

УДК 658.5:004.94

Ю.А. Романенков

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРЕЖДАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗАЦИИ

Рассмотрены вопросы прогнозирования компонент матрицы «разрыва» в задаче управления эффективностью бизнес-процессов в организации. В качестве метода прогнозирования в рамках поставленной задачи предложено использовать экспоненциальное сглаживание, построенное на однопараметрической модели Брауна. Предложена формализованная процедура определения параметра сглаживания для составления прогноза по временному ряду значений параметра исследуемого процесса с оценкой методической погрешности выбранного метода прогнозирования. Решение задачи иллюстрируется примером.

Ключевые слова: управление эффективностью бизнес-процессов в организации, прогностическое обеспечение, модель экспоненциального сглаживания.

Введение

Постановка проблемы. Задачи стратегического управления организацией в условиях динамичной внешней среды, зачастую характеризующейся высокой степенью неопределенности, с одной стороны, регулярно возникают в реальной практической деятельности руководителей, а с другой – не предполагают универсального подхода к решению.

Основой одного из подходов к управлению конкурентоспособностью организации является сравнение параметров эффективности ее иерархической структуры бизнес-процессов с одноименными характеристиками конкурентного окружения.

Схема контура стратегического управления эффективностью бизнес-процессов в организации представлена на рис. 1. Особенностью процесса управления в указанном контуре является необхо-

димость обеспечения упреждающих прогнозов относительно внутренних параметров объекта управления и конкурентной среды.

Обозначения на рис. 1: X_1, X_2, \dots, X_n – вектора-строки отражающих состояние n функциональных областей бизнес-процессов организации; X_0 – составная матрица из векторов X_1, X_2, \dots, X_n ; X_1, X_2, \dots, X_m – матрицы, сформированные аналогично X_0 и содержащие данные о конкурентах базового объекта (организации) общим количеством m ; X_{max} – эталонная модель; $X^* = X_{max} - X_0$ – прогнозная матрица разрывов; Q – вектор ресурсов; U_1, U_2, \dots, U_n – вектора управляющих воздействий бизнес-процессов; U – составная управляющая матрица из векторов U_1, U_2, \dots, U_n .

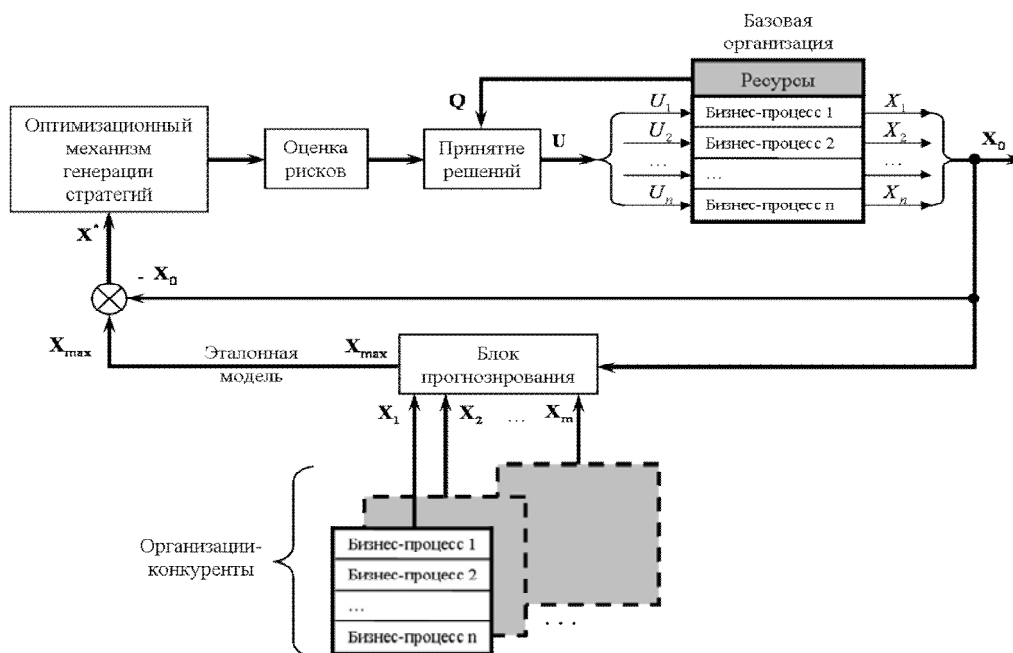


Рис. 1. Схема контура стратегического управления эффективностью бизнес-процессов в организации

