

Нобелевским лауреатом Г. Марковицем определены два основных показателя риска: математическое ожидание и дисперсия или среднеквадратическое отклонение. В более поздних работах также были определены как показатели меры риска коэффициенты асимметрии $A = \sigma^{-3} \sum_{s=1}^n (W_s - M)^3 P_s$ и эксцесса $E = \sigma^{-4} \sum_{s=1}^n (W_s - M)^4 P_s$, где P_s – это вероятность (относительная частота) значения случайной величины W_s , $1 \leq s \leq n$.

Анализ вычисленных рисковых показателей (в соответствии с таблицей 1) позволяет сделать ряд выводов:

– для декомпозиционных ВР будних дней в среднем ожидается заезд туристов в количестве 2-3 экскурсионных автобусов. Резкое увеличение туристического потока наблюдается в выходные дни, что подтверждается практикой;

– при относительно равных значениях математического ожидания у ВР «Четверг» и «Пятница» наблюдается значительная разница показателя дисперсии. Это является следствием различия в форме их распределения;

– коэффициент вариации для всех исследуемых ВР $V > 0.33$. Последнее означает то, что степень рассеивания данных считается значительной;

– для всех рассматриваемых ВР показатель асимметрии выше 0.5, т.е. в распределении данных наблюдается значительная асимметрия;

– выделенные в таблице значения показателя эксцесса, превышающие величину 3, характеризующую «нормальность» распределения, для нормированных ВР «Понедельник» и «Пятница», как и для ВР «Вторник» и «Среда», подтверждают факт, что их функции плотности вероятности не подчиняются закону Гаусса;

– преимущество показателя медианы состоит в том, что на нее не влияют выбросы. Существенный размах в значениях математического ожидания и медианы подтверждает факт неподчинения исследуемых ВР нормальному закону распределения.

Учитывая наличие «тяжелых хвостов» у исходного ВР и декомпозиционных ВР («Понедельник», «Вторник», «Среда», «Пятница») предлагается использовать для выявления предпрогнозных характеристик и расчета прогнозных значений аппарат методов нелинейной динамики [2, 4, 9, 12], который зарекомендовал себя при работе не только с длинными (большими) выборками, но и с короткими ВР [7, 11].

Подробное описание алгоритма работы методов нелинейной динамики: R/S-анализ, фазовый анализ, линейный клеточный автомат представлены в источниках [5, 6, 7, 11, 13].

В таблице 2 представлены результаты вычисленных показателей, полученных на базе методов нелинейной динамики для исходного и декомпозированных временных рядов туристических потоков.

Таблица 2

Результаты вычисленных показателей, полученных на базе методов нелинейной динамики для получения предпрогнозной информации в исследовании декомпозированных временных рядов туристического потока

Показатели Дни недели	Предпрогнозный анализ				
	R/S-анализ			Фазовый анализ	
	Точка срыва	Уравнение регрессии	Показатель Хёрста	Длина квазициклов с наибольшей частотой	Частота длины квазициклов
Понедельник	5	$y = 0.64 \cdot x - 0.42$	0.64	5	10
Вторник	5	$y = 0.67 \cdot x - 0.46$	0.67	5	7
Среда	7	$y = 0.62 \cdot x - 0.4$	0.62	5	7
Четверг	6	$y = 0.65 \cdot x - 0.43$	0.65	4; 5	8
Пятница	6	$y = 0.65 \cdot x - 0.43$	0.65	5	9
Суббота	5	$y = 0.65 \cdot x - 0.43$	0.65	4	9
Воскресенье	5	$y = 0.65 \cdot x - 0.42$	0.65	5	10
Будни		$y = 0.64 \cdot x - 0.42$		4	7
Выходные	5	$y = 0.61 \cdot x - 0.39$	0.61	5	10
Исходный ВР «Туристы»	6	$y = 0.63 \cdot x - 0.41$	0.63	5	46

Анализ расчетных данных таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы:

