

13. Leila V. et al. Deploying microservice based applications with Kubernetes: Experiments and lessons learned. *IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*, 2018, pp. 970–973.
14. Malyuga K. et al. Fault tolerant central saga orchestrator in RESTful architecture. *Proceedings of the XXth Conference of Open Innovations Association FRUCT*. 26, 2020, pp. 278–283.
15. Knoche H. Improving batch performance when migrating to microservices with chunking and coroutines. *Softwaretechnik-Trends*, 2019, no. 39 (4), pp. 20–22.
16. Overeem M. et al. An empirical characterization of event sourced systems and their schema evolution – Lessons from industry. *Journal of Systems and Software*, 2021, 178 p.

Received 24.10.2021

УДК 004

ОЦЕНИВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ ВХОДНОГО ТРАФИКА НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Ткаченко К.С.

Севастопольский государственный университет, Севастополь, РФ

E-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

Современные цифровые технологии позволяют организовать эффективное управление процессами в информационных контурах промышленных предприятий. При этом для самих компьютерных узлов существуют разнообразные системы контроля и мониторинга. На основе таких систем можно выполнить построение моделей, а затем, исходя из результатов моделирования, установить эффективный режим функционирования на компьютерном узле. Предлагается подход управления компьютерным узлом, основанный на использовании статистического моделирования процессов Ито. Такой подход позволяет производить моделирование компьютерного узла во времени и в зависимости от результатов потребления узлом ресурсов устанавливать на узле наиболее подходящий режим функционирования с учетом решения эксперта.

Ключевые слова: *производственные предприятия, компьютерные узлы, моделирование*

Введение

Компьютерные технологии способствуют повышению эффективности работы промышленных предприятий [1]. Внедрение компьютерных технологий в производство приводит к уменьшению количества используемой аппаратуры и повышению его надежности, появлению принципиально новых возможностей управления и самодиагностики, увеличению качества производимой продукции. Наиболее часто на современном производстве используются не отдельные компьютеры, а их сети. При таком подходе различные компьютеры могут отвечать за отдельные производственные участки, управление которыми должно происходить в реальном времени. Для управления в реальном времени необходимо формировать дискретные сигналы управления с определенной скоростью. Если скорость формирования будет недопустимо низкой либо высокой, то возможно несрабатывание отдельных технических блоков. Поэтому необходим выбор

режимов управления отдельными компьютерами в автоматическом режиме.

Управление компьютерными узлами

Управление отдельными блоками на промышленных предприятиях производится с использованием специальных математических моделей [2]. По этим моделям можно сформировать планы работ отдельных исполнительных механизмов. Во многих случаях считается, что точных методов формирования планов нет. Поэтому поиск решения задач планирования производится итерационными методами. Разрабатывается программное обеспечение, позволяющее численными методами находить существующие решения задач оптимизации, в свою очередь, на основе этих решений уже может быть произведено эффективное планирование проводимых работ. При эксплуатации указанного программного обеспечения необходимо учитывать существование определенных ситуаций, когда решение может не быть найдено при его фактическом существова-

нии, что может ухудшить качество долгосрочного планирования. Необходимы дополнительные средства, позволяющие эти ситуации во многих случаях исключить.

Например, системы искусственного интеллекта позволяют производить поиск решений с самообучением [3]. Формируется пространство состояний управляемой сложной системы, и задается ее поведение в определенные моменты времени, а также правила, по которым происходит переход из одного состояния в другое. Эти переходы могут выполняться по различным путям, но самообучающиеся системы выбирают из них оптимальный либо близкий к такому. Существующие обратные связи находят свое отражение в качестве внедренных подсистем, позволяющих отобразить в том числе и расход ресурсов. Совершение неправильных управляющих воздействий может быть компенсировано за счет последовательностей корректировок управляющих воздействий. Фактическое завершение выполнения работ является моментом для проведения анализа по расходу ресурсов и оценки характеристик результата работ.

