

УДК 330.4, 519.2

О ПРИМЕНЕНИИ РАСШИРЕННОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.В. Скалозуб, д.т.н., профессор

И.В. Клименко

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени ак. В. Лазаряна,
Днепропетровск, Украина*

Скалозуб В.В., Клименко І.В. Про застосування розширеного логістичного відображення для аналізу та прогнозування параметрів процесів залізничного транспорту.

В роботі наведені результати аналізу та прогнозування параметрів процесів залізничного транспорту, представлених часовими рядами, отриманих з використанням моделі розширеного логістичного відображення.

Ключові слова: методи оперативного прогнозування, аналіз часових рядів, узагальнене логістичне відображення, показник Херста

Скалозуб В.В., Клименко И.В. О применении расширенного логистического отображения для анализа и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта.

В работе приведены результаты анализа и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта, представленных временными рядами, полученных с использованием модели расширенного логистического отображения.

Ключевые слова: методы оперативного прогнозирования, анализ временных рядов, обобщенное логистическое отображение, показатель Херста

Skalozub V.V., Klymenko I.V. The application of the extended logistic maps for analysis and forecasting process of parameters of railway.

In work presents the results of the analysis and forecasting of parameters of railway represented time series derived using the extended logistic maps.

Keywords: methods of operational forecasting, time series analysis, generalized logistic map, Hirst indicator

Современная производственная деятельность характеризуется высоким уровнем сложности ее составляющих: систем, структур, процессов и т.д. Железнодорожный транспорт – сложная структурированная система, для успешной работы которой необходима согласованность действий каждой ее составляющей. Поэтому, эффективность работы железной дороги в целом, зависит от качества планирования работы каждого отдельно подразделения.

Актуальной становится задача анализа и прогнозирования значений параметров экономических и технологических процессов сложных систем, к которым относятся и процессы железнодорожного транспорта, являются актуальными и сложными. Они возникают на различных уровнях принятия решений, а их достоверное решение обеспечивает эффективное функционирование, как отдельного подразделения (подсистемы), так и всего предприятия (исследуемой системы) в целом.

Анализ последних исследований и публикаций

Для решения указанной задачи используется множество математических и статистических моделей и методов, которые активно внедрялись в экономическую науку отечественные и зарубежные ученые [1-4]. Особого внимания заслуживают методы хаотической динамики для анализа и прогнозирования сложных детерминированных процессов.

Целью статьи является построение динамической модели, которая описывает поведение конкретного процесса железнодорожного транспорта, интерпретировать параметры этого процесса, построить краткосрочный прогноз процесса.

Основной материал

В результате обработки и формирования данных многочисленные процессы железнодорожного транспорта могут быть представлены временными рядами (ВР) [1]. В работе исследованы ВР, которые описывают поведение технологических, экономических и финансовых процессов (рис. 1 – рис. 3).

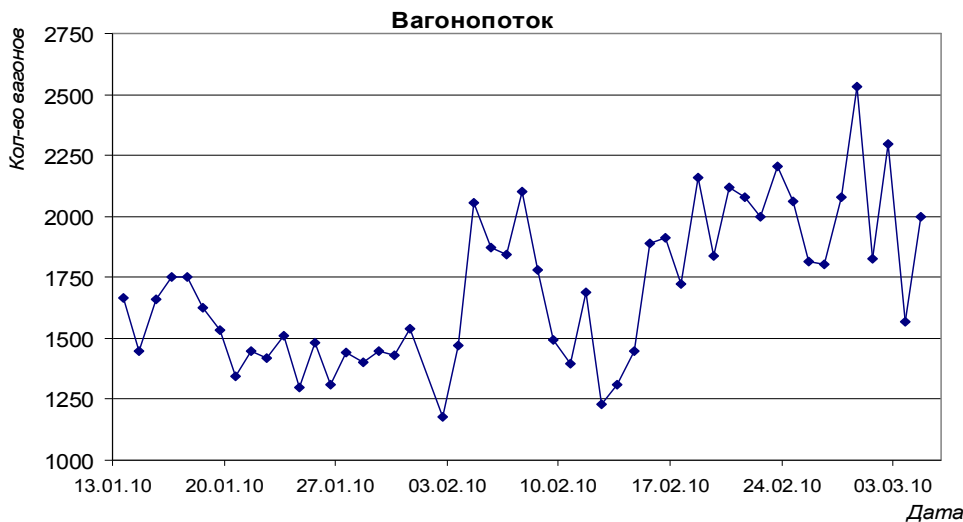


Рис. 1. Временной ряд технологического процесса



Рис. 2. Временной ряд реализации экономического процесса



Рис. 3. Временной ряд уровней финансового процесса

Сравнительный анализ этих ВР на основе методов хаотической динамики показал, что в некоторых случаях свойства процессов железнодорожного транспорта являются более сложными,

чем, например, у процессов, формирующихся на валютной бирже. В частности это относится к свойствам процессов накопления вагонов на станциях.