– для каждого из исследуемых временных рядов в основном зафиксированы пятая или шестая точка срыва с R/S-траектории. В среднем длительность 5–6 недель характеризует месяц для декомпозиционных ВР, что в свою очередь представляет предпрогнозную информацию для определения глубины памяти временного ряда;

– у всех временных рядов значение показателя Хёрста принадлежит зоне «серого» шума. Последнее означает то, что ряды данных не следуют случайным блужданиям [8];

– уравнения регрессии однотипны у всех исследуемых ВР, этот вывод позволяет сделать анализ коэффициента a , значение которого колеблется в интервале от 0.61 до 0.67, т.е. вся исследуемая модельная серия ВР обладает свойством «фрактальности» [1, 8];

– длины квазициклов с наибольшей частотой равны соответственно 4 и 5, что равно календарному месяцу для декомпозиционных ВР по дням недели и количество будних дней для исходного ВР «Туристы»;

– одной из предпрогнозных характеристик является наибольшая частота длины квазициклов, которая характеризует свойство «const» у исследуемого процесса. У ВР «Туристы» самое высокое значение данного показателя, который означает наличие часто встречаемых 5-дневных квазициклов. В данном контексте можно говорить о наличии свойства трендоустойчивости исследуемого процесса. Для декомпозиционных ВР наибольшая частота равна 10 (неделям), что в среднем позволит составить среднесрочный прогноз на 2 месяца.

Для того чтобы сохранить динамику поведения приращений исходных еженедельных временных рядов, проведена процедура нормирования данных.

Представим алгоритм нормирования данных:

1. В исходном ВР приращений найти минимальное значение.
2. Вычислить его абсолютное значение.
3. Последнее добавить к каждому элементу исходного ВР приращений.
4. Во избежание нулевых элементов ряда к каждому значению полученного ВР прибавим $\Delta > 0$, в нашем случае $\Delta = 1$.

Таким образом, динамика значений исследуемого нормированного ряда приращений соответствует динамике базового ряда, а положительные значения элементов нормированного ряда позволяют рассчитать прогноз и применить к ряду алгоритм линейного клеточного автомата.

Анализ расчетов таблицы 3 позволяет сделать следующие выводы:

– для исследуемых исходных временных рядов значение глубины памяти варьируется в диапазоне от 7 до 16; для нормированных декомпозиционных ВР в интервале от 7 до 9. Это означает, что последние более трендоустойчивы [8];

– результаты, полученные на базе линейного клеточного автомата (столбец «Ошибка прогноза»), для нормированного временного ряда значений туристического потока значительно лучше, чем для исходного ВР. Ошибка прогноза для нормированных временных рядов приращений не превышает 22% и на порядок ниже, чем у исходных данных. Отметим, что для природных процессов апробация алгоритма ЛКА показывает ошибку прогноза не более 25% [7].

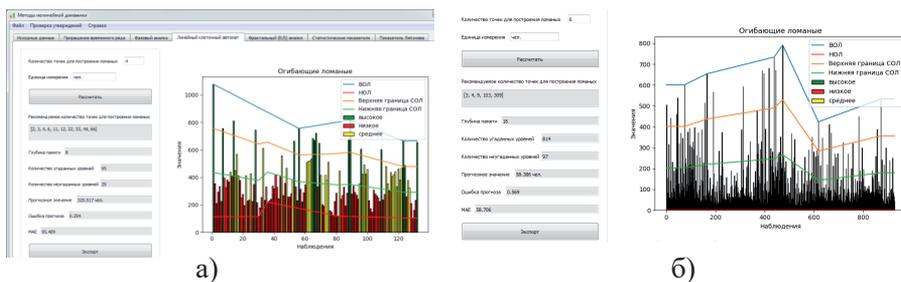
Таблица 3

Результаты применения алгоритма линейного клеточного автомата для декомпозированных временных рядов туристического потока

