

**8. Svetunkov Sergey.** Complex-Valued Modeling in Economics and Finance. – Springer Science+Business Media, New York, 2012. – 318 p.

**REFERENCES**

Derzhavnyi komitet statystyky Ukrainy. <http://www.ukrstat.gov.ua/>  
 Entorf, H. *Illegal migrants and rational behavior: Modeling the market for illegal migration*, mimeo: Universitat Wurzburg, 1998.  
 Ministerstvo dokhodiv i zboriv Ukrainy. <http://arc.customs.gov.ua/dmsu/control/uk/index>

*Metodologicheskie rekomendatsii dlia poluchenii otsenok nezakonnoy (kriminalnoy) deiatelnosti na osnove kontseptsii SNS* [Methodological recommendations for obtaining estimates of illegal (criminal) activities based on the concept of the SNA]. Moscow: SNG STAT, 2005.

Ofitsiine biuro statystyky I Evropeiskoho Soiuza. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>  
 Ofitsiyni veb-sait Statystychnoi bazy danykh Orhanizatsii Ob'iednanykh Natsii. <http://comtrade.un.org/>  
 Schneider, F. *The Influence of the economic crisis on the underground economy in Germany and the other OECD-countries in 2010: a (further) increase*: University of Linz, 2010.  
 Svetunkov, S. *Complex-Valued Modeling in Economics and Finance* New York: Springer Science+Business Media, 2012.

УДК 330.4, 519.2

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ВРЕМЕННЫМИ РЯДАМИ, НА ОСНОВЕ РАСШИРЕННОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ

СКАЛОЗУБ В. В., КЛИМЕНКО И. В.

УДК 330.4, 519.2

### Скалозуб В. В., Клименко И. В. Интерпретация и прогнозирование процессов, представленных временными рядами, на основе расширенного логистического отображения

*В статье исследуется возможность использования методов нелинейной динамики для построения оперативного прогноза сложных, структурированных процессов, описываемых временными рядами. Предложена модель расширенного логистического отображения для интерпретации характеристик динамических процессов. Исследованы процедуры интерпретации данных и прогнозирования параметров процессов, представленных временными рядами, использующих модели расширенного логистического отображения. Предложена методика рекуррентного построения оперативного прогноза. Для повышения точности полученных результатов рекомендуется провести корректировку значений параметров модели за счет оценки новых наборов значений по методу экспоненциального сглаживания. Приведены результаты применения модели расширенного логистического отображения для построения оперативного прогноза процессов железнодорожного транспорта, в частности, оценки параметров вагонопотоков.*

**Ключевые слова:** нелинейная динамика, рекуррентное построение, экспоненциальное сглаживание.

**Рис.:** 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 7. **Библ.:** 9.

**Скалозуб Владислав Васильевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой компьютерных информационных технологий, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина)

**Клименко Иван Викторович** – ассистент, кафедра компьютерных информационных технологий, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина)

УДК 330.4, 519.2

### Скалозуб В. В., Клименко И. В. Інтерпретація та прогнозування процесів, представлених часовими рядами, на основі розширеного логістичного відображення

*У статті досліджується можливість використання методів нелінійної динаміки для побудови оперативного прогнозу складних, не структурованих процесів, що описуються часовими рядами. Запропоновано модель розширеного логістичного відображення для інтерпретації характеристик динамічних процесів. Досліджено процедури інтерпретації даних і прогнозування параметрів процесів, представлених часовими рядами, що використовують моделі розширеного логістичного відображення. Запропоновано методику рекуррентної побудови оперативного прогнозу. Для підвищення точності отриманих результатів рекомендовано провести коректування значень параметрів моделі за рахунок оцінки нових наборів значень за методом експоненційного згладжування. Наведено результати застосування моделі розширеного логістичного відображення для побудови оперативного прогнозу процесів залізничного транспорту, зокрема, оцінки параметрів вагонопотоків.*

**Ключові слова:** нелінійна динаміка, рекуррентна побудова, експоненційне згладжування.

**Рис.:** 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 7. **Бібл.:** 9.

**Скалозуб Владислав Васильович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна)

**Клименко Іван Вікторович** – асистент, кафедра комп'ютерних інформаційних технологій, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна)

UDC 330.4, 519.2

### Skalozub V. V., Klymenko I. V. Interpretation and Forecasting Processes, Represented by Time Series, on the Basis of the Extended Logistic Mapping

