

Оценка качества интеллектуальных систем с гибкой программируемой архитектурой

Цель работы – оценка качества функционирования интеллектуальных систем. Решаемые задачи: синтез интеллектуальной системы на основе унифицированных модулей, оценка качества системы, реконфигурация системы при снижении качества. Метод исследования – системный анализ. Разработана новая гибкая программируемая архитектура интеллектуальных систем. Гибкая архитектура интеллектуальной системы позволяет изменять взаимные связи между подсистемами, составными частями и модулями. Интеллектуальная система реализована на базе унифицированных модулей, которые содержат программируемые коммутаторы. Коммутаторы подсоединены к входам и выходам системы и объединены в сеть для передачи информации.

Ключевые слова: интеллектуальная система, гибкая программируемая архитектура, унифицированный модуль, коммутатор, оценка качества.

Assessing the quality of intelligent systems with flexible programmable architecture

The purpose of this work is to assess the quality of functioning intelligent systems. Tasks to be solved: synthesis of an intelligent system based on unified modules, system quality assessment, system reconfiguration at a quality decrease. The research method is system analysis. A new flexible programmable architecture of intelligent systems has been developed. The flexible architecture of an intelligent system allows you to change the mutual relationships between subsystems, components and modules. The intelligent system is implemented on the basis of the unified modules that contain programmable switches. Switches are connected to the system inputs and outputs and are networked to transmit information.

Keywords: intelligent system, flexible programmable architecture, unified module, switch, quality assessment.

Введение

Интеллектуальные системы (ИС) способны решать сложные задачи, связанные с обработкой больших объемов информации. Оценка качества интеллектуальных систем является важной и актуальной задачей. Одним из важнейших показателей качества является функциональность системы, способность выполнять различные задачи.

Расширение функциональности обычно связано с привлечением дополнительных ресурсов, технических средств и программного обеспечения. Традиционный экстенсивный подход себя исчерпал и на современном этапе требуются новые способы оценки качества и расширения функций интеллектуальных систем. Предложен метод синтеза структуры интеллектуальной системы на основе унифицированных модулей, применение избыточных модулей для оценки качества системы и реконфигурации системы при снижении качества. Для оценки качества ИС предлагается

использовать искусственные нейронные сети.

Задачи исследования

Объект исследования – интеллектуальная система.

Предмет исследования – качество ИС. Качество интеллектуальной системы определяется как степень соответствия ее функциональных возможностей реальным или подразумеваемым потребностям пользователя. Потребности пользователя постоянно меняются в процессе использования ИС. У пользователя появляются потребности в новых функциях, для реализации которых требуются изменения в структуре ИС. При определении качества ИС учитывают реальные и даже предполагаемые потребности пользователя. Для эффективной работы ИС требуется изменение ее структуры и реконфигурация системы при снижении качества. Технические средства и программное обеспечение ИС должны обладать способностью к реконфигурации струк-

турных связей и адаптации к изменению условий функционирования. Для реализации разных функций предлагается использовать модульный принцип построения и провести синтез интеллектуальной системы на основе унифицированных модулей. Унифицированные модули ИС представляют собой многофункциональные устройства, способные решать широкий круг задач. Функции модуля реализуются с помощью программируемых микроконтроллеров и обученных нейронных сетей, которые интегрированы в структуру модуля. Модули ИС соединены друг с другом с помощью сети с гибкой программируемой архитектурой. Гибкость сетевой архитектуры реализуется путем взаимного соединения программируемых коммутаторов в коммутаторной сети. Коммутаторная сеть реализует взаимные связи модулей друг с другом.

Цель работы – оценка качества функционирования интеллектуальных систем.

Решаемые задачи:

- синтез интеллектуальной системы на основе унифицированных модулей,
- оценка качества системы в процессе ее функционирования,
- реконфигурация системы при снижении качества.

Метод исследования – системный анализ. В процессе анализа ИС разделяется на подсистемы, составные части и аппаратные модули. Каждый модуль реализует одну или несколько функций.

Оценка качества модулей и ИС

В процессе работы ИС проводится оценка ее качества. Качество ИС оценивают как комплексный показатель, включающий оценки качества подсистем, составных частей и модулей. Использована аддитивная модель оценки качества по формуле (1):

$$K(t) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} * x_i(t)}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (1)$$

где x_i - оценка качества i го модуля, w_{ij} - весовой коэффициент i -го модуля при реализации j -той функции, t - время.

