

2. Мошак Н.Н., Птицына Л.П., Давыдова Е.В., Рудинская С.Р. МЕТОД РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ СЕТИ LTE // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 6 / СПОИСУ. – СПб., 2019. – 446 с. ISBN 978-5-907223-38-7. с.51-54
3. Мошак Н.Н. Особенности архитектуры сети LTE. // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы, 2020. С. 320-330
4. Мошак Н.Н., Кравец А.Ю. Исследование программной структуры архитектуры радиодоступа LTE // Информационная безопасность регионов России. XIII Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2023 – с. 360-363

УДК 004.021

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБОРОТА МОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Степанов Павел Викторович

СПб ФИЦ РАН

199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия В.О., д.39,

e-mail: p.v.stepanov@hotmail.com

Аннотация. Рассматривается имитационная модель технологического процесса подготовки и доставки мобильного оборудования на борт воздушного судна. Моделирование позволяет оценить для системы контроля оборота мобильного оборудования применимость комбинаций различных технологий идентификации. Поиск оптимального решения осуществляется по совокупности разработанных критериев. Модель построена на основе раскрашенных сетей Петри.

Ключевые слова: имитационное моделирование; мобильное оборудование; технологии идентификации, раскрашенные сети Петри.

SIMULATION MODEL OF THE MOBILE EQUIPMENT TURNOVER CONTROL SYSTEM

Stepanov Pavel

Federal State Budgetary Institution of Science

SPIIRAN

39 14-line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia

e-mail: p.v.stepanov@hotmail.com

Abstract. A simulation model of the technological process of preparation and delivery of mobile equipment on board an aircraft is considered. The simulation makes it possible to evaluate the applicability of combinations of various identification technologies for the mobile equipment turnover control system. The search for the optimal solution is carried out according to a set of developed criteria. The model is based on colored Petri nets.

Keywords: simulation modeling; mobile equipment; identification technologies, colored Petri nets.

Введение. Система контроля оборота мобильного оборудования (СКО МБКО) [1,5] решает задачу отслеживания перемещения мобильного оборудования (МБКО) по всем этапам технологического процесса подготовки, доставки и погрузки всего необходимого для обслуживания пассажиров в полёте на борту воздушного судна. Отслеживание объекта предполагает возможность его однозначной и достоверной идентификации. В системе СКО МБКО используются различные методы и технологии идентификации [2,4,5]. Использование какого-то одного метода на всех этапах технологического процесса представляется невозможным. Существует множество технологических, организационных и административных требований, специфические ограничения от авиакомпании и требования по авиационной безопасности, которые ограничивают использование определённой технологии идентификации на конкретном этапе технологического процесса. Наличие таких ограничений приводит к необходимости использования комбинации технологий идентификации в рамках одной системы.

Методы идентификации, используемые в системе СКО МБКО, отличаются по ряду параметров. Оптимальный выбор из множества комбинаций технологий идентификации (далее конфигураций) является задачей многокритериальной оптимизации, требующей специальных методов решения.

В докладе описывается, разработанная автором модель, которая позволяет:

1. Сгенерировать все возможные конфигурации;
2. Построить допустимое множество конфигураций в соответствии с заданными ограничениями;
3. Рассчитать параметры для каждой полученной конфигурации;
4. Построить распределение числа конфигураций по заданным параметрам;
5. Смоделировать выполнение технологического процесса для каждой конфигурации;
6. Оценить допустимость конфигурации по результатам моделирования;
7. Вывести результаты моделирования в файл для дальнейшей обработки;
8. Построить квазиоптимальное множество конфигураций для выбранных значений параметров модели.

Модель реализована с помощью инструментального средства CPN Tools [7] которое позволяет строить имитационные модели с использованием раскрашенных сетей Петри.

Весь процесс работы сервисного предприятия сложен и может быть представлен в виде совокупности параллельных подпроцессов. Для моделирования был выбран один подпроцесс – подготовка к вылету. Выбор этого подпроцесса определяется тем, что именно на нём и только на нём присутствуют все имеющиеся

ограничения, во всех возможных сочетаниях. Наиболее жёсткие временные ограничения определены только для этого подпроцесса.