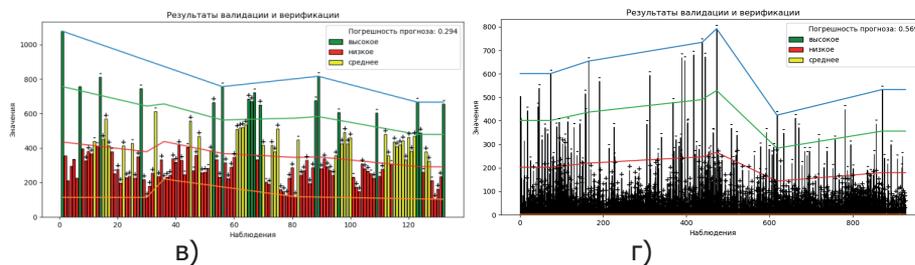
	Исходные временные ряды				Нормированные временные ряды приращений		
	Прогноз	Глубина памяти	Ошибка прогноза (%)	MAE (%)	Глубина памяти	Ошибка прогноза (%)	MAE (%)
Понедельник	61.3	8	41	24.4	8	13.6	29.2
Вторник	26.4	9	43	26.8	8	15.7	31.6
Среда	53.2	8	37	19.4	7	17.1	27.4
Четверг	87	9	43	36.6	8	20	50.2
Пятница	75.6	13	50	43.8	8	16.7	58.8
Суббота	118.8	8	48	61.9	8	20	77.4
Воскресенье	175.5	9	47.6	84.8	9	16.8	97.4
Будни	325.5	8	29.4	95.4	8	22	108.6
Выходные	354	7	36.4	104.5	7	20.4	116.5
BP «Туристы»	58.4	16	56.9	58.7	16	10.7	71.5

– средняя абсолютная ошибка MAE для исходных декомпозиционных BP варьируется в диапазоне (19; 85). Наиболее адекватная прогнозная модель составлена для BP «Среда», т.к. для него получено наименьшее значение MAE.

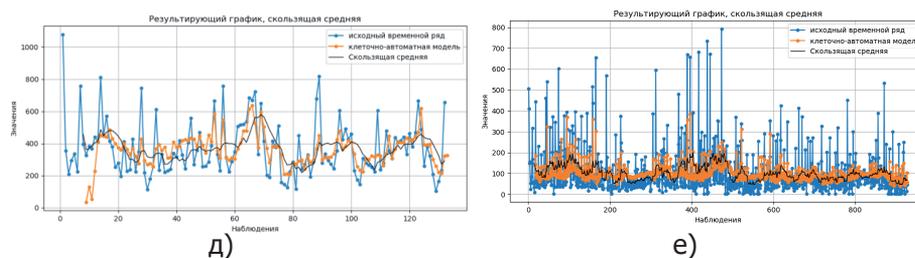
На рисунке 1 представлена авторская разработка «Методы нелинейной динамики» [3], в котором заложены вышеперечисленные алгоритмы методов нелинейной динамики. Результат работы алгоритма линейного клеточного автомата представлен для двух исходных BP: «Будни», для которого получена ошибка прогноза меньше 30% и исходного ежедневного BP «Туристы» с наибольшей ошибкой прогноза. На рисунках д) и е) представлены три графика: динамика самого BP, результат работы прогнозной модели и скользящая средняя. При проведении сравнительного анализа классических методов прогнозирования и методов нелинейной динамики можно сделать вывод о том, что для волатильных временных рядов требуются дополнительные исследования в разрезе построения формаций (агрегирование, приращение).



