УДК 623.765:681.513.6

М.А. Павленко

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

УПРАВЛЕНИЕ ВРЕМЕНЕМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА АСУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с практической реализацией управлением временем в системе моделирования деятельности операторов автоматизированных систем управления. Также предлагается подход к управлению модификацией функции распределения времени реализации элементарных операций деятельности операторов. Рассматриваются вопросы управления модельным временем и его влияние на порядок проведения исследования разработанных моделей.

Ключевые слова: *моделирование, деятельность оператора, модель деятельности, эргономика, эргономическое исследование.*

Введение

Разработка и внедрение новых информационных технологий в современные автоматизированные системы управления (АСУ) влечет за собой изменение структуры системы информационного обеспечения деятельности оператора или отдельных её элементов [1, 2]. Отмеченная трансформация приведет к изменению структуры деятельности оператора. Использование новых подходов к формированию и управлению информационными моделями (ИМ) [2, 3, 4] в перспективных АСУ определяет необходимость проведения дополнительных исследований деятельности оператора на этапе проектирования таких систем с целью учета изменившихся условий функционирования оператора.

Расширение круга учитываемых факторов за счет использования моделей деятельности оператора позволяет провести оценку времени решения задач принятия решения, а также оценить затраты времени на выполнение отдельных операций в структуре деятельности оператора и выявление проблемных мест при проектировании операторской деятельности. Это, в свою очередь, требует разработки соответствующих систем моделирования деятельности оператора при реализации механизмов управления временными процессами.

Анализ литературы. Разработке и описанию моделей деятельности человека в эргатических системах посвящено достаточно большое количество работ, например, [1 – 3 и др.]. Ряд работ [4 – 11] посвящены принципам и теоретическим основам формирования моделей деятельности человека, в других из них рассмотрены модели простых действий или процессов, являющихся элементами сложной деятельности человека. Модели сложных систем формируются, как правило, на основе применения теории систем массового обслуживания. Такие модели позволяют получить обобщенные характеристики системы и ее «человеческого» звена (среднее время обслуживания заявок, вероятность обслуживания и т.д.). Вместе с этим достоверность исследований эргатических систем во многом зависит от степени детального рассмотрения деятельности человека в системе. Разработка и внедрение в практику статистических имитационных моделей сложной деятельности оператора стало возможным в условиях использования достижений современных информационных технологий.

Цель статьи. Разработка метода управления временем в системах моделирования деятельности оператора АСУ при управлении сложными динамическими объектами.

Основная часть

За основу метода формирования модели деятельности оператора предлагается взять метод поэтапного моделирования [4]. Следует отметить, что, с одной стороны, оператору присущ интеллектуальный характер деятельности, связанный с получением и обработкой информации, как о внешней среде, так и об объектах управления. С другой стороны, оператор может быть рассмотрен с точки зрения выполнения им различных эффекторных действий. При этом необходимо учитывать, что оператор является открытой интеллектуальной системой, для которой характерны осознанный поиск и обработка информации.

© М.А. Павленко

Основным механизмом поиска дополнительной и уточнение имеющейся информации является целенаправленное взаимодействие с системой управления через средства взаимодействия. Рассмотренные особенности и положены в основу предложенной структуры деятельности оператора при принятии решений в АСУ сложными процессами или объектами.

Сформированная структура деятельности оператора отражает основные элементы деятельности, связанные с получением и обработкой информации, принятием решения и взаимодействия со средствами автоматизации (рис. 1).

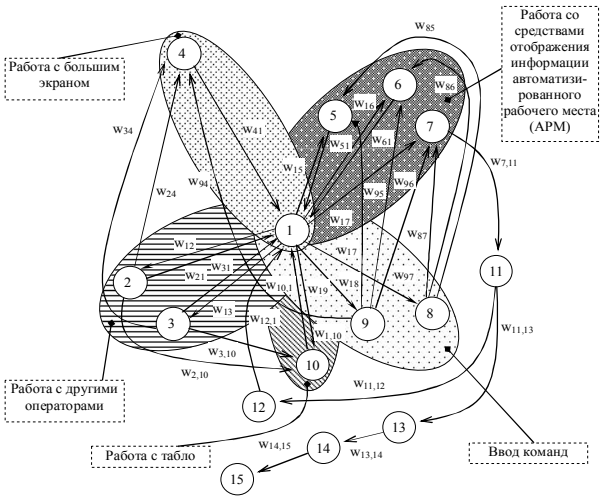

Рис. 1. Модель деятельности оператора

В данной модели вершины – это этапы и операции, выполняемые оператором, а дуги отражают затраты времени на переход от операции к операции t_{ij} и вероятности выполнения этих действий p_{ij} и могут быть заданы следующим кортежем $w_{ij} = (t_{ij}, p_{ij})$. Интерпретация вершин и дуг будет зависеть от конкретной описываемой деятельности.