*The article studies a possibility of use of methods of non-linear dynamics for structuring an operative forecast of complex and structured processes described by time series. It offers a model of extended logistic mapping for interpretation of characteristics of dynamic processes. It studies procedures of interpretation of data and forecasting parameters of the processes, represented by time series, that use models of extended logistic mapping. It offers methods of recurrent structuring of an operative forecast. In order to increase accuracy of obtained results, the article recommends to correct values of model parameters by means of assessment of new sets of values by the method of exponential smoothing. It provides results of application of the model of extended logistic mapping for structuring an operative forecast of processes of the railway transport, in particular, assessment of parameters of the carriage traffic volumes.*

**Key words:** non-linear dynamics, recurrent structure, exponential smoothing.

**Pic.:** 3. **Tabl.:** 1. **Formulae:** 7. **Bibl.:** 9.

**Skalozub Vladyslav V.** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Department of Computer Information Technology, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaran (vul. Lazaryana, 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine)

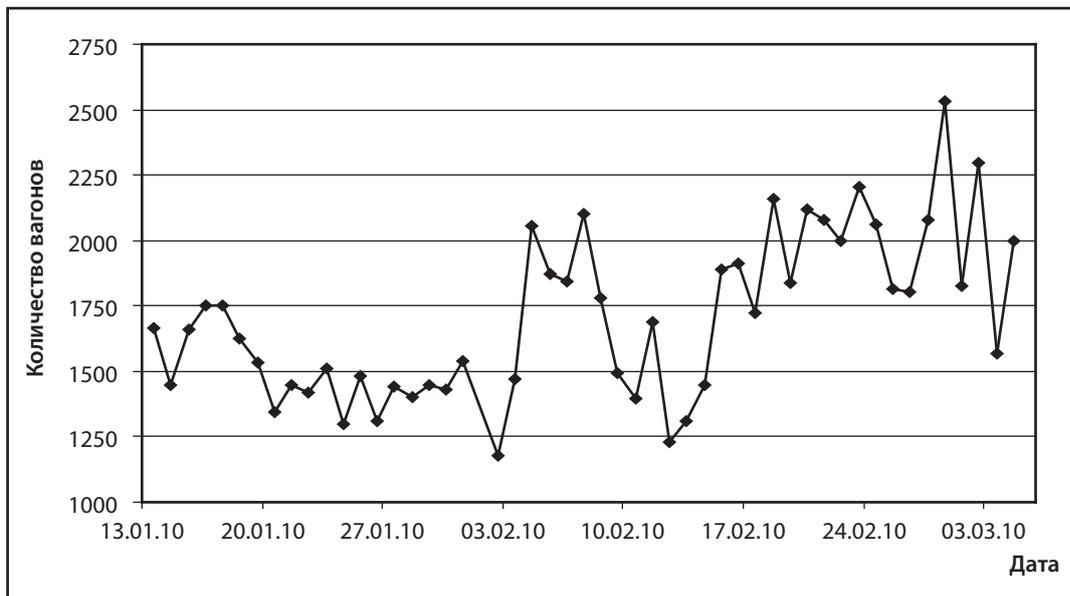
**Klymenko Ivan V.** – Assistant, Department of Computer Information Technology, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaran (vul. Lazaryana, 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine)

**М**ногочисленные технологические, соответствующие экономические и другие процессы железнодорожного транспорта характеризуются высоким уровнем сложности, недостаточно формализованы и не имеют замкнутого математического описания. Одной из актуальных и особо важных задач организации экономически эффективной работы является оперативное планирование и прогнозирование деятельности как каждого отдельного предприятия, так и всей железнодорожной отрасли [1].