Верификация прогнозной модели линейного клеточного автомата:
 а) ВР «Будни»; б) исходный ВР «Туристы»



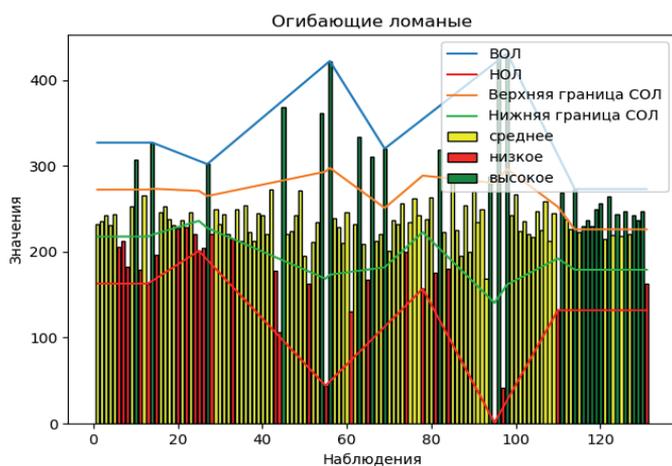
Валидация прогнозной модели линейного клеточного автомата:
 в) ВР «Будни»; г) исходный ВР «Туристы»



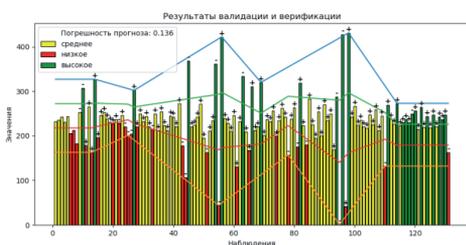
Дефазификация прогнозной модели линейного клеточного автомата:
 д) ВР «Будни»; е) исходный ВР «Туристы»

Рис. 1. Интерфейс программы «Методы нелинейной динамики»,
 вкладка «Линейный клеточный автомат» (фрагмент)

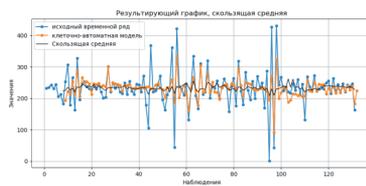
На рисунке 2 представлены результаты применения алгоритма линейного клеточного автомата в исследовании нормированного временного ряда приращений «Понедельник», для которого получена ошибка прогноза 13.6%



а) Процедура верификации (трехцветная раскраска: Н – низкие значения; С – средние; В – высокие)



б) Процедура валидации



в) Процедура дефазификации

Рис. 2. Линейный клеточный автомат в исследовании нормированного временного ряда приращений «Понедельник»

Обсуждение результатов

Используя механизм работы перечисленных алгоритмов, важно получить синергетический эффект от исследования сложных социально-экономических процессов в разрезе сравнения результатов диады: исходного временного ряда и ряда его приращений.

Таким образом, в работе представлена апробация разработанного комплекса программ по автоматизации методов нелинейной динамики применительно к элементам рекреационной системы на реальных данных туристического потока. Осуществлен анализ и реализована процедура прогноза этих данных для нижнего уровня моделирования туристско-рекреационной деятельности. Полученные прогнозные значения в свою очередь являются входными данными для моделей верхнего уровня управления туристско-рекреационной деятельностью (планирование брони номерного фонда), что становится особо важным фактом в условиях развития отечественного туризма в создавшихся рамках эпидемиологической ситуации.

Предлагаемые методы многоуровневого моделирования с прогнозным

результатом являются универсальными, могут быть применены как к отдельному предприятию туристического комплекса, так и к региону в целом. Имея в арсенале ежедневные данные туристического потока за многолетний период (как минимум за 5-10 лет) и используя разработанные методики прогнозного моделирования оценки уровня интенсивности туристического потока, можно решать вопросы управления сферой туризма от бронирования номерного фонда до ее финансирования и планирования инвестиций.

