

Нечеткое прогнозирование потребности в облачных программных продуктах

В. П. Семенов

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Санкт-Петербург, Россия
vps@etu.ru

И. Л. Андреевский¹, Р. В. Соколов²

Санкт-Петербургский государственный
экономический университет
Санкт-Петербург, Россия
¹ail@unecon.ru, ²rsok7@rambler.ru

Аннотация. Рассмотрен порядок получения модальных значений нечетких показателей потребности в облачных программных продуктах конкретного функционального назначения на основе тренда временного ряда. Дана оценка расплывчатости потребности в облачных программных продуктах с использованием нечеткого прогнозирования по годам среднесрочной перспективы. Сформулирован нечеткий алгоритм прогнозирования потребности в облачных программных продуктах в стоимостном выражении. Предложен подход к нечеткому прогнозированию потребности в новых облачных программных продуктах.

Ключевые слова: нечеткое прогнозирование; облачные программные продукты; среднесрочная перспектива

I. ВВЕДЕНИЕ

Потребность в облачных программных продуктах (ОПП), как известно, характеризуется постоянным ростом. До 2023 г. аналитики компании IDC прогнозируют совокупные среднегодовые темпы роста рынка облачных сервисов в РФ на уровне 14,6 % [1].

Затраты компаний на облачные технологии весьма существенны и продолжают быстро расти. 94 % компаний уже используют то или иное облачное решение. Доля предприятий, использующих гибридную стратегию, предполагающую совместное использование публичных и частных облаков, выросла с 51 % в 2018 г. до 58 % в 2019 г. [2].

Самыми популярными отраслями по потреблению ОПП в настоящее время являются ритейл и оптовая торговля, финансовый сектор и производство. Наибольший рост потребности наблюдается на облачные системы электронного документооборота, бухгалтерского учета, системы управления взаимоотношениями с заказчиками и офисные пакеты [4].

Предприятия, составляющие производственную цепочку от разработки до внедрения ОПП, заинтересованы не только в обобщенной информации о росте потребности в ОПП, но и в информации, характеризующей прогнозирование потребности с дифференциацией по функциональной принадлежности программных продуктов. К этим предприятиям относятся, прежде всего,

предприятия по производству облачных программных продуктов, а также предприятия по проектированию облачных информационных систем, центры обработки облачных данных и, наконец, предприятия пользователи облачных программных продуктов.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Нечеткое прогнозирование потребности в ОПП состоит из 4 этапов:

- построение тренда модальных значений показателей нечеткого прогнозирования;
- фаззификация прогнозных значений показателей потребности в ОПП;
- вывод производных показателей нечеткого прогнозирования;
- дефаззификация результатов нечеткого прогнозирования.

Рассмотрим эти этапы.

III. ПОСТРОЕНИЕ ТРЕНДА МОДАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕЧЕТКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

На основании имеющихся данных о внедрении отечественных ОПП конкретной функциональности по годам по модели SaaS (табл. 1) [4], можно построить характеристику тренда модальных значений показателей нечеткого прогнозирования потребности в ОПП с помощью временных рядов [3].

В таблице представлены данные для системы электронного документооборота Directum RX, системы управления персоналом Босс-кадровик, бухгалтерского пакета 1С: Бухгалтерия, пакета офисных программ Мой офис и логистической информационной системы 1С: WMS Логистика. Управление складом.

Пример графика тренда модальных значений показателей нечеткого прогнозирования потребности в облачных системах электронного документооборота представлен на рис. 1.

ТАБЛИЦА I СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О КОЛИЧЕСТВЕ ВНЕДРЕНИЙ ОПП КОНКРЕТНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПО ГОДАМ

Наименование ОПП	Ретроспективные данные					Прогноз		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Система электронного документооборота	8	7	11	68	71	89	107	126
Управление персоналом	1	1	2	4	5	6	7	8
Бухгалтерия	20	23	29	36	38	43	48	53
Офисные пакеты	1	9	9	8	11	13	15	17
Логистическая ИС	13	12	22	13	15	17	18	20

Источник: составлено по данным [4].

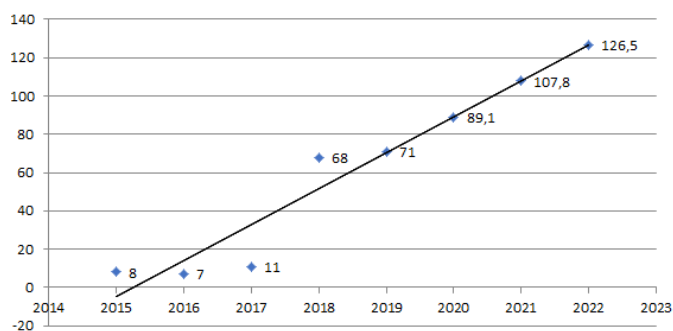


Рис. 1. Тренд модальных значений показателей нечеткого прогнозирования потребности в облачных системах электронного документооборота

IV. ФАЗЗИФИКАЦИЯ ПРОГНОЗНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОТРЕБНОСТИ В ОПП

Очевидно, что в среднесрочной перспективе с трехгодичным горизонтом планирования фактические значения потребности в облачных программных продуктах могут существенно отклоняться от значений аппроксимирующей функции, характеризующей тренд.

