

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФОРМАЛЬНОЙ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПЕРАТОРА В СРЕДЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ли В.Г., Комар А.В.

Таганрогский технологический институт Южного федерального университета
кафедра инженерной графики и компьютерного дизайна

E-mail: igkd@egf.tsure.ru

Аннотация

Ли В.Г., Комар А.В. Технология формирования формальной поведенческой модели оператора в среде человеко-машинной системы с элементами искусственного интеллекта. Рассмотрена технология формирования поведенческой модели оператора сложной человеко-машинной системы, содержащей элементы искусственного интеллекта. Предлагается классификация значимых критериев оценки деятельности оператора. Приведены кадры визуализации экспериментов исследования предложено технологии на компьютерном тренажно-моделирующем стенде виртуальной реальности.

Общая постановка проблемы

Создание современной интеллектуальной системы с совместным участием человека и машины, предназначенной для поддержки принятия решений человеком в организационных структурах управления и в условиях многоцелевой деятельности, невозможно без создания модели поведения человека. При этом основой принятия решений является система знаний не только о конкретной решаемой задаче пользователя, но и обо всех аспектах его деятельности так или иначе влияющих на решение [1]. Это связано с тем обстоятельством, что организация взаимодействия как человека и ЭВМ, так и различных людей посредством информационно-вычислительной среды, требует таких возможностей СЧМ [2], которые могут быть реализованы только через систему знаний, в которой хранятся и обрабатываются сведения: математические модели поведения и функционирования системы и ее элементов; модели анализа и прогноза ситуаций; модели выбора стратегий управления по критериям конечной цели и гомеостаза; знания, подобные тем, которые организованы в экспертных системах и системах машинного обучения.

Исследования

Деятельность оператора можно рассматривать с разных точек зрения: как элемент цепи управления, как систему обработки запросов, как систему принятия решений. Для каждого из этих подходов будет своё описание модели: либо в виде передаточной функции, либо в терминах модели системы массового обслуживания, либо в виде конечного недетерминированного автомата. Для реализации в каждой из конкретных задач подходит только индивидуальная модель. Предлагается использовать модель человека-оператора, построенную на описании поведения нечетким недетерминированным автоматом:

$$A = \langle U, X, Y, s_0, \delta, \sigma \rangle \quad (1)$$

где $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ – конечное множество входов;
 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ – конечное множество состояний;
 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}$ – конечное множество выходов;
 $\delta: X \times U \times X \rightarrow [0, 1]$ – функция переходов;

$\sigma: X \times U \times Y \rightarrow L$ – функция выходов;

s_0 – начальное состояние.

В исследуемой человеко-машинной системе системообразующим фактором является цель, определяемая на базе доминирующей мотивации оператора. В качестве примера можно привести два варианта при определении оператором цели своей деятельности:

- добиться любых положительных результатов с минимальными затратами;
- добиться наилучших результатов при возможных ограничениях на ресурсы (например, время, энергия).

Построенная таким образом модель отражает индивидуальные особенности поведения человека-оператора. Модель строится для каждой конечной цели на основании имеющегося у эксперта практического опыта по деятельности операторов в рамках данной проблемной области. Здесь множество X (см. модель (1.1)) рассматривается как набор подзадач, на которые разбивается деятельность по выполнению главной задачи. При подобном рассмотрении цель деятельности декомпозируется на i последовательных (по времени выполнения ступеней) фаз. Будем интерпретировать X_i как множество возможных результатов теста после достижения оператором i -й ступени, $Y_j, j \in J = \{1, \dots, p\}$ – как множество интервалов времени на достижение конечной фазы. Очевидно, что, в рассматриваемом типе автомата $m=p$ и может трактоваться как число последовательных этапов (шагов) достижения цели.

Алгоритм построения модели поведения оператора.

1. Вначале необходимо построить предварительную модель поведения оператора. Для этого определяется число этапов, на которые разбивается деятельность $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Выделяются возможные результаты контроля выполненных работ для каждого этапа. Определяются способы достижения подцелей для каждой подцели $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$, и интервалы времени на их выполнение $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}$.

2. Экспертами задаются матрицы переходов из состояний одной фазы в другую при использовании одного из способов достижения подцели.

3. Перед началом деятельности в данной предметной области оператору необходимо ответить на ряд вопросов для определения его цели деятельности

$$\mu(g) = \{\mu(X_n^1), \dots, \mu(X_n^h)\}, \quad (2)$$

где h – размерность множества X_n и прогнозов использования предлагаемых способов достижения подцели U_k^v в каждом этапе X_i для всех возможных результатов. Все прогнозы для процесса деятельности задаются также в виде матриц (поскольку табличная форма определения автоматной модели является удобной и наглядной).