Оценка качества x_i для i го модуля может принимать значения на интервале $[0;1]$. Граничные значения:

$x_i = 1$, если качество функционирования i го модуля соответствует всем требованиям пользователя,

$x_i = 0$, если качество функционирования i го модуля не соответствует ни одному из требо-

ваний пользователя.

Весовые коэффициенты w_{ij} принимают значения 0 или 1. Весовой коэффициент i -го модуля w_{ij} определяет использование i -го модуля в реализации j -той функции ИС:

$w_{ij} = 1$, если i -тый модуль использован в реализации j -той функции ИС,

$w_{ij} = 0$, если i -тый модуль не использован в реализации j -той функции ИС.

Предлагается использовать генетический алгоритм для обеспечения качества ИС.

Матрица весовых коэффициентов w_{ij} преобразуется в цепочку чисел, одномерный массив. На основе массива из весовых коэффициентов w_{ij} формирует популяции для генетического алгоритма. Начальная популяция коэффициентов w_{ij} может быть сформирована случайным образом на основе датчика случайных чисел. Затем в начальную популяцию случайным образом вносят мутации генов и выполняют перестановки генов. Получают генетически измененные модифицированные популяции, которые скрещивают между собой. После скрещивания отбирают варианты с наибольшим показателем качества $K(t)$ (см. формулу 1). Генетический алгоритм позволяет отобрать варианты структуры ИС, которые обеспечивают улучшение ее качества в процессе функционирования. Новые весовые коэффициенты w_{ij} используют на следующем шаге генетического алгоритма для получения популяций для скрещивания. Многократное применение генетического алгоритма позволяет определить значения коэффициентов w_{ij} для реализации межмодульных связей. Коэффициенты для реализации межмодульных связей w_{ij} записывают в память коммутаторов.

На основе результатов генетического алгоритма устанавливают новые связи между модулями ИС.

Контроль качества модулей ИС

Значение показателя качества отдельных модулей и всей ИС должно меняться во времени t от 1 до 0 в соответствии с графиком, показанным на рис.1.

Со временем значение показателя качества модулей ИС монотонно уменьшается, см. рис.1. На временном интервале $[t_1, t_2]$ происходит изменение показателя качества x_i от 1 до 0. Для каждого элемента определяют границы временного интервала $[t_1, t_2]$, когда происходит снижение качества.

При контроле качества ИС был применен традиционный метод контрольных карт Шу-

харта. Задают область допустимых значений показателя качества модулей ИС и определяют моменты выхода показателя качества мо-

дуля ИС за установленные верхние и нижние контрольные границы.