Для оценки расплывчатых значений потребности в облачных программных продуктах по годам среднесрочного прогнозирования может быть использовано нечеткое моделирование [6].

Для фаззификации исходных данных будем использовать треугольные нечеткие числа в LR-форме, что соответствует левому (left) и правому (right) коэффициентам нечеткости функции принадлежности.

Предполагается, что нечеткие числа являются нормальными, то есть максимальное значение функции принадлежности равно единице, и унимодальными, для которых единичное значения функции принадлежности достигаются только в одной точке действительной оси.

Применительно к конкретному предприятию производителю ОПП ожидаемое количество внедрений i -го продукта в год t может быть представлено

треугольным нечетким числом в виде кортежа из трех чисел:

$$n_{it} = \langle m_{n_{it}}, \alpha_{n_{it}}, \beta_{n_{it}} \rangle, \quad (1)$$

где $m_{n_{it}}$ – модальное значение треугольного числа, которому соответствует функция принадлежности $\mu_{n_{it}} = 1$; $\alpha_{n_{it}}, \beta_{n_{it}}$ – соответственно левый и правый коэффициенты нечеткости; $t=T+1, T+2, T+3$ – годы прогнозирования; T – последний год наблюдений фактических данных.

Модальное значение $m_{n_{it}}$ принимается равным соответствующему значению тренда, то есть:

$$m_{n_{it}} = n_{it}^{mp}, \quad (2)$$

где $t=T+1, T+2, T+3$.

Предлагается подход к определению прогнозных коэффициентов нечеткости на основании ретроспективных данных об отклонении фактических значений n_{it} от значений тренда. В основу этого подхода положен учет максимальных значений отклонений фактических ретроспективных значений количества внедрений от величины тренда, т.е.

$$\alpha_{n_{it}} = m_{n_{it}} - \max_{t=\overline{1,T}} \left\{ \frac{n_{it}^{mp} - n_{it}^M}{n_{it}^{mp}} \right\} m_{n_{it}}, \quad (3)$$

где $t=\overline{1,T}$ – годы фактических наблюдений количества внедрений; $t=T+1, T+2, T+3$ – годы среднесрочного прогноза; n_{it}^{mp} – значение количества внедрений в соответствии с функцией тренда в год t ; n_{it}^M – фактическое количество внедрений в год t , отличающихся в меньшую сторону от n_{it}^{mp} .

Величина правого коэффициента нечеткости вычисляется следующим образом:

$$\beta_{n_{it}} = m_{n_{it}} + \max_{t=\overline{1,T}} \left\{ \frac{n_{it}^B - n_{it}^{mp}}{n_{it}^{mp}} \right\} m_{n_{it}}, \quad (4)$$

где n_{it}^B – фактическое значение количества внедрений в год t , отличающихся в большую сторону от n_{it}^{mp} ; $t=T+1, T+2, T+3$.

Величины $\alpha_{n_{it}}$ и $\beta_{n_{it}}$ могут быть скорректированы на основе экспертных оценок.

В формулах (1)–(4) предусматривается использование шкалы отношений, то есть интервальной шкалы с нулевой точкой отсчета.

Формулы (1)–(4) соответствуют величинам прогнозируемых внедрений в натуральном выражении. Для прогнозирования потребности в ОПП в стоимостном

выражении используется показатель выручки предприятия по производству ОПП.

Для расчета выручки предприятия производителя ОПП следует задаться нечетким значением тарифа в виде треугольного числа:

$$S_{it} = \langle m_{S_{it}}, \alpha_{S_{it}}, \beta_{S_{it}} \rangle, \quad (5)$$

где $m_{S_{it}}$ – модальное значение тарифа в t -м году на предоставление i -го облачного программного продукта; $\alpha_{S_{it}}, \beta_{S_{it}}$ – левый и правый коэффициенты нечеткости; $t=T+1, T+2, T+3$.

Расчет тарифов должен производиться с учетом согласования экономических интересов предприятий, входящих в производственную цепочку от разработки до внедрения ОПП, с ориентацией на себестоимость и прибыль, а также на тарифы конкурентов.

Значения коэффициентов нечеткости устанавливаются экспертным путем.

Если выполнено нечеткое прогнозирование по i -му ОПП, то оно может быть принято за базу для прогнозирования по другому j -му ОПП.

Такой подход может быть полезен для прогнозирования новых ОПП, по которым отсутствует статистика фактических внедрений.