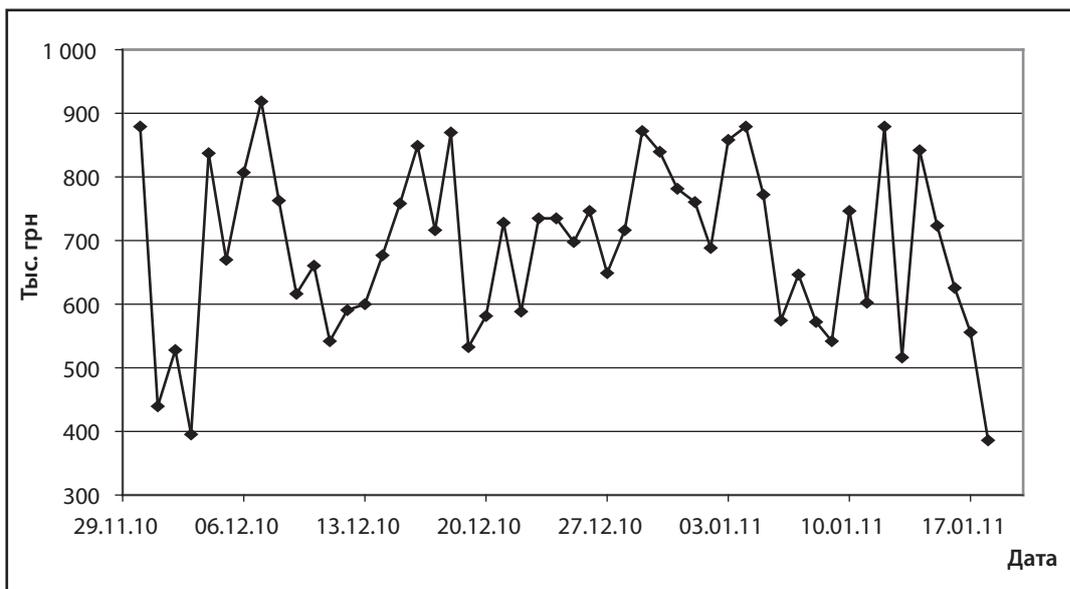
Следует отметить, что решение указанной задачи оперативного прогнозирования усложняется условиями неопределенности, нерегулярностью, хаотической природой многих процессов железнодорожного транспорта, которые можно представить лишь временными рядами (ВР) [5 – 7]. Пример таких ВР приведен на *рис. 1* и *рис. 2*.

Актуальными становятся задачи анализа, моделирования и прогнозирования характеристик этих процессов. Они возникают на различных уровнях принятия решений, а их достоверное решение обеспечивает эффективное функционирование как отдельных подразделений (подсистем), так и всего транспортного комплекса (исследуемой системы) в целом.

Для решения вышеприведенных задач планирования и оперативного прогнозирования показателей используются многие математические и статистические модели и методы, которые внедряли в экономическую науку отечественные и зарубежные ученые [2, 5 – 9]. В последнее время особого внимания заслуживают методы хаотической динамики, используемые для анализа и прогнозирования сложных детерминированных процессов. Вопросы прогнозирования уровней ВР представляют интерес и исследованы в работах [2, 4, 6, 8].



**Рис. 1. Временной ряд вагонопотока по станции**



**Рис. 2. Временной ряд стоимости простоя вагонов на станции**

Цель работы – построение динамических моделей, которые характеризует поведение конкретных процессов железнодорожного транспорта, создание процедуры интерпретации параметров процессов, построение краткосрочных прогнозов процессов.

В [2] для ВР при прогнозировании спроса на услуги высших учебных заведений разработан подход и предложена модель процесса на основе обобщенного логистического отображения вида:

$$x_{n+1} = \lambda x_n^\alpha (1 - x_n^\beta), \quad (1)$$

где  $x_n \in [0, 1]$ ,  $\gamma, \alpha, \beta$  – числовые параметры. Считается, что отдельные составляющие (1) соответствуют различным воздействиям – мероприятиям по организации приема абитуриентов, то есть зависят от групп управляющих факторов. Модель (1) рассматривается как некоторая обобщающая функция, охватывающая все учетные при анализе факторы одновременно. При этом строится динамическая модель прогнозирования и дается интерпретация параметров процесса организации приема в учебное заведение [2].

