

УДК 004.056.5:004.52

Е.Н. МАЩЕНКО, В.И. ШЕВЧЕНКО

Севастопольский национальный технический университет, Украина

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ИТ-ИНФРАСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ

*Рассмотрена актуальная проблема управления качеством критических инфраструктур на уровне программных приложений. Проведено исследование процессов сервисного обслуживания критических ИТ-инфраструктур на основе комплексной полумарковской модели, описывающей контуры принятия решений по сервисному обслуживанию различных типов запросов согласно концепции IT Service Management. На основе анализа статистических данных по функционированию системы Service Desk проведен подбор параметров для организации экспериментов. Проведен полный факторный эксперимент для модели подсистемы обработки инцидентов. Получено поле решений, которое может быть использовано для оптимизации работы системы Service Desk.*

**Ключевые слова:** критические ИТ-инфраструктуры, процессы сервисного обслуживания, полумарковская модель, принятие решений, концепция IT Service Management, система Service Desk.

### Введение

В современных условиях функционирование критических ИТ-инфраструктур, встроенных в архитектуру предприятия, требует повышения качества поддержки сервисных функций со стороны ИТ-отделов. Особенно актуальна эта проблема для бизнес-критических инфраструктур, в связи с повышенными требованиями к параметрам качества KPI (Key Performance Indicators)[1]. Одним из современных способов организации сервисного обслуживания является концепция ITSM (IT Service Management), изложенная в ITIL (IT Infrastructure Library)[2]. Единой системой для консолидации всех служб поддержки ИТ-сервисов является система Service Desk, основные функции которой изложены в [2, 4].

В предыдущих исследованиях авторами предложена комплексная полумарковская модель, описывающая контуры принятия решений по сервисному обслуживанию различных типов запросов. Методика построения модели приведена в [3]. В рамках данной работы проводится исследование процессов обслуживания программных приложений для критических ИТ-инфраструктур на основе этой модели.

### 1. Постановка задачи

Процесс функционирования автоматизированной системы Service Desk включает пять основных этапов:

1) пользователь обращается в систему с запросом на обработку инцидента, проблемы или запросом на обновление приложения;

2) оператор выполняет классификацию запроса, по возможности помогает пользователю решить проблему с помощью базы знаний;

3) в случае невозможности решения задачи на уровне диспетчерского центра (единой точки доступа) координатор назначает исполнителя для обработки запроса;

4) исполнитель обрабатывает запрос либо возвращает его координатору;

5) выполняются работы по извещению пользователя о результатах обработки.

Задача заключается в исследовании на основе полумарковской модели процессов сервисного обслуживания в системе Service Desk, а именно нахождения следующих характеристик: средних времен обслуживания запросов пользователей по классам, вероятностей обслуживания запросов различных классов на отдельных уровнях эскалации.

### 2. Описание модели

В процессе функционирования сервисной системы возникают три контура принятия решений по обслуживанию запросов, и, соответственно, были построены три фрагмента комплексной полумарковской модели системы с единым пространством состояний.

Процесс функционирования системы сервисного обслуживания приложений критической ИТ-инфраструктуры является случайным. Все случайные величины (СВ) этого процесса имеют произвольные функции распределения (ФР), каждая СВ отображает определенную стадию бизнес-процесса.

В начальный момент времени система находится в состоянии готовности к приему запросов на обслуживание. Алгоритм обслуживания зависит от типа поступившего запроса: инцидент, проблема, запрос на обновление.

