

СЕКЦИЯ 11: УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ДРУГИМИ ОБЪЕКТАМИ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА И НАДЕЖНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ

Бабилов В.М., Заложнев А.Ю.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
vasmakviza@gmail.com, zalozhnev@yandex.ru*

Аннотация: Доклад посвящен оцениванию действий человека-оператора и их связи с оценками надежности и безопасности крупномасштабных человеко-машинных систем. В докладе приводится краткий обзор результатов, полученных в ходе обработки данных экспериментов, проводившихся на полномасштабных тренажерах. Компьютерная обработка полученного в ходе экспериментов материала позволила получить количественные и качественные оценки решений, принимаемых человеком-оператором. Для вычисления оценок надежности действий человека-оператора было предложено использовать подход, основанный на байесовских сетях доверия. Оценка надежности и безопасности человеко-машинных систем проводилась путем анализа сценариев управления надежностью. Для каждой фазы сценария определялись нижние и верхние оценки показателей надежности, которые подтверждались экспериментальными данными. В докладе обсуждаются соответствующие результаты компьютерного моделирования действий человека-оператора результатам экспериментов, проводившихся на полномасштабных тренажерах, а также намечаются дальнейшие направления исследований.

Ключевые слова: крупномасштабная человеко-машинная система, оценка действий человека-оператора, оценка надежности, оценка безопасности, система отображения информации, цепь Маркова, байесовская сеть доверия, сценарий управления надежностью

Введение

За время, прошедшее со времени начала проведения экспериментов на полномасштабных тренажерах с использованием аппаратуры для регистрации действий человека-оператора [1], крупномасштабные технические системы претерпели существенные изменения. Это коснулось как самих крупномасштабных технических систем, так и методов и средств управления такими системами.

С одной стороны, бурное развитие аппаратных и программных средств вычислительной техники превратило преобладающее множество систем с участием человека в человеко-машинные системы (ЧМС). С другой стороны, степень автоматизации достигла такого уровня, что в ряде случаев исключает человека из контура управления или значительно изменяет его роль (автопилоты в подвижных объектах) и место (беспилотные подвижные объекты) в системах управления. ЧМС также интегрируются в крупномасштабные распределенные системы.

Человек-оператор (ЧО), включенный в контур управления современными ЧМС, работает в тесном контакте с интеллектуальными программами и устройствами. Системы отображения информации (СОИ) стали интерактивными и многоуровневыми. Изменение характера взаимодействия ЧО с системами управления техническими системами через человеко-машинный интерфейс проявилось и в изменении англоязычного термина, обозначающего взаимодействие человека с техническими системами: вместо термина «man-machine interaction» стал употребляться термин «human-machine communication».

Высокая цена ошибочных действий человека, включенного в контур управления топливно-энергетическими, инфраструктурными и другими крупномасштабными техническими системами, обосновывает необходимость исследования процессов работы человека-оператора, а также необходимость исследования вариантов его возможных ошибочных действий и их последствий и их связей с оценками надежности и безопасности крупномасштабных человеко-машинных систем.

В данном докладе представлены результаты комплексных исследований, включая эксперименты на полномасштабных тренажерах и компьютерное моделирование, теоретические обоснования которых были сформулированы в работах [1-3], и которые получили дальнейшее развитие в последнее время.

Эксперименты на полномасштабных тренажерах, моделирование и результаты исследований

Экспериментальные исследования с использованием аппаратуры для регистрации действий и движения глаз оператора (НАС), задействованного в контуре управления крупномасштабной технической системой, проводились на полномасштабных тренажерах с развитыми системами отображения информации [1]. При этом фиксировался процесс решения оператором задач выявления и купирования аварийных ситуаций в условиях дефицита времени. Привлечение опытных операторов и квалифицированных инструкторов в качестве ЧО было призвано минимизировать количество возможных немотивированных действий ЧО.