**В** настоящей работе для решения задачи интерпретации и прогнозирования уровней ВР исследуются возможности использования модели расширенного логистического отображения (РЛО) вида (2) как некоторой основной структуры процедур интерпретации данных, описывающих исследуемые сложные технологические, экономические и другие процессы. Содержательно процедура интерпретации сводится к следующему. Априори предполагается, что наблюдаемый и представленный временным рядом (ВР) процесс может быть описан уравнением (2). На основе данных ВР необходимо получить оценки модели (2). Если при этом связать все или некоторые из расчетных значений параметров (2) с оценками управлений, влияющих на процессы, формирующие ВР, открывается возможность «объяснения характеристик ВР» на основе значений уровней управляющих воздействий. Далее модель расширенного логистического отображения имеет следующий вид:

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

Такое представление (2) процессов непосредственно обобщает (1) и в литературе не исследовано. Как отмечено выше, для интерпретации ВР наблюдений над процессом, а далее прогноза значений показателя – количественная мера ряда, необходимо установить содержательный смысл влияющих факторов, интегральный эффект которых и дается исследуемым временным рядом:

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

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

$$\begin{aligned}
 (\gamma_1, \alpha_1) & - \text{воздействия фактора 1; } (\gamma_2, \alpha_2) - \text{воздействия} \\
 & \text{фактора 2;} \\
 (\mu_1, \beta_1) & - \text{фактор } (k + 1), \dots; (\mu_2, \beta_2) - \text{фактор } (k + 2), \dots
 \end{aligned} \quad (4)$$

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 систем 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  $(\gamma_1, \alpha_1)$ . Считая, что уровни  $x_3, x_4$  и другие в последовательности (3) получены по (2) с учетом  $(\gamma_1, \alpha_1)$ , формируют новую систему уравнений для определения  $(\gamma_2, \alpha_2)$ :

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

из которой рассчитываются значения  $(\gamma_2, \alpha_2)$ . Последующие новые параметры компонентов модели (2) оцениваются, исходя из известных значений ее параметров  $(\gamma_1, \alpha_1); (\gamma_2, \alpha_2)$  и так далее, используя ту же методику.

Заметим, что значения параметров  $(\mu_1, \beta_1)$  и дальнейших в (2) получают на основе уравнений типа (5), (6), либо путем рассуждений, как в работе [2]: задавая некоторое значение уровня ВР, рассчитывают очередной параметр модели. Далее по модели (1) или (2) с известными параметрами (4) строят прогнозы следующих этапов процессов, уровней ВР (3).

Полученная таким путем модель процессов, представленных ВР, может использоваться для оперативного прогнозирования. 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:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i d + (1 - d)\alpha_{i-1}, \quad (7)$$

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

Можно считать, что возникновение «ошибок» в оценках уровней ВР связано, например, с неполнотой системы факторов (4). Некоторые возможности построения оперативного прогноза экономических показателей параметров вагонопотоков на основании моделей (1), (2) изучена в [1].

**В**ыше рассмотрены и исследованы вопросы использования расширенного логистического отображения (2) для интерпретации ВР, что означает «видение процесса ВР» через «призму» модели (2). Этими задачами не исчерпываются возможности расширенной модели (2). Остановимся на ее использовании и для решения задач оперативного прогнозирования.

Прогнозирование последующих значений уровней ВР будем производить на основе модели (1). Отображение (1) является одномерным нелинейным и использует для построения прогноза только предыдущий уровень

ряда. В соответствии с [2 – 4] а также исследованиями [6 – 8], даже простые нелинейные модели при некоторых значениях параметров могут иметь при достаточном количестве уровней ряда хаотическое поведение, которое на первый взгляд кажется случайным.

Вместе с тем в детерминированных нелинейных моделях такое хаотическое поведение порождается именно нелинейностью. Для наших заданий оперативного прогнозирования на практике выяснить длину модели ряда (1), уровень, с которого начинается «хаотическое поведение», невозможно. Поэтому прогнозирование осуществляется на основе обобщенных результатов расчетов для нескольких моделей вида (1), параметры которой рассчитываются по методу МНК для фрагментов ВР разной длины (и являются существенно различными).

Построение прогноза в нашем исследовании происходит рекуррентно. Для прогнозирования на 1 или 2 шага с использованием модели (1) выполняется следующая последовательность операций (которые образуют обобщенный алгоритм).

Для построения модели вида (1) использовались 15, 10 и 5 предыдущих значений ряда. По МНК производился поиск таких значений  $\alpha$  и  $\beta$ , чтобы минимизировать квадрат ошибки.

В соответствии с выбранным количеством предыдущих значений ряда определяется  $N$  и производится расчет параметров ( $\gamma$ ,  $\alpha$  и  $\beta$ ).

Производится построение прогноза на следующий период по найденным параметрам – определяется следующий уровень ряда (или двух).