Для определения наличия постоянных составляющих ВР (тренда, сезонности и циклов) используют показатель Херста [2, 4]:

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(a * N)}, \quad (1)$$

где H – показатель Херста; S – среднеквадратичное отклонение ряда наблюдений $y(t)$; R – размах накопленного отклонения; N – число периодов наблюдений; a – заданная константа.

Заметим, что выбор значения существенно влияет на оценки (1) и содержательный анализ ВР.

Показатель (1) позволяет установить, является ли исходный ВР персистентным или антиперсистентным [4]. В соответствии с [4], на практике анализ и прогнозирование антиперсистентных ВР не представляется возможным, их поведение и значения уровней непредсказуемо, а с возрастанием числа периодов наблюдений становится хаотическим [2].

На рис. 4 изображены изменения значений показателя Херста в зависимости от величины константы a и числа периодов наблюдений.

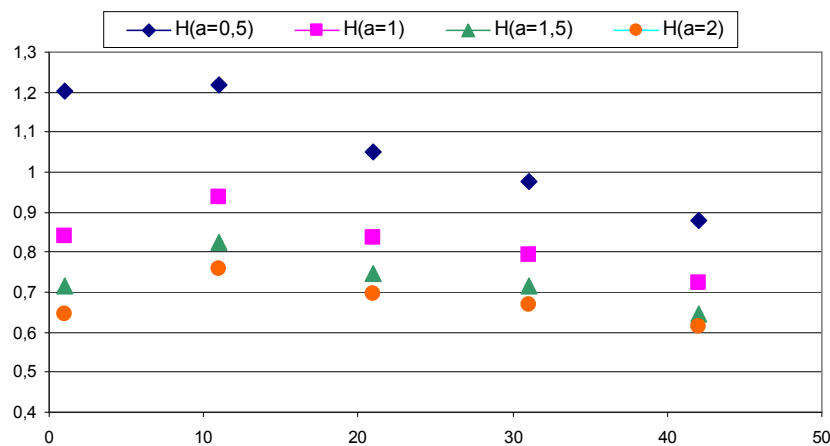


Рис. 4. График зависимости (1) от величины a и числа периодов наблюдений

В результате исследований было установлено, что процессы накопления вагонов на железнодорожных станциях во многих случаях являются антиперсистентными, в то же время процессы, связанные с движением поездов – персистентными. Также установлено, что с ростом числа уровней наблюдений ВР оценки их показателей Херста приближаются к $H=0.5$, и поведение процесса становится случайным и непредсказуемым.

Рассмотрим вопрос выбора параметров (1). В материалах [2] приведены результаты исследований относительно значения константы a , и путем вычислительных экспериментов показано, что с увеличением значения константы a уравнения (1), значение показателя Херста уменьшается. В расчетах предлагается принимать значение константы a равным 1,5708. Такое значение было использовано в наших исследованиях.

Значительный интерес представляют вопросы интерпретации и прогнозирования уровней временных рядов, сформированных по данным мониторинга технолого-экономических процессов железнодорожного транспорта. Для этого нами предложена расширенная модель логистического отображения (РЛО) вида

$$x_{n+1} = \prod_k \lambda_k x_n^{\alpha_k} * \prod_j [\mu_j (1 - x_n)^{\beta_j}], \quad (2)$$

которая непосредственно обобщает результаты [3].