Список источников

1. Винтизенко И.Г., Яковенко В.С. *Экономическая цикломатика*. Москва, Финансы и статистика, 2008.
2. Занг В.-Б. *Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории*. Москва, Мир, 1999.
3. Кумратова А.М., Сивков К.А. *Методы нелинейной динамики: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2016661998*, 26.01.2020. Заявка № 2016618249 от 29.01.2020.
4. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. *Нестационарные структуры, динамический хаос, клеточные автоматы // В сб. Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур*. Москва, Наука, 1996, с. 95-164.
5. Наумов Л. Как увеличить скорость «Жизни», или Эффективная организация данных для повышения скорости поиска клеток и разрешения отношений соседства при реализации клеточного автомата Джона Хортон Конвея «Жизнь» // *Информатика*, 2001, no. 33-34, с. 25-31.
6. Нейман Дж. *Теория самовоспроизводящихся автоматов*. Москва, Мир, 1971.
7. Перепелица В.А. Прогнозирование природного временного ряда на базе модели клеточного автомата / В.А. Перепелица, М.Д. Касаева // *Современные аспекты экономики*, 2002, no. 9 (22), с. 201-208.
8. Петерс Э. *Хаос и порядок на рынках капитала*. Москва, Мир, 2000.
9. Сергеева Л.Н. *Моделирование поведения экономических систем методами нелинейной динамики (теории хаоса)*. Запорожье, ЗГУ, 2002.
10. Чудновский А.Д. *Управление потребительскими предпочтениями в сфере отечественного туризма и гостеприимства и основные направления реализации туристского продукта: учебное пособие / А.Д. Чудновский, М.А. Жукова*. 2-е изд., перераб. и доп. Москва, Федеральное агентство по туризму, 2017.
11. Kumratova A., Popova E., Khudyakova E., Vasilenko I., Saykinov V. (2021). Statistics Application of the Dynamics Socio-Economic Processes: A Case of Russian Insurance Data // *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 12(3), 12A3I, 1-9.
12. Mandelbrot B. *The Fractal Geometry of Nature*. New York, W. H. Freeman, 1982.
13. Packard N., Crutchfield J., Farmer D., Shaw R. *Geometry from a Time Series // Physical Review*, 1980, Letters 45, pp. 712-716.
14. Kumratova et al. Synergistic effects in the dynamics of socio-economic systems and processes // *Bioscience Research*, 2021, no. 18(2), pp. 1488-1492.

LONG-TERM FORECASTING OF DECOMPOSITION TIME SERIES OF SOCIO-ECONOMIC INDICATORS

Kumratova Alfira Menligulovna¹, Cand. Sc. (Econ.)

Popova Elena Vitalievna¹, Dr. Sc. (Econ.)

Chikatueva Lyubov Anatolyevna², Dr. Sc. (Econ.)

Vasilenko Igor Ivanovich¹, Cand. Sc. (Agricul.)

¹ Kuban State Agrarian University, Kalinina, 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail: kumratova.a@edu.kubsau.ru

² Rostov State University of Economics, branch in Cherkessk, Krasnaya, 3, Cherkessk, Russia, 369000; e-mail: rseu.kchr@mail.ru

Purpose: the article presents the results of work on the creation of an adapted complex methodology for predicting the dynamics of decompositional time series of tourist flow in the ski village of Dombay, the features of which are the joint use of both classical and new «nonlinear» statistics.

Discussion: the proposed and tested methods are presented in the form of a pre-forecast and forecast model for assessing the trend stability of time series of tourist flow and obtaining a forecast. The following methods of nonlinear dynamics have been tested: the Hearst normalized span method, phase analysis, and linear cellular automaton. *Results:* the results of the analysis and forecast on real data of the tourist flow are presented in the form of values of the lower level of modeling of tourist and recreational activities, which in turn are input data for models of the upper level – the level of management of tourist and recreational activities. The quantitative forecast of the size of the tourist flow allows us to solve the issues of managing tourist and recreational activities, for example, in planning the employment of the number of rooms.

Keywords: tourism economics, decomposed time series, tourist flow, statistical indicators, phase analysis, R/S analysis, forecast, linear cellular automaton.