Объект управления (базовая организация) характеризуется набором векторов X_1, X_2, \dots, X_n , отражающих состояние n бизнес-процессов организации, каждый из которых состоит из компонент относительных показателей эффективности соответствующего бизнес-процесса:

$$\begin{aligned} X_1 &= [x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1l_1}], \\ X_2 &= [x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2l_2}], \\ &\dots, \\ X_n &= [x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nl_n}], \end{aligned} \quad (1)$$

где l_1, l_2, \dots, l_n – размерности векторов X_1, X_2, \dots, X_n .

Компонента x_{ij} представляет собой сравнительную относительную эффективность j -й компоненты i -го бизнес-процесса, и оценивается экспертами путем сравнения с аналогичными бизнес-процессами организаций-конкурентов.

Исходя из сущности показателей x_{ij} , область их допустимых значений представлена интервалом $x_{ij} \in [0, 1]$, хотя может быть и иной, в зависимости

от шкалы оценивания, выбранной экспертами. Единица соответствует максимальной эффективности j -й компоненты i -го бизнес-процесса среди группы оцениваемых организаций.

Анализ современных исследований и литературы. Очевидно, что основой для вычисления показателей относительной эффективности x_{ij} могут быть как количественные, так и качественные показатели. Например, в соответствии с приведенной в [1] системой бизнес-процессов организации, такие показатели как численность работников управления, численность занятых в производстве, ликвидность, задолженность носят количественный характер, а показатели степени соответствия структуры условиям ее функционирования, степени адекватности распределения работников управления по уровням и функциям, состояния информационных связей – качественный.

В соответствии с классификацией относительных величин [2-4], используемых в статистической практике, представленной на рис. 2, показатели относительной эффективности x_{ij} относятся к типу относительных показателей сравнения.



Рис. 2. Классификация статистических относительных величин

Относительный показатель сравнения представляет собой соотношение одноименных абсолютных показателей, характеризующих разные объекты (предприятия, фирмы, районы, области, страны и т.п.):

$$K_s = \frac{K_A}{K_B} \quad (2)$$

где K_A – показатель, характеризующий объект А, K_B – показатель, характеризующий объект В.

Для выражения данного показателя могут использоваться как коэффициенты, так и проценты.

Цель исследования, постановка задачи. Таким образом, возникает задача прогностического обеспечения упреждающего управления эффективностью бизнес-процессов в организации, а именно синтеза прогностических оценок относительной эффективности бизнес-процесса по временному ряду, состоящему из относительных показателей.

Целью работы является формирование процедуры адаптации модели Брауна к особенностям прогнозирования относительных величин и выработка

рекомендаций по параметрической настройке модели сообразно общей задаче стратегического управления конкурентоспособностью организации.

Основная часть

Исходя из характеристик объекта управления, можно утверждать, что речь идет о краткосрочном прогнозировании (с коротким периодом упреждения) на основе коротких временных серий.

Будем учитывать также, что отличительной чертой социально-экономических явлений и процессов является инерционность, проявляющаяся, с одной стороны в сохранении взаимосвязей прогнозируемого явления с другими явлениями, а с другой – в сохранении тенденции во времени.

В качестве метода прогнозирования в рамках поставленной задачи предлагается использовать метод экспоненциального сглаживания [5] или однопараметрическую прогностическую модель Брауна [6].

Указанный метод наряду с методом гармонических весов относится к группе методов прогнозирования с учетом дисконтирования информации [7] и

характеризуется тем, что для построения точных и надежных прогнозов более поздняя информация имеет больший удельный вес по степени информативности, чем более ранняя информация:

$$F_t = \alpha A_{t-1} + \alpha(1-\alpha)A_{t-2} + \dots + \alpha(1-\alpha)^{n-1} A_{t-n} = \sum_{i=1}^n \alpha(1-\alpha)^{i-1} A_{t-i}, \quad (3)$$

где F_t – прогноз на момент времени t (экспоненциальное среднее), $A_{t-1}, A_{t-2}, \dots, A_{t-n}$ – значения ряда в соответствующие моменты времени, n – длина временного ряда, α – параметр (константа) сглаживания.