На основе прогнозов для 15, 10 и 5 предыдущих значений ряда определяем среднее значение результатов моделей из 15, 10 и 5 уровней, а также для 10 и 15 уровней. Рассчитываем среднее значение для исходного ряда и его абсолютное отклонение от среднего. Суммируя абсолютное отклонение к средним значениям моделей из 15, 10 и 5, а также и для моделей из 10 и 15 предыдущих

уровней ряда. При этом получаем Прогноз № 1 и Прогноз № 2, соответственно на один и два шага вперед.

На рис. 3 представлены графики этих процессов оперативного прогнозирования ВР на основе (2). Необходимо отметить, что предложенный метод рассчитан в первую очередь для оперативного прогнозирования, поэтому расхождения между уровнями исходного и прогнозного рядов не характеризуют точность метода в целом. Они лишь демонстрируют возможности модели (1) относительно пошагового представления сложного процесса, описанного с помощью ВР.

В табл. 1 приведены результаты числовых расчетов по построению оперативного прогноза, а также относительные погрешности величин прогнозов, указанные в процентах. Две последние строки непосредственно представляют значения оперативного прогноза, соответственно на один и два шага. Именно они (две последние строки – 02.02.10 и 03.02.10) демонстрируют цель предыдущих расчетов и являются приемлемыми для практического применения метода.

### ВЫВОДЫ

В исследованиях предложена расширенная модель логистического отображения. Были установлены значительные возможности предлагаемой процедуры прогнозирования с использованием модели (2) для построения, в нашем случае, оперативного прогноза параметров вагонопотока, а также при планировании работы предприятий (здесь организации оперативной работы железнодорожных предприятий).

Построенная в статье расширенная модель логистического отображения, методика расчета ее параметров, а также полученные результаты показывают возможности применения модели РЛО для прогнозирования поведения параметров технологических и экономических процессов. ■

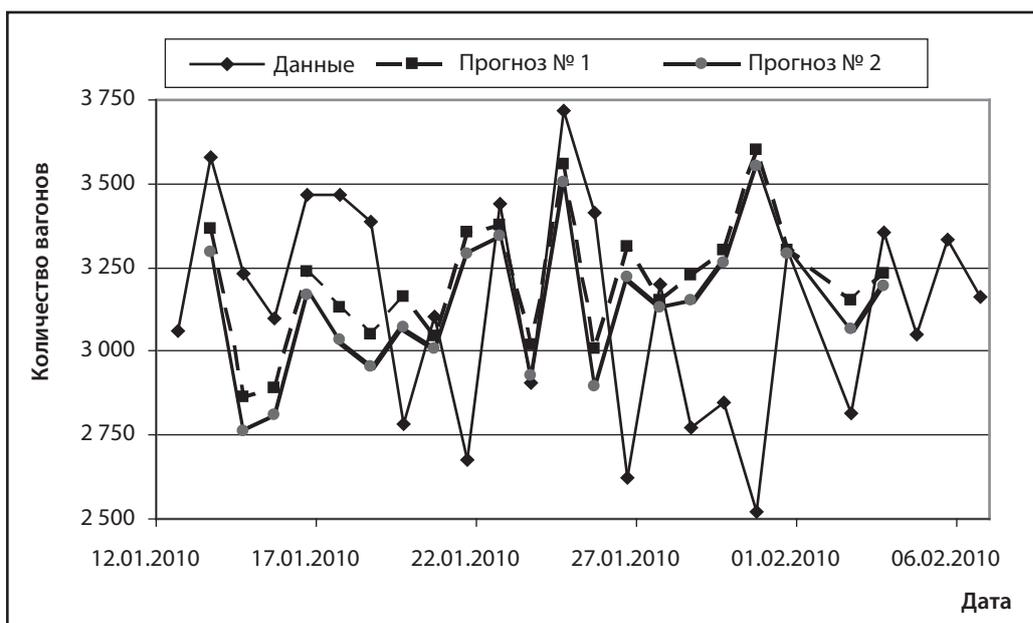


Рис. 3. Графики прогнозирования уровней ВР на основе (1)

Результаты оперативного прогнозирования параметров ВР на основе (1)