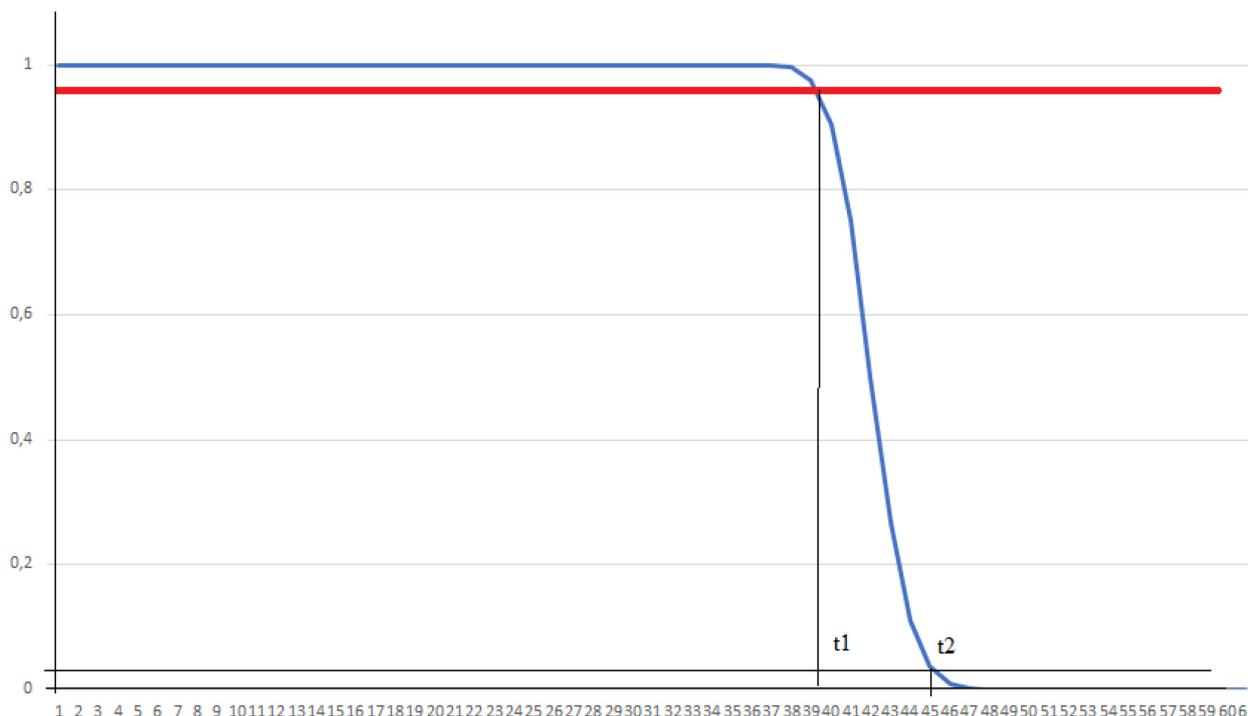


Рис.1. Динамика показателя качества модулей ИС

Уменьшение значения показателя качества и выход его за верхние контрольные границы указывает на необходимость применения методов обеспечения качества ИС. Предлагается повысить качество путем изменения структуры ИС. При анализе структуры ИС выделяют две группы модулей. Разделение на группы производят на основе Парето анализа по принципу «20 к 80», что показывает, что 20% модулей реализуют 80% функций.

В первую группу включают те модули, которые обеспечивают основной вклад в показатель качества ИС. Это основные модули с $x_i=1$, где 20% модулей реализуют 80% функций ИС. Первая группа модулей образует активное ядро ИС. Модули первой группы соединены с помощью активных связей.

Во вторую группу включают модули с низким качеством, где $x_i \approx 0$ и (или) с малыми значениями весовых коэффициентов w_{ij} . Во второй группе 80% модулей реализуют лишь 20% функций ИС. Вторая группа модулей образует резерв для расширения и изменения функциональных возможностей ИС. Модули второй группы соединены с помощью резервных связей.

Разделение модулей на две группы является условным делением и динамически меняется

при реконфигурации и изменении структуры ИС. Для реализации ИС с изменяющейся структурой разработана новая коммутаторная архитектура.

Гибкая программируемая архитектура построения ИС

Основой для разработки новой гибкой программируемой архитектуры ИС стала коммутаторная архитектура суперкомпьютеров [1,2]. Эта архитектура обеспечивает адаптацию вычислительной системы суперкомпьютера к решаемой задаче. Коммутаторная архитектура суперкомпьютеров позволяет оптимизировать ресурсы вычислительной системы суперкомпьютера при потоковых вычислениях.

Принципы работы коммутатора описаны в работах [3-6].

Коммутатор выполняет следующие функции:

- в памяти коммутатора записана таблица взаимных связей элементов,
- коммутатор соединяет между собой входы и выходы элементов, на основе таблицы взаимных связей.

Память коммутатора содержит информацию в двоичном виде, в форме таблицы вза-

имных связей входов и выходов. Элементы таблицы взаимных связей входов и выходов $w_{[i,j]}$ принимают значения «0» или «1».

Если i -тый вход коммутатора не связан j -тым выходом, то $w_{[i,j]} = 0$.

Если i -тый вход коммутатора связан с j -тым выходом, то $w_{[i,j]} = 1$.

Коммутаторы соединяют друг с другом по принципу каскадного соединения.

Коммутаторная архитектура позволяет изменять взаимные связи элементов без переключения и замыкания контактов.

Имеется возможность реализовать разные варианты архитектуры путем записи информации в память коммутатора. Для оценки и контроля качества ИС коммутаторная архитектура применяется впервые. Новая архитектура построения ИС позволяет динамически изменять взаимные связи элементов в процессе работы и решать широкий круг вычислительных задач [7-14].

Контроль качества ИС с помощью искусственной нейронной сети

Контроль качества отдельных модулей и всей ИС производится с помощью искусственной нейронной сети (ИНС). На входы ИНС подаются значения переменных:

- x_i - оценка качества i го модуля,
- w_{ij} - весовые коэффициенты i -го модуля при реализации j -той функции,
- t - время.

На выходе ИНС формируют значение комплексного показателя качества интеллекту-

альной системы $K(t)$, см. формулу (1).

При снижении показателя качества интеллектуальной системы $K(t)$ до нижней контрольной границы (см. рис. 1) проводят разделение модулей на основные и резервные. Взаимные связи в группе основных модулей остаются без изменений.

Затем определяют группу резервных модулей и в этой группе выполняют реконфигурацию структуры на основе генетического алгоритма.

