

# Обробка інформації в складних організаційних системах

УДК 623.592:623.618:358.4

О.В. Сергунова, М.А. Павленко, А.И. Тимочко, Е.В. Воробьев

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМЕ "ЧЕЛОВЕК-МАШИНА"

*Рассматриваются модели деятельности оператора системы человек-машина, которые раскрывают многофункциональность человека во всех происходящих (экстренных) ситуациях. На начальных этапах моделирования анализируются ранее созданные модели, из этих моделей отражаются требования к создающей модели деятельности оператора системы человек-машины. Также разрабатывается математическая модель системы, которая отражает особенности деятельности оператора системы человек-машина.*

**Ключевые слова:** модель деятельности оператора система человек-машина, функциональные сети, процесс функционирования, человеко-машинная система.

### Введение

Человек был, остается и будет центральной фигурой в автоматизированных системах управления различными процессами. Поскольку участие в работе таких систем управления человека является обязательным, то при анализе таких систем необходимо придерживаться антропоцентрического подхода [1]. К сожалению, этот методологический принцип часто нарушается. Объяснить это можно как объективными, так и субъективными причинами.

При решении большинства задач исследований, проектирования и испытаний человеко-машинных систем (ЧМС) возникает необходимость построения модели процесса функционирования таких систем.

При антропоцентрическом подходе к рассмотрению процесса функционирования ЧМС они представляют собой функционально-поведенческие модели, отображающие процесс деятельности оператора. Действия оператора объединены в единую целенаправленную последовательность эргатических элементов, образующую из отдельных функций их связную логическую и временную последовательность, устойчивую к возмущениям и соответствующую цели её функционирования.

Для моделирования деятельности оператора в системе человек-машина в настоящее время существует большое число математических моделей [4]. Разработанные модели отражают особенности деятельности оператора, но не моделируют их полностью. Хотя все они не удовлетворяют совокупности необходимых требований [4].

На основании ранее созданных методов моделирования, разрабатывается модель деятельности оператора, которая будет удовлетворять, большому числу требований для системы "человек машина" [2].

**Цель:** анализ существующих методов и постановка задачи разработка методов моделирования деятельности оператора в системе "человек-машина".

### Основная часть

При моделировании деятельности оператора необходимо учитывать следующие особенности [5]:

- целенаправленность поведения деятельности оператора;
- разнородность элементов, участвующих в выполнении каждой технологической операции (человек и используемые им средства);
- наличие прерываний в процессе функционирования деятельности оператора вследствие отказов и ошибок человека при выполнении технологических операций;
- наличие как интериоризованных (мыслительно-планировочных), так и экстериоризованных (исполнительных) действий человека;
- возможности перестройки поведения человека (выбора другого алгоритма действий) при изменении ситуативных условий (появления дефицита времени, эмоциональных факторов и т.п.);
- наличие изменчивости в характеристиках действий человека (колебания затрат времени, утомления и др.) [5].

Сравнительный анализ существующих методов моделирования. Модели, которые используются для исследования процесса функционирования деятельности оператора, могут быть разделены на следующие основные классы: **алгебраические формальные системы:** марковские и полумарковские процессы, регрессионные модели, алгебраические системы, модели теории массового обслуживания; **языковые формальные системы:** формальные грамматики, логические автоматы, сети Петри, логико-лингвисти-

ческие модели ситуационного управления, схемы Янова, граф-схемы и логические схемы алгоритмов Ляпунова; **языково-алгебраические системы**: сети предшествования, сети метода критического пути, сочетание E-сетей с оценочным способом метода кусочно-линейных автоматов, функциональные и функционально-семантические сети, вероятностно-алгоритмические функциональные сети.

Алгебраические системы предназначены, в первую очередь, для количественной оценки процесса функционирования, но не пригодны для отражения логики деятельности оператора [3]. Так, например, в полумарковских процессах исходная информация в виде матриц переходных вероятностей  $P = [P_{ij}]$  и законов распределения  $F(x) = [F_{ij}(x)]$  позволяет учесть элемент случайности в выборе поведения (при принятии решения, вследствие ошибок исполнения и т.д.) [3]. Однако не позволяет моделировать отдельные операции, определить количество повторений операций. Таким образом, из требований, перечисленных выше, алгебраические системы удовлетворяют только требованиям оцениваемости процесса, но основной их недостаток заключается в невозможности представления логики процессов функционирования.