Анализ работы систем мониторинга дает возможность компенсировать недостаток информации о состоянии вычислительных сред [4]. Для анализа малых объемов выборок о происходящих изменениях применяются подходы, учитывающие нестационарность работы этих сред. Для управления узлами беспилотных систем применяются подходы, в основе которых лежит использование непараметрических статистик [5]. Эти подходы позволяют повысить уровень достоверности при выявлении возможных угроз и рисков в беспилотных системах.

Подходы на основе систем массового обслуживания (СМО) и непараметрических статистик также применимы и к компьютерным узлам сложных цифровых систем производственных предприятий [6]. Эти подходы позволяют обеспечить эффективную поддержку цифровых систем на основе результатов моделирования СМО. Но моделирование СМО может быть уточнено с использованием винеровских процессов.

Аналитическое моделирование

Поэтому в настоящей работе рассматривается моделирование компьютерных узлов информационного контура на основе процессов Ито [7]. Помимо статистического моделирования процессов Ито для исследования компьютерных узлов в условиях изменяющейся нагрузки можно применять и другие аналитические подходы [8; 9].

Пусть компьютерный узел имеет входной поток управляющих воздействий $X(t)$, изменяющийся в соответствии со случайным процессом:

$$X(t) = ct + \sqrt{D}W(t). \quad (1)$$

В формуле (1) $W(t)$ – винеровский процесс, c – постоянный коэффициент сноса, D – постоянный коэффициент диффузии.

Объем используемых ресурсов компьютерной системы $R(t)$ для реакции на управляющее воздействие зависит от $X(t)$, то есть:

$$R(t) = \alpha X(t). \quad (2)$$

В формуле (2) α – штрафной коэффициент, выбираемый экспертом (процесс выбора этого коэффициента в настоящей работе не рассматривается).

После получения от системы мониторинга компьютерного узла последовательности измеренных через отрезки отсчета T значений величин воздействий x_i , $i = 1, 2, \dots, n$ можно оценить коэффициенты (1). Для этого можно применить, в частности, метод наименьших квадратов [10]:

$$\begin{aligned} \bar{c} &= \frac{6}{T(n+1)(2n+1)} \sum_{i=1}^n ix_i, \\ \bar{D} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(x_i - \frac{\bar{c}Ti}{n} \right)^2. \end{aligned} \quad (3)$$

В формуле (3) $\bar{c}$ – математическое ожидание значения коэффициента сноса, $\bar{D}$ – математическое ожидание значения коэффициента диффузии.

Пусть в моменты времени $i = 1, 2, \dots, n$ известны объемы потребляемых компьютерным узлом ресурсов $R(t)$. Тогда:

$$X(t) = \frac{R(t)}{\alpha} = ct + \sqrt{D}W(t). \quad (4)$$

Из (3), (4) следует, что

$$\begin{aligned} \bar{c}' &= \frac{6}{T(n+1)(2n+1)} \sum_{i=1}^n i \frac{x_i}{\alpha}, \\ \bar{D}' &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\alpha} - \frac{\bar{c}'Ti}{n} \right)^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Можно предположить, что процесс (1) описывает скорость изменения состояний компьютерного узла. Тогда

$$y'(t) = X(t) \quad (6)$$

$$y'(t) = \bar{c}'t + \sqrt{\bar{D}'}W(t).$$

Численное решение дифференциального уравнения (6) производится на основании результатов мониторинга за потреблением ресурсов компьютерного узла.