Если в формуле (3) сгруппировать все слагаемые, кроме первого, вынося за скобки множитель $(1-\alpha)$, то можно получить рекуррентную формулу Брауна:

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1-\alpha) \times (\alpha A_{t-2} + \alpha(1-\alpha)A_{t-3} + \dots + \alpha(1-\alpha)^{n-1} A_{t-n}) = (4) \\ = \alpha A_{t-1} + (1-\alpha)F_{t-1},$$

где F_{t-1} – прогноз на предыдущий момент времени $(t-1)$.

Формула (4) является расчетной формулой модели Брауна или экспоненциального сглаживания, чрезвычайно удобна для программирования и обладает свойствами адаптации [5], вследствие чего,

собственно, модель и приобрела огромную популярность у практиков краткосрочного прогнозирования. Однако для корректного применения модели Брауна необходимо решать задачу параметрической настройки модели, т.е. обосновывать выбор параметра сглаживания α . Выбору этого параметра модели Брауна посвящено большое количество публикаций, например [8-14].

Любой метод прогнозирования, в том числе и метод экспоненциального сглаживания, не гарантирует абсолютную точность прогноза, поскольку величина ошибки известна только апостериорно. Однако, анализируя различные временные серии прогнозируемого показателя, можно выявить некоторые особенности и тенденции методической ошибки прогноза.

Среди проблем практического применения метода экспоненциального сглаживания в литературе отмечаются следующие: выбор обоснованного (оптимального) значения параметра сглаживания α , параметра сезонного сглаживания β (для двухпараметрической модели) и начальной ошибки прогноза F_0 . В конечном счете, речь идет о желании максимально приблизить прогнозные оценки к реальным значениям прогнозируемого показателя, задаваемым временными сериями [15].

Для этих целей используется целый ряд критериев селекции прогнозных моделей, которые могут выступать в роли индикаторов подгонки (рис. 3).