Введена следующая кодировка состояний процесса сервисного обслуживания приложений критической ИТ-инфраструктуры:

$$i \ j \ k;$$

где  $i$  – индикатор типа запроса пользователя на оказание сервиса для программного приложения,  $i = \{1; 2; 3\}$ :

$i = 1$  – запрос на обработку инцидента;

$i = 2$  – запрос на обработку повторяющегося инцидента (проблемы);

$i = 3$  – запрос на обновление (реинжиниринг) приложения;

$j$  – индикатор уровня эскалации запроса пользователя в структуре сервисной системы (СС),  $j = \{0; 1; 2; 3\}$ :

$j = 0$  – обращение в Call-центр (единую точку доступа) для регистрации запроса в единой диспетчерской базе;

$j = 1$  – передача запроса на обработку специалистам оперативного уровня (первый уровень эскалации);

$j = 2$  – передача запроса на обработку специалистам по разрешению проблем (второй уровень эскалации);

$j = 3$  – передача запроса на обработку специалистам по обновлению приложений (третий уровень эскалации);

$k$  – индикатор состояния запроса пользователя,  $k = \{0; 1; 2; 3\}$ :

$k = 0$  – запрос не решается на  $j$ -м уровне эскалации;

$k = 1$  – запрос может быть решен на  $j$ -м уровне эскалации;

$k = 2$  – фиксируется поступление запроса на  $j$ -й уровень эскалации;

$k = 3$  – фиксируется факт обработки запроса на  $j$ -м уровне эскалации.

При поступлении всех типов запросов дальнейшее функционирование системы определяется случайными временами, описанными в табл. 1.

Пространство состояний обработки инцидентов программных приложений критической ИТ-инфраструктуры в СС  $E_1$  имеет вид:

$$E_1 = \{102, 101, 103, 100, 112, 111, 110, 113\}$$

Граф состояний и переходов системы в процессе обработки запросов типа «инцидент» приведен на рис. 1.

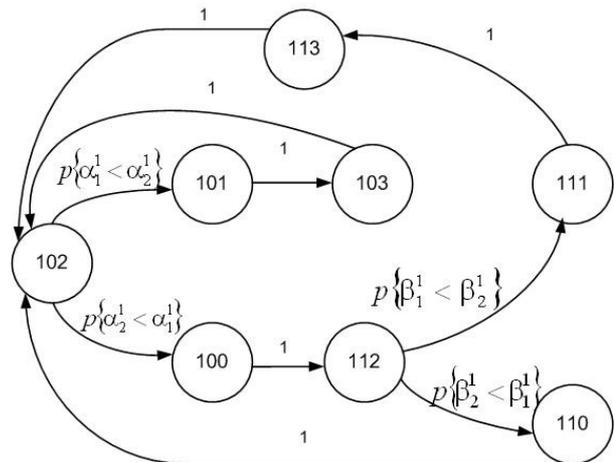


Рис. 1. Граф состояний и переходов системы в процессе обработки запросов типа «инцидент»

Определим времена пребывания в состояниях системы для графа, изображенного на рис. 1:

$$\theta_{102} = \min \{ \alpha_1^1, \alpha_2^1 \}; \quad \theta_{112} = \min \{ \beta_1^1, \beta_2^1 \};$$

$$\theta_{101} = \gamma_0^1; \quad \theta_{111} = \gamma_1^1; \quad \theta_{103} = \gamma_2^1;$$

$$\theta_{103} = \gamma_3^1; \quad \theta_{110} = \gamma_4^1; \quad \theta_{113} = \gamma_5^1.$$

На основе первого фрагмента модели можно определить следующие характеристики:

1)  $P_0^1$  – стационарная вероятность (СтВ) того, что запрос типа «инцидент» обработан на уровне единой точки доступа;

2)  $P_1^1$  – СтВ того, что запрос типа «инцидент» обработан на первом уровне эскалации;

3)  $P_2^1$  – СтВ того, что запрос типа «инцидент» не обработан на первом уровне (получил отказ в обслуживании);

4)  $\bar{T}_0^1$  – среднее время (СрВ) обработки инцидента на уровне единой точки доступа;

5)  $\bar{T}_1^1$  – СрВ обработки инцидента на первом уровне;

6)  $\bar{T}_2^1$  – СрВ отказа в обработке инцидента на первом уровне эскалации.