4. Оператором задаются функции выходов автоматной модели в виде матриц, т.е. определяются возможные доходы (расходы) для каждого возможного результата деятельности в модуле X_i^r при выборе конкретного способа достижения подцели U_k^v и затраченного при этом времени Y_j .

5. С использованием заданных оператором прогнозом использования способов достижения подцели необходимо построить нечеткий недетерминированный автомат (1). Для первого этапа деятельности решаются уравнения для выбранной стратегии (например, компромиссной) метода достижения подцели.

6. На основании полученных оценок для первого шага деятельности формируем пары «управляющее решение»-«результат» в виде $(U_b, X_2/\mu(U_b, X_2))$, исходя из условия $\mu(U_1) \leq \mu(X_2)/U_1$, где $\mu(U_b, X_2) = \min(\mu(X_2)/U_1, \mu(U_1))$ по выбору управляющего решения U_0^1, U_0^2, U_0^3 .

7. Пункты 5 и 6 повторяются для всех этапов.

8. Используя прогноз оператора и выделенные пары «управляющего решения»-«результат», построим представление нечеткого недетерминированного автомата в виде ориентированного графа. Кроме маркировок способами достижения подцелей, каждая дуга графа взвешена нечеткими оценками переходов из состояния в состояние, а также оценками расходов оператора при использовании соответствующих способов прохождения этапов.

9. Используя методологию динамического программирования, выделим на графе стратегии оператора $S_q = (s_0, U_0, X_1^1, U_1, \dots, X_{n-1}^{n-1}, U_{n-1}, X_n^1)$. Для этого определим пересечения нечетких оценок целей и оценок способов достижения подцелей. Сформируем классы стратегий оператора (в соответствии с возможными состояниями цели $\mu(g) = \{\mu(X_n^1), \dots, \mu(X_n^h)\}$, элементы которых упорядочим по убыванию относительно функций принадлежности к каждому классу. Каждую стратегию можно оценить, используя (1.3).

10. Далее необходимо определить стратегии оператора, соответствующие индивидуальному стилю принятия решений, исходя из критерия $\max_q(\beta(S_q^\pi))$.

11. В случаях, когда выбранная исходная стратегия перестает быть эффективной по отношению к нечетко заданной цели, необходимо трансформировать стратегию оператора в стратегию, позволяющую достичь целей деятельности, характеризуемых высокой функцией принадлежности, исходя из критерия $\max_\pi(\mu(X_n^\pi))$.

Формирование поведенческой модели оператора

На основании результатов больших серий испытаний и обработки статистических данных возможно определение критериев и их значимости для оценки эффективности деятельности человека-оператора.

Испытания проводятся на компьютерном стенде моделирования деятельности человека оператора, включающем подсистему гибридного интеллекта. Структурная схема такого стенда представлена на рис. 1.

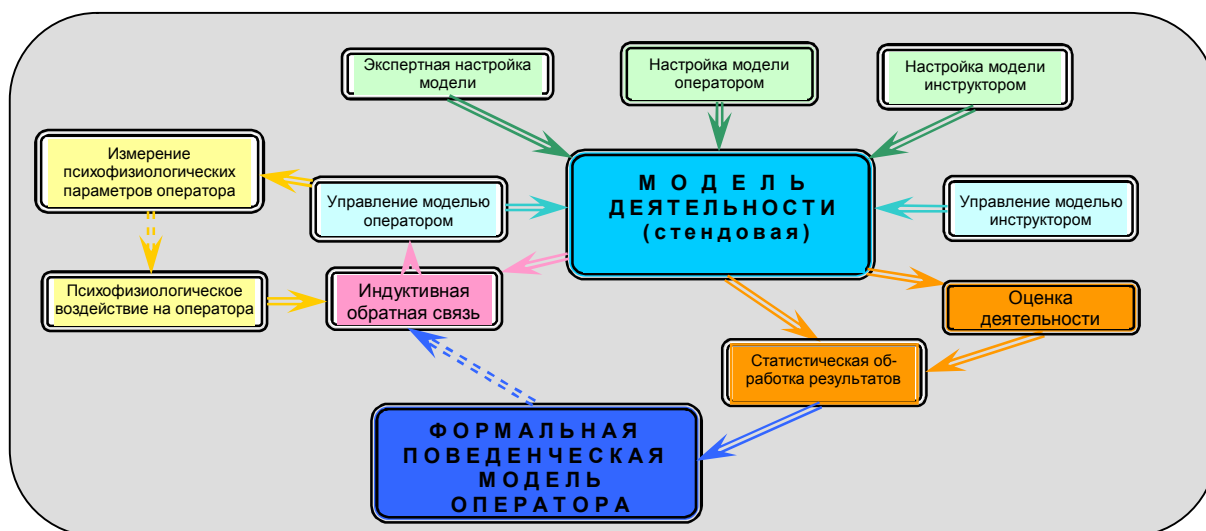


Рис. 1. Технология формирования поведенческой модели человека-оператора

В соответствии с избранной технологией формирования формальной поведенческой моделью оператора серии испытаний должны осуществляться с основной целью – накопление данных о зависимости оценки деятельности (эффективности деятельности) человека-оператора в зависимости от изменяющихся условий испытаний. Условия испытания определяются конечным, варьируемым количеством параметров. Количественные и качественные характеристики параметров тестирующей среды, моделирующей деятельность оператора в совокупности с внешними для оператора

воздействиями определяют пространственно-временные условия экспериментов.

