

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ОБРАБОТКОЙ ДАННЫХ

А.Н. ПРИВАЛОВ

*ФГОУ ВПО Тульский
артиллерийский
инженерный институт*

e-mail: alexandr_prv@rambler.ru

Предлагается подход к оценке эффективности функционирования тренажёрных систем, спроектированных на основе систем с распределённой обработкой данных. Показаны примеры зависимостей показателей эффективности от технической реализации системы.

Ключевые слова: тренажёрная система, система с распределённой обработкой данных, информационные процессы, показатель эффективности тренажёрных систем.

В условиях возрастания возможностей и сложности различного рода технических систем становятся актуальными вопросы подготовки специалистов-операторов по управлению такими системами. Традиционно, тренажеры и тренажёрные системы (ТС) служат основным инструментом подготовки и переподготовки персонала, особенно в военной области.

Оператор должен постоянно и непрерывно развивать сенсомоторные навыки, использование для этого действующих систем, в целом нецелесообразно, и возможно лишь на последних закрепляющих этапах. Связано это с высокой стоимостью проведения натуральных тренировок и невозможностью создания всех реальных ситуаций. Наибольшее распространение в настоящее время получают виртуальные тренажеры. Их компоновка включает в себя системы отображения, которые используются в действующих системах, и системы моделирования основных технических объектов.

Тренажёрные системы, построенные для обучения операторов различных систем, предъявляют повышенные требования к адекватности функционирования таких систем в условиях виртуальной обучающей среды.

В настоящее время решение этой проблемы сопряжено с разработкой средств информационной поддержки функционирования динамической обучающей среды. Повышение качества информации, предъявляемой оператору в таких системах, является актуальным и требует учёта ряда факторов, таких как: распределённая обработка данных, жёсткие временные ограничения получения ответа на запрос при принятии решения, большие объёмы данных для визуализации обучающей среды и др.

Распределённые системы обработки информации находят всё большее применение в различных областях человеческой деятельности, в том числе и при подготовке высококвалифицированных специалистов систем «человек-машина», работа которых связана со сложными техническими, опасными для жизни системами. В связи с этим большое внимание уделяется разработке тренажёрных систем и комплексов на базе вычислительных сетей. При проектировании и разработке такого рода систем, как правило, используются клиент-серверные технологии.

Распределённые вычислительные системы представляет собой одну из наиболее прогрессивных форм организации работы средств вычислительной техники.

Одной из задач, возникающих при проектировании, разработке и эксплуатации распределённых тренажёрных систем и комплексов на основе технологии клиент-сервер, является задача повышения эффективности функционирования вычислительных сетей. Для её разрешения предлагается подход, основанный на методе информационных процессов (ИП).



Функционирование любой тренажёрной системы на основе вычислительных систем с распределенной обработкой данных (СРОД) может быть представлено в виде совокупности взаимодействий пользователей (операторов, руководителей обучения) с системой. С формальной точки зрения любое такое взаимодействие можно отобразить в виде последовательности этапов передачи и обработки информации.

Передача информации осуществляется по каналам передачи данных, связывающим отдельные узлы СРОД, а также по каналам обмена данными ЭВМ, размещаемых в узлах системы. Обработка информации осуществляется серверами (рабочими станциями) в узлах СРОД.

Будем называть последовательность этапов передачи и обработки информации на средствах СРОД, инициируемую при реализации заявки пользователя на выполнение запрашиваемых от системы информационно-вычислительных работ (ИВР), информационным процессом.

Количественные характеристики ИП могут быть получены на основе характеристик составляющих его этапов. Поскольку в любой ТС число видов ИВР, число обслуживаемых пользователей лиц и количество ресурсов ограничены, все возможные информационные процессы могут быть перенумерованы. Множество таких информационных процессов $M_i = \{i\}$ – конечно.

При этом полагаем, что каждый этап A_{ij} связан лишь с одним ресурсом – критическим ресурсом, т.е. таким, учет которого является существенным при совместной реализации информационных процессов. Влияние некритических ресурсов может быть учтено косвенно, например, путем задания предельного числа одновременно реализуемых на критическом ресурсе информационных процессов.

Каждый этап A_{ij} определяется временем использования j -го ресурса B_{ij} , характеризуемым функцией распределения $V_{ij}(t)$ и набором вероятностей обращения к другим ресурсам системы (выхода на последующие этапы) после завершения A_{ij} :

$$Q_{ij} = \{ Q_{ijk} \}, k = \overline{1, J}.$$

При этом в общем случае значение Q_{ijk} может отличаться от нуля:

$$\sum_{k \in J} Q_{ijk} = 1.$$

Каждый информационный процесс связывается с определенным пользователем, его инициирующим, и характеризуется множеством наборов этапов, в котором определяются начальный A_{ijn} и конечный A_{ijk} этапы, причем конечных этапов может быть несколько. Следовательно, совокупность всех возможных информационных процессов характеризует не только ТС, но и её пользователей.

Отдельные информационные процессы могут иметь достаточно сложную структуру, что затрудняет исследование соответствующих совокупностей информационных процессов. В интересах упрощения такого исследования целесообразно провести декомпозицию информационных процессов по уровням их представления с выделением уровней:

- вычислительной сети;
- сервера (рабочей станции) сети;
- устройства сервера (рабочей станции).

Тренажёрные системы, как и любые сложные системы, предназначены для выполнения некоторого круга информационно-вычислительных работ и имеют вполне определенные цели и задачи. В этом свете качество информационных технологий проектирования СРОД, на базе которых строится данная ТС должно оцениваться с помощью показателей эффективности, т.е. характеристик, определяющих степень приспособленности ТС к решению возложенных на неё задач.