Опишем второй фрагмент модели, отражающий процесс обслуживания запроса типа «проблема».

Пространство состояний обработки проблем программных приложений критической ИТ-инфраструктуры в СС  $E_2$  имеет вид:

$$E_2 = \left\{ \begin{array}{l} 202, 212, 210, 211, 213, 222, \\ 221, 223, 232, 230, 231, 233 \end{array} \right\}$$

Граф состояний и переходов системы при обработке запросов типа «проблема» приведен на рис. 2.

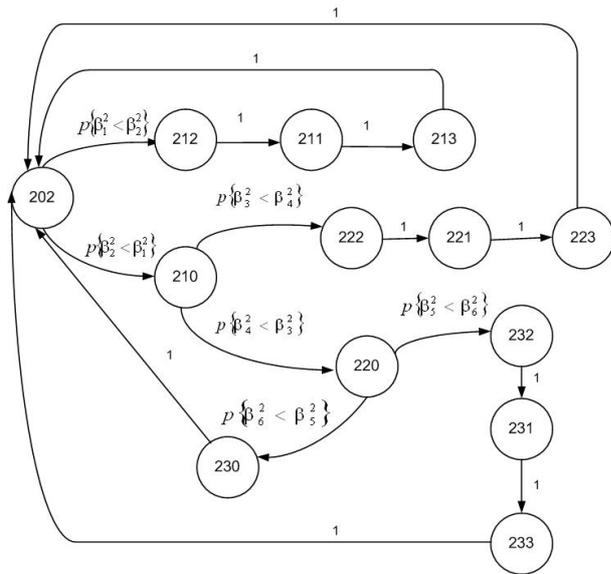


Рис. 2. Граф состояний и переходов системы в процессе обработки запросов типа «проблема»

Определим времена пребывания в состояниях системы для графа, изображенного на рис. 2:

$$\theta_{202} = \min \{ \beta_1^2, \beta_2^2 \}; \quad \theta_{210} = \min \{ \beta_3^2, \beta_4^2 \};$$

$$\theta_{220} = \min \{ \beta_5^2, \beta_6^2 \}; \quad \theta_{212} = \gamma_1^2; \quad \theta_{211} = \gamma_2^2;$$

$$\theta_{213} = \gamma_3^2; \quad \theta_{222} = \gamma_4^2; \quad \theta_{221} = \gamma_5^2;$$

$$\theta_{223} = \gamma_6^2; \quad \theta_{232} = \gamma_7^2; \quad \theta_{231} = \gamma_8^2;$$

$$\theta_{233} = \gamma_9^2; \quad \theta_{230} = \gamma_{10}^2.$$

На основе второго фрагмента модели можно определить следующие характеристики:

- 1)  $P_1^2$  – СтВ того, что запрос типа «проблема» обработан на первом уровне эскалации;
- 2)  $P_2^2$  – СтВ того, что запрос типа «проблема» обработан на втором уровне;
- 3)  $P_3^2$  – СтВ того, что запрос типа «проблема» обработан на третьем уровне;
- 4)  $P_4^2$  – СтВ того, что запрос типа «проблема» не обработан на третьем уровне и получил отказ в обслуживании;

5)  $\bar{T}_1^2$  – среднее время обработки проблемы на первом уровне эскалации;

6)  $\bar{T}_2^2$  – ср. время обработки проблемы на втором уровне эскалации;

7)  $\bar{T}_3^2$  – СрВ обработки проблемы на третьем уровне;

8)  $\bar{T}_4^2$  – СрВ фиксации отказа в обработке проблемы на третьем уровне.

Опишем третий фрагмент модели, описывающий обслуживание запроса на обновление программного обеспечения.

Пространство состояний обработки запросов по обновлению программных приложений критической ИТ-инфраструктуры в СС службе  $E_3$  имеет вид:

$$E_3 = \{302, 332, 330, 331, 333\}.$$

Граф состояний и переходов системы при обработке запросов об обновлении приложения приведен на рис. 3.

