

Введение. Активное развитие и распространение кибер-физических систем, а также устройств интернета вещей, требует соответствующих методов валидации, верификации и анализа их результатов работы [1]. Данная работа направлена на создание инструмента для автоматизированного анализа поведения встроенных систем. В качестве входных данных используются графовые описания, представляющие собой восстановленные модели процессов по последовательности событий, происходящих во встроенной системе в процессе её функционирования.

Основная часть. Для анализа, валидации и верификации встроенных систем на практике используются несколько групп методов: визуальный анализ, автоматизируемый анализ с использованием классических подходов анализа описаний графов и использование нейронных сетей.

Визуальный анализ представляет собой ручной анализ, выполняемый экспертом, и позволяет изучить структуру графа, а также визуально сравнить между собой модели реального поведения системы с предполагаемым.

В результате применения классических подходов к анализу графов [2] вычисляются количественные метрики, проводится анализ соответствия и анализ на основе шаблонов. В рамках данных подходов проводят анализ производительности, частоты выполнения, стоимости и получение различных метрик графа. Анализ соответствия — это сравнение модели с журналом событий, измерение отклонений, использование иных алгоритмов обнаружения процессов. Анализ на основе шаблонов состоит из поиска шаблонов и анализа их влияния на работу системы.

Современные работы описывают применимость нейронных сетей для задач анализа. С помощью нейронных сетей можно осуществлять прогнозирование следующего события, времени выполнения, поиск аномалий в модели, а также кластеризацию и классификацию процессов [3].

В рамках данной работы разрабатывается автоматизированное средство для анализа графовых моделей встроенных систем на основе классических подходов анализа описания графов и подходов на основе нейронных сетей.

Выводы. В работе рассмотрены различные подходы анализа графовых моделей встроенных систем. Определены требования для использования рассмотренных подходов. Разработан прототип инструментария для автоматизированного анализа динамических процессов встроенных систем вне целевой платформы. Показано, что предлагаемое средство позволяет существенно упростить и ускорить анализ графовой модели встроенной системы.

Список использованных источников:

1. Buede D. M., Miller W. D. The engineering design of systems: models and methods. – John Wiley & Sons, 2024.
2. Gross J. L., Yellen J., Anderson M. Graph theory and its applications. – Chapman and Hall/CRC, 2018.
3. Jin M. et al. A survey on graph neural networks for time series: Forecasting, classification, imputation, and anomaly detection //IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2024.