Языковые формальные системы позволяют хорошо описывать процесс деятельности оператора, но не имеют аналитических средств для его количественной оценки [2]. Так, например, класс сетей Петри используется для описания вычислительных систем, параллельных процессов функционирования и т.д., но для оценки количественных показателей требует использование ним имитационных моделей. При этом для каждого класса задач необходимо построение своей индивидуальной системы имитационного моделирования. Просты в применении логические схемы алгоритмов (ЛСА) Ляпунова и изоморфные им граф-схемы алгоритмов (ГСА) разрешает описывать последовательные операции и параллельные, но не разрешает провести управление временем моделирования [2]. Автоматные модели, разрешают охарактеризовать множество состояний, входы, выходы, функции переходов и имеют память. Появляется также возможность оценки числа циклов (шагов) функционирования. К недостаткам автоматных моделей можно отнести то, что теряется наглядность описания системы [5 – 7].

Языковые формальные системы можно разделить на три класса: языки логических исчислений, языки сетевого типа и реляционные языки [2]. Языки логических исчислений позволяют отражать логические связи между объектами и обеспечивают эффективные процедуры логического вывода. Но с их помощью трудно описывать иерархические системы, а также процессы обучения и адаптации. Языки сетевого типа позволяют отражать функциональные зависимости между объектами и представлять иерархичность системы. Зато имеем громоздкие модели, но в ряде случаев ограничивает их применение. В реляционных языках вводится система

бинарных (а иногда и n-арных) отношений между объектами. Эти языки удобны для описания иерархических систем, но в них нет процедур эффективного логического вывода.

Функциональные сети (ФС) обладают в настоящий момент наибольшими возможностями описания и оценки процессов функционирования деятельности оператора по сравнению с вышеописанными сетевыми методами, а также другими рассмотренными моделями. Особенности их функционирования являются: процесс функционирования представляется рядом формализованных единиц; формализованным единицам приписывается ряд количественных характеристик; на основе разработанных математических моделей определяются показатели эффективности, качества и надежности процесса функционирования в целом с использованием данных по отдельным функциональным единицам [1].

ФС имеют следующие преимущества: позволяют описывать не только сети операций исполнения, но и сети принятия решений; реализуют обратную связь, что позволяет моделировать потерю устойчивости основного процесса вследствие отказов; показывают все возможные варианты изменения процесса функционирования; позволяют реализовывать логические функции, циклы, петли и неоднократное выполнение операций; позволяют количественно оценить показатели безошибочности и быстродействия наиболее часто встречающихся сочетаний функциональных единиц; реализуют возможность описания параллельных процессов, ошибок функционирования [5]. Сравнительная характеристика рассмотренных методов приведена в табл. 1.

Функциональные сети и обобщенный структурный метод, в отличие от других сетевых методов, специально предназначены для количественной оценки вероятностно-временных (вероятность безошибочного или бездефектного выполнения алгоритма функционирования) и ресурсно-стоимостных (стоимость выполнения или доход от выполнения алгоритма функционирования) показателей процесса функционирования сложных систем с учетом участия в них человека. Типовые функциональные структуры являются моделями наиболее часто встречающихся структур в процессе функционирования, что позволяет использовать их в качестве набора базовых моделей, из которых строится описание процесса функционирования ЧМС в целом.

## Вывод

Таким образом, на сегодня аппарат функционально-семантических сетей (ФСС) является наиболее мощным и универсальным средством моделирования и оценки широкого класса деятельности оператора, позволяющий в единых формализмах учесть специфические особенности поведения человека (оператора, организатора и т.д.) и используемых им средств (техники, программ, информации).