Дата	Количество вагонов	Среднее (5,10 и 15)	Среднее (5 и 10)	Прогноз № 1	Прогноз № 2	Ошибка Прогноза №1	Ошибка Прогноза №2
12.01.10	3 059						
13.01.10	3 577	2 916	2 851	3 363	3 298	5,98%	7,79%
14.01.10	3 232	2 760	2 658	2 862	2 761	11,45%	14,59%
15.01.10	3 100	2 859	2 781	2 889	2 810	6,81%	9,34%
16.01.10	3 465	2 902	2 834	3 237	3 169	6,57%	8,54%
17.01.10	3 468	2 790	2 696	3 129	3 034	9,79%	12,51%
18.01.10	3 388	2 789	2 695	3 048	2 953	10,04%	12,84%
19.01.10	2 782	2 812	2 723	3 160	3 070	13,58%	10,36%
20.01.10	3 103	3 018	2 979	3 045	3 006	1,87%	3,13%
21.01.10	2 674	2 901	2 833	3 357	3 288	25,53%	22,97%
22.01.10	3 441	3 063	3 035	3 374	3 347	1,94%	2,75%
23.01.10	2 907	2 797	2 704	3 020	2 927	3,87%	0,68%
24.01.10	3 716	2 970	2 919	3 556	3 505	4,29%	5,68%
25.01.10	3 412	2 724	2 614	3 006	2 897	11,89%	15,10%
26.01.10	2 625	2 805	2 714	3 310	3 219	26,09%	22,62%
27.01.10	3 199	3 084	3 062	3 153	3 131	1,42%	2,12%
28.01.10	2 774	2 870	2 794	3 225	3 149	16,27%	13,53%
29.01.10	2 849	3 021	2 983	3 302	3 264	15,91%	14,56%
30.01.10	2 523	2 992	2 946	3 599	3 553	42,63%	40,82%
31.01.10	3 299	3 130	3 120	3 300	3 290	0,02%	0,28%
02.02.10	2 817	2 839	2 755	3 151	3 068	11,86%	8,91%
03.02.10	3 356	3 005	2 970	3 231	3 196	3,71%	4,76%

## ЛИТЕРАТУРА

**1. Скалозуб В. В.** Обобщенная модель логистического отображения для анализа и интерпретации свойств временных рядов процессов управления / В. В. Скалозуб, И. В. Клименко // Тезисы докладов Научно-практической конференции «Экономична кібернетика: реалії часу», Днепропетровск, 2012. – С. 125 – 129.

**2. Сергеева Л. Н.** Моделирование динамики спроса на услуги высших учебных заведений на основании обобщенного логистического отображения / Л. Н. Сергеева, Т. Ю. Огаренко // Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции «Современные проблемы моделирования социально-экономических систем», Запорожье, 2010. – С. 97 – 100.

**3. Крамаренко Г. А.** Про застосування методу прогнозування на основі логістичного відображення для економічних часових рядів із довготерміною пам'яттю [Текст] / Г. А. Крамаренко, И. В. Клименко, А. В. Нечай, В. В. Скалозуб // Тезисы докладов V Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании». – Д., 2011. – С. 63 – 65.

**4.** Исследования одномерного логистического отображения, родственных дискретных структур и их использование в задачах долгосрочного прогнозирования // Сб. трудов XII международной конференции «Математика. Компьютер. Образование», 2005 г., Ижевск. Т. 2 / Под общей ред.

Г. Ю. Ризниченко. – Ижевск : Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. – С. 702 – 710.

**5.** Моделі і методи соціально-економічного прогнозування : підручник / [Геєць В. М., Клебанова Т. С., Черняк О. І., Іванов В. В., Дубровіна Н. А., Ставицький А. В.]. – Х. : ВД «ІН-ЖЕК», 2005. – 396 с.

**6. Максишко Н. К.** Моделирование экономики методами дискретной нелинейной динамики : монография / Н. К. Максишко / [Наук. ред. проф. В. О. Перепелица]. – Запорожжя : Поліграф, 2009. – 416 с.

**7. Сергеева Л. Н.** Нелинейная экономика: модели и методы : монография / Л. Н. Сергеева / [Научн. ред. проф. Ю. Г. Лысенко]. – Запорожье : Полиграф, 2003. – 218 с.

**8. Безручко Б. П.** Математическое моделирование и хаотические временные ряды [Текст] / Б. П. Безручко, Д. А. Смирнов. – Саратов : Гос. УНЦ «Колледж», 2005. – 320 с.