Основные операции, выполняемые оператором, представляют собой совокупность последовательно выполняемых элементарных действий (ЭД) (время их выполнения – $t_{ЭД}$). При работе с информационными моделями (ИМ) к наиболее часто выполняемым ЭД относятся: поисковые движения глаз оператора, фиксация взгляда, восприятие и оценка критических объектов (формуляров, знаков и т.д.). Поэтому для оценки среднего времени выполнения нескольких ЭД (t_o) можно использовать сумму значений $t_{ЭД}$.

Важно отметить, что из-за воздействия большого числа факторов объективного и субъективного характера $t_{ЭД}$ и t_o являются случайными величинами. Поэтому в интересах повышения достоверности оценок показателей выполнения отдельных операций используем распределения вероятностей оценок $t_{ЭД}$ – f(τ). Результаты многих исследований, например, [8, 9], свидетельствуют о том, что f(τ), как правило, усеченное ($\tau \geq t_1, \tau \leq t_2$) несимметричное унимодальное распределение. Практика показывает, что одни и те же опытные распределения чаще всего аппроксимируются разными законами f(τ) (усеченное нормальное, логарифмически нормальное, гамма распределение и т.д. [10]). В [6] на основе анализа статистического материала предпочтение отдано упрощенной математической модели усеченного нормального распределения следующего вида:

$$t_{ЭД} = f(x) = \begin{cases} \dfrac{C}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left\{-\left(x - t_1 - m_x\right)^2 \dfrac{1}{2\delta^2}\right\}, & t_1 \leq x \leq t_2, \\ 0, \; x < t_1 \text{ и } x > t_2, \end{cases} \quad (1)$$

где t_1 – минимальное время решения задачи, m и δ – параметры не усечённого нормального закона, C – нормирующий множитель.

Такое распределение в принципе симметрично, но наличие большого числа параметров, на которые мы можем воздействовать, позволяет сделать его асимметричным и гибко управлять его формой. Данное свойство позволит с высокой степенью адекватности отражать влияния внешних факторов на время выполнения ЭД.

Однако в существующей реальности на время $t_{ЭД}$ оказывает влияние множество факторов.

Так использование выражения (1) при определении текущего модельного значения $t_{ЭД}$ возможно в некоторых идеализированных условиях. В силу этого полученные результаты будут соответствовать идеализированным представлениям об операторе и условиях его работы. Для более полного учета факторов, влияющих на $t_{ЭД}$, необходимо учитывать и такие факторы как: стресс, текущее время суток, усталость, продолжительность рабочей активности, уровень шума в помещении и др. Если провести анализ этих факторов, то можно сделать вывод о том, что они могут негативно влиять на деятельность оператора, а именно изменять $t_{ЭД}$. В свою очередь, учет влияния на изменение данного показателя скажется на общем времени решения задач управления. При этом повысится адекватность описания деятельности оператора за счет увеличения числа учитываемых факторов.

Для этого предлагается проводить пересчет значений для t_1 и t_2 при описании ЭД в разрабатываемой модели. Пересчет этих значений будем производить с использованием следующей модели (рис. 2).

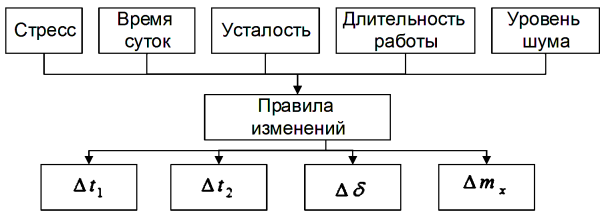

Рис. 2. Модель изменения времени выполнения ЭД в имитационной модели

Так, например, время суток влияет на изменение интервалов выполнения ЭД, что приводит к изменению Δt_1 и Δt_2. Усталость может быть учтена путем изменения Δm_x. Таким образом, мы получаем гибкий инструмент учета времени выполнения ЭД оператором в различных условиях.

Однако это только первый этап управления временем в модели.