Для этого должно соблюдаться условие пропорциональности количества внедрений по i -му и j -му программным продуктам. Количественно эта пропорциональность может выражаться нечетким числом вида:

$$K_{ij} = \langle m_{K_{ij}}, \alpha_{K_{ij}}, \beta_{K_{ij}} \rangle, \quad (6)$$

где $m_{K_{ij}}$ – модальное значение, представляющее собой отношение количества внедрений j -го ОПП к количеству внедрений i -го ОПП; $\alpha_{K_{ij}}, \beta_{K_{ij}}$ – левый и правый коэффициенты нечеткости в оценке пропорциональности внедрения продуктов i и j .

Значения коэффициентов $\alpha_{K_{ij}}, \beta_{K_{ij}}$ определяются экспертным путем.

V. ВЫВОД ПРОИЗВОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕЧЕТКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Нечеткий алгоритм прогнозирования потребности в ОПП в стоимостном выражении в среднесрочной перспективе состоит в нахождении парных произведений значений нечетких показателей количества внедрений i -го ОПП на значения нечетких показателей тарифов.

Далее нечеткие произведения подлежат суммированию по годам среднесрочного прогнозирования.

В итоге прогнозное значение потребности в ОПП в стоимостном выражении в виде выручки предприятия

производителя ОПП в сумме за три года среднесрочного прогнозирования представляет собой нечеткую сумму парных произведений нечетких чисел:

$$S = \sum_{t=T+1}^{T+3} n_{it} S_{it}. \quad (7)$$

Прогнозирование количества внедрений нового j -го ОПП может быть оценено произведением нечетких прогнозных значений внедрений базового i -го ОПП и нечеткого коэффициента пропорциональности этих внедрений:

$$n_{jt} = n_{it} K_{ij}, \quad (8)$$

где $t=T+1, T+2, T+3$.

Для выполнения расчетов по формулам (7) и (8) может быть использован пакет прикладных программ MATLAB [6].

Операция произведения треугольных нечетких чисел выполняется в соответствии с формулой [6]:

$$A_1 A_2 = A_3 = \langle m_1 m_2, \alpha_1 \alpha_2, \beta_1 \beta_2 \rangle, \quad (9)$$

где A_3 – треугольное нечеткое число как произведение нечетких чисел A_1 и A_2 ; m_1, m_2 – модальные значения множителей; α_1, α_2 – левые коэффициенты нечеткости чисел A_1 и A_2 ; β_1, β_2 – правые коэффициенты нечеткости чисел A_1 и A_2 .

Операция сложения нечетких чисел выполняется в соответствии с формулой:

$$A_1 + A_2 = A_4 = \langle m_1 + m_2, \alpha_1 + \alpha_2, \beta_1 + \beta_2 \rangle, \quad (10)$$

где A_4 – нечеткая сумма чисел A_1 и A_2 .

VI. ДЕФАЗЗИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕЧЕТКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Дефаззификация нечетких чисел, полученных на втором и третьем этапах моделирования, означает получение четкой интервальной оценки или единственного количественного значения показателя.

Для целей дефаззификации предлагается использовать понятие четкого интервала, ближайшего к нечеткому числу.

Ближайший четкий интервал принято выделять на четкой шкале между точками пересечения горизонтальной линии значения функции принадлежности на уровне 0,5 и сторонами треугольного нечеткого числа.

Дефаззификация ранее представленных нечетких чисел для $t=T+1, T+2, T+3$ может быть проведена в среде пакета MATLAB [5].

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе получены следующие результаты:

- Рассмотрен порядок получения модальных значений нечетких показателей потребности в ОПП конкретного функционального назначения на основе тренда временного ряда.
- Дана оценка расплывчатости потребности в ОПП на основе нечеткого прогнозирования по годам среднесрочной перспективы, отличающаяся анализом максимальных отклонений ретроспективных данных от значений тренда.
- Сформулирован нечеткий алгоритм прогнозирования потребности в ОПП в стоимостном выражении в среднесрочной перспективе.
- Предложен подход к нечеткому прогнозированию потребности в новых облачных программных продуктах, основанный на учете пропорциональной связи с базовым прогнозом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] IDC Russia Cloud Services Market 2019–2023 Forecast and 2018 Analysis. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.idc.com/research/viewtoc.jsp?containerId=EUR243934219>.
- [2] RightScale 2019. Облачные решения: текущее состояние. Отчет Flexera. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.datafort.ru/reports/flexera/#feedback_form_2
- [3] Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 2012. 320 с.: ил.
- [4] Деловой портал TADVISER. Государство. Бизнес. ИТ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Аналитика_TAdviser
- [5] Интернет портал примеров решения задач с использованием MATLAB [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mathworks.com/examples>
- [6] Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzTech. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.
- [7] Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 367 с.