Указанные изменения условий испытаний должны обеспечивать достоверное выявление уровней рабочего состояния оператора в соответствии с применяемой градацией рабочих состояний, а именно:

- отрицательное (эмоциональная неустойчивость);
- пассивное (жесткость и стереотипность реакций, неустойчивое внимание, не очень устойчивое эмоциональное состояние);
- среднее (способность к сосредоточению на задаче, переключению от своих эмоций);
- повышенное (высокая работоспособность, эмоциональная саморегуляция, адекватное реагирование на ситуацию);
- высокое («стирание» своих личностных особенностей, неограниченное владение ресурсными состояниями, вниманием и его масштабами.)

По завершении каждого сеанса продолжительностью не менее 20 минут на основе медико-биологических измерений формируется карта фазового состояния оператора. Значимость отдельных критериев, определяется степенью их влияния на фазовую картину функционального состояния оператора. Степень влияния критериев определяется уровнем (или отсутствием) их корреляции с ПФС оператора и позволяет сформировать поведенческую модель человека-оператора. Технология формирования такой модели представлена на рис.2.

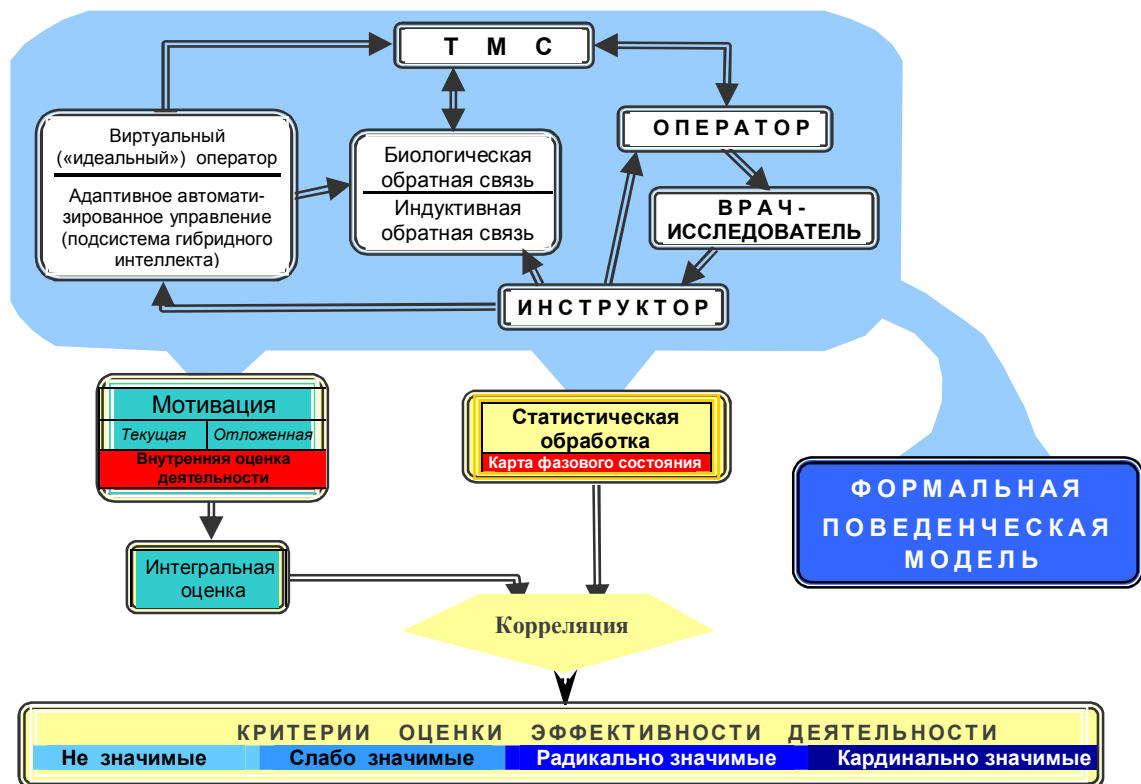


Рис. 2. Технология определения значимых критериев оценки деятельности и формирования поведенческой модели оператора

Принята следующая градация значимости критериев:

- не значимые – критерии, наличие или изменение которых не оказывает заметного влияния на эффективность деятельности оператора;
- слабо значимые – критерии, наличие или изменение которых оказывает слабо заметное влияние на эффективность деятельности оператора;
- радикально значимые – критерии, наличие или изменение которых оказывает заметное влияние на эффективность деятельности оператора и приводит к качественному

изменению фазовой картины функционального состояния оператора;

- *кардинально значимые* – критерии, наличие или изменение которых существенно изменяет фазовую картину функционального состояния оператора, приводит к переходу в качественно новое рабочее состояние, изменяет уровень реакций.