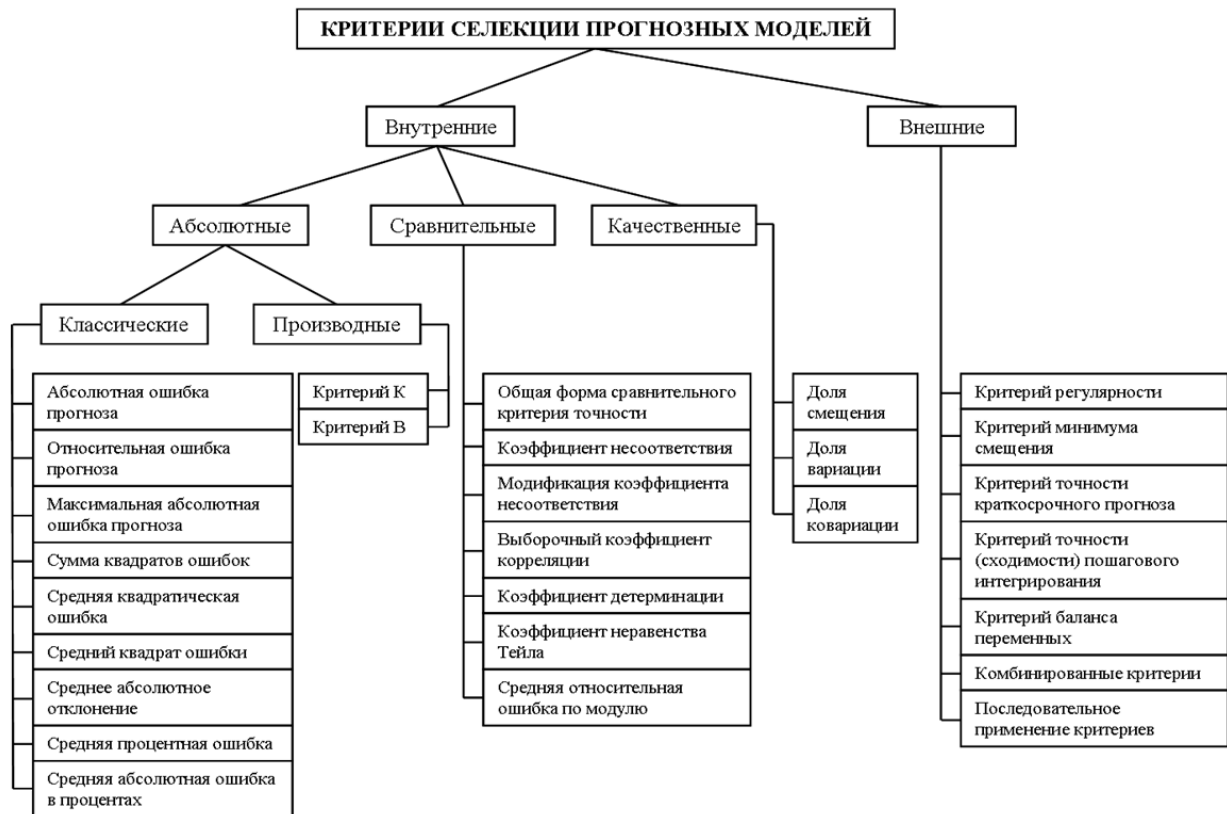


Рис. 3. Классификация критериев селекции прогнозных моделей (по материалам [16])

Вместе с тем, остаются неформализованными ответы на следующие вопросы: в каких случаях следует применять ту или иную модель экспоненциального сглаживания; возможно ли, пусть чисто теоретически, выбором параметра сглаживания обеспечить абсолютно точный прогноз.

Таким образом, речь идет о структурном синтезе прогнозной модели – следует ли включать в нее тренд, сезонную составляющую и т.д., и о параметрическом синтезе – обоснованном выборе настраиваемых параметров выбранной модели, суть которого сводится к решению оптимизационной задачи для выбранного критерия качества прогноза.

Классическое решение задачи структурного синтеза модели состоит в обеспечении принципа достаточности – достижение поставленной цели минимальными средствами, имея в виду минимально допустимую сложность модели, а, следовательно, и минимальное число настраиваемых параметров. Переход на следующую ступень сложности, в этом случае, связан с тем, что для имеющейся модели ни одно из возможных сочетаний параметров настройки не позволяет достичь необходимого результата – в данном случае – абсолютной точности прогноза.

Для модели простого экспоненциального сглаживания это означает, что полиномиальное уравнение для текущего прогнозного значения (3), записанное относительно ретроспективных значений исследуемого показателя и неизвестных коэффициентов экспоненциального сглаживания

$$A_t = \alpha_t A_{t-1} + \alpha_t (1 - \alpha_t) A_{t-2} + \dots + \alpha_t (1 - \alpha_t)^{n-1} A_{t-n} = \sum_{i=1}^n \alpha_t (1 - \alpha_t)^{i-1} A_{t-i}, \quad (5)$$

имеет среди своих корней вещественные значения α_t . Последнее следует рассматривать как необходимое условие корректного выбора математической модели прогноза. Достаточным же условием, по-видимому, является выполнение ограничений: $0 \leq \alpha_t \leq 1$ [5] или $0 \leq \alpha_t \leq 2$ [9], что связано со сбалансированным сочетанием ранних и поздних значений прогнозируемого показателя [17] и укладывается в гипотезу об инерционности экономических процессов, являющуюся исходной предпосылкой для применения экспоненциального сглаживания. Графическая интерпретация различных решений представлена на рис. 4.