Разделение модулей на две группы позволяет сократить трудоемкость и затраты на реконфигурацию ИС.

Выводы

Разработана новая гибкая программируемая архитектура ИС, которая обладает следующими преимуществами:

1. Разработан новый метод контроля качества работы ИС, состоящей из унифицированных модулей, соединенных между собой с помощью коммутаторной сети.

2. Имеется возможность проводить оценку качества функционирования для каждого модуля и всей системы.

3. При снижении качества работы модулей и ИС выполняется реконфигурация за минимальное время путем записи новой информации в память коммутаторов. Коэффициенты межмодульных связей определяют на основе генетического алгоритма.

4. Оценка качества ИС выполняется с помощью искусственной нейронной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каляев, А.В. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой [Текст] / А. В. Каляев. - М.: Радио и связь. - 1984. - 240 с.
2. Реконфигурируемые мультимодульные вычислительные структуры [Текст] / И.А. Каляев [и др.]. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН. - 2008.- 392 с. - ISBN 978-5-902982-61-6.
3. Патент № 2139567 Российская Федерация МПК G06F 15/163 (1995.01) Многофункциональный коммутатор: № 97109885/09: заявл. 11.06.1997; опублик. 10.10.1999 [Текст] / Князьков В.С., Васин Л.А.; заявитель Пензенский технологический институт (ВТУЗ). - 3 с.
4. Суханова, Н.В. Обеспечение отказоустойчивости аппаратных средств автоматизированных систем управления [Текст] / Н. В. Суханова // Вестник МГТУ СТАНКИН. - 2017. - №2 (41). - С. 79-83..
5. Суханова, Н.В. Применение коммутаторной структуры при обеспечении отказоустойчивости аппаратных средств вычислительных систем [Текст] / Н.В. Суханова // Вестник МГТУ СТАНКИН. - 2017. - №3(42). - С.105-110.
6. Патент №2631987 Российская Федерация МПК G06F

REFERENCES

1. Kalyaev, A.V. Multiprocessor Systems with Programmable Architecture [Text] / A.V. Kalyaev. - M.: Radio and communication. - 1984. - 240 p.
2. Reconfigurable Multiconveyor Computing Structures [Text] / I.A. Kalyaev [and others]. - Rostov-on-Don: Publishing house of the Southern Scientific Center RAS. - 2008. - 392 p. - ISBN 978-5-902982-61-6.
3. Patent № 2139567 Russian Federation IPC G06F 15/163 (1995.01) Multifunctional Switch: № [97109885/09](#): appl. 11 June 1997: publ. 10 October 1999 [Text] / Knyazkov V.S., Vasin L.A.; applicant: Penza Technological Institute (HTEI). - 3 p.
4. Sukhanova, N.V. Ensuring of Fault Tolerance of Automated Control System Hardware [Text] / N.V. Sukhanova // Bulletin of MSTU "STANKIN". - 2017. - no. 2 (41). - pp. 79-83.
5. Sukhanova, N.V. Application of Switching Structure for Ensuring Fault Tolerance of Hardware of Computing Systems [Text] / N.V. Sukhanova // Bulletin of MSTU "STANKIN". - 2017. - no. 3 (42). - pp.105-110.
6. Patent №[2631987](#) Russian Federation IPC G06F

15/16 (2006.01) Способ повышения отказоустойчивости схемы и отказоустойчивая схема для его реализации: № 2016103080/08(004655): заявл. 01.02.2016: опубл. 29.09.2017 [Текст] / Суханова Н.В. [и др.]: заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук (ИКТИ РАН). - 3 с.

7. Sukhanova, N.V. The Design of the Intellectual Model of the Quality Management Systems [Текст] / N.V. Sukhanova, A.S. Sannikov // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies IT and QM and IS 2019. - 2019. - P. 303-307.

8. Суханова, Н.В. Разработка требований к аппаратно-программному комплексу интеллектуальных систем управления в машиностроении [Текст] / Н.В. Суханова // Научные технологии в машиностроении. - 2018. - № 12(90). - С.38-43.

9. Суханова, Н.В. Разработка интеллектуальных автоматизированных систем управления в машиностроении [Текст] / Н.В. Суханова. - Научные технологии в машиностроении. - 2018. - № 11(89). - С.42-48.

10. Суханова, Н.В. Обеспечение безотказности интеллектуальных систем управления [Текст] / Н.В. Суханов // Качество. Инновации. Образование. - 2018. - № 2(153). - С. 23-29.