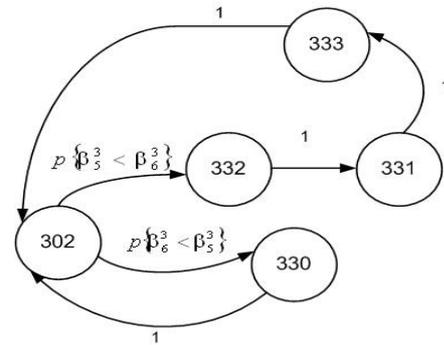


Рис. 3. Граф состояний и переходов системы при обработке запросов об обновлении приложения

Определим времена пребывания в состояниях системы для графа, изображенного на рис. 3:

$$\theta_{302} = \min \{ \beta_5^3, \beta_6^3 \}; \quad \theta_{332} = \gamma_1^3; \quad \theta_{331} = \gamma_2^3;$$

$$\theta_{333} = \gamma_3^3; \quad \theta_{330} = \gamma_4^3.$$

На основе третьего фрагмента модели можно определить следующие характеристики:

- 1)  $P_3^3$  – СтВ того, что запрос на обновление обработан на третьем уровне эскалации;
- 2)  $P_4^3$  – СтВ того, что запрос на обновление не обработан на третьем уровне (получил отказ в обслуживании);
- 3)  $\bar{T}_3^3$  – СрВ обработки запроса на обновление на третьем уровне;
- 4)  $\bar{T}_4^3$  – СрВ отказа в обработке запроса на обновление на третьем уровне.

### 3. Имитационное моделирование

Ввиду сложности получения аналитических выражений для искомым характеристик расчет проводился с использованием следующего алгоритма имитационного моделирования полумарковских процессов:

1. Выбирается начальное состояние системы  $S_k = S_n$ . Время моделирования устанавливается в 0.

2. С помощью генератора псевдослучайных чисел генерируются СВ величины  $\alpha_{kr}$  с заданным законом распределения (случайные факторы, влияющие на время пребывания в данном состоянии); СВ  $\alpha_{kr}$  определяет время до перехода из состояния  $k$  в состояние  $r$ .

3. Выбирается  $\min\{\alpha_{kr}\}$  – минимальный случайный фактор, который и будет равен времени пребывания в данном состоянии; время моделирования увеличивается на величину  $\min\{\alpha_{kr}\}$ :  $t_{\text{мод}} = t_{\text{мод}} + \min\{\alpha_{kr}\}$ .

4. Система переходит из состояния  $k$  в состояние  $r$ :  $S_k \rightarrow S_r$ . П.п. 2-4 повторяются до тех пор, пока время моделирования не превысит конечного значения.

Входные параметры для моделирования, полученные на основе анализа статистики в базе знаний автоматизированной системы поддержки сервисов, приведены в табл. 1.

В таблице приняты следующие обозначения:

1) для законов распределения (ЗР): Э – экспоненциальное; Т(А,В) – треугольное с параметрами А,В;

2) время принятия решения – ВПР;

3) фиксация в базе знаний – ФБЗ.

Результаты моделирования приведены в табл. 2.

Вторая группа экспериментов (рис. 4 – 9): для подсистемы обработки инцидентов (см. рис. 1) исследовалось влияние входных параметров на средние времена обработки запросов и вероятности обработки запросов типа «инцидент» по уровням эскалации. Исследования проводились при изменении временных параметров регистрации в интервале [5, 30] минут, временных параметров обработки в интервале [20, 60] минут.