Обработка данных, полученных в ходе исследований действий человека-оператора, проведенных на ряде объектов специального назначения, позволили:

- сгруппировать отдельные элементы СОИ в зоны, на основе количества и продолжительности по времени обращений к ним ЧО;
- представить процесс переключения внимания оператора между зонами в виде временных диаграмм;
- выявить существенные отклонения процесса реального решения ЧО задачи от предписываемого ему нормативного алгоритма [4];
- дать содержательное объяснение зонам, не содержащимся в нормативном алгоритме, но значимым с точки зрения числа и продолжительности времени обращений к ним ЧО;
- сформулировать предложения по совершенствованию подготовки ЧО и организации СОИ.

Компьютерная обработка полученного в ходе экспериментов материала позволила получить количественные и качественные оценки решений, принимаемых человеком-оператором в процессе работы на полномасштабных тренажерах.

На основе обработки экспериментального материала были сформулированы статистические гипотезы о характере зависимости, имеющейся в процессе зональных переходов. При проверке этих гипотез было установлено следующее:

- в большинстве рассмотренных случаев должна быть принята гипотеза о марковской зависимости первого порядка для зональных переходов;
- гипотеза об однородном характере марковской зависимости не подтвердилась, то есть вероятность зональных переходов существенным образом зависит и от момента времени, в котором происходят эти переходы.

Для получения более адекватных оценок надежности действий ЧО использовался подход, основанный на байесовских сетях доверия.

На основании анализа экспериментального материала была пересмотрена и скорректирована модель оценки воздействия ограничений во времени на вероятность ошибок оператора.

Оценка надежности и безопасности ЧМС проводилась путем анализа сценариев управления надежностью. Сценарии состояли из последовательности фаз. Каждая фаза, в свою очередь, разбивалась на шаги, соответствующие этапам в последовательности решения задач управления. На каждом шаге рассчитывались вероятности ошибок для возможных диапазонов изменений входных параметров. Для каждой фазы сценария определялись нижние и верхние оценки показателей надежности.

В результате качественного анализа результатов компьютерного моделирования было установлено их соответствие результатам экспериментов, проводившихся на полномасштабных тренажерах.

Заключение

В ходе дальнейших исследований планируется как совершенствование моделей оценки, основанных на применении цепей Маркова, так и создание моделей действий ЧО с привлечением идей, изложенных в [5], а также разработка моделей на базе методики, предполагающей последовательное пошаговое описание и оценку, как действий оператора, так и факторов, определяющих качество работы ЧМС [6]. Эта методика является комплексной и рассчитана на использование информации, получаемой как от человека-оператора, так и от технических систем и оборудования, а также от пассивных наблюдателей и экспертов.

Литература

1. Панасенко И. М., Проскуракова Н. Г. Экспериментальные исследования деятельности оператора сложного технологического объекта // Приборы и системы управления. 1974, № 1. – С. 23–24.

2. *Бабиков В.М., Панасенко И.М.* Учет человеческого фактора при обеспечении надежности человеко-машинных систем // Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинзберга, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. –С. 135-150.
3. *Панасенко И.М., Бабиков В.М.* Фиксация и идентификация ошибок человека-оператора // Труды Международной конференции «Идентификация и проблемы управления» SICPRO'2000. Москва, 26-28 сентября 2000 г. –М.: Институт проблем управления им. В.А. ТрапезниковаРАН. 2000. –С. 761-775.
4. *Panasenko I., Babikov V.* Identification of human-operator errors and the task of intelligent agents // Proceedings of the 2nd Workshop on Agent-Based Simulation, April 2-4, 2001, Passau, Germany. – P. 143-148.
5. *A.Yu. Zalozhnev, V.B. Polozhishnikov*, “Trajectory planning for rail freight shipping”, presented at the 2018 IEEE/CSAA Guidance, Navigation and Control Conference (IEEE/CSAA GNCC2018), Xiamen, China, August 10-12, 2018, Paper number 218.
6. *Бабиков В.М.* Вопросы оценки надежности человеко-машинных систем на базе сетей доверия. // Труды XXI международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: ИПУ РАН. 2013.– С. 86-91.