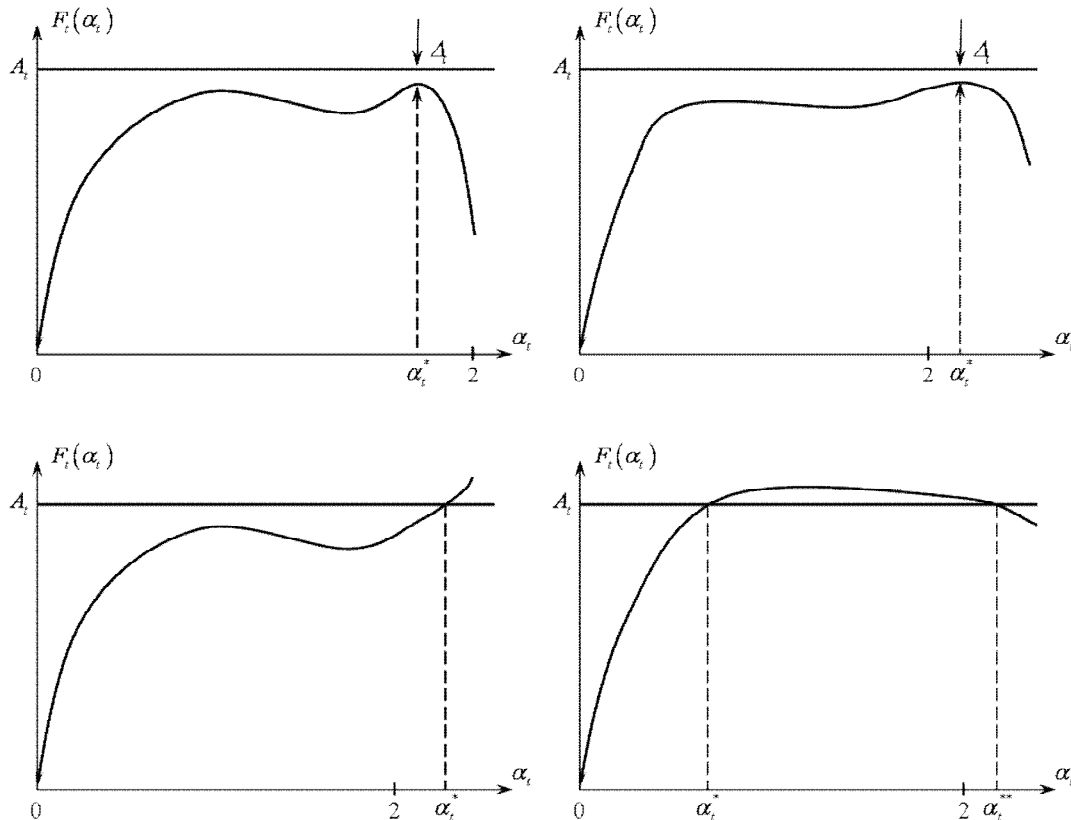


Рис. 4. Графическая интерпретация задачи нахождения ретроспективных значений параметра сглаживания

Таким образом, совокупность решений уравнения (5), полученная для нескольких последних измерений, может служить индикатором как корректности используемой прогнозной модели, так и необ-

ходимости перехода к следующей по иерархическому уровню сложности. Следует учитывать, что такое решение не является окончательным и может быть связано с определенной фазой исследуемого

процесса, т.е. возможен и обратный процесс – переход к более простой прогнозной модели. Предлагается следующая формализованная процедура определения параметра сглаживания для составления прогноза по временному ряду значений, а также подход к оценке методической погрешности выбранного метода прогнозирования.

1. Определение параметра сглаживания для прогноза в предыдущий момент времени $(t - 1)$ путем решения полиномиального уравнения относительно α_{t-1} :

$$A_{t-1} = \alpha_t A_{t-2} + \alpha_t (1 - \alpha_t) A_{t-3} + \dots + \alpha_t (1 - \alpha_t)^{n-2} A_{t-n} = \sum_{i=2}^n \alpha_t (1 - \alpha_t)^{i-2} A_{t-i}, \quad (6)$$

где A_{t-i} , $i = \overline{1, n}$ – реальные значения параметра в моменты времени $(t - i)$, n – количество элементов в исходном временном ряду.

Если уравнение (6) имеет вещественные корни на интервале $\alpha_{t-1} \in [0, 2]$, то найденное решение α_{t-1} позволяло получить абсолютно точный прогноз на момент времени $(t - 1)$. При наличии только комплексных корней находим минимальную методическую ошибку Δ_{t-1} .

2. Последовательное повторение п. 1 для значений параметра в нескольких «ранних» точках временной серии. Получаем следующую последовательность полиномиальных уравнений:

$$\begin{aligned} A_{t-1} + \Delta_{t-1} &= \sum_{i=2}^n \alpha_{t-1} (1 - \alpha_{t-1})^{i-2} A_{t-i}, \\ A_{t-2} + \Delta_{t-2} &= \sum_{i=3}^n \alpha_{t-2} (1 - \alpha_{t-2})^{i-m} A_{t-i}, \\ &\dots \\ A_{t-m} + \Delta_{t-m} &= \sum_{i=m}^n \alpha_{t-m} (1 - \alpha_{t-m})^{i-2} A_{t-i}, \end{aligned} \quad (7)$$

где m – глубина ретроспективного анализа.