Таблица 1

Входные параметры модели

СВ	Среднее (мин)	ЗР	Описание СВ
$\alpha_1^1$	5	Э	ВПР о возможности разрешения инцидента на уровне единой точки доступа
$\alpha_2^1$	5	Э	ВПР о невозможности разрешения инцидента на уровне единой точки доступа
$\beta_1^1$	5	Э	ВПР о возможности разрешения инцидента на первом уровне
$\beta_2^1$	5	Э	ВПР о невозможности разрешения инцидента на первом уровне
$\gamma_0^1$	10	Э	время обработки инцидента на уровне точки доступа
$\gamma_1^1$	30	Т(10, 50)	время обработки инцидента на первом уровне
$\gamma_2^1$	2	Э	время передачи инцидента на первый уровень эскалации
$\gamma_3^1$	5	Э	время ФБЗ обработки инцидента на уровне точки доступа
$\gamma_4^1$	5	Э	время передачи инцидента, не обработанного на первом уровне, в точку доступа для переквалификации
$\gamma_5^1$	10	Э	время ФБЗ обработки инцидента на первом уровне
$\beta_1^2$	15	Э	ВПР об обработке проблемы на первом уровне
$\beta_2^2$	15	Э	ВПР о невозможности обработки проблемы на первом уровне
$\beta_3^2$	20	Э	ВПР об обработке проблемы на втором уровне
$\beta_4^2$	20	Э	ВПР о невозможности обработки проблемы на втором уровне
$\beta_5^2$	30	Э	ВПР об обработке проблемы на третьем уровне эскалации
$\beta_6^2$	30	Э	ВПР о невозможности обработки проблемы на третьем уровне
$\gamma_1^2$	10	Э	время фиксации проблемы в реестре первого уровня
$\gamma_2^2$	60	Т(20,120)	время обработки проблемы на первом уровне
$\gamma_3^2$	20	Э	время ФБЗ обработки проблемы на первом уровне
$\gamma_4^2$	10	Э	время фиксации проблемы в реестре второго уровня
$\gamma_5^2$	180	Т(120,240)	время обработки проблемы на втором уровне

Окончание табл. 1

СВ	Среднее (мин)	ЗР	Описание СВ
$\gamma_6^2$	30	Э	время ФБЗ обработки проблемы на втором уровне
$\gamma_7^2$	15	Э	время фиксации проблемы в реестре третьего уровня
$\gamma_8^2$	360	T(120,240)	время обработки проблемы на третьем уровне
$\gamma_9^2$	30	Э	время ФБЗ обработки проблемы на третьем уровне
$\gamma_{10}^2$	30	Э	время передачи проблемы, не обработанной на 3-м уровне, в точку доступа
$\beta_5^3$	30	Э	ВПр об обработке запроса на обновление на третьем уровне
$\beta_6^3$	30	Э	ВПр о невозможности обработки запроса на обновление на третьем уровне
$\gamma_1^3$	20	Э	время фиксации запроса на обновление в реестре третьего уровня
$\gamma_2^3$	240	T(30,480)	время обработки запроса на обновление на третьем уровне
$\gamma_3^3$	30	Э	время ФБЗ обработки запроса на обновление на третьем уровне
$\gamma_4^3$	60	Э	время передачи запроса на обновление, не обработанного на третьем уровне, в точку доступа

Таблица 2

Результаты моделирования

P	Значение	T	Значение, мин
$P_0^1$	0,381	$\bar{T}_0^1$	17,36
$P_1^1$	0,481	$\bar{T}_1^1$	48,16
$P_2^1$	0,148	$\bar{T}_2^1$	12,47
$P_1^2$	0,316	$\bar{T}_1^2$	104
$P_2^2$	0,336	$\bar{T}_2^2$	240,27
$P_3^2$	0,304	$\bar{T}_3^2$	439,2
$P_4^2$	0,044	$\bar{T}_4^2$	60,5
$P_3^3$	0,861	$\bar{T}_3^3$	315,92
$P_4^3$	0,139	$\bar{T}_4^3$	45,4