Для интерпретации ВР наблюдений над процессом, а далее прогноза значений показателя x_n – количественная мера ряда – необходимо установить содержательный смысл влияющих факторов, интегральный эффект которых и дается временным рядом:

$$x_0, x_1, x_2, x_3, \dots \quad (3)$$

Для интерпретаций (3) в терминах (2) принимается, что коэффициенты (2) отображают влияние различных управляющих характеристик:

- $(\lambda_1; \alpha_1)$ – воздействия фактора 1,
- $(\lambda_2; \alpha_2)$ – воздействия фактора 2, ... ,
- $(\mu_1; \beta_1)$ – фактор $(k + 1)$;
- $(\mu_2; \beta_2)$ – фактор $(k + 2)$,

Значение уровней ряда (3) используются для идентификации (оценок) значений параметров (4). При этом значения (4) определяются при последовательном рассмотрении уровней (3), считая их полученными на основе уравнения (2). Еще не определенные значения параметров модели (2), (4) – отбрасываются (принимают значение (0;1) – выбираются нужным образом).

Опишем процедуру оценки (4) в виде структуры последовательности решаемых уравнений. Из системы:

$$\begin{cases} x_1 = \lambda_1 x_0^{\alpha_1} \\ x_2 = \lambda_1 x_2^{\alpha_1} \end{cases}, \quad (5)$$

находят значения параметров (λ_1, α_1) . Считая, что уровни x_3, x_4 , и другие в последовательности (3) получены по (2) с учетом (λ_1, α_1) , формируют новую систему уравнений для определения (λ_2, α_2) :

$$\begin{cases} x_3 = \lambda_1 x_2^{\alpha_1} * \lambda_2 x_2^{\alpha_2} \\ x_4 = \lambda_1 x_3^{\alpha_1} * \lambda_2 x_3^{\alpha_2} \end{cases}, \quad (6)$$

из которой рассчитываются значения (λ_2, α_2) . Последующие новые параметры компонентов модели (2) оцениваются, исходя из известных значений ее параметров (λ_1, α_1) ; (λ_2, α_2) и так далее, используя ту же методику.

Заметим, что значения параметров (μ_1, β_1) и дальнейших в (2) получают на основе уравнений

типа (5), (6), либо путем рассуждений, как в работе [3]: задавая некоторое значение уровня ВР рассчитывают очередной параметр модели. Далее по модели (2) с известными параметрами (4) строят прогнозы следующих этапов (3).

Для повышения точности прогноза после идентификации всех параметров модели (2) возможна корректировка значений ее параметров за счет расчета нового набора значений (4), исходя из других уровней (3), с последующими оценками значения параметров по методу экспоненциального сглаживания:

$$a_{i+1} = a_i d + (1-d)a_{i-1}, \quad (7)$$

где d – определяется по МНК на основе нескольких наборов (4) моделей (2).

На рис. 5 представлены результаты прогнозирования ВР вагонопотока на основе модели (2) со следующими рассчитанными параметрами:

$$\begin{aligned} \alpha &= -0,9741; \\ \lambda_1 &= 0,3798; \\ \beta &= -0,8609; \\ \lambda_2 &= 0,4231. \end{aligned} \quad (8)$$

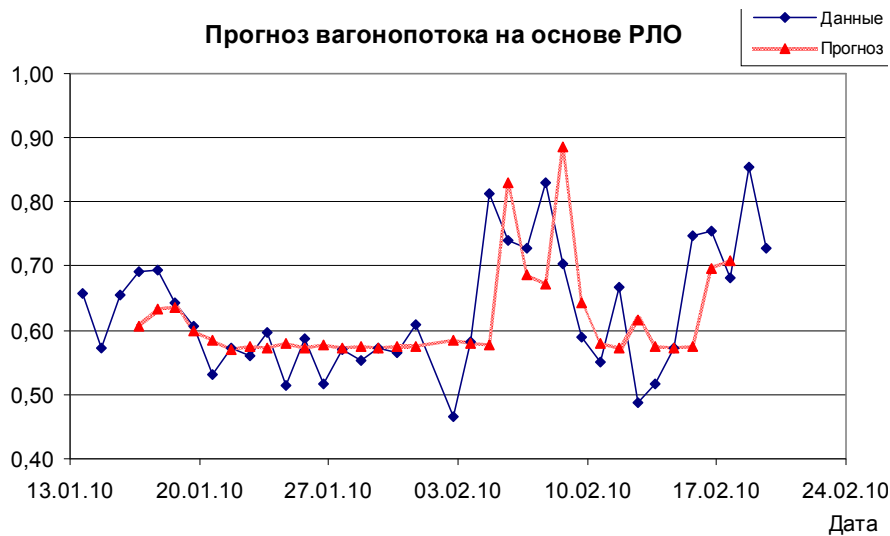


Рис. 5. Оперативный прогноз вагонопотока на основе модели (2)