Если пойти дальше и рассмотреть глобальные процессы учета различных факторов, влияющих на действие оператора, можно сделать вывод о том, что все они влияют на количество совершенных или не совершенных им ошибок. Так, в начале работы с утра оператор практически не будет совершать ошибок. Если же рассмотреть его деятельность ночью, в период с 3 до 5 часов утра, после сна и после 18 часов с начала выполнения своих обязанностей, то количество ошибок будет максимально. При всем при этом время выполнения ЭД практически не изменится либо будет подвержено минимальному изменению. ЭД выполняются автоматически, а вот ошибки происходят из-за недостаточной концентрации внимания, замедленных оценок обстановки или неверно принятых решений, которые и определяются усталостью и другими условиями.

Тогда, мы получаем второй механизм управления временем в модели. Это будет механизм динамического управления вероятностями переходов из вершины в вершину p_{ij}. Рассмотрим этот механизм на примере.

Пусть модель первоначально имеет одинаковые вероятности перехода из вершины 1 в другие вершины (рис. 3, а). С накоплением факторов, которые влияют на выполнение оператором ЭД, изменятся и вероятности переходов (рис. 3, б).

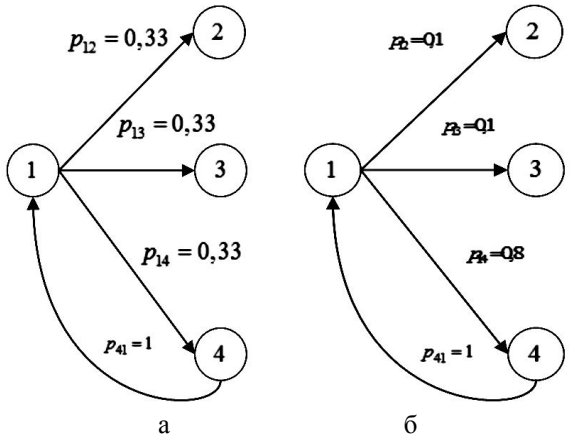

Рис. 3. Начальное (а) и измененное (б) состояние переходов

При этом нет прямого изменения времени выполнения ЭД, но есть косвенное его изменения за счет выполнения ошибочных действий, необходимости их исправления и многократного выполнения элементарных действий. Полученные механизмы позволяют активно влиять на модель и привести ее в наиболее полное соответствие реальной деятельности оператора.

Развитие всякой системы (как и ее модели) происходит во времени. Точно также модель исследуемой системы меняет свои состояния, функционируя во времени, при этом течение модельного времени имитируется изменением некоторой переменной. Между временем реальной сложной системы и временем модели этой системы имеется существенное различие.

Во-первых, время реальной системы непрерывно – можно со сколь угодно большой точностью интервалов, измерить длительность между моментами смены состояний исследуемой системы. Во-вторых, никоим образом изменить скорость течения времени реальной системы на нынешнем уровне нашего развития нельзя.

Время же модели дискретно – оно может изменяться лишь на целое число единиц. Физический смысл одной единицы модельного времени – час, минута, секунда и т.д. – определяет экспериментатор, строящий модель деятельности оператора.

Изменяться модельное время может не обязательно только на 1 единицу дискретности, чаще всего модельное время скачком продвигается от одного момента смены состояний до другого. Это возможно потому, что модельное время не есть время работы ЭВМ, с помощью которой ставятся эксперименты с моделью. Модельное время – это некоторая переменная, принимающая только положительные целочисленные значения и не доступная пользователю; всегда, как и реальное время, изменяющаяся только в сторону увеличения.

Следует отметить еще одно обстоятельство: в отличие от реальных систем, имеется две разновидности модельного времени – абсолютное и относительное. Абсолютное время начинает свой отсчет с момента начала моделирования (эксперимента с моделью), а относительное – с момента, указанного пользователем как момент, начиная с которого необходимо собирать статистику в ходе моделирования. При этом для более полного изучения свойств модели мы можем ускорять или замедлять течение относительного модельного времени.

Для иллюстрации данного понятия приведем рис. 4.

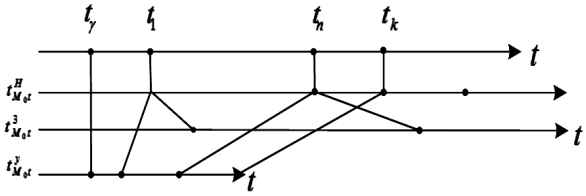

Рис. 4. Иллюстрация течения модельного времени

На данном рисунке представлены различные оси течения времени.