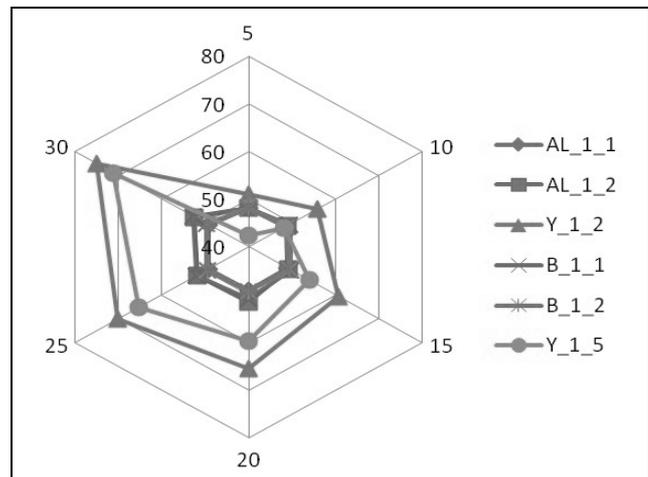


Рис. 5. Диаграмма зависимости  $\bar{T}_1^{-1}$  от входных параметров модели

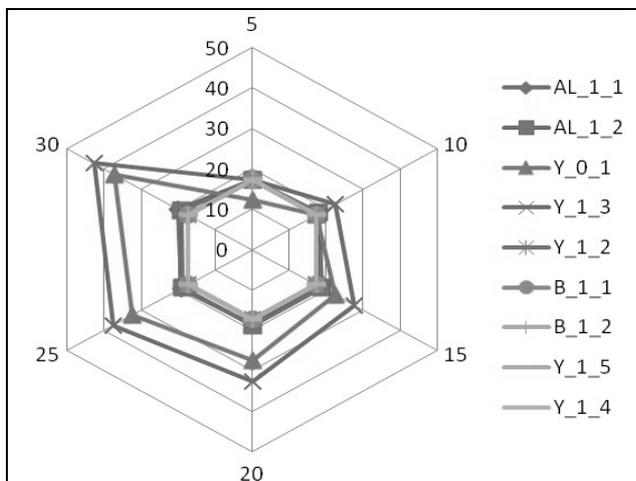


Рис. 4. Диаграмма зависимости  $\bar{T}_0^{-1}$  от входных параметров модели

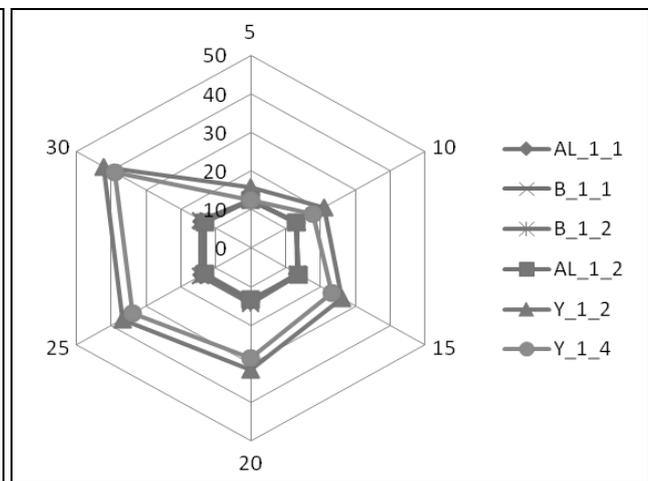


Рис. 6. Диаграмма зависимости  $\bar{T}_2^{-1}$  от входных параметров модели

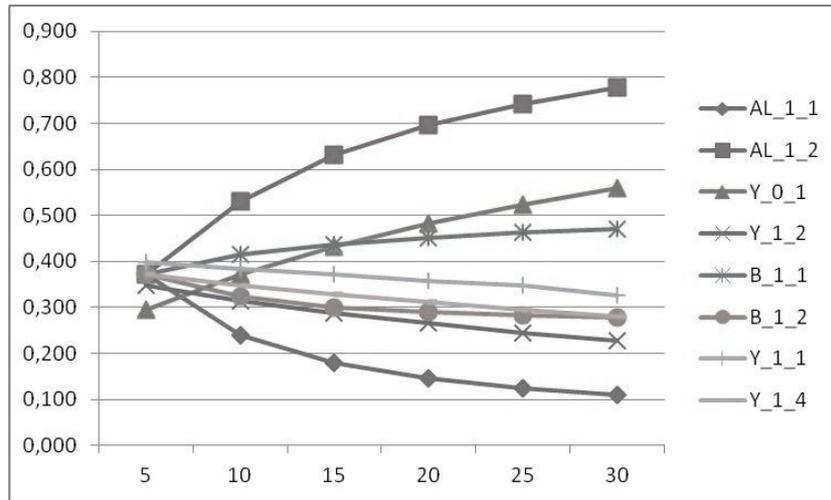


Рис. 7. График зависимости  $P_0^1$  от входных параметров модели

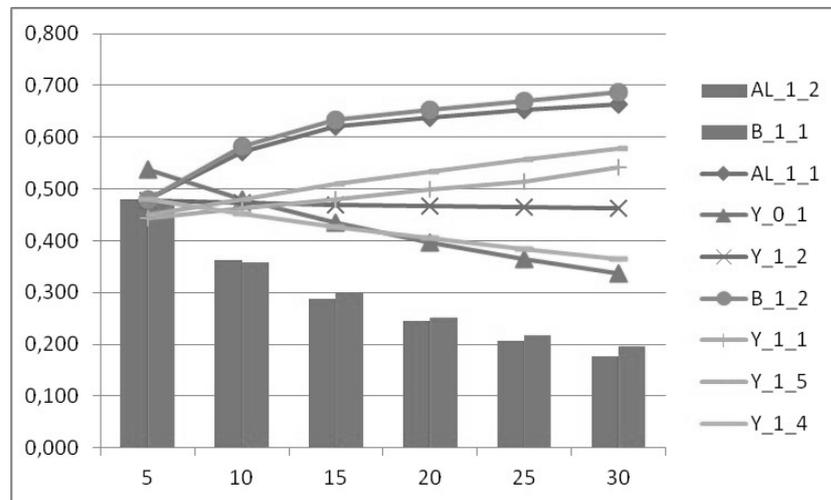