Экспериментальное исследование предложенной технологии

Ниже (рис.3,4) представлены отдельные кадры видеоряда эксперимента на ТМС, предназначенного для реализации и исследования описанной технологии.

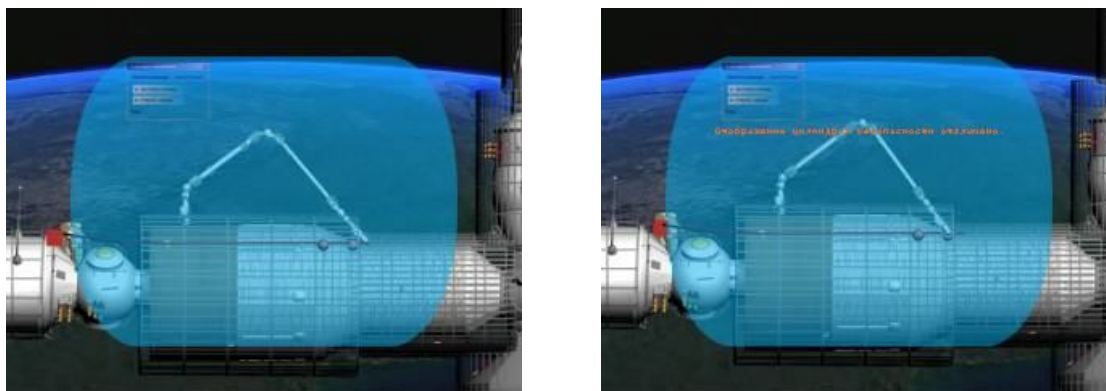


Рис. 3. Начало движения к первой из точек коллизии (слева). Достижение точки коллизии и выдача интеллектуальной компонентой сигнала «Возможно столкновение!!» (справа)

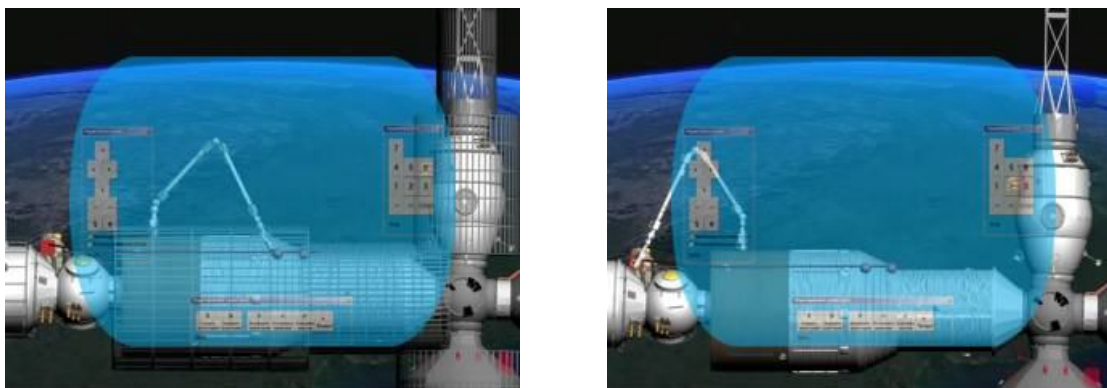


Рис. 4. Движение по неоптимальной траектории (слева). Достижение цели. Выключение двигателей интеллектуальной компонентой (справа)

Выводы

Поведенческая модель человека-оператора может считаться формальной в том случае, если будет сформирована по результатам больших серий испытаний, моделирующих различные типы деятельности, а ЧМС должна включать элементы искусственного интеллекта.

Литература

1. Захаревич В.Г. Исследование поведенческих характеристик оператора СС ТМК [Текст] /В.Г.Захаревич, С.В.Астанин, В.Г.Ли //Материалы научно-технической конференции «Тренажерные технологии и симуляторы-2002». Неделя высоких технологий. – С-Петербург: СПбГТУ, 2002. – С.154-158.

2. Ли В.Г. Имитационная модель деятельности и принятия решений человеком-оператором РТС. Моделирование и компьютерная графика: Материалы 3-й междуна. научно-технической конференции. – Донецк: ДонНТУ. – С. 13-23