Таблица 1

## Сравнительная характеристика методов моделирования

Метод	Возможность описания параллельных процессов	Наличие методов количественной оценки	Трудоемкость количественной оценки	Наличие специальных моделей описания ЧМС	Возможность представления информации в логико-лингвистической форме	Проблемная ориентация
ЛСА (Ляпунова)	Ограниченная	Нет	Малая	Нет	Нет	Есть
Автоматные, агрегатные модели		Есть	Значительная			Универсальная
Статическое имитационное моделирование	Значительная (статистическая обработка)					
Марковские, полумарковские процессы	Значительная (аналитическая обработка)					
Функциональные сети	Развитые		Небольшая (набор типовых процедур)	Есть	Для деятельности оператора	
Сети Петри, Е-сети	Наиболее развитая	Есть	Значительная (статистическая обработка)	Нет	Для параллельных процессов	
ФСС	Есть		Небольшая (набор типовых процедур)	Есть	Есть	Универсальная для ЭТС

На основе рассмотренных методов их достоинств и недостатков, которые были отмечены, образуется модель, которая будет развивать подход к моделированию и оценке дискретных процессов деятельности оператора ЧМС на основе ФС. Также в виде ФСС, модель будет представляться двумя слоями: внешним и внутренним (планировочно-мыслительные), реализующими управление функциональными сетями с помощью методов искусственного интеллекта.

Такой подход открывает большие возможности для моделирования изменчивости деятельности человека; изменения поведения при изменении ситуативных условий; для изменений целей из некоторого множества целей и другие, которые не дает ни один из вышеописанных методов моделирования деятельности оператора ЧМС.

## Список литературы

1. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирования, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашеро, И.А. Бердюков и др. – М.: Машиностроение, 1993 – 528 с.

2. Глушков В.М. Алгебра. Языки. Программирование / В.М. Глушков, Г.Е. Цейтлин, Е.Л. Юценко. – К.: Наукова думка, 1978. – 320 с.

3. Зараковский Г.М. Закономерности функционирования эргатических систем / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.

4. Мальцев А.И. Алгоритмические системы / А.И. Мальцев. – М.: Наука, 1970. – 320 с.

5. Методы и технические средства предпроектного эргономического моделирования / Под ред. В.М. Мунипова. – М.: ВНИИТЭ, 1983. – 77 с.

6. Павленко М.А. Управление временем при моделировании деятельности оператора АСУ в системах управления сложными динамическими объектами / М.А. Павленко // Системи обробки інформації. – Х.: XV ПС, 2015. – Вип. 1(126). – С. 88-90.

7. Метод генерування псевдовипадкових чисел при моделюванні діяльності оператора АСУ / М.А. Павленко, М.В. Миргород, В.М. Руденко, А.В. Довбня, В.М. Соколов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: XV ПС. – 2014. – №3(16). – С. 134-137.

Поступила в редколлегию 7.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМІ "ЛЮДИНА-МАШИНА"

О.В. Сергунова, М.А. Павленко, А.І. Тимочко, В.С. Воробйов

В даній роботі розглядаються моделі діяльності оператора системи "людина-машина", які розкривають багатofункціональність людини у всіх відбуваються (екстремних) ситуаціях. На початкових етапах моделювання аналізуються раніше створені моделі, з цих моделей відображаються вимоги до створення моделі діяльності оператора системи людина-машина. Також розробляється математична модель системи, яка відображає особливості діяльності оператора системи "людина-машина".

**Ключові слова:** модель діяльності оператора система людина-машина, функціональні мережі, процес функціонування, людина-машинна система.

## ANALYSIS OF MODELING METHODS FOR THE OPERATOR IN THE SYSTEM "MAN-MACHINE"

O.V. Sergynova, M.A. Pavlenko, A.I. Timochko, V.E. Vorobjev

This work discusses the model of activity system operator man-machine, which reveal the versatility of the man in all the events (emergency) situations. In the initial stages of the simulation are analysed previously created models, these models reflect the requirements for creating a model of the activity system operator man-machine. Also developed a mathematical model of the system that reflects the features of operator activity of the man-machine system.

**Keywords:** the model for the operator of the system man-machine, functional networks, the process of operation, man-machine system.