**9. Тимохин В. Н.** Методология моделирования экономической динамики : монография / В. Н. Тимохин / [Научн. ред. проф. Ю. Г. Лысенко]. – Донецк : ООО «Юго-Восток, Лтд», 2007. – 269 с.

## REFERENCES

Bezruchko, B. P., and Smirnov, D. A. *Matematicheskoe modelirovanie i khaoticheskie vremennye ryady* [Mathematical modeling and chaotic time series]. Saratov: Kollledzh, 2005.

Heiets, V. M., Klebanova, T. S., and Cherniak, O. I. *Modeli i metody sotsialno-ekonomichnoho prohozuvannia* [Models and methods of social and economic forecasting]. Kharkiv: INZhEK, 2005.

"Issledovaniia odnomenernogo logisticheskogo otobrazheniia, rodstvennykh diskretnykh struktur i ikh ispolzovanie v zadachakh dolgosrochnogo prognozirovaniia" [Studies of one-dimensional logistic map, related to discrete structures and their use in long-term forecasting tasks]. *Matematika. Kompiuter. Obrazovanie*. Izhevsk: Reguliarnaia i khaoticheskaia dinamika, 2005. 702-710.

Kramarenko, H. A. and others. "Pro zastosuvannia metodu prohnozuvannia na osnovi lohistychnoho vidobrazhennia dlia ekonomichnykh chasovykh riadiv iz dovhoterminovoiu pam'iatiiu" [On the application of forecasting methods based on logistic mapping for economic time series with long-term memory]. *Sovremennye ynformatsyonnye tekhnolohy na transporte, v promyshlennosti y obrazovanyu*. D., 2011. 63-65.

Maksyshko, N. K. *Modeliuvannia ekonomiky metodamy dyskretnoi nelineinoi dynamiky* [Simulation of economic methods of discrete nonlinear dynamics]. Zaporizhzhia: Polihraf, 2009.

Sergeeva, L. N., and Ogarenko, T. Yu. "Modelirovanie dinamiki sprosna na uslugi vysshikh uchebnykh zavedeniy na osnovanii obobshchennogo logisticheskogo otobrazheniia" [Modeling the dynamics of the demand for higher education on the basis of the generalized logistic map]. *Sovremennye problemy modelirovaniia sotsialno-ekonomicheskikh sistem*. Zaporozhe: , 2010. 97-100.

Sergeeva, L. N. *Nelineynai ekonomika: modeli i metody* [Non-linear Economics: Models and Methods]. Zaporozhe: Poligraf, 2003.

Skalozub, V. V., and Klimenko, I. V. "Obobshchennaia model lohisticheskogo otobrazheniia dlia analiza i interpretatsii svoisty vremennykh riadov protsessov upravleniia" [The generalized model of logistic map for the analysis and interpretation of the properties of time series of management processes]. *Ekonomichna kibernetika: realii chasu*. Dnepropetrovsk, 2012. 125-129.

Timokhin, V. N. *Metodologiia modelirovaniia ekonomicheskoy dinamiki* [Modeling methodology of economic dynamics]. Donetsk: Yugo-Vostok Ltd, 2007.

УДК 330.322: 330.4

## НЕЧЕТКАЯ КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПОТОКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ СРЕДСТВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

БИЗЯНОВ Е. Е., ГЛИНСКАЯ Т. С.

УДК 330.322: 330.4

### Бизянов Е. Е., Глинская Т. С. Нечеткая когнитивная модель потоков поступления средств инвестиционных проектов

Целью статьи является разработка методики построения нечеткой когнитивной модели потоков поступления средств от реализации инвестиционных проектов. В результате анализа существующих методов и моделей оценки инвестиционных проектов выявлено, что одной из проблем является предсказание ожидаемых от них выгод (прибыли, экономии). Показано, что прогнозирование исходящих потоков инвестиционных проектов характеризуется неопределенностью и субъективностью исходных данных, что приводит к необходимости использования моделей и методов, использующих нечеткую логику. В статье предложена методика построения нечеткой когнитивной модели, суть которой состоит в переходе от лингвистического описания предметной области к когнитивной модели с последующим выделением нечетких зависимостей между объектами предметной области (концептами модели), и завершающаяся математическим описанием этих зависимостей. Такой подход позволяет уменьшить субъективную составляющую в оценке инвестиционных проектов, сделать процесс их оценки более прозрачным. В статье также представлен пример реализации нечеткой когнитивной модели для оценки инвестиционного проекта развития угледобывающего предприятия, иллюстрирующий практическое применение методики.