11. Суханова, Н.В. Моделирование отказов электронных схем с помощью нейронных сетей [Текст] / Н.В. Суханова // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2018. - № 8. - С.76-83.

12. Суханова, Н.В. Разработка и исследование способа контроля работоспособности автоматизированных систем управления на базе искусственных нейронных сетей [Текст] / Н.В. Суханова // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2018. - № 7. - С. 91-98.

13. Суханова, Н. В. Разработка и исследование гибкой программируемой архитектуры электронных схем [Текст] / Н.В. Суханова // Научное приборостроение. - 2018. - Т. 28. - № 4. - С.146-150.

14. Суханова, Н.В. Совершенствование структуры интеллектуальных автоматизированных систем управления на базе технологий стратегического, конкурентного и ситуационного управления [Текст] / Н.В. Суханова // Научные технологии в машиностроении. - 2019. - №5 (95). - С. 42-48.

Ссылка для цитирования:

Суханова, Н. В. Оценка качества интеллектуальных систем с гибкой программируемой архитектурой / Н. В. Суханова // Эргодизайн. - 2021 - №1 (11). - С. 36-40. - DOI: 10.30987/2658-4026-2021-1-36-40.

Сведения об авторах:

Суханова Наталия Вячеславовна
 Московский государственный технический университет «СТАНКИН», кандидат технических наук, доцент, с.н.с. Института конструкторско-технологической информатики РАН
 Тел. 8(495)-942-29-71, 8-963-723-81-62
 E-mail: n_v_sukhanova@mail.ru
 ORCID

15/16 (2006.01) A method for Increasing the Circuit Fault Tolerance and A Fail-Safe Circuit for its Implementation: № 2016103080/08(004655): appl. 01 February 2016: publ. 09 September 2017 [Text] / N.V. Sukhanova [et al.]: applicant: Federal State Budgetary Institution of Science, Institute for Design-Technological Informatics of the Russian Academy of Sciences (IDTI RAS). - 3 p.

7. Sukhanova, N.V. Development of Requirements to Hardware-Software Complex of Intelligence Systems of Control in Mechanical Engineering [Text] / N.V. Sukhanova // Science-Intensive Technologies in Mechanical Engineering. - 2018. - no. 12 (90). - pp. 38-43.

8. Sukhanova, N.V. Development of Intelligent Automated Control Systems in Mechanical Engineering [Text] / N.V. Sukhanova. - Science-Intensive Technologies in Mechanical Engineering. - 2018. - no. 11 (89). - pp. 42-48.

9. Sukhanova, N.V. Ensuring the Reliability of Intelligent Control Systems [Text] / N.V. Sukhanova // Quality. Innovation. Education. - 2018. - no. 2 (153). - pp. 23-29.

10. Sukhanova, N.V. Electronic Circuit Failure Modeling Using Neural Networks [Text] / N.V. Sukhanova // Bulletin of Bryansk State Technical University. - 2018. - vol. 8. - pp.76-83.

11. Sukhanova, N.V. Developing and Researching a Method for Monitoring the Automated Control System Performance Based on Artificial Neural Networks [Text] / N.V. Sukhanova // Bulletin of Bryansk State Technical University. - 2018. - no. 7. - pp. 91-98.

12. Sukhanova, N.V. Development and Research of Flexible Programmable Architecture of Electronic Schemes [Text] / N.V. Sukhanova // Nauchnoye Priborostroyeniye. - 2018. - vol. 28. - no. 4. - pp.146-150.

13. Sukhanova, N.V. Improvement of Intelligent Automated Control System Structure Based on Technologies of Strategic, Competitive and Situation Control [Text] / N.V. Sukhanova // Science-Intensive Technologies in Mechanical Engineering. - 2019. - no. 5 (95). - pp. 42-48.

14. Sukhanova, N.V. Improving the structure of the intellectual automated control systems on the basis of technologies of strategic, competitive and situational management [Text] / N.V. Sukhanova // science Intensive technologies in mechanical engineering. - 2019. - №5 (95). - P. 42-48.

Abstracts:

N.V. Sukhanova
 Moscow State University of Technology "STANKIN"
 Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Senior Researcher of the Institute for Design-Technological Informatics of the Russian Academy of Sciences
 Тел. 8(495)-942-29-71, 8-963-723-81-62
 E-mail: n_v_sukhanova@mail.ru
 ORCID

Статья поступила в редколлегию 03.02.2021 г.

Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета
 член редакционного совета журнала «Эргодизайн» Рытов М.Ю..

Статья принята к публикации 12.02.2021 г..