Рис. 8. График зависимости  $P_1^1$  от входных параметров модели

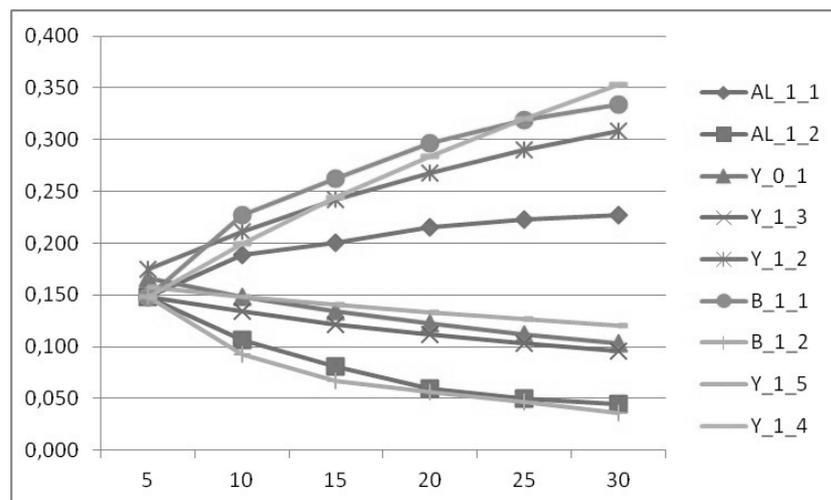


Рис. 9. График зависимости  $P_2^1$  от входных параметров модели

## Заключення

На основе анализа статистических данных по функционированию системы Service Desk был проведен подбор параметров для организации экспериментов. Проведены эксперименты на основе комплексной полумарковской модели, описывающей процессы сервисного обслуживания в системе Service Desk. Проведен полный факторный эксперимент для модели подсистемы обработки инцидентов.