**Ключевые слова:** инвестиционный проект, потоки средств, нечеткая логика, когнитивная модель.

**Рис.:** 1. **Табл.:** 5. **Формул.:** 9. **Библ.:** 8.

**Бизянов Евгений Евгеньевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, Донбасский государственный технический университет (пр. Ленина, 16, Алчевск, 94204, Украина)  
**E-mail:** BPElecs@gmail.com

**Глинская Татьяна Сергеевна** – магистрант, кафедра экономической кибернетики и информационных технологий, Донбасский государственный технический университет (пр. Ленина, 16, Алчевск, 94204, Украина)

УДК 330.322: 330.4

### Бизянов Е. Е., Глинська Т. С. Нечітка когнітивна модель потоків надходження коштів інвестиційних проєктів

Метою статті є розробка методики побудови нечіткої когнітивної моделі потоків надходження коштів від реалізації інвестиційних проєктів. У результаті аналізу існуючих методів і моделей оцінки інвестиційних проєктів виявлено, що однією з проблем є передбачення очікуваних від них вигод (прибутку, економії). Показано, що прогнозування вихідних потоків інвестиційних проєктів характеризується невизначеністю й суб'єктивністю початкових даних, що приводить до необхідності використання моделей і методів, що використовують нечітку логіку. У статті запропоновано методику побудови нечіткої когнітивної моделі, суть якої полягає в переході від лингвістичного опису предметної області до когнітивної моделі з наступним виділенням нечітких залежностей між об'єктами предметної області (концептами моделі), яка завершується математичним описом цих залежностей. Такий підхід дозволяє зменшити суб'єктивну складову в оцінці інвестиційних проєктів, зробити процес їх оцінки більш прозорим. У статті також подано приклад реалізації нечіткої когнітивної моделі для оцінки інвестиційного проєкту розвитку вугледобувного підприємства, що ілюструє практичне застосування методики.

**Ключові слова:** інвестиційний проєкт, потоки коштів, нечітка логіка, когнітивна модель.

**Рис.:** 1. **Табл.:** 5. **Формул.:** 9. **Бібл.:** 8.

**Бизянов Євген Євгенович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, Донбаський державний технічний університет (пр. Леніна, 16, Алчевськ, 94204, Україна)  
**E-mail:** BPElecs@gmail.com

**Глинська Тетяна Сергіївна** – магістрант, кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій, Донбаський державний технічний університет (пр. Леніна, 16, Алчевськ, 94204, Україна)

UDC 330.322: 330.4

### Bizyanov Ye. Ye., Glinskaya T. S. Fuzzy Cognitive Model of Flows of Receipt of Funds from Investment Projects

The goal of the article is development of methods of building up a fuzzy cognitive model of flows of receipt of funds from realisation of investment projects. In the result of analysis of existing methods and models of assessment of investment projects the article finds out that one of the problems is forecasting benefits expected from them (profit, saving). The article shows that forecasting of outgoing flows of investment projects is characterised with uncertainty and subjectivity of original data, which results in the necessity to use models and methods that use fuzzy logic. The article offers methods of building up a fuzzy cognitive model, the essence of which lie in a transition from linguistic description of the data domain to the cognitive model with further allocation of fuzzy dependencies between the data domain objects (model concepts and which ends with mathematical description of these dependencies. Such an approach allows reduction of the subjective component in assessment of investment projects and making the process of their assessment more transparent. The article also gives an example of realisation of a fuzzy cognitive model for assessment of an investment project of development of the coal mining enterprise, which illustrates a practical application of the methods.

**Key words:** investment project, flows of funds, fuzzy logic, cognitive model.

**Pic.:** 1. **Tabl.:** 5. **Formulae:** 9. **Bibl.:** 8.

**Bizyanov Yevgenii Ye.** – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Donbas State Technical University (pr. Lenina, 16, Alchevsk, 94204, Ukraine)

**E-mail:** BPElecs@gmail.com

**Glinskaya Tatiana S.** – Graduate Student, Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Donbas State Technical University (pr. Lenina, 16, Alchevsk, 94204, Ukraine)