Моделируемый процесс представлен в виде последовательности этапов – модулей системы, реализующих функцию идентификации и функцию ручной обработки мобильного оборудования. Функция идентификации позволяет смоделировать время необходимое для идентификации всего МБКО в соответствии с выбранной технологией в конкретной конфигурации системы. Время определяется вероятностными параметрами метода идентификации и количеством МБКО. Ручная обработка моделируется в зависимости от параметров, задаваемых на этапе: среднее время на обработку, отклонение времени на обработку, число грузчиков, максимальное число единиц МБКО обрабатываемых одновременно и количество МБКО. Моделируется параллельная работа грузчиков.

МБКО доставляется на борт воздушного судна специализированными транспортно-технологическими средствами (автолифты). Автолифты функционируют параллельно и участвуют в реализации трёх технологических этапов. Количество одновременно используемых автолифтов является параметром конфигурации.

Модуль генерации создаёт множество возможных вариантов конфигураций. Использование матриц применимости и совместимости технологий идентификации вместе с организационными ограничениями позволяет построить подмножество допустимых конфигураций. Для каждой конфигурации рассчитываются значения коэффициента автоматизации, достоверности идентификации и затраты на реализацию. Моделирование техпроцесса в выбранной конфигурации позволяет оценить допустимость конфигурации в соответствии с временными ограничениями.

В результате всего цикла моделирования получается файл с допустимыми конфигурациями и значениями их расчётных параметров. В случае задания ограничений на параметры модели, может быть получено подмножество конфигураций, удовлетворяющих заданным критериям.

Закключение. Созданная имитационная модель позволяет автоматизировать процесс генерации и оценки возможных комбинаций технологий идентификации для системы СКО МБКО. Использование модельного подхода гарантирует полноту анализа возможного пространства решений, обеспечивает генерацию и оценку не очевидных, с точки зрения человека, вариантов конфигураций. Получаемое в результате моделирования пространство допустимых решений является полным, что позволяет повысить достоверность поиска оптимального решения при многокритериальной оптимизации.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке госбюджетной темы НИР FFZF-2022-0004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ронжин А.Л., Соколов Б.В., Джао В.Ю.-Д., Миронова Е.Г., Стыскин М.М. Применение технологии радиочастотной идентификации для построения системы контроля оборота бортового кухонного оборудования // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения, 2020, вып. 1. С. 3-10.
2. Степанов П.В. Алгоритм идентификации мобильного бортового кухонного оборудования с использованием технологии радиочастотной идентификации. Информатизация и связь. 2021, Номер 7, С. 14-20.
3. Степанов П.В. Интеллектуальное транспортно-технологическое средство нового поколения и лежащая в её основе концепция «цифрового автолифта» Информатизация и связь, 2022, Номер 1, С. 22-29.
4. Степанов П.В. Методика использования Bluetooth технологии для решения задач идентификации и определения положения объектов// Информатизация и связь, 2021, Номер 5, С. 97-103
5. Стыскин М.М., Степанов П.В., Желтов С.Ю., Соколов Б.В., Ронжин А.Л. Средства оптической и радиочастотной идентификации в технологическом процессе автоматизированного контроля оборота мобильного бортового оборудования. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2022. Т. 10. № 1 (36).
6. Зайцев Д.А., Шмелева Т.Р. Моделирование телекоммуникационных систем в CPN Tools: учеб. пособие. Одесса: Одесская национальная академия связи, 2006. 60 с.
7. Jensen K., Kristensen M. Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems. Berlin/Heidelberg: Springer, 2009. 382 p.
8. CPN Tools. Modeling with Coloured Petri Nets [Электронный ресурс]. – URL: <http://cpntools.org/2018/01/16/getting-started>
9. Santos F.P., Teixeira A.P., Soares C.G. Modeling, simulation and optimization of maintenance cost aspects on multi-unit systems by stochastic Petri nets with predicates // Simulation. 2018. Vol. 95. Pp. 461–478
10. Щербаков М.В., Сай Ван К. Архитектура системы предсказательного технического обслуживания сложных многообъектных систем в концепции Индустрии 4.0 // Программные продукты и системы. 2020. № 2. С. 186–194.