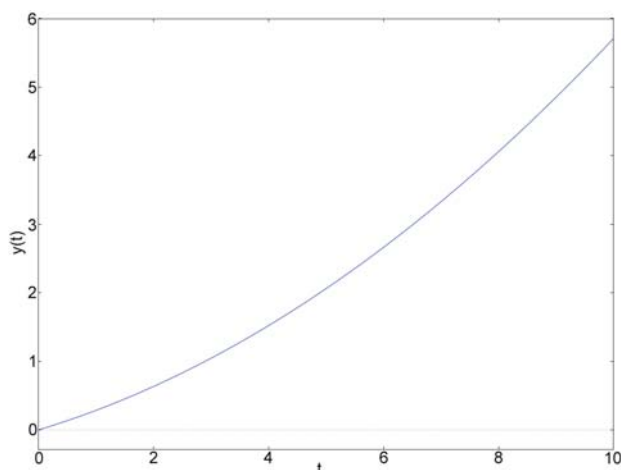


Рисунок 1. Численное решение уравнения (7)

Пусть, например, $\bar{c}' = 0,0636$, и $\bar{D}' = 0,1138$, что соответствует информационной ситуации с наименьшей скоростью изменения вероятности простоя компьютерного узла из [7]. Тогда дифференциальное уравнение, описывающее процесс изменения состояний компьютерного узла, есть

$$y'(t) = 0,0636t + \sqrt{0,1138}W(t). \quad (7)$$

Численное решение (7) может быть найдено с использованием системы компьютерной алгебры. Для случая $W(t) \approx 0,75$ с нулевыми начальными условиями решение изображается на рисунке 1.

Также, например, пусть $\bar{c}' = 0,0773$ и $\bar{D}' = 0,1637$, что соответствует информационной ситуации с наибольшей скоростью изменения вероятности простоя компьютерного узла из [7]. Тогда дифференциальное уравнение, описывающее процесс изменения состояний компьютерного узла, есть

$$y'(t) = 0,0773t + \sqrt{0,1637}W(t). \quad (8)$$

Численное решение (8) может быть найдено с использованием системы компьютерной алгебры. Для случая $W(t) \approx 0,75$ с нулевыми начальными условиями решение изображается на рисунке 2.

Эксперт, возможно, совместно с системным администратором компьютерной системы производят коррекцию параметров компьютерного узла в зависимости от его текущей загрузки на основе анализа результатов системы мониторинга. В случае возникновения нестационарного режима при обработке задач на основе численного решения уравнения (6), коэффициенты которого определяются по (5), производится выбор наиболее подходящего режима функционирования узла из числа имеющихся. Таблица конфигураций компьютерных узлов, описывающая как минимум модельные количества каналов и емкости накопителей, формируется априорно.

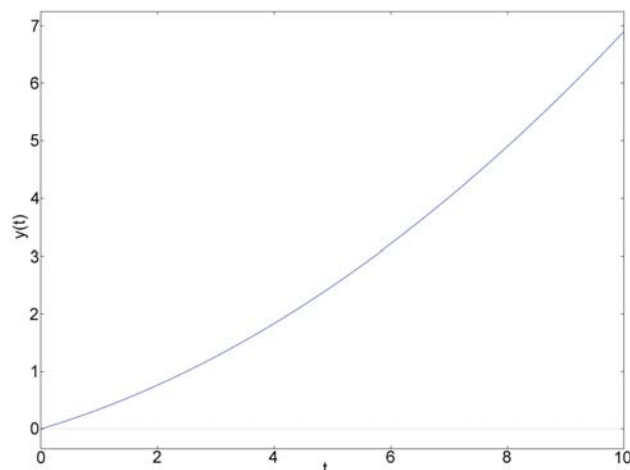


Рисунок 2. Численное решение уравнения (8)

Заключение

Полученные результаты позволяют производить моделирование компьютерного узла во времени и в зависимости от результатов потребления узлом ресурсов устанавливать на узле наиболее подходящий режим функционирования с учетом решения эксперта. Модели на основе процессов Ито становятся в дополнение к системам мониторинга основной эффективным инструментом для режима функционирования на компьютерном узле.