Таким образом, получаем последовательность значений α для m последних моментов времени:

$$\{\alpha\}_m = \{\alpha_{t-1}, \alpha_{t-2}, \dots, \alpha_{t-m}\}. \quad (8)$$

3. Экстраполируем полученную тенденцию (8) на момент времени t для определения прогнозного значения α_t .

Таким образом, анализируя временные серии исследуемого процесса, можно получить кроме точечной прогнозной оценки самого параметра еще и оценку методической ошибки прогноза, которая выступает критерием применимости метода экспоненциального сглаживания.

Пример. Численные значения элементов ряда и результаты ретроспективного анализа глубиной

в 5 моментов времени приведены в табл. 1.

График изменения параметра сглаживания, построенный по найденным значениям, а также аппроксимирующая кривая, представлены на рис. 5.

Таблица 1

Исходные данные и результаты моделирования

Моменты времени	Элементы ряда	Значения параметра сглаживания	Значения методической ошибки
i	A_i	α_i	Δ_i
1	0,6966	–	–
2	0,7302	–	–
3	0,7564	–	–
4	0,7786	–	–
5	0,7908	–	–
6	0,7998	–	–
7	0,7982	0,8584; 1,4332	0
8	0,7884	0,5121	0
9	0,7706	0,3775; 1,6157	0
10	0,7478	0,2963	0
11	0,7176	0,2337; 1,7071	0

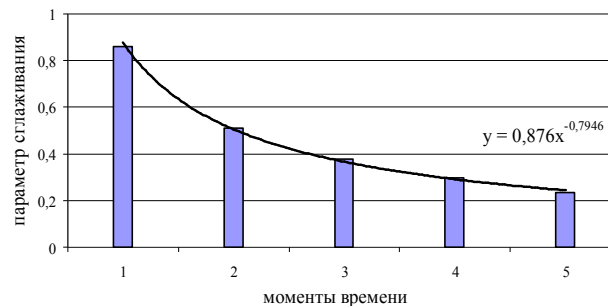


Рис. 5. Динамика изменения оптимального значения параметра сглаживания

Учитывая высокую степень точности аппроксимации показательной функцией (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9964$), можно определить значение параметра сглаживания $\alpha_{12} = 0,211$ для прогнозирования на следующий период времени.

Выводы

Рассмотрены вопросы прогнозирования компонент матрицы «разрыва» в задаче управления эффективностью бизнес-процессов в организации. В качестве метода прогнозирования в рамках поставленной задачи предложено использовать экспоненциальное сглаживание, построенное на однопараметрической модели Брауна.

Предложена формализованная процедура определения параметра сглаживания для составления

прогноза по временному ряду значення параметра досліджуваного процесу з оцінкою методическої погрешності вибраного методу прогнозування.

Список литературы

1. Варталян В.М. Модели, методы и инструментальные средства поддержки принятия решений в высокотехнологическом производстве [Текст]: моногр. / В.М. Варталян, Б.Б. Стелюк, М.А. Голованова, И.В. Дронова. – Х.: ИД «ИНЖЕК», 2009. – 224 с.
2. Васнев, С.А. Статистика: Учебное пособие / С.А. Васнев. – Москва: Изд-во Московский государственный университет печати, 2008 – 344 с.
3. Чернова Т. В. Экономическая статистика: Учебное пособие / Т. В. Чернова. – Таганрог: Издательство ТРТУ, 2010. – 140с.
4. Минашкин В. Г. Бизнес-статистика и прогнозирование: учебно-практическое пособие / В. Г. Минашкин, Н. А. Садовникова, Р. А. Шмойлова. – М.: Изд. центр ЕАОИ, 2010. – 256 с.
5. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учебное пособие / Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
6. Brown R.G., Meyer R.F. The fundamental theorem of exponential smoothing. *Oper. Res.* - 1961. - Vol.9. -№ 5.
7. Кащеева В.Ю. Обзор методов прогнозирования показателей бизнес-процессов по временным рядам / В.Ю. Кащеева, В.М. Варталян, Ю.А. Романенков // Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції: "Стратегії інноваційного розвитку економіки: бізнес, наука, освіта", 7-10 квітня 2010 р. – Х.: ФОП Сегаль І.М., 2010. – С. 361-364.
8. Рабочая книга по прогнозированию / Редкол: И.В. Бестужев-Лада (отв. ред.). – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
9. Светульников, С.Г. О расширении границ применения метода Брауна / С.Г. Светульников // Известия Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов. – 2002. – № 3. – С. 94-107.
10. Методы социально-экономического прогнозирования: учебник для вузов. Том II / С.Г. Светульников, И.С. Светульников. – СПб.: СПбГУЭФ, 2010. – 103 с.
11. Васильев А.А. Методы выбора постоянной сглаживания в модели прогнозирования Брауна / А.А. Ва-