Перспективами дальнейших исследований является планирование и проведение экспериментов на основе других фрагментов модели. Полученные результаты могут быть использованы в системах поддержки принятия решений для оценки качества функционирования систем поддержки ИТ-сервисов по показателям SLA.

*Поступила в редакцию 28.02.2013, рассмотрена на редколлегии 20.03.2013*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. В.А. Краснобаев, Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка, Полтава, Украина.

## Литература

1. Брукс, П. Метрики для управления ИТ-услугами [Текст]: пер. с англ. / П. Брукс. – М: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 283 с.
2. Бон, Я.В. ИТ Сервис-менеджмент, введение [Текст] / Я.В. Бон, Г. Кеммерлинг, Д. Пондаман. – М.: ИТ Expert, 2003. – 215 с.
3. Королюк, В.С. Стохастические модели систем [Текст] / В.С. Королюк. – К.: Наук. думка, 1989. – 208 с.
4. TechRadar™ For I&O Professionals: IT Service Management Processes, Q1 2012 [Text] / E. Hubbert, J.P. Garbani, G. O'Donnell, S.Mann, J. Rakowski. – Forrester Research, Inc. – 2012, Feb. 7. – 44 p.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КРИТИЧНИХ ІТ-ІНФРАСТРУКТУР НА ОСНОВІ НАПІВМАРКІВСЬКОЇ МОДЕЛІ

*О.М. Мащенко, В.І. Шевченко*

Розглянута актуальна проблема управління якістю критичних інфраструктур на рівні програмних додатків. Проведено дослідження процесів сервісного обслуговування критичних ІТ-інфраструктур на основі комплексної напівмарковської моделі, яка описує контури прийняття рішень з сервісного обслуговування різних типів запитів згідно концепції IT Service Management. На основі аналізу статистичних даних щодо функціонування системи Service Desk проведено підбір параметрів для організації експериментів. Проведено повний факторний експеримент для моделі підсистеми обробки інцидентів. Отримано поле рішень, яке може бути використане для оптимізації роботи системи Service Desk.

**Ключові слова:** критичні ІТ-інфраструктури, процеси сервісного обслуговування, напівмарковська модель, прийняття рішень, концепція IT Service Management, система Service Desk.

## RESEARCH OF THE CRITICAL IT INFRASTRUCTURE SERVICE PROCESS, BASED ON THE SEMI-MARKOV MODEL

*E.N. Mashchenko, V.I. Shevchenko*

The actual problem of quality control of critical infrastructure at the level of software applications was considered. The research of service processes of critical IT infrastructures was conducted. The research is based on a complex semi-Markov model, describing the contours of decision-making on the various types of service requests under the concept of IT Service Management. The selection of parameters for the experiments organization was conducted, based on the analysis of statistical data on the Service Desk operation. The full factorial experiment was held for the model of processing subsystem incidents. Decisions field was obtained. It's can be used to optimize the Service Desk system.

**Key words:** critical IT infrastructure, service processes, semi-Markov model, the concept of IT Service Management, Service Desk System.

**Мащенко Елена Николаевна** – канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики і вичислительної техніки Севастопольського національного технічного університета, Севастополь, Україна, e-mail: elmachenko@mail.ru.

**Шевченко Виктория Игоревна** – старший преподаватель кафедри кібернетики і вичислительної техніки Севастопольського національного технічного університета, Севастополь, Україна, e-mail: Victoria.Ig.Shevchenko@gmail.com.