Литература

1. Каширских В.Г., Медведев А.Е. Компьютерная система управления конвейерной линией // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2005. № 6. С. 51–55.
2. Матухина О.В. Компьютерные технологии в управлении системой с программными связями // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 2. С. 199–202.
3. Дьячук П.П., Николаева Ю.С. Компьютерные системы управления поиском решения задач // Программные продукты и системы. 2009. № 2. С. 128–130.
4. Интеллектуальная система мониторинга для решения крупномасштабных научных задач в облачных вычислительных средах / А.В. Скатков [и др.] // Информационно-управляющие системы. 2017. № 2 (87). С. 19–25.
5. Адаптивный метод обнаружения уязвимостей интерфейсов беспилотных транспортных средств в инфраструктуре умного города / А.В. Скатков [и др.] // Инфокоммуникационные технологии. 2020. Т. 18, № 1. С. 45–50.
6. Ткаченко К.С. Эффективная поддержка цифровых технологий при изменениях требова-

- ний на производственных предприятиях // Инфокоммуникационные технологии. 2020. Т. 18, № 4. С. 484–488.
7. Ткаченко К.С., Скатков И.А. Метод статистического моделирования для проектирования информационно-измерительных систем контроля с учетом особенностей стохастических процессов // Системы контроля окружающей среды. 2020. № 1 (39). С. 46–53.
 8. Скатков А.В., Ткаченко К.С. Статистические оценки рисков в условиях несанкционированных возмущений узлового трафика // Системы контроля окружающей среды. 2016. № 5 (25). С. 41–46.
 9. Ткаченко К.С., Корепанова Н.Л. Обнаружение вирусных атак в распределенных средах и однородных сетях критического применения // Системы контроля окружающей среды. 2014. № 20. С. 98–101.
 10. Саичев А.И., Филимонов В.А., Тараканова М.В. Оценка коэффициента диффузии винеровского случайного процесса с равномерным сносом // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 5–1. С. 61–66.

Получено 21.09.2021

Ткаченко Кирилл Станиславович, инженер первой категории кафедры информационных технологий и компьютерных систем Севастопольского государственного университета. 299053, Российская Федерация, г. Севастополь, ул. Университетская, 33. Тел. +7 8692 435-173. E-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

EVALUATION OF THE CONDITIONS FOR THE EFFECTIVE FUNCTIONING OF COMPUTER NODES WITH CHANGES IN INPUT TRAFFIC BASED ON STOCHASTIC PROCESSES

Tkachenko K.S.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

Modern digital technologies make it possible to organize effective process management in the information circuits of industrial enterprises. At the same time, there are various control and monitoring systems for the computer nodes themselves. Based on such systems, it is possible to build models, and then, based on the results of modeling, to establish an effective mode of operation on a computer node. An approach to managing a computer node based on the use of statistical modeling of Ito processes is proposed. This approach allows you to simulate a computer node in time, and, depending on the results of resource consumption by the node, set the most appropriate operating mode on the node, taking into account the expert's decision.

Keywords: *manufacturing enterprises, computer nodes, modeling*

DOI: 10.18469/ikt.2021.19.4.07

Tkachenko Kirill Stanislavovich, Sevastopol State University, 33, Universitetskaya Street, Sevastopol, 299053, Russian Federation; Engineer of the first category of Information Technologies and Computer Systems Department. Tel. +7 869 243-51-73. E-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

References

1. Kashirskih V.G., Medvedev A.E. Computer control system for the conveyor line. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2005, no. 6, pp. 51–55. (In Russ.)
2. Matuhina O.V. Computer technologies in system management with program connections. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2013, vol. 16, no. 2, pp. 199–202. (In Russ.)
3. D'yachuk P.P., Nikolaeva Ju.S. Computer systems for managing the search for solutions to problems. *Programmnye produkty i sistemy*, 2009, no. 2, pp. 128–130. (In Russ.)
4. Skatkov A.V. et al. Intelligent monitoring system for solving large-scale scientific problems in cloud computing environments. *Informatsionno-upravljajushchie sistemy*, 2017, no. 2 (87), pp. 19–25. (In Russ.)

5. Skatkov A.V. et al. An adaptive method for detecting vulnerabilities in interfaces of unmanned vehicles in the infrastructure of a smart city. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2020, vol. 18, no. 1, pp. 45–50. (In Russ.)
6. Tkachenko K.S. Efficient digital support for changing requirements in manufacturing plants. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2020, vol. 18, no. 4, pp. 484–488. (In Russ.)
7. Tkachenko K.S., Skatkov I.A. Statistical modeling method for designing information-measuring control systems, taking into account the features of stochastic processes. *Sistemy kontrolja okruzhajuschej sredy*, 2020, no. 1 (39), pp. 46–53. (In Russ.)
8. Skatkov A.V., Tkachenko K.S. Statistical risk assessments in conditions of unauthorized perturbations of nodal traffic. *Sistemy kontrolja okruzhajuschej sredy*, 2016, no. 5 (25), pp. 41–46. (In Russ.)
9. Tkachenko K.S., Korepanova N.L. Detection of virus attacks in distributed environments and homogeneous networks of critical use. *Sistemy kontrolja okruzhajuschej sredy*, 2014, no. 20, pp. 98–101. (In Russ.)
10. Saichev A.I., Filimonov V.A., Tarakanova M.V. Estimate of the diffusion coefficient of a Wiener random process with uniform drift. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo*, 2010, no. 5–1, pp. 61–66. (In Russ.)

Received 21.09.2021

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 658.8; 65.011.56; 004

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДАННЫХ FMCG

Павлюченко К.И.¹, Панфилов П.Б.¹, Горшков Г.С.²

¹ *Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, РФ*

² *Московский финансово-юридический университет МФЮА, Москва, РФ*

E-mail: pavlyuchenkoki@gmail.com

В данной работе рассматривались возможности использования предиктивной аналитики данных в повышении эффективности бизнес-процессов на рынке товаров повседневного спроса FMCG, в частности для решения задач прогнозирования спроса на продукцию. Были проанализированы существующие бизнес-процессы в компаниях, FMCG и рассмотрены типовые инструменты для прогнозирования продаж, предлагаемые различными вендорами, включая такие, как SAP, RapidMiner, Azure ML Studio, SPSS. В качестве примера сбора и аналитической обработки данных, генерируемых бизнес-процессами на рынке FMCG, в работе были проанализированы данные по продажам ключевого клиента компании из табачной отрасли, созданы несколько регрессионных моделей прогнозирования продаж на основе использования аналитического продукта Azure ML Studio.

Ключевые слова: *предиктивный анализ данных, ритейл-бизнес, FMCG, прогнозирование продаж, регрессионная модель, Azure ML Studio*

Введение

Существуют различные рынки в зависимости от продаваемого продукта или услуги. Наиболее привычным для обычного потребителя является рынок «товаров повседневного спроса», известных также как «ширпотреб» (сокращение от «широкое потребление») или FMCG (по английской аббревиатуре термина Fast Moving Consumer Goods). Эта область рынка является высоко конкурентной, что подтверждается тем фактом, что существует множество транснациональных компаний, таких как Coca-Cola, Pepsi,

PMI, P&G, Unilever, Johnson&Johnson и другие. В прошлом году по данным NielsenIQ розничные продажи FMCG в России выросли на 3 % в денежном выражении, тогда как в 2019 году рост составил 3,9 % [1]. При этом потенциал роста за счет расширения торговых площадей и повышения цен оказался практически исчерпан. Этот факт, а также острая конкуренция заставляют крупнейших ритейлеров инвестировать в технологии, обеспечивающие преимущества, которых нет (пока) у других конкурентов [2]. Эти технологические решения могут быть основаны на самых разных принципах – психологических, маркетин-