сильев // Вестник Тверского государственного университета, 2013, №1 (серия «Экономика и управление». 2013, вып. 17). – С. 183-196.

12. Васильев А.А. Исследование модели прогнозирования Брауна при классических и запредельных значениях постоянной сглаживания // А.А. Васильев, Е.В. Васильева // Вестник Тверского государственного университета, 2013, №1 (серия «Экономика и управление». – 2013. – Вып. 17). – С. 197-213.

13. Варталян В.М. Параметрический синтез прогнозной модели экспоненциального сглаживания / В.М. Варталян, Ю.А. Романенков, А.В. Кононенко // Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – № 59 – С. 9-16.

14. Варталян В.М. Анализ адекватности моделей прогнозирования экономических показателей предприятий / В.М. Варталян, Ю.А. Романенков, А.В. Кононенко // Бизнес Информ. – Харьков: Хар. Нац. эконом. ун-т, 2007. - № 3-4. – С. 103-106.

15. Варталян В. М. Графоаналитический метод выбора константы сглаживания в моделях временных серий [Текст] / В. М. Варталян, Н. М. Федоренко // Науковий вісник Чернівецького торгово-економічного інституту КНТЕУ: Матеріали XIII міжнар. наук.-практ. конф. (9-10 квітня 2002 року, Чернівці). – Чернівці, 2002. – С. 202-206.

16. Васильев А.А. Критерии селекции моделей прогноза (обзор) / А.А. Васильев // Вестник Тверского государственного университета. – 2012. - №2. – Серия: “Экономика и управление”. – Вып. 13. – С. 133-148.

17. Романенков Ю.А. Параметрический анализ области адекватности адаптивной прогнозной модели Брауна / Ю.А. Романенков // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». – Технічні науки. Випуск 162. – Сімферополь: ВД «АРИАЛ», 2014. – С. 228-236.

Поступила в редколлегию 3.11.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

ПРОГНОСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОПЕРЕДЖУЮЧОГО УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ В ОРГАНІЗАЦІЇ

Ю.О. Романенков

Розглянуто питання прогнозування компонент матриці «розриву» в задачі управління ефективністю бізнес-процесів в організації. В якості методу прогнозування в рамках поставленої задачі запропоновано використовувати експоненціальне згладжування, побудоване на однопараметричній моделі Брауна. Запропоновано формалізовану процедуру визначення параметру згладжування для складання прогнозу по часовому ряду значень параметра досліджуваного процесу з оцінкою методическої похибки обраного методу прогнозування. Рішення задачі ілюструється прикладом.

Ключові слова: управління ефективністю бізнес-процесів в організації, прогностичне забезпечення, модель експоненціального згладжування.

PROGNOSTIC MAINTENANCE OF PROACTIVE MANAGEMENT OF BUSINESS PROCESS IN A COMPANY

Yu.A. Romanenkov

The issues of forecasting of matrix element “break” related to the task of performance management of business process in a company have been considered. Exponential smoothing based on one-parameter Brown model is offered to use as a forecasting method for the purpose of the task at hand. Formalized procedure of smoothing constant determination for making forecast of time-series of parameter values related to the process being studied with evaluation of method error of the chosen forecasting method has been offered. Task solution is illustrated with an example.

Keywords: performance management of business process in a company, prognostic maintenance, exponential smoothing model.