Предполагается, что возникновение «ошибок» неполнотой системы факторов (4) в оценках уровней ВР связано, например, с

Таблица 1. Результаты прогнозирования по модели (2) с параметрами (8)

Дата	Значение	Прогноз	Ошибка
13.01.2010	0,6573		
14.01.2010	0,5715		
15.01.2010	0,6549		
16.01.2010	0,6925	0,6064	12,43%
17.01.2010	0,6933	0,6343	8,51%
18.01.2010	0,6427	0,6350	1,20%
19.01.2010	0,6059	0,5994	1,07%
20.01.2010	0,5308	0,5835	9,92%

Продовження табл. 1

21.01.2010	0,5727	0,5712	0,26%
22.01.2010	0,5609	0,5750	2,51%
23.01.2010	0,5976	0,5731	4,10%
24.01.2010	0,5130	0,5809	13,22%
25.01.2010	0,5862	0,5719	2,44%
26.01.2010	0,5170	0,5778	11,76%
27.01.2010	0,5696	0,5716	0,36%
28.01.2010	0,5530	0,5744	3,88%
29.01.2010	0,5719	0,5723	0,06%
30.01.2010	0,5656	0,5748	1,63%
31.01.2010	0,6083	0,5738	5,67%
02.02.2010	0,4652	0,5843	25,60%
03.02.2010	0,5810	0,5803	0,12%
04.02.2010	0,8119	0,5766	28,98%
05.02.2010	0,7391	0,8292	12,19%
06.02.2010	0,7285	0,6858	5,86%
07.02.2010	0,8300	0,6720	19,04%
08.02.2010	0,7028	0,8857	26,04%
09.02.2010	0,5897	0,6438	9,17%
10.02.2010	0,5514	0,5787	4,95%
11.02.2010	0,6684	0,5721	14,40%
12.02.2010	0,4870	0,6152	26,34%
13.02.2010	0,5166	0,5753	11,36%
14.02.2010	0,5719	0,5716	0,05%
15.02.2010	0,7470	0,5748	23,05%
16.02.2010	0,7549	0,6970	7,68%
17.02.2010	0,6810	0,7090	4,10%
18.02.2010	0,8538		9,31%

Выводы

Становится очевидным, что результаты прогноза по модели (2) с параметрами (8) представлены в табл. 1, имеют высокий уровень достоверности, с учетом особенностью исследуемого ВР. Рис. 5 и данные табл. вполне удовлетворительно отражают характер исследуемых процессов пропуска вагонопотоков по железнодорожным направлениям, а на основе значений параметров модели (8) можно интерпретировать уровни внешних воздействий

или же влияния условий, при которых сформированы вагонопотоки рис. 5.

В статье построена расширенная модель логистического отображения и дана методика расчета ее параметров. Модель (2) использована для интерпретации и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта.

Полученные результаты показывают возможности применения модели РЛО для прогнозирования поведения параметров технологических и экономических процессов.

Список литературы:

1. Скалзуб В.В., Клименко И.В. Обобщенная модель логистического отображения для анализа и интерпретации свойств временных рядов процессов управления //Тез. докл. Научно-практической конференции «Економічна кібернетика: реалії часу», Днепропетровск, 2012. С. 125-129.
2. Эрик Найман. Расчет показателя Херста с целью выявления трендовости (персистентности) финансовых рынков [Электронный ресурс]: (Статья). // Э. Найман. 2010. – Режим доступа: http://www.capital-times.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=11623&Itemid=88888963

3. Сергеева Л.Н., Огаренко Т.Ю. Моделирование динамики спроса на услуги высших учебных заведений на основании обобщенного логистического отображения //Тез. докл. II Международной научно-практической конференции «Современные проблемы моделирования социально-экономических систем», Запорожье, 2010. С. 97-100.
4. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике [Текст] / Э. Петерс. – М.: Интернет-трейдинг, 2004. – 304 с.

Надано до редакції 28.09.2012

Скалозуб Владислав Васильович / Vladislav V. Skalozub
skalozub_vl_v@mail.ru

Клименко Іван Вікторович / Ivan V. Klymenko
vanya_tk@mail.ru

Посилання на статтю / Reference a Journal Article:

О применении расширенного логистического отображения для анализа и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] / В.В. Скалозуб, И.И. Клименко // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2012. – № 3-4 (4-5). – С. 57-62. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2012/n4-5.html>