Показатель эффективности должен учитывать все основные особенности и свойства системы и условия её функционирования, а, следовательно – должен зависеть, в общем случае, от параметров входящих потоков заявок на выполнение информационно-вычислительных работ, характеристик выполняемых ИВР, структуры и па-



раметров ТС, а также параметров, характеризующих воздействия внешней среды, например, потоки выхода из строя технических и программных средств системы. Тем самым показатель эффективности определяется процессом функционирования системы, т.е. является функционалом от процесса функционирования, так что множество процессов функционирования, различающихся условиями и режимами работы, отображается на множестве значений показателя эффективности.

Таким образом, показатель эффективности информационных технологий проектирования и функционирования ТС в общем случае может быть представлен в виде некоторой зависимости типа:

$$F = F(N, M, S, V),$$

где N – множество параметров входящего в систему потока заявок на выполнение информационно-вычислительных работ (число и интенсивности составляющих поток заявок разных классов, типы и параметры законов распределения интервалов времени между моментами поступления различных заявок и т.п.);

M – множество параметров, характеризующих отдельные информационно-вычислительные работы, связанные с реализацией заявок соответствующих классов, и определяющих потребные затраты ресурсов системы при выполнении этих ИВР;

S – множество системных параметров, определяющих состав и структуру ТС, характеристики отдельных средств системы, алгоритмы управления ИП в системе и другие системные параметры;

V – множество параметров, характеризующих воздействия внешней среды посредством задания потоков выхода из строя компонентов системы под воздействием внешних факторов.

В свою очередь функционирование ТС связано с реализацией совокупности взаимодействующих процессов передачи и обработки информации, т.е. определяется совокупностью взаимодействующих информационных процессов. При этом элементы множеств N и M позволяют определять для каждого заданного набора S параметры отдельных информационных процессов, рассматриваемых изолированно, а элементы S и V могут быть использованы для характеристики взаимодействия ИП при их совместной реализации в реальной системе. Отсюда следует, что оценка эффективности информационной технологии ТС может быть сведена к оценке качества организации выполнения ИП в системе в целом.

Для сложных систем, к которым относятся ТС невозможно выделить единственный показатель эффективности, позволяющий охарактеризовать все интересующие пользователей аспекты функционирования системы. Любой частный показатель, являющийся характеристикой некоторых аспектов функционирования ТС, может быть рассчитан по результатам анализа совокупности взаимодействующих ИП, отображающих процесс функционирования системы.

Рассмотрим в качестве иллюстрации совокупность показателей эффективности, используемую для оценки функционирования тренажерной системы:

- оперативность управления технической системой;
- качество отработки управленческих решений;
- устойчивость управления технической системой;
- защита от несанкционированного доступа.

В качестве показателей оперативности управления в ТС обычно выступают оценки средних значений времени цикла управления t_u , сбора и анализа данных систем индикации $t_{cб}$, доведения информации определенного вида r от источника p до потребителя q – t_{rpq} и т.п., а так же соответствующие вероятности:

$$P(\tau_u < \tau_u^{KP}); P(\tau_{cб} < \tau_{cб}^{KP}); P(\tau_{rpq} < \tau_{rpq}^{KP}).$$

Пусть t_i есть время реализации i -го ИП.

Тогда

$$\tau_u = \tau_u(t_1, t_2, \dots, t_i), \tau_{cб} = \tau_{cб}(t_1, t_2, \dots, t_i), \tau_{rpq} = \tau_{rpq}(t_i),$$



т.е. эти величины могут быть вычислены на основе характеристик отдельных ИП при их совместной реализации, а также характеристик совокупностей ИП. Аналогичное справедливо и в отношении вероятностных показателей оперативности управления [1].

Показатели, характеризующие качество управления и выражающие такие понятия, как степень автоматизации рутинных функций управления (Q) и уровень автоматизированной поддержки творческих функций управления (P) могут быть получены на основе анализа состава ИП, реализуемых в системе, т.е.

$$Q = Q(M_i); \quad P = P(M_i).$$

Таким образом, и эта группа показателей отображается с помощью совокупностей ИП, протекающих в тренажёрной системе.

Показатели, связанные с характеристиками устойчивости и защиты от несанкционированного доступа и определяющие такие понятия, как надежность системы управления, возможность и время передачи управления, могут быть рассчитаны на основе оценки снижения качества и оперативности управления при выходе из строя отдельных элементов системы, т.е. путем анализа соответствующих совокупностей ИП и сопоставления значений показателей, указанных выше.

Следовательно, в конечном счете, показатели эффективности информационных технологий тренажёрных систем определяются характеристиками ИП и их совокупностей, а последние зависят от множества принятых решений по построению и организации функционирования ТС. Метод информационных процессов позволяет проводить оценку указанных решений и поиск наиболее рациональных из них, т.е. может служить основой для построения соответствующих методов анализа и синтеза информационных технологий ТС.

Например на уровне сервера (рабочей станции) продолжительность ИП зависит от затрат на обмен информацией с ВЗУ. Последние же определяются тем, в какой памяти хранятся данные и программы, необходимые для выполнения соответствующих ИВР. Это показано на рис.1, где приведены граф-схемы информационных процессов и временные диаграммы их выполнения для варианта размещения информации в оперативной памяти (ИП₁) и в памяти прямого доступа (ИП₂). Видно, что количество этапов ИП и их продолжительности, т.е. на обмен информацией определяются типом используемого ЗУ.