References

1. Vintzenko I.G., Yakovenko V.S. *Ekonomicheskaya tsiklomatika* [Economic cyclomatics]. Moscow, Finansy i statistika, 2008. (In Russ.)
2. Zang V.-B. *Sinergeticheskaya ekonomika. Vremya i peremeny v nelineynoy ekonomicheskoy teorii* [Synergetic Economics. Time and Change in Nonlinear Economic Theory]. Moscow, Mir, 1999. (In Russ.)
3. Kumratova A.M., Sivkov K.A. *Metody nelineynoy dinamiki: svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2016661998*, 26.01.2020. [Methods of nonlinear dynamics: registration certificate for computer software RU 2016661998, 26.01.2020]. Zayavka № 2016618249 ot 29.01.2020.
4. Kurdyumov S.P., Malinetskiy G.G., Potapov A.B. Nestatsionarnyye struktury,

dinamicheskii khaos, kletochnyye avtomaty. V sb. *Novoye v sinergetike. Zagadki mira neravnovesnykh struktur*. [Non-stationary structures, dynamic chaos, cellular automata. In the book *New in synergetics. The riddles of the world of non-equilibrium structures*]. Moscow, Nauka, 1996, pp. 95-164. (In Russ.)

5. Naumov L. Kak uvelichit' skorost' «Zhizni», ili Effektivnaya organizatsiya dannykh dlya povysheniya skorosti poiska kletok i razresheniya otnosheniy sosedstva pri realizatsii kletochnogo avtomata Dzhona Khortona Konveya «Zhizn». *Informatika*. [How to increase speed of «Life», or Efficient Data Organization to Increase the Speed of Cell Search and Resolution of Neighborhood Relations in Implementation of John Horton Conway's Cellular Automaton «Life» // *Informatics*], 2001, no. 33-34, pp. 25-31. (In Russ.)

6. Neyman Dzh. *Teoriya samovosproizvodyashchikhsya avtomatov*. [Theory of self-replicating automata]. Moscow, Mir, 1971. (In Russ.)

7. Perepelitsa V.A. Prognozirovaniye prirodnoy vremennoy ryada na baze modeli kletochnogo avtomata / V.A. Perepelitsa, M.D. Kasayeva // *Sovremen-nyye aspekty ekonomiki* [Forecasting of natural time series on the basis of cellular automata model / V.A. Perepelitsa, M.D. Kasaeva // *Modern aspects of economy*]. 2002, no. 9(22), pp. 201-208. (In Russ.)

8. Peters E. *Khaos i poryadok na rynkakh kapitala* [Chaos and Order in Capital Markets]. Moscow, Mir, 2000. (In Russ.)

9. Sergeyeva L.N. *Modelirovaniye pove-*

deniya ekonomicheskikh sistem metodami nelineynoy dinamiki (teorii khaosa). [Modelling of behaviour of economic systems by methods of nonlinear dynamics (chaos theory)]. Zaporozh'ye, ZGU, 2002. (In Russ.)

10. Chudnovskiy A.D. *Upravleniye potrebitel'skimi predpochteniyami v sfere otechestvennogo turizma i gostepriimstva i osnovnyye napravleniya realizatsii turistskogo produkta: uchebnoye posobiye / A.D. Chudnovskiy, M.A. Zhukova. – 2-ye izd., pererab. i dop.* [Management of consumer preferences in domestic tourism and hospitality and the main directions of implementation of the tourist product: a training manual / A.D. Chudnovskiy, M.A. Zhukova. – 2nd ed., revised and extended.] Moscow, Federal'noye agentstvo po turizmu, 2017. (In Russ.)

11. Kumratova A., Popova E., Khudyakova E., Vasilenko I., Saykinov V. (2021). Statistics Application of the Dynamics Socio-Economic Processes: A Case of Russian Insurance Data. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 12(3), 12A3I, 1-9.

12. Mandelbrot B. *The Fractal Geometry of Nature*. New York, W.H. Freeman, 1982.

13. Packard N., Crutchfield J., Farmer D., Shaw R. Geometry from a Time Series. *Physical Review*, 1980, Letters 45, pp. 712-716.

14. Kumratova et al. Synergistic effects in the dynamics of socio-economic systems and processes. *Bioscience Research*, 2021 18(2), pp. 1488-1492. (In Russ.)