



Таблица 1

Оптимальные параметры модифицированного алгоритма муравьиной колонии

$m$	$I$	$\alpha$	Эксперимент 1			Эксперимент 2		
			U до	U после	$\Delta$	U до	U после	$\Delta$
5	30	10	0,641719	0,213281	0,428438	0,605621	0,199716	0,405904
5	50	0.1	0,641678	0,205006	0,436673	0,599606	0,143747	0,455859
5	75	0.1	0,655653	0,187861	0,467793	0,599892	0,153265	0,446626
5	100	0.1	0,667683	0,187788	0,479895	0,586367	0,155175	0,431192
15	30	10	0,646113	0,198570	0,447542	0,602385	0,187037	0,415349
15	25	0.1	0,639030	0,186125	0,452905	0,605498	0,174980	0,430517
<b>15</b>	<b>50</b>	<b>0.1</b>	<b>0,639505</b>	<b>0,183650</b>	<b>0,455855</b>	<b>0,602582</b>	<b>0,154434</b>	<b>0,448147</b>
15	75	0.1	0,646452	0,193116	0,453336	0,602942	0,154713	0,448229
30	30	10	0,637000	0,185620	0,451380	0,637583	0,237224	0,400359
<b>30</b>	<b>25</b>	<b>0.1</b>	<b>0,654151</b>	<b>0,180147</b>	<b>0,474004</b>	<b>0,595736</b>	<b>0,145182</b>	<b>0,450554</b>
30	50	0.1	0,651809	0,184385	0,467424	0,605438	0,152141	0,453298
50	10	10	0,677611	0,234821	0,442790	0,621694	0,213186	0,408508
50	20	0.1	0,669774	0,200059	0,469715	0,618883	0,205786	0,413097
<b>50</b>	<b>30</b>	<b>0.1</b>	<b>0,662121</b>	<b>0,190986</b>	<b>0,471135</b>	<b>0,616264</b>	<b>0,165527</b>	<b>0,450737</b>
75	20	0.1	0,618049	0,166914	0,451135	0,616695	0,184554	0,432141

### Литература

1. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15–23.
2. M. Duran Toksari. Ant colony optimization for finding the global minimum // Статья. – Applied Mathematics and Computation 176, 2006. – С. 308–316.
3. M. Duran Toksari. A heuristic approach to find the global optimum of function // Статья. – Journal of Computational and Applied Mathematics, 2007. – С. 160–166.
4. Уразаев Р.П. Методы генерации алгоритмов прогнозирования при помощи операций над базовыми алгоритмами. – М.: Вычислительный центр АН СССР, 1988. – С. 25.

А.Л. Никишина

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИБЫЛИ ПРОЕКТА В ИНТЕРАКТИВНОМ ПРИЛОЖЕНИИ ДЛЯ БИЗНЕС-АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ «ANALYSIS AND PROJECT MANAGEMENT»

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева)

Согласно результатам проведенного автором в 2017 г. опроса среди проектных менеджеров и аналитиков, наиболее популярным методом анализа рис-



ков, столь необходимого для успешного управления проектом, стал сценарный анализ рисков (из формальных методов анализа рисков данный способ используют 47,1% от числа респондентов).

Данный метод относится к количественным методам анализа рисков. Количественные методы анализа рисков призваны оценивать эффект, который оказывает риск на проект в численном выражении (например, в объеме прибыли). Так, оценка по трем точкам (сценарный анализ) используется для определения ожидаемого результата с использованием трех оценок: пессимистичный, оптимистичный и наиболее вероятный [1].

Например, для оценки возможной прибыли в новом периоде по имеющимся данным о движении денежных потоков за предыдущие периоды, возможно применение данного подхода: так, пессимистичным значением прибыли станет наименьшее за прошлые периоды, оптимистичным – наибольшее. Далее возникает актуальный вопрос об определении наиболее вероятной величины прибыли – зачастую ответ лежит в привлечении эксперта (данный способ используют 82,4% респондентов), который, основываясь на имеющихся знаниях и опыте устанавливает какое-либо значение. В статье предлагается вычислять наиболее вероятное значение с помощью прогнозирования временного ряда (данных прибыли за предыдущие периоды).

Временной ряд — это последовательность упорядоченных во времени числовых показателей, характеризующих уровень состояния и изменения изучаемого явления [2]. Для выполнения прогнозирования стохастического, нестационарного ряда денежных потоков в рамках поставленной задачи было принято решение использовать одномерное моделирование с помощью модели ARIMA, так как, в частности, модель ARIMA (0, 1, 0) широко используется для нестационарных данных, например, экономических и финансовых наборов [3].