Верхняя ось характеризует течение объективного времени $t_{реал}$. Тогда возможны три варианта

течения модельного времени. Модельное время течет также как и реальное время: $t^{H}_{M_0t} = t_{реал}$. Модельное время растянуто относительно реального времени: $t^{3}_{M_0t} > t_{реал}$, т.е. модельное время замедлено для изучения быстротекущих процессов. Третья ось иллюстрирует ускорение модельного времени протекания процессов относительно их реального протекания: $t^{У}_{M_0t} < t_{реал}$. Данное свойство используется в тех случаях, когда исследуются растянутые в реальном времени процессы. В частности, к таким моделям относятся и модели деятельности оператора. Ведь исследование деятельности операторов в течение суток требует многих суток наблюдений и огромных затрат времени по обработке накопленного статистического материала. Использование ускоренного модельного времени позволяет сократить процесс сбора статистического материала до минут и часов при отражении особенностей работы операторов в любых условиях и в любое время суток.

Выводы

Предложенный подход к управлению временем в системах моделированию деятельности оператора является важным и гибким инструментом, который позволит повысить адекватность и полноту разрабатываемых моделей. При этом возможно обоснования требуемого уровня подготовки операторов и изучать влияние внешних факторов на эффективность их деятельности.

Список литературы

1. *Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1975. – 398 с.*
2. *Анохин А.Н. Исследование стрессовых ситуаций в деятельности оперативного персонала атомных станций / А.Н. Анохин, С.М. Киндинова, А.А. Бугаев, Л.В. Пучков // Известия вузов. Ядерная энергетика. – Обнинск: 2000. – № 3. – С. 19-26.*
3. *Разработка метода адаптивного управления информационными моделями в подсистеме информационного обеспечения процесса принятия решения по управлению сложными динамическими системами / Б.И. Низиенко, М.А. Павленко, С.Г. Шило, П.Г. Бердник // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 11(39). – С. 126-132.*
4. *Павленко М.А. Метод анализа деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, И.Ю. Хромов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вип. 1(59). – С. 78-81.*
5. *Плешакова Н.В. Эргономическая оценка аварийных процедур для операторов АЭС / Н.В. Плешакова, А.Н. Анохин // Человеческий фактор: Проблемы психологии и эргономики (Труды VIII Межд. конф. «Психология и эргономика: единство теории и практики». – Тверь: 24-25.09.2013. - 2013. – № 3 (66). - С. 58-62.*
6. *Павленко М.А. Обоснование выбора закона распределения времени при моделирование деятельности оператора АСУ / М.А. Павленко, С.В. Кукобко, М.Ю. Гусак // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – № 2. – С. 192-196.*
7. *Павленко М.А Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени / М.А. Павленко // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 9(37). – С. 124-133.*
8. *Метод разработки системы информационного обеспечения процессов оценки состояния объектов управления оператором / Ю.П. Пятков, М.А. Павленко, П.Г. Бердник, О.С. Бодяк, В.Н. Руденко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 4(4). – С. 88-94.*
9. *Середа Г.К. Инженерная психология / Г.К. Середа, Г.В. Бочаров, Г.В. Репкина. – К.: Вища школа, 1976. – 307 с.*
10. *Хрестоматия по инженерной психологии / Сост.: Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов; под ред. Б.А. Душкова. – М.: Высшая школа, 1991. – 287 с.*
11. *Анохин А.Н. О возможности применения CASE-технологии в задачах моделирования деятельности оператора / А.Н. Анохин // Диагностика и прогнозирование состояния объектов сложных информационных интеллектуальных систем: Сборник научных трудов №13 кафедры АСУ; под общ. ред. В.А. Острейковского. – Обнинск-Сургут: ИАТЭ-СГУ, 1999. – С. 130-135.*

Поступила в редколлегию 24.12.2014

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

УПРАВЛІННЯ ЧАСОМ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА АСУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

М.А. Павленко

У статті розглядаються питання пов'язані з практичною реалізацією управлінням часом в системі моделювання діяльності операторів автоматизованих систем управління. Також пропонується підхід до управління модифікацією функції розподілу часу реалізації елементарних операцій діяльності операторів. Розглядаються питання управління модельним часом і його вплив на порядок проведення дослідження розроблених моделей.

Ключові слова: *моделювання, діяльність оператора, модель діяльності, ергономіка, ергономічне дослідження.*

TIME MANAGEMENT IN MODELING OPERATOR ACTIVITY OF ACS IN THE CONTROL SYSTEM OF COMPLEX DYNAMIC OBJECTS

M.A. Pavlenko

This article discusses issues related to the practical implementation of time management system modeling activities of operators of automated control systems. Also, we propose an approach to the management of a modification of the distribution function of time implementation of elementary operations activities of operators. Discusses the management model time and its impact on the procedure for investigation of the developed models.

Keywords: *modeling, operator activities, the business model, ergonomics, ergonomic research.*