

УДК 519.67

DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0015

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПО ПРЕДВЕСТНИКАМ ИХ ПОВЕДЕНИЯ

© 2020

Воробьев Юрий Михайлович, инженер-электроник

АО АвиаСтар – СП

(432072, Ульяновская область, г. Ульяновск, проспект Антонова, 1, e-mail: aviastar-spru@mail.ru)

Дмитриенко Герман Вячеславович, доктор технических наук, профессор кафедры Самолетостроение

Ульяновский государственный технический университет

Обособленное структурное подразделение «Институт авиационных технологий и управления»

(432072, г. Ульяновск, проспект Созидателей, д. 13, Блок 2, email: dmitrienko.german@yandex.ru)

Аннотация. Рассматриваются вопросы повышения эффективности обслуживания вычислительной техники за счет автоматизации поиска неисправностей и автоматического контроля их функционирования. Предложено два алгоритма дистанционного обслуживания и диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения. Реализация первого алгоритма возможна в том случае, когда управляющая и диагностирующая программа находится на сервере в центре дистанционного обслуживания. Для диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения устанавливается связь с ней. При наличии связи запускается с сервера программа диагностирования. Выдаются результаты диагностирования. Если были обнаружены ошибки или неисправности в работе вычислительной техники, то информация записывается в "Банк симптомов ошибок и методов их устранения", анализируется, выдаются рекомендации по их устранению и проводится прогнозирование будущих отказов. Второй алгоритм может быть реализован, если программа диагностирования находится на клиентской машине и по запросу сервера запускается и проводится диагностирование вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения. Функционально, система "интеллектуального" дистанционного технического обслуживания может изменяться в соответствии со специфическими требованиями клиентов и области применения.

Ключевые слова: контроль, диагностирование, вычислительная техника, ошибки, неисправности, центр дистанционного обслуживания, предвестники поведения, система, устранение, комплексный подход, эксплуатация.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR PREDICTING MALFUNCTIONS OF COMPUTER EQUIPMENT ELEMENTS BASED ON THEIR BEHAVIOR PREDICTORS

© 2020

Vorobyov Yuri Mikhailovich, electronics engineer

Aviastar-SP JSC

(432072, Ulyanovsk region, Ulyanovsk, Antonov Avenue, 1, e-mail: aviastar-spru@mail.ru)

Dmitrienko German Vyacheslavovich, doctor of technical Sciences, professor

of the department of aircraft Engineering

Ulyanovsk state technical University, separate structural division "Institute of aviation technologies and management"

(432072, Ulyanovsk, Prospekt Creators, 13, Block 2, e-mail: dmitrienko.german@yandex.ru)

Annotation. The issues of improving the efficiency of servicing computer technology by automating troubleshooting and automatic control of their functioning are considered. Two algorithms for remote maintenance and diagnostics of computer technology are proposed for predicting malfunctions of elements by precursors of their behavior. The implementation of the first algorithm is possible when the control and diagnostic program is located on the server in the remote service center. To diagnose computing technology for predicting malfunctions of elements by the precursors of their behavior, a connection is established with it. If there is a connection, a diagnostic program is launched from the server. Diagnostic results are given. If errors or malfunctions were found in the operation of computing equipment, then the information is recorded in the "Bank of error symptoms and methods for their elimination", analyzed, recommendations for their elimination are given, and future failures are predicted. The second algorithm can be implemented if the diagnostics program is located on the client machine and, at the server's request, it starts and diagnoses computing equipment to predict faults of elements based on the precursors of their behavior. Functionally, the intelligent remote maintenance system can be modified according to specific customer requirements and applications.

Keywords: control, diagnostics, computing technology, errors, malfunctions, remote service center, precursors of behavior, system, elimination, integrated approach, operation.

Введение. Существует много способов повышения надежности функционирования вычислительной техники и поддержания ее технически исправного со-

стояния, начиная с профилактического обслуживания и заканчивая созданием дуплексных вычислительных систем и систем с реконфигурацией [1]. Осуществле-

ние этих мероприятий требует больших затрат, причем они в значительной степени зависят от того, насколько рационально организованы указанные меры [4]. Внедрение централизованного обслуживания не смогло решить проблему эффективного, качественного обслуживания и эксплуатации вычислительной техники [8]. Задержки ремонтных бригад (часто без нужного специалиста), высокая плата за обслуживание, краткий список предлагаемых услуг, иногда ограниченный доступ к самой вычислительной техники заставляют искать новые формы обслуживания.

В последние годы быстро увеличивается число вычислительной техники, находящихся в эксплуатации [2]. Также значительно усложняется техническая реализация узлов вычислительной техники, что, в свою очередь, обуславливает расширения числа разнотипных неисправностей ее элементов [3]. Вследствие этого важной проблемой в сфере обслуживания вычислительных систем, вычислительной техники и компьютерных систем является разработка моделей прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники, которые призваны облегчать обслуживание и ускорить ремонт вычислительной техники [5]. В тоже время, на сегодняшний день не разработаны и тем более не исследованы эффективные алгоритмы прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники с учетом различных предвестников их поведения.

Целью статьи является разработка алгоритма прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения

В статье на основе обобщения, систематизации и анализа научной литературы по проблематике прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники системно алгоритмированы процессы дистанционного обслуживания и диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения.

Материалы и результаты исследования. Для повышения надежности, готовности и обслуживания в современных устройствах вычислительной техники предусматриваются средства автоматического накопления информации об ошибках при работе машины. Эта информация позволяет накапливать статистику ошибок с целью выявления наиболее вероятных источников ошибок, а также локализовать причину случайных сбоев и смешанных отказов [6]. Последняя задача вследствие невоспроизводимости ситуации представляет собой одну из самых сложных проблем эксплуатации вычислительной техники. Автоматическое накопление информации об ошибках базируется на основе регистрации состояния вычислительной техники в момент ошибки [7]. В операционных системах предусматриваются специальные средства обработки различных типов ошибок и накопления информации о них в специальных системных журналах ошибок. Ошибка, как правило, является следствием неисправности. Процедура обработки ошибок показана на рисунке 1 [8].

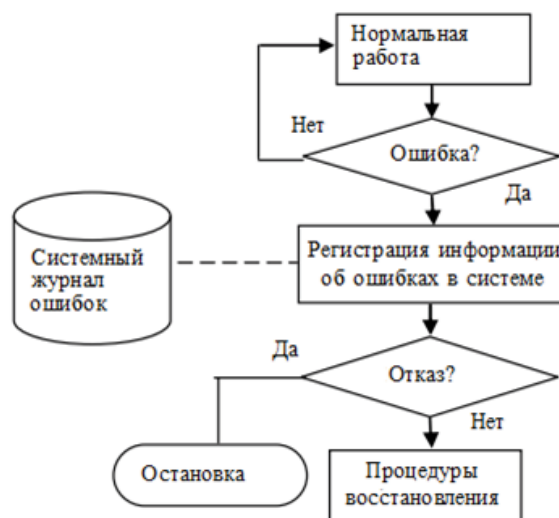


Рисунок 1 - Процедура обработки ошибок

Неисправности систем вычислительной техники могут быть дифференцированы по различным признакам. По источнику происхождения различают внутренние и внешние неисправности. Относительно уровней можно рассматривать как детерминированные, так и не детерминированные неисправности. По степени распространения различают локальные (одиночные) и разветвленные (кратные) неисправности. По продолжительности различают постоянные, случайные и смешанные неисправности. Смешанные неисправности характеризуются периодами активности и пассивности [9].

Интервал времени между моментами возникновения неисправности и проявлением ошибки называют периодом скрытости неисправности [10]. Задачей системы прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения является выявление ошибки по возможности с большей временной и пространственной способностью, то есть максимально близко от места ее возникновения и с минимальной задержкой по времени. Это удастся не всегда, так как некоторые ошибки распространяются в результате передачи информации, искажая информацию в системе. Гораздо сложнее выявляются ошибки сигналов управления [11].

Также во всех микропроцессорах и вычислительной технике используется информационная избыточность. В этих случаях необходимы другие средства обнаружения ошибок. Средства накопления информации о сбоях и отказ развиваются в направлениях учета всех возможных ошибок в системе, сохранение этой информации для последующего анализа, а также сокращение затрат времени операционной системы на указанные действия путем аппаратной реализации некоторых ее функций [12].

Была сформирован алгоритма процесса прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения. На рисунке 2 показано типичный процесс выявления ошибки [13].

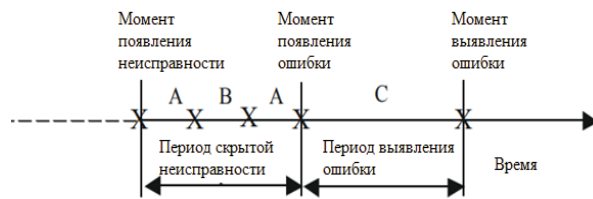


Рисунок 2 - Процесс выявления ошибки

Период *A* – в системе проявляется активная неисправность; период *B* – неисправность стала пассивной; период *C* – в системе присутствует ошибка.

Можно выделить основные состояния функционирования систем вычислительных устройств [23]:

- 1) исправное функционирование (*C*)
- 2) в системе вычислительных устройств проявляется активная неисправность, но ошибка не проявляется (*H*);
- 3) в системе вычислительных устройств возникает неисправность, которая трансформируется в состояние пассивного положения (*ПН*)
- 4) в системе вычислительных устройств присутствует как минимум одна не выявленная ошибка, и неисправность, которая ее вызвала сохраняется (*НП*)
- 5) смешанная неисправность трансформировалась в пассивную или самоустранилась после реализации ошибки (*СН*)
- 6) ошибка обнаружена (*ОП*).

На рисунке 3 представлены граф состояний для процесса выявления ошибок. Дугами графа обозначены интенсивности перехода из одного состояния в другое λ_{ij} .

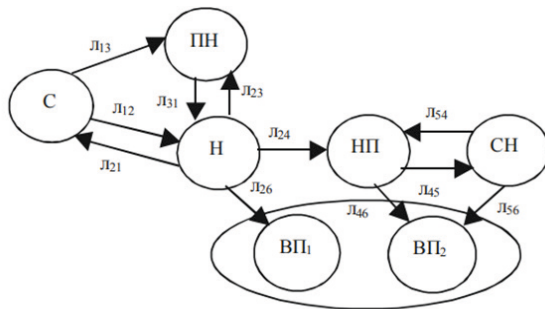


Рисунок 3 - Граф состояний для процесса выявления ошибок

Из состояния *ЧП* устройство может также перейти в состояние *СН*, если имела место случайная или смешанная неисправность, которая самоустранилась или стала пассивной после того, как вызвала ошибку и исказила информацию [14].

Существующие системы мониторинга с помощью *Host* или *АТМ (ПОС)* менеджера позволяют проводить контроль текущего технического состояния устройств, но со значительными временными задержками. Рассмотрим настройку и работу алгоритма на примере прогнозирования отказов электродвигателя, когда в качестве входных параметров используются ток двигателя, осевое смещение вала и осевое смещение двигателя. Данные с трех датчиков собраны в базе данных в процессе его эксплуатации за одну неделю,

реализованной в среде *Random Forest* (рис. 4).

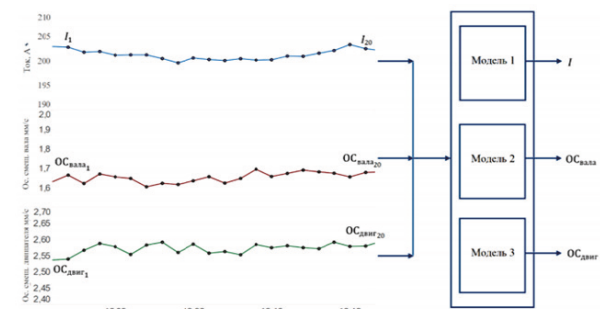


Рисунок 4 – Структура модели прогнозирования на основе разработанного алгоритма в среде *Random Forest*

Проблема своевременного и качественного обслуживания вычислительной техники успешно решается при внедрении новой формы обслуживания на основе использования компьютерных сетей передачи данных [19]. С развитием сетей вопросы оперативного реагирования на текущее состояние вычислительных систем, а именно контроль технического состояния вычислительной техники и всей сети в целом, в реальном режиме времени стал еще более актуальным. Обслуживание дистанционно удаленной вычислительной техники посредством использования компьютерных сетей передачи данных называется дистанционным [15].

Дистанционное обслуживание является относительно новым направлением развития науки. Поэтому разработка алгоритмов дистанционного диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения является одним из важных этапов разработки систем дистанционного обслуживания [16].

Предлагаются два алгоритма дистанционного обслуживания, которые в определенной степени отличаются друг от друга. Реализация первого алгоритма возможна в том случае, когда управляющая и диагностирующая программа находится на сервере в центре дистанционного обслуживания (*ЦДО*). Для диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения устанавливается связь с ней [20]. При наличии связи запускается с сервера программа диагностирования. Выдаются результаты диагностирования. Если были обнаружены ошибки или неисправности в работе вычислительной техники, то информация записывается в "Банк симптомов ошибок и методов их устранения" (*БСОМУ*), анализируется, выдаются рекомендации по их устранению и проводится прогнозирование будущих отказов [17].

Второй алгоритм может быть реализован, если программа диагностирования находится на клиентской машине и по запросу сервера запускается и проводится диагностирование вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения [21]. Функционально, система "интеллектуального" дистанционного технического обслуживания может изменяться в соответ-

ствии со специфическими требованиями клиентов и области применения [18]. Внешние программы могут быть интегрированы и при доработке программных интерфейсов могут быть добавлены функции клиентов (например, в области управления математическим обеспечением, отчетов (статистики) [22].

Заключение. Система дистанционного обслуживания, и предложенные алгоритмы прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения позволяют:

- отслеживать состояние вычислительной техники пользователем путем воспроизведения состояния дисплея центра дистанционного технического обслуживания;
- постоянно отображать на дисплее ЦДО ошибки вычислительной техники пользователя;
- накапливать в ЦДО информацию про неисправности и последовательности действий по ее устранению для записи в базу данных симптомов ошибок и методов их устранения;
- накапливать в ЦДО информацию о машинных ошибках вычислительной техники для последующей обработки их с помощью комплексной системы прогнозирования отказов (КСПО);
- на основе анализа базы данных симптомов ошибок и методов их устранения выдавать рекомендации по их устранению;
- вести диалог с пользователем.

Построенная по открытой архитектуре, платформа управления дистанционным техническим обслуживанием вычислительной техники может быть легко интегрирована в функциональную и физическую схему существующих систем телеобработки или вычислительных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеева В.А. Использование методов интеллектуального анализа в задачах бинарной классификации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 6-2. С. 354-356.
2. Алексеева В.А. Использование методов машинного обучения в задачах бинарной классификации // Автоматизация процессов управления. 2015. № 3 (41). С. 58-63.
3. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. 242 с.
4. Волошин А.А., Волошин Е.А., Усачев С.С., Энтентеев А.Р., Максудов Б.Т. Прогнозирование технического состояния оборудования и управление стабильности энергосистемы при помощи технологии интернета вещей для мониторинга в электрических сетях низкого напряжения // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognostirovanie-tehnicheskogo-sostoyaniya-oborudovaniya-i-upravlenie-stabilnosti-energосистемы-pri-pomoschi-tehnologii-interneta> (дата обращения: 20.10.2020).
5. Ивашенко А.Б. Традиционные и современные подходы в прогнозировании временных рядов / А.Б. Ивашенко // Наукові праці Донецького національного технічного університету, №1, 2012. – С. 156 – 175.
6. Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2019). XI Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых, посвященная памяти Афанасьева Александра Николаевича (Россия, г. Ульяновск, 26-27 ноября 2019 г.) [Электронный ресурс] : сборник научных трудов / под ред. Н. Н. Войта. Электронные данные. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 191 с.
7. Кадырова Г. Р. Интеллектуальные системы : учебное пособие / Г. Р. Кадырова. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 59-85 с.
8. Коноваленко С.А., Королев И.Д., Новоселов Д.А. Базовые функциональные возможности существующих систем мониторинга вычислительных сетей // Приволжский научный вестник. 2016. №12-1 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bazovye-funktsionalnye-vozmozhnosti-suschestvuyuschih-sistem-monitoringa-vychislitelnyh-setey> (дата обращения: 20.10.2020).
9. Крашенинников В.Р., Кувайскова Ю.Е. Прогнозирование динамики объекта с использованием авторегрессионных моделей на цилиндре // Радиотехника. 2016. № 9. С. 36-39.
10. Кувайскова Ю.Е., Алёшина А.А. Применение адаптивного регрессионного моделирования при описании и прогнозировании технического состояния объекта // Автоматизация процессов управления. 2016. №4(46). С. 35-40.
11. Кувайскова Ю.Е., Алёшина А.А. Техническая диагностика объектов с использованием методов нечёткой логики // Радиотехника. 2017. № 6. С. 32-34.
12. Кувайскова Ю.Е., Алёшина А.А., Федорова К.А. Информационноматематическая система поддержки принятия решений по управлению объектом на основе прогнозирования его технического состояния // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1 (51). С. 67-72.
13. Кувайскова Ю.Е., Федорова К.А. Исследование эффективности применения функций принадлежности для описания нечётких термов // Научный вестник УВАУГА(И). 2017. № 9. С. 165-170.
14. Литвиненко В.И. Метод индуктивного синтеза РБФ нейронных сетей с помощью алгоритма клонального отбора / В.И. Литвиненко // Індуктивне моделювання складних систем: зб. наук. праць: Міжнародний науковонавчальний центр інформаційних технологій та систем НАНУ. Випуск 4, 2012 – Київ: МННЦ ІТС, 2012. – С. 114 - 127.
15. Литвиненко В.И. STATISTICA Neural Networks: методология и технологии современного анализа данных / под редакцией В. П. Боровикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Горячая линия, 2008. – 392 с.
16. Панков Д.А., Денисова Л.А. Контроль и диагностика неисправностей программно-аппаратного комплекса // ОНВ. 2018. №2 (158). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-i-diagnostics-neispravnostey-programmno-apparatnogo-kompleksa> (дата обращения: 20.10.2020).
17. Стороженко Н.Р., Голева А.И. Математическая модель и алгоритм мониторинга параметров информационной системы // ОНВ. 2018. №6 (162). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskaya-model-i-algoritm-monitoringa-parametrov-informatsionnoy-sistemy> (дата обращения: 20.10.2020).
18. Чучуева И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия: дис. канд. техн. наук: 05.13.18 / И.А. Чучуева; МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М., 2012. – 155 с.
19. Kuvayskova Y.E. The prediction algorithm of the technical state of an object by means of fuzzy logic inference models / Y.E. Kuvayskova // Procedia Engineering. «3rd International Conference «Information Technology and Nanotechnology», ITNT 2017». 2017. Vol. 201. pp. 767-772.
20. Zadeh L.A. Fuzzy Logic // Computational Complexity: Theory, Techniques, and Applications / R.A. Meyers (eds). – New York : Springer, 2012. pp. 1177-1200. 21. Abramovici, M.; Göbel, J.C.; Dang, H.B. Semantic data management for the development and continuous reconfiguration of smart products and systems. CIRP Ann. 2016, 65, 185–188.
22. Cecil, R.; Soares, J. IBM Watson Studio: A Platform to Transform Data to Intelligence. In Pharmaceutical Supply Chains-Medicines Shortages; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019;
23. Brecher, C.; Buchsbaum, M.; Storms, S. Control from the cloud: Edge computing, services and digital shadow for automation technologies. In Proceedings of the 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Montreal, QC, Canada, 20–24 May 2019; pp. 9327–9333.

Статья поступила в редакцию 10.11.2020

Статья принята к публикации 11.12.2020