Прогнозирование в рамках приложения «Analysis and project management» возможно в подсистеме прогнозирования, которая предназначена для реализации прогнозирования прибыли с помощью построения модели ARIMA на основе данных о прибыли прошлых периодов.

Возможны два режима работы подсистемы:

1. Загрузка данных в формате \*.csv для дальнейшего прогнозирования пользователем вручную с помощью интерфейса загрузки файлов
2. Выполнение прогнозирования по результатам анализа рисков (данных, сформированных подсистемой анализа рисков).

Выходными данными подсистемы являются объемы прибыли заданного количества будущих временных периодов (то есть вектор значений прибыли для указанного пользователем количества будущих периодов), представленные в табличном виде и в виде графика.

Функциональность прогнозирования реализована с помощью Python – используется модель ARIMA из библиотеки statsmodels. Для конкретного временного ряда производится подбор наиболее оптимальных коэффициентов. Для этого производится расчет среднеквадратической ошибки модели – MSE, по формуле:



$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}$$

где  $n$  – количество спрогнозированных значений,  $y_i$  – проверочные значения (значения вектора тестовой выборки),  $\hat{y}_i$  – вектор спрогнозированных значений. Так, подбор значений производится в рамках условия минимизации значения ошибки модели. В момент, когда значение ошибки стабилизируется (перестает наблюдаться сокращение ошибки), подбор параметров прекращается – найденные параметры считаются оптимальными. С такими параметрами и происходит построение модели ARIMA на основе входных данных о прибыли.

Для тестирования подсистемы был выбран набор исторических данных о прибыли с сайта Blockchain в связи с привлекательностью для исследования большого объема рассматриваемых периодов [4].

Набор данных содержит 2634 значения прибыли, из них 2625 были использованы в качестве тестового набора для прогнозирования, результаты расчета сравнивались с 9 последними значениями в наборе. Результаты представлены в таблице 1. В качестве значения погрешности производился расчет средней абсолютной ошибки, MAPE, так как фактические значения временного ряда в среднем случае будут больше нуля [5].

Таким образом среднее арифметическое значение погрешности составило 0,00759%.

На рисунке 1 представлен график полученных результатов, а именно фактические и спрогнозированные значения.

Таблица 1. Результаты прогнозирования

Номер значения	Реальная прибыль	Спрогнозированное значение	Погрешность (MAPE)
2626	12037733	12703905	0,0021%
2627	14108349	12738582	0,0037%
2628	13224117	12773260	0,0013%
2629	12165126	12807937	0,0020%
2630	13473850	12842614	0,0018%
2631	13483500	12877291	0,0017%
2632	8162322	12911969	0,0221%
2633	6888711	12946646	0,0334%
2634	13055675	12981323	0,0002%

Формируемые временные ряды всегда будут нестационарными, однако, в некоторых наборах данных, загружаемых пользователем, в зависимости от характера проекта возможны сезонные колебания (в рассматриваемом примере отсутствовала сезонная составляющая). Поэтому вопрос минимизации погрешности в случае различных входных данных является интересным для дальнейшего исследования и планируется к рассмотрению автором в дальнейшей работе.



Рис. 1. График полученных результатов

### Литература

- 1 Galway L. Quantitative Risk Analysis for Project Management //A Critical Review, WR-112-RC. – 2004.
- 2 Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование //М.: Финансы и статистика. – 2001. – Т. 228. – С. 2.
- 3 Adhikari R., Agrawal R. K. An introductory study on time series modeling and forecasting //arXiv preprint arXiv:1302.6613. – 2013.
- 4 Bitcoin Miners Revenue [Электронный ресурс]. – URL: [www.quandl.com/data/BCCHAIN/MIREV-Bitcoin-Miners-Revenue](http://www.quandl.com/data/BCCHAIN/MIREV-Bitcoin-Miners-Revenue) (дата обращения 31.10.17)
- 5 Mean absolute percentage error [Электронный ресурс]. – URL: [en.wikipedia.org/wiki/Mean\\_absolute\\_percentage\\_error](http://en.wikipedia.org/wiki/Mean_absolute_percentage_error) (дата обращения 31.10.17)

С.П. Орлов, И.А.Рыбакова

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ПО ВНЕДРЕНИЮ CRM-СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

### Введение

В современном мире количество лояльных клиентов можно считать одним из основных и самых важных факторов успешности, устойчивости и процветания предприятия. Это породило новые стратегии, призывающие направить усилия в сторону обслуживания клиентов.

Появление CRM (Customer Relationship Management) – это реакция бизнеса на усложняющиеся запросы клиентов. Стандартная функциональность CRM-системы включает в себя технологии для организации, автоматизации и син-