

## УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 681.518

*Н.Н. Астахова, Л.А. Демидова*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧТИ ПОЛНЫХ СТРОГО БИНАРНЫХ ДЕРЕВЬЕВ И МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С КОРОТКОЙ АКТУАЛЬНОЙ ЧАСТЬЮ

*Предложены и исследованы способы формирования антител, применяемых в моделях прогнозирования временных рядов на основе модифицированного алгоритма клонального отбора для построения аналитических зависимостей, с использованием почти полных строго бинарных деревьев и показана целесообразность использования способа, основанного на разбиении почти полных строго бинарных деревьев на поддеревья.*

*Ключевые слова:* временной ряд, почти полное строго бинарное дерево, модель прогнозирования, модифицированный алгоритм клонального отбора.

**Введение.** Анализ временных рядов (ВР) с короткой актуальной частью (около 20-30 значений) играет важную роль в решении многих практических задач, в частности задач, связанных с прогнозированием социально-экономических процессов. При этом существенный интерес представляют исследование и применение различных современных подходов к разработке моделей краткосрочного прогнозирования ВР с короткой актуальной частью, которые обеспечивали бы высокую точность прогнозирования, а следовательно, адекватную оценку предстоящих изменений в поведении процессов и принятие соответствующих управленческих решений [1 – 8].

Одним из перспективных подходов к разработке моделей краткосрочного прогнозирования ВР с короткой актуальной частью является подход, основанный на применении хорошо зарекомендовавших себя при решении различных прикладных задач искусственных иммунных систем (ИИС), основанных на принципах естественной иммунной системы, обладающей мощными и гибкими способностями обработки информации [9, 10].

Целесообразность использования ИИС при

разработке моделей прогнозирования ВР с короткой актуальной частью подтверждается результативностью применения инструментария ИИС, в частности алгоритма клонального отбора, при решении задач интерполяции, экстраполяции и прогнозирования [1, 4, 5].

Модифицированный алгоритм клонального отбора (МАКО), используемый при разработке моделей краткосрочного прогнозирования ВР с короткой актуальной частью, предполагает, в первую очередь, осуществление выбора:

- вида бинарного дерева, применяемого для построения аналитических зависимостей, а следовательно, и при разработке моделей прогнозирования, той или иной степени сложности;
- способа формирования антитела, кодирующего аналитическую зависимость в соответствии с видом бинарного дерева и обеспечивающего минимизацию времени интерпретирования антитела в аналитическую зависимость.

**Цель работы** – разработка способов формирования антител на основе почти полных строго бинарных деревьев (ППСБД) и исследование их эффективности с точки зрения минимизации временных затрат на построение моделей прогнозирования ВР с короткой актуальной частью

с использованием МАКО.

**Теоретическая часть.** В работах [4, 5] при разработке моделей краткосрочного прогнозирования ВР  $d(t)$  с короткой актуальной частью предлагается использовать модели прогнозирования  $k$ -го порядка на основе МАКО, позволяющего при приемлемых временных затратах сформировать аналитическую зависимость, наилучшим образом описывающую известные значения ВР и обеспечивающую получение минимального значения аффинитета – средней относительной ошибки прогнозирования  $AFER$  (Average Forecasting Error Rate):

$$AFER = \frac{\sum_{t=k+1}^m |(f(t) - d(t))/d(t)|}{m} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $f(t)$  и  $d(t)$  – предсказанное и реальное значения для  $t$ -го отсчета времени;  $m$  – количество значений ВР (количество отсчетов времени).

Возможные варианты аналитических зависимостей в МАКО кодируются в виде антител  $Ab$ , которые должны осуществлять распознавание антигенов  $Ag$  – известных значений ВР. При реализации МАКО выбирается «лучшее» антитело  $Ab$ , обеспечивающее минимальное значение аффинитета  $AFER$  [4, 5].

Укрупненная схема МАКО, используемого при разработке модели краткосрочного прогнозирования  $k$ -го порядка, приведена на рисунке 1. Подробное описание МАКО дано в работе [4].

Любое антитело  $Ab$ , формируемое на этапах создания начальной популяции, клонирования, гипермутации и дополнения популяции до установленного размера, представляет собой символьную строку, элементы которой выбираются из трёх предварительно заданных символьных алфавитов:

– алфавита арифметических операций  $Operation = \{+, -, ', /\}$ , то есть операций сложения, вычитания, умножения и деления;

– алфавита функционалов  $Functional = \{S', C', Q', L', E', '_'\}$ , в котором символы  $S', C', Q', L', E'$  соответствуют математическим функциям «синус», «косинус», «квадратный корень», «натуральный логарифм», «экспонента», а символ '\_' определяет отсутствие какой-либо математической функции;

– алфавита терминалов  $Terminal = \{a', b', \dots, z', '@'\}$ , в котором символ '@' определяет некоторую константу, а символы  $a', b', \dots, z'$  соответствуют аргументам искомой аналитической функции.

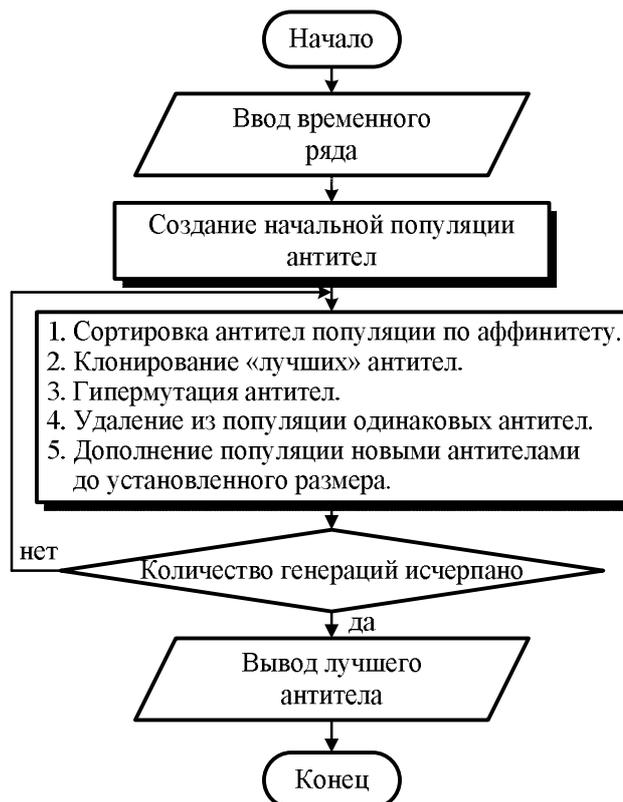


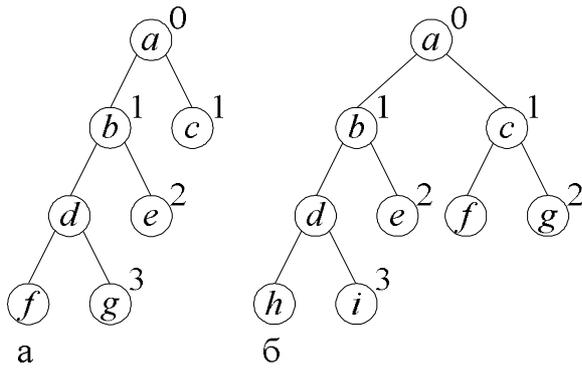
Рисунок 1 – Укрупненная схема МАКО

Использование трёх символьных алфавитов обеспечивает при реализации МАКО корректное преобразование в аналитические зависимости случайным образом формируемых антител, структура которых может быть описана с помощью строго бинарных деревьев (СБД) [4, 5], примеры которых приведены на рисунке 2, где рядом с узлами показаны значения их уровней. Предполагается, что арифметические операции являются двухместными, а применение функционала должно предшествовать применению арифметической операции.

Количество терминальных позиций  $Term$  в антителе определяется максимально возможным порядком модели прогнозирования [4, 5].

Если максимально возможный порядок равен  $K$ , то это означает, что при прогнозировании значения ВР  $d(t)$  на момент времени  $t$  могут использоваться  $K$  значений ВР:  $d(t - K), \dots, d(t - 2), d(t - 1)$ . При этом реальный и максимальный порядки модели прогнозирования  $k$  и  $K$  соответственно удовлетворяют условию:  $k \leq K$ .

Применение ППСБД [4, 11 – 13] (рисунок 2, б) позволяет строить более сложные аналитические зависимости, чем в случае использования просто СБД (рисунок 2, а) [4, 5], и, как следствие, обеспечивает повышение точности прогнозирования ВР с короткой актуальной частью [4].



**Рисунок 2 – Примеры бинарных деревьев:  
а – строгое бинарное дерево;  
б – почти полное строгое бинарное дерево**

ППСБД может быть представлено в виде композиции одного «левого» поддерева максимально возможного порядка  $K_{\text{л}} = 3$  и некоторого количества  $n$  ( $n \geq 1$ ) «правых»  $i$ -х ( $i = \overline{1, n}$ ) поддеревьев максимально возможного порядка  $K_{\text{п}}^i = 2$  ( $K_{\text{л}} + \sum_{i=1}^n K_{\text{п}}^i = K$ ). При этом термин «правое» поддерево («левое» поддерево) используется для указания того, в какую ветвь (в правую или в левую) некоторого уровня ППСБД должно включаться новое поддерево. Количество терминальных позиций в «левом» и «правых» поддеревьях равно соответственно  $Term_{\text{л}} = 3$  и  $Term_{\text{п}}^i = 2$  ( $i = \overline{1, n}$ ), а длина антитела равна

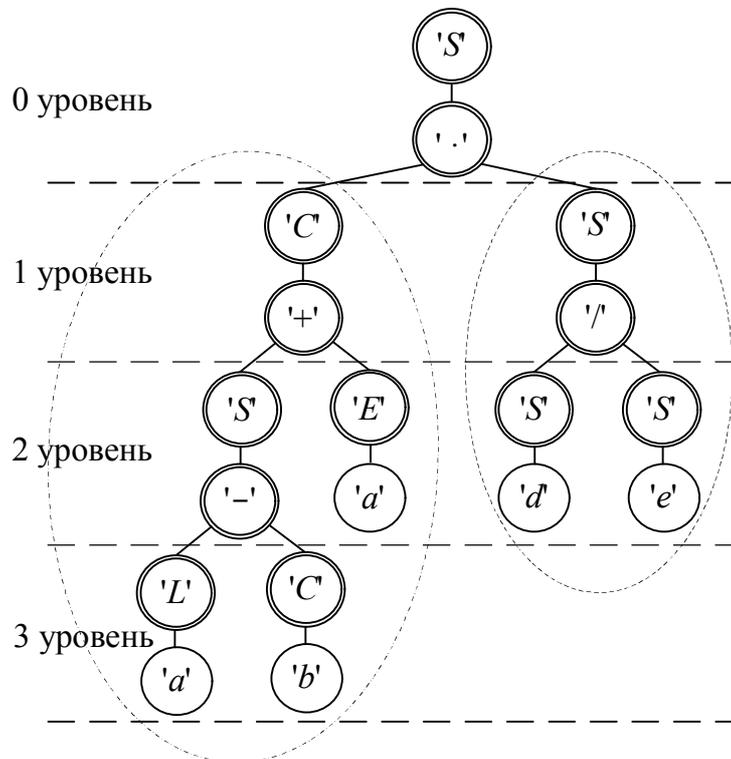
$$(4 \cdot Term_{\text{л}} - 2) + \sum_{i=1}^n (4 \cdot Term_{\text{п}}^i - 2) + 2 \cdot n, \text{ то есть } 10 + 8 \cdot n \text{ [4].}$$

На рисунке 3 приведен пример ППСБД для случая, когда  $K = 5$  и алфавит терминалов имеет вид:  $Terminal = \{ 'a', 'b', 'c', 'd', 'e', '@' \}$ . Длина антитела в этом случае находится как сумма длин «левого» поддерева ( $4 \cdot Term_{\text{л}} - 2 = 10$ ), «правого» поддерева ( $4 \cdot Term_{\text{п}} - 2 = 6$ ) и количества символов композиции (2) и равна 18.

При этом видно, что на каждом уровне ППСБД расположена пара символов: либо пара символов из алфавита терминалов и алфавита функционалов, либо пара символов из алфавита арифметических операций и алфавита функционалов.

Процедура кодирования антитела, соответствующего ППСБД, может быть реализована различными способами, однако должна обеспечивать корректный результат интерпретирования антитела.

Так как формирование антител осуществляется практически на каждом этапе МАКО (рисунок 1) и должно выполняться с учетом требования о генерации «непохожих» между собой антител [4, 5], то выбору способа формирования антител, обеспечивающего минимизацию временных затрат на интерпретирование антител в аналитические зависимости, следует уделить особое внимание.



**Рисунок 3 – Пример ППСБД, используемого для формирования антитела**

Кроме того, немаловажно реализовать упорядочение символов антитела в виде таких последовательностей, которые представляли бы информацию о структуре соответствующих им бинарных деревьев.

В ходе анализа возможных подходов к формированию антител на основе ППСБД были разработаны два способа формирования антител, обеспечивающие их корректное интерпретирование в аналитические зависимости:

- способ, основанный на использовании стандартного подхода к обходу вершин бинарного дерева и реализующий формирование упорядоченного списка символов, находящихся в вершинах ППСБД;

- способ, основанный на разбиении ППСБД на поддеревья и реализующий сначала с использованием стандартного подхода к обходу вершин бинарного дерева для каждого поддерева формирование упорядоченных списков символов, находящихся в его вершинах, а затем – последовательное объединение этих списков.

При применении первого способа, основанного на использовании стандартного подхода к обходу вершин бинарного дерева, осуществляется последовательный двукратный обход вершин ППСБД.

При этом сначала при движении по дереву снизу вверх слева направо попарно обходятся вершины, содержащие символы из алфавита терминалов *Terminal*, и соответствующие им (лежащие сверху) вершины, содержащие символы из алфавита функционалов *Functional*, а затем при движении в том же направлении попарно обходятся вершины, содержащие символы из алфавита арифметических операций *Operation*, и соответствующие им (лежащие сверху) вершины, содержащие символы из алфавита функционалов *Functional*.

Сформированное таким образом антитело представляет собой последовательное объединение двух списков: списка пар из алфавита функционалов и алфавита арифметических операций; списка пар из алфавита функционалов и алфавита терминалов. При этом первые два символа антитела содержат пару символов нулевого уровня ППСБД из алфавита функционалов и алфавита арифметических операций, а замыкают антитело два символа, соответствующие левой паре символов самого высокого уровня ППСБД из алфавита арифметических операций и алфавита терминалов.

Данный способ формирования антитела легко реализуем, но его существенным недостатком является отсутствие наглядности представления

структуры ППСБД в виде объединения поддеревьев.

При применении второго способа, основанного на разбиении ППСБД на поддеревья, сначала при движении по дереву снизу вверх слева направо для каждого поддерева формируется упорядоченный список символов, находящихся в его вершинах, с использованием стандартного подхода к обходу вершин бинарного дерева, рассмотренного при описании первого способа формирования антитела, а затем осуществляется последовательное объединение этих списков.

При этом первые два символа антитела содержат пару символов нулевого уровня ППСБД из алфавита функционалов и алфавита арифметических операций, далее следуют списки символов, соответствующие «правым» поддеревьям, при движении по дереву снизу вверх слева направо, а замыкает антитело список символов, входящих в «левое» поддерево максимально возможного порядка  $K_{\text{л}} = 3$ .

Упорядоченные списки символов для каждого поддерева формируются так же, как это осуществляется при применении первого способа формирования антитела на основе ППСБД при максимально возможных порядках  $K_{\text{л}} = 3$  и  $K_{\text{п}}^i = 2$  ( $i = \overline{1, n}$ ).

Данный способ формирования антитела обеспечивает наглядность представления структуры ППСБД в виде объединения поддеревьев, а само антитело легко интерпретируется в аналитическую зависимость. Однако этот способ характеризуется определенными трудностями, связанными с необходимостью определения для каждой позиции антитела алфавита символов, из которого следует случайным образом выбрать соответствующий символ.

На рисунке 4 показан пример антитела, сформированного в соответствии с первым способом, на основе ППСБД, приведенного на рисунке 3, и представляемого строкой вида:  $S \cdot S/C + S - SeSdEaCdLa$ . На рисунке 5 показан пример антитела, сформированного в соответствии со вторым способом, на основе ППСБД, приведенного на рисунке 3, и представляемого строкой вида:  $S \cdot S/SeSdC + S - EaCbLa$ . Символам в антителах и поддеревьях сопоставлены порядковые номера.

Буквами *O*, *F* и *T* на рисунках 4 и 5 обозначены соответственно алфавиты арифметических операций *Operation*, функционалов *Functional* и терминалов *Terminal*.

При интерпретировании антител в аналитические зависимости может быть применена ре-

курсивная процедура интерпретирования, предложенная для СБД [4].

При использовании первого способа формирования антител необходимо предварительно посредством выбора символов из исходного антитела сформировать малые антитела, соответствующие поддеревьям исходного ППСБД, которые представляют собой уже СБД.

При использовании второго способа формирования антител символы в исходном антителе уже сгруппированы так, что определяют малые антитела, соответствующие поддеревьям, представляющим собой СБД в исходном ППСБД.

При реализации обоих способов формирования антител сначала к каждому выделенному малому антителу применяется рекурсивная процедура интерпретирования антитела в малую аналитическую зависимость, а затем осуществ-

ляется последовательное сцепление малых аналитических зависимостей посредством символов из алфавита арифметических операций *Operation* и алфавита функционалов *Functional* в искомую аналитическую зависимость.

При этом в первую очередь выполняется интерпретирование функциональных символов, затем – самого большого из поддеревьев максимально возможного порядка  $K_{\Pi} = 3$ , и, наконец, в цикле – интерпретирование малых поддеревьев максимально возможного порядка  $K_{\Pi}^i = 2$  ( $i = \overline{1, n}$ ).

Независимо от того, какой способ формирования антитела на основе ППСБД выбран, обеспечивается интерпретация антитела в одну и ту же аналитическую зависимость.

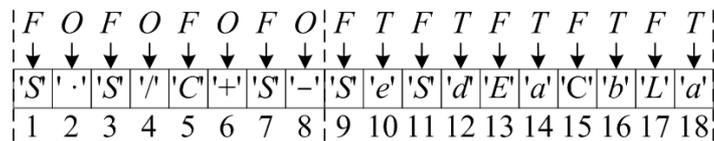


Рисунок 4 – Антитело, полученное с использованием первого способа формирования антитела на основе ППСБД

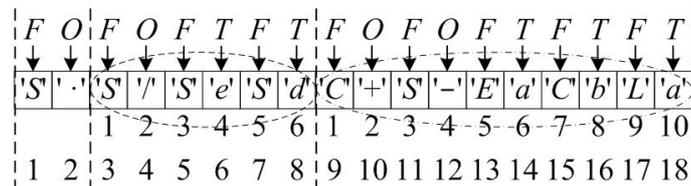


Рисунок 5 – Антитело, полученное с использованием второго способа формирования антитела на основе ППСБД

Например, для ППСБД, приведенного на рисунке 3, оба предложенных способа формирования антитела приводят к построению аналитической зависимости вида:

$$f(a, b, d, e) = \sin(\cos(\sin(\ln(a) - \cos(d)) + \exp(a)) \cdot \sin(\sin(d) / \sin(e)), \quad (2)$$

которая в контексте задачи разработки модели прогнозирования  $k$ -го порядка при  $k = 4$  с учетом упорядоченности в алфавите терминалов *Terminal* символов  $a, b, d, e$  может быть записана как:

$$f(d(t-1), d(t-2), d(t-3), d(t-4)) = \sin(\cos(\sin(\ln(d(t-1)) - \cos(d(t-2))) + \exp(d(t-1))) * \sin(\sin(d(t-3)) / \sin(d(t-4))), \quad (3)$$

Очевидно, что в таком случае способ формирования антител не влияет на величину относительной ошибки прогнозирования *AFER*, иг-

рающей в МАКО роль аффинитета.

В связи с этим решение относительно целесообразности применения одного из двух предложенных способов формирования антитела должно быть экспериментально обосновано.

**Экспериментальная часть.** Для принятия решения о целесообразности использования того или иного способа формирования антител был выполнен анализ времени интерпретирования антител в аналитические зависимости, которое должно быть минимально возможным.

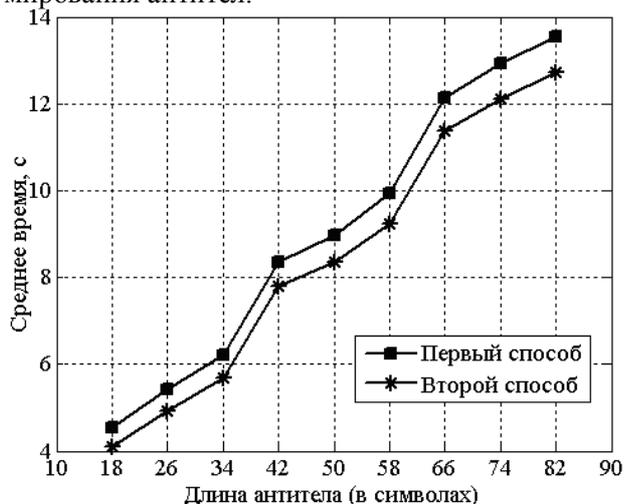
Экспериментальные исследования проводились на 100 генерациях наборов из 10000 антител для длин антител от 18 до 82 символов с шагом в 8 символов, равным сумме длины добавляемого нового «правого» поддерева ( $4 \cdot Term_{\Pi} - 2 = 6$ ) и количества символов композиции (2).

При этом рассматривались отличающиеся между собой, но семантически эквивалентные,

то есть интерпретируемые в одинаковые аналитические зависимости, наборы антител, формируемые на основе одного и того же набора ППСБД.

Анализ усредненных по 100 поколениям суммарных оценок времени формирования и интерпретирования наборов из 10000 антител, выполненный в среде MATLAB R2009b, показал, что при использовании первого и второго способов формирования антител при увеличении длины антитела на 8 символов в среднем прирост суммарных оценок времени составляет 1,22 с и 1,15 с соответственно, а среднее значение разности суммарных оценок времени при реализации второго и первого способов увеличивается и составляет 0,4 с и 0,95 с для длин антител в 18 и 82 символа соответственно.

На рисунке 6 представлены графические зависимости для усредненных по 100 поколениям суммарных оценок времени формирования и интерпретирования наборов из 10000 антител с использованием первого и второго способов формирования антител.



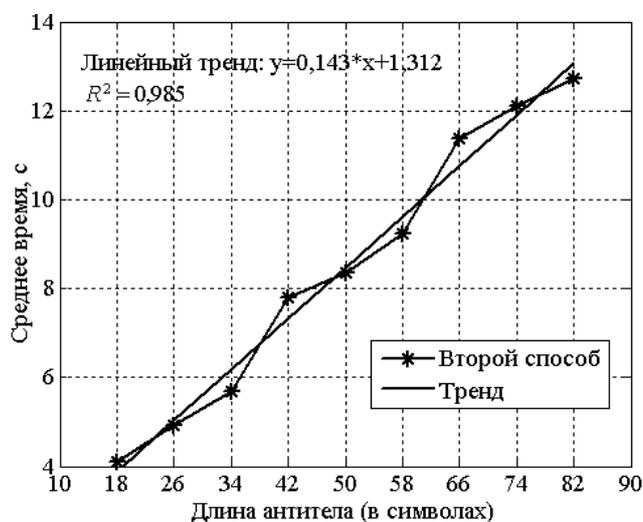
**Рисунок 6 – Графические зависимости для усредненных оценок времени формирования и интерпретирования наборов антител**

Очевидно, что при увеличении количества антител, формируемых при реализации МАКО с целью построения адекватной модели прогнозирования, преимущество использования второго способа формирования антител, основанного на разбиении ППСБД на поддеревья, с точки зрения минимизации временных затрат будет еще более существенным.

На рисунке 7 представлены результаты аппроксимации зависимости усредненной по 100 поколениям суммарной оценки времени формирования и интерпретирования наборов из 10000 антител от длины антитела с помощью линейного тренда при использовании второго способа

формирования антител, позволяющие предположить наличие линейной зависимости ввиду нахождения высокого (близкого к 1) значения величины достоверности аппроксимации:  $R^2 = 0,985$ .

Исходя из полученных результатов расчетов можно сделать вывод о целесообразности использования второго способа формирования антител, основанного на разбиении ППСБД на поддеревья и обеспечивающего минимально возможное время формирования и интерпретирования наборов антител, что является особенно актуальным при работе с объемными наборами антител большой длины.



**Рисунок 7 – Аппроксимация зависимости усредненной оценки времени формирования и интерпретирования наборов антител от длины антитела с помощью линейного тренда при использовании второго способа формирования антител**

Модели прогнозирования на основе ППСБД и МАКО были применены для решения задач краткосрочного прогнозирования тенденций рынка труда в России, в частности для прогнозирования ВР, описывающего «экономически активное население» (в тыс. чел.).

При разработке модели прогнозирования использовались 17 известных значений ВР  $d(t)$  ( $t = \overline{1,17}$ ) с февраля 1999 года по май 2003 года для отсчетов времени по месяцам: февраль, май, август и ноябрь, на основе которых с целью повышения точности прогнозирования был построен новый ВР  $\Delta d(t) = d(t) - d(t-1)$  ( $t = \overline{2,17}$ ) из значений приращений исходного ВР [2], а оценка качества прогнозирования выполнялась для 3 значений ВР (август 2003 года, ноябрь 2003 года и февраль 2004 года), то есть на 3 шага вперед (рисунок 8).

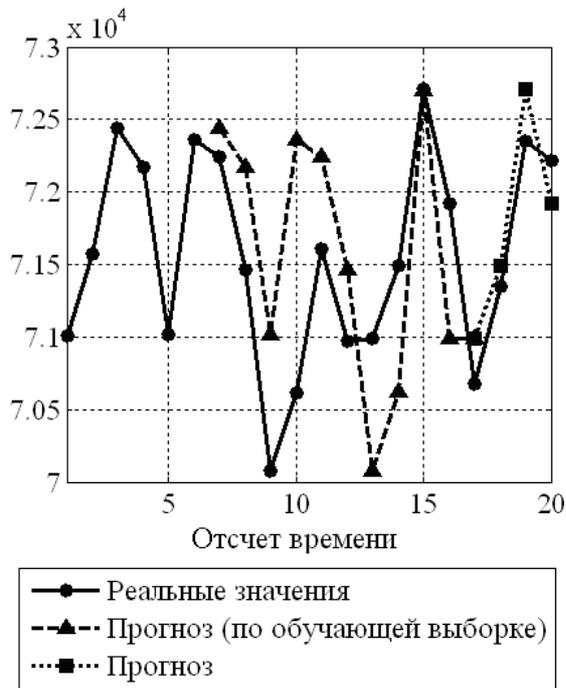


Рисунок 8 – Результаты прогнозирования

При реализации МАКО в качестве максимально возможного порядка модели прогнозирования использовалось значение  $K$ , равное 9, а реальный порядок модели прогнозирования  $k$  оказался равным 6.

При этом «лучшее» антитело имеет вид:  $_{-}E/S_{-}C_{-}E/S_{-}cSiS@SgCeSbSaCCLi$ , а аналитическая зависимость записывается соответственно как:

$$\begin{aligned}
 & f(\Delta d(t-1), \Delta d(t-2), \Delta d(t-3), \\
 & \Delta d(t-4), \Delta d(t-5), \Delta d(t-6)) = \\
 & = \exp(\sin(\exp(\sin(\ln(\Delta d(t-1))) * \\
 & * \cos(\Delta d(t-4)))/\sin(\Delta d(t-6))) - \\
 & - \sin(\Delta d(t-5)) \cdot \cos(\Delta d(t-3)) / \\
 & \cos(\sin(\Delta d(t-2)) - \sin(-338504,029))) - \\
 & - \sin(\Delta d(t-1)) - \Delta d(t-4).
 \end{aligned} \quad (4)$$

Значения средних относительных ошибок прогнозирования  $AFER$  и на три шага вперед составили соответственно 0,365 и 0,408, что свидетельствует о применимости разработанной модели для выполнения краткосрочного прогнозирования данного ВР.

**Заключение.** Использование ППСБД обеспечивает построение более сложных аналитических зависимостей, чем применение просто СБД, что позволяет при разработке моделей прогнозирования на основе МАКО повысить точность прогнозирования процессов, представленных ВР с короткой актуальной частью.

Применение при реализации МАКО способа формирования антител, основанного на разби-

нии ППСБД на поддеревья, обеспечивает минимизацию временных затрат на интерпретацию антител в аналитические зависимости.

Модели прогнозирования на основе ППСБД и МАКО позволяют существенно сократить время подбора аналитической зависимости, наилучшим образом описывающей известные значения ВР с короткой актуальной частью, и могут быть рекомендованы для решения задач краткосрочного прогнозирования (на 1-3 шага вперед).

#### Библиографический список

1. Бидюк П.И., Баклан И.В., Литвиненко В.И., Фефелов А.А. Алгоритм клонального отбора для прогнозирования нестационарных динамических систем // Штучный интеллект. – 2004. – № 4. – С. 89-99.
2. Демидова Л.А. Разработка однофакторных нечетких моделей для анализа тенденций временных рядов с использованием генетического алгоритма // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – СПб., 2007. – № 4. – С. 156-164.
3. Демидова Л.А. Генетический алгоритм поиска параметров однофакторной модели прогнозирования на основе дискретных нечетких множеств второго типа // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2008. – № 3. – С. 3-14.
4. Демидова Л.А. Модели прогнозирования временных рядов с короткой актуальной частью на основе модифицированного алгоритма клонального отбора // Вестник РГРТУ. – № 1 (вып. 39). Часть 2. – Рязань, 2012. – С. 64-71.
5. Демидова Л.А., Корячко А.В., Скворцова Т.С. Модифицированный алгоритм клонального отбора для анализа временных рядов с короткой длиной актуальной части // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 4.1 (42). – С. 131-136.
6. Демидова Л.А., Скворцова Т.С. Двухфакторная модель прогнозирования временных рядов с короткой длиной актуальной части с использованием генетического алгоритма // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 1(39). – С. 7-12.
7. Chen S.M. Forecasting enrollments based on high-order fuzzy time series // Cybernetic Systems, 2002. – V. 33. – № 1. – P. 1-16.
8. Hwang J.-R., Chen S.-M., Lee C.-H. Handling forecasting problems using fuzzy time series // Fuzzy Sets and Systems, 1998. – Vol. 100. – P. 217-228.
9. Демидова Л.А., Титов С.Б. Исследование влияния основных параметров алгоритма функционирования искусственной иммунной сети на качество кластеризации объектов // Вестник РГРТУ. – 2012. – № 40. – С. 54-60.
10. Искусственные иммунные системы и их применение / под ред. Д. Дасгупты. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2006. – 344 с.
11. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. – СПб.: Питер, 2009. – 624 с.: ил.

12. Астахова Н.Н. Разработка моделей прогнозирования на основе почти полных строго бинарных деревьев с использованием модифицированного алгоритма клонального отбора // Прикладная информатика и информационные технологии: сб. науч. тр. студентов, молодых ученых и специалистов / под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т,

2012. – С. 20-22.

13. Астахова Н.Н., Демидова Л.А. Решение задачи учета изменения тренда при прогнозировании с помощью модифицированного алгоритма клонального отбора // Программные информационные системы: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2013. – С. 150-152.

УДК 353.2, 378.1

*Э.И. Кистрина, О.И. Кузнецова, Г.Е. Локтева, Ю.А. Меркулов*

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ РАБОТОДАТЕЛЕЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ КРАУДСОРСИНГА

*Рассматривается возможность применения краудсорсинга в государственном управлении, в частности в управлении взаимодействием работодателей и образовательных учреждений. Разработана модель управления взаимодействием работодателей и образовательных учреждений на основе краудсорсинга.*

**Ключевые слова:** краудсорсинг, модель управления взаимодействием работодателей и образовательных учреждений, образовательные учреждения.

**Введение.** В настоящее время в ряде регионов России, и в частности в Рязанской области, достаточно остро стоит вопрос обеспечения экономики региона квалифицированными кадрами, так как система взаимодействия трудовых ресурсов, работодателей и образовательных учреждений не в полной мере отвечает современным требованиям и тормозит социально-экономическое развитие региона.

Ситуация на рынке труда осложняется следующими основными факторами:

- естественная убыль населения;
- близость к Москве и Московской области, что существенно влияет на отток кадров, в том числе высококвалифицированных;
- большой приток мигрантов из ближнего зарубежья.

Главными задачами для преодоления сложившейся ситуации является реализация комплекса мер, проводимых Министерством труда и занятости населения Рязанской области, Министерством образования Рязанской области, Управлением Федеральной миграционной службы по Рязанской области и др.

Одним из инструментов этих мер может стать использование краудсорсинга. Ведь использование интеллектуальных ресурсов граждан позволит не только сэкономить достаточно большое количество бюджетных средств при грамотном управлении этими процессами, но и

внедрить инновации в жизнь [6]. Недаром краудсорсинг набирает все большую популярность во всем мире.

**Теоретическая часть.** Термин "краудсорсинг" (от англ. crowd — толпа и sourcing — источник, использование ресурсов) означает передачу отдельных производственных функций неопределенному кругу лиц на основании публичной оферты, не подразумевающей заключение трудового договора. При этом используются коллективный интеллект и синергия взаимодействия большого количества людей. Краудсорсинг позволяет агрегировать информацию, опыт, мнения, прогнозы, предпочтения и оценки.

Классификация технологий краудсорсинга проводится по функциям и типам решаемых им задач, кругу задействованных участников, типам и способам привлечения людей, способам комбинирования и распределения задач, способам оценки выполнения задач, степени вовлечения компьютера в работу людей, роли человека в процессе краудсорсинга, типам мотивации, способам организации и координации работы, способам агрегации информации и т. д. [1, 2, 3].

Менеджмент обращается к сообществам при принятии управленческих решений, поиске идей, оптимизации деятельности, разработке инструкций и документации [4]. В качестве примеров краудсорсинговых проектов можно выделить:

- Википедия — онлайн-энциклопедия, создаваемая преимущественно силами волонтеров;

- InnoCentive — компания, приглашающая учёных за конкурсное вознаграждение от \$10 тыс. до \$100 тыс. решать задачи, которые ставят такие компании, как Procter&Gamble, DuPont и BASF;

- Threadless — компания по производству футболок из Чикаго, процесс разработки дизайна состоит исключительно из проведения онлайн-конкурса, победители еженедельного конкурса получают \$2 тыс. и их работа запускается в производство;

- Muji — японская мебельная компания, через свой корпоративный сайт собирает идеи для своих изделий и принимает решение о запуске в производство по результатам конкурса;

- eBird — проект, который использует ресурсы любителей для наблюдения за птицами;

- NASA Clickworkers — проект NASA, созданный с целью проанализировать массив снимков марсианской поверхности силами астрономов-любителей;

- Peer-to-Patent — американский проект, основанный на принципе совместной работы: государственное патентное бюро на постоянной основе работает с открытым интернет-сообществом, в рассмотрении заявок на патенты участвует сеть волонтеров (учёные, технические специалисты, люди, чья квалификация позволяет принимать участие в процессе патентования).

Существует несколько примеров и в России. Весной 2010 года была запущена специализированная социальная сеть «Регионалочка» (<http://regionalochka.ru>) для чиновников, «ответственных за информатизацию, административную реформу и переход на оказание государственных и муниципальных услуг в электронном виде».

В июне 2011 была запущена социальная сеть «ГосБук» (<http://www.gosbook.ru/>) для российских чиновников и специалистов, готовых и способных участвовать в предметном обсуждении актуальных для российского общества вопросов.

Широко распространены подобные проекты с использованием геоинформационных систем для обратной связи с правительствами. Например, создание интерактивной карты, с возможностью ставить метки на карте для фотографий, описания мест и т.п. В европейских странах достаточно широко распространены сайты органов власти различных населенных пунктов, чиновники которых прислушиваются к мнению активных жителей и зачастую принимают по ним положительные решения. Такая ситуация

становится типичной для современного сообщества [3].

С 2008 года в России существует компания Witology, которая представляет собой краудсорсинговую платформу, где происходит поиск решений проблем.

Ярким примером краудсорсинга в России может служить конкурс на лучшую эмблему Олимпиады в Сочи. В сентябре 2011 года той же дорогой пошёл Сбербанк, запустив специальный сайт (<http://sberbank21.ru/>).

В настоящее время почти во всех регионах России сложилась ситуация, при которой каждая из экономических составляющих (власть, бизнес, образовательные учреждения, население) по большей части ведет только диалоги (население пишет письма в различные государственные структуры и учреждения, а те отвечают на них, и получается, что обсуждаемые вопросы неизвестны третьим лицам) [5]. Нет настоящего взаимодействия, и, как следствие, проблемы зачастую не решаются, что не только отрицательно сказывается на имидже региона, но и тормозит его социально-экономическое развитие.

Использование краудсорсинга позволило бы быстро и эффективно наладить связь между властью, бизнесом, среднеспециальными образовательными учреждениями, вузами и собственно самим населением для совместного решения общих проблем и вопросов, например таких, как:

- расширение объема и повышение качества предоставления государственных услуг;

- создание условий для развития и эффективного использования трудовых ресурсов региона;

- развитие социального партнерства;

- создание условий для эффективного и эргономичного функционирования государственных учреждений Рязанской области.

**Аналитическая часть.** Для решения актуальной проблемы отсутствия системы взаимодействия трудовых ресурсов, работодателей, образовательных учреждений и населения нами предлагается модель их взаимодействия на основе краудсорсинга (см. рисунок).

В ходе дискуссии собирается ряд конструктивных предложений, которые анализируются экспертами, и предлагаются оптимальные пути их решения. Из них синтезируется оптимальная концепция решения проблемы. Но окончательное решение остается за руководителем проекта.

Использование краудсорсинга предполагает ежедневный мониторинг поступающих предложений, постоянный диалог с экспертами, под-

держание их заинтересованности, обеспечение прозрачности результатов обсуждения. Активный режим работы с поступающими обращениями экспертов призваны обеспечить так называемые фасилитаторы, то есть помощники в виде штатных или привлеченных специалистов, владеющих методологией и техникой краудсорсинга.

Краудсорсинг предусматривает превентивную позицию при постановке в органе власти нового механизма взаимодействия с обществом. В системе краудсорсинга постановочные идеи, темы для обсуждения, проекты новых документов остаются в компетенции государственного органа. Модель краудсорсинга должна включать апробированные средства борьбы с информационным шумом, инструменты защиты от спама и «роботов», фильтры против потока идей, выходящих за грань здравого смысла.

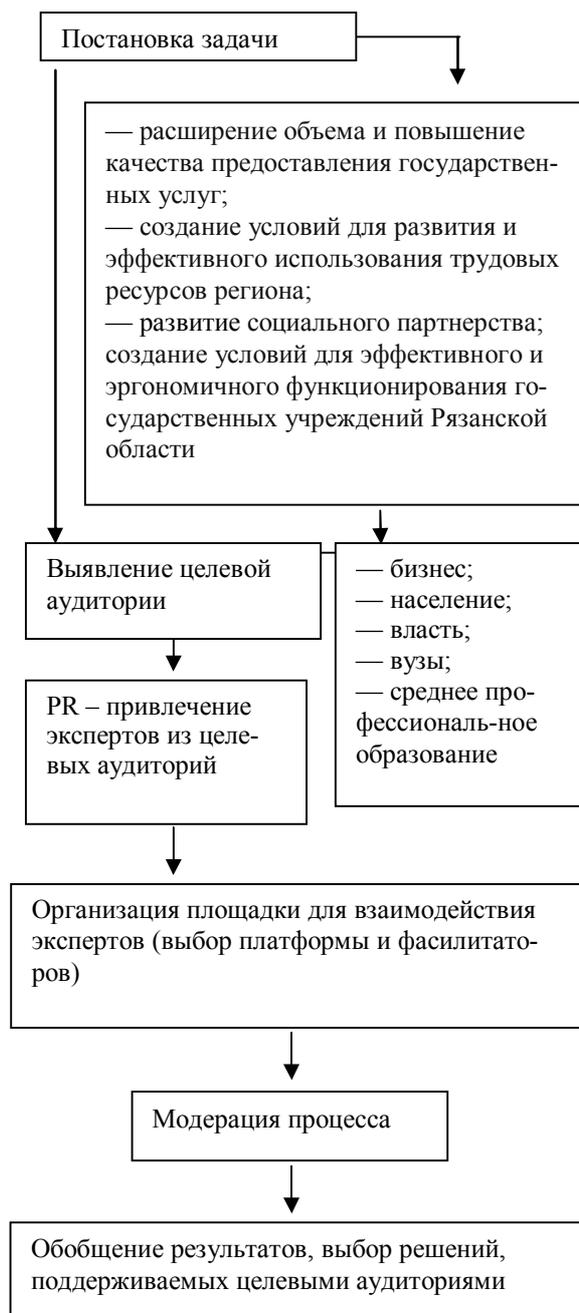
Несомненными плюсами краудсорсинга в государственном управлении являются доступ к талантливым кадрам по всему миру, выявление «народных экспертов», поручение работы одному сотруднику большой группе людей, быстрая и беспристрастная оценка реакции граждан на ту или иную проблему и нахождение слабых мест в работе и взаимодействии всех заинтересованных сторон.

Существуют и минусы. Например, у простых граждан могут отсутствовать специальные сведения и познания, позволяющие объективно оценить существующие проблемы.

В результате данного взаимодействия возможно создание целого банка инновационных идей и предложений, повышение качества принимаемых нормативно-правовых документов. Важно отметить, что внедрение краудсорсинга в такую сферу, как государственное управление в образовании, позволит создать такое гражданское общество, в котором неотъемлемой частью станет принятие государственных решений с учетом общественного мнения.

Краудсорсинг может использоваться для решения многих вопросов в управлении региональным образованием, например:

- формирование списка желаемых направлений подготовки бакалавров и магистров, востребованных на рынке труда;
- формирование компетентностной модели выпускника с точки зрения работодателя;
- внешняя оценка качества образования;
- отбор и подготовка студентов в процессе обучения в вузе в соответствии с потребностями и профилем деятельности работодателя.



#### Модель взаимодействия образования, бизнеса, населения, власти на основе краудсорсинга

На обсуждение может быть вынесена сама проблема для сбора предложений участников или возможные способы взаимодействия работодателя и вуза, например:

- организация базовой кафедры по профилю деятельности потенциальных работодателей;
- подготовка магистров по профилю деятельности заинтересованного работодателя;
- введение дисциплин, имеющих прикладной характер и обеспечивающих профессиональную подготовку по профилю деятельности потенциальных работодателей;
- проведение семинаров по профилю деятельности потенциальных работодателей;

- организация конкурсов среди студентов (может проходить как за пределами учебной нагрузки, так и в рамках учебного процесса), например студенты, решившие предложенную компанией задачу или написавшие эссе и т.п., получают грант, стипендию или приглашаются на практику и написание диплома с возможностью дальнейшего трудоустройства в компании.

Краудсорсинговые площадки по данным направлениям необходимо организовывать с перспективой, поскольку для создания базы их подготовки и обучения требуются время и средства.

**Заключение.** Таким образом, с точки зрения общества в целом краудсорсинг:

- ✓ формирует позитивный управленческий имидж государственных структур за счет внедрения современных управленческих технологий;

- ✓ формирует позитивный политический имидж за счет улучшения взаимодействия с потребителями государственных услуг;

- ✓ оптимизирует сроки поиска новых решений и подготовки документов, имеющих принципиальное общественное и профессиональное значение;

- ✓ формирует повышение эффективности бюджетных расходов за счет замены дорогостоящих профессионалов на коллективный разум.

### **Библиографический список**

1. Иванов В.В., Коробова А.Н. Международные технологии краудсорсинга для развития инновационных кластерных зон // Российский внешнеэкономический вестник. - 2012. - № 2, 3.

2. Карелов С. Краудсорсинг - вчера, сегодня, завтра. [Электронный ресурс]. URL: <http://witology.com/3813.html> (дата обращения 15.10.2013).

3. Коробова А. Краудсорсинг для государственного управления// Журнал «Технологии и средства связи». – 2012. – №6.

4. Краудсорсинг в Сбербанке. [Электронный ресурс]. URL: <http://sberbank.wikivote.ru/page/view/19> (дата обращения 15.10.2013).

5. Перфильев С.В., Одина О.Ю., Дудукина О.И., Чернухин А.В., Бычкова Н.А. Разработка теории и методологии управления социальной сферой на уровне местного самоуправления. отчет о НИР (промежуточный)// Рязань, РГРТУ 2009. - № ГР 01.2.00 900770, инв.№ 02.2.00902863.

6. Бычкова Н.А., Такижбаева О.Г. Применение инновационных методов управления бюджетными образовательными учреждениями муниципального образования на основе механизма аутсорсинга// Молодежь, семья, общество: материалы международной научно-практической конференции, г. Рязань / Филиал НОУ ВПО «МПСУ» в г. Рязани. – Рязань: ООО «Типография «Лист»., 2013. – 299 с. – ISBN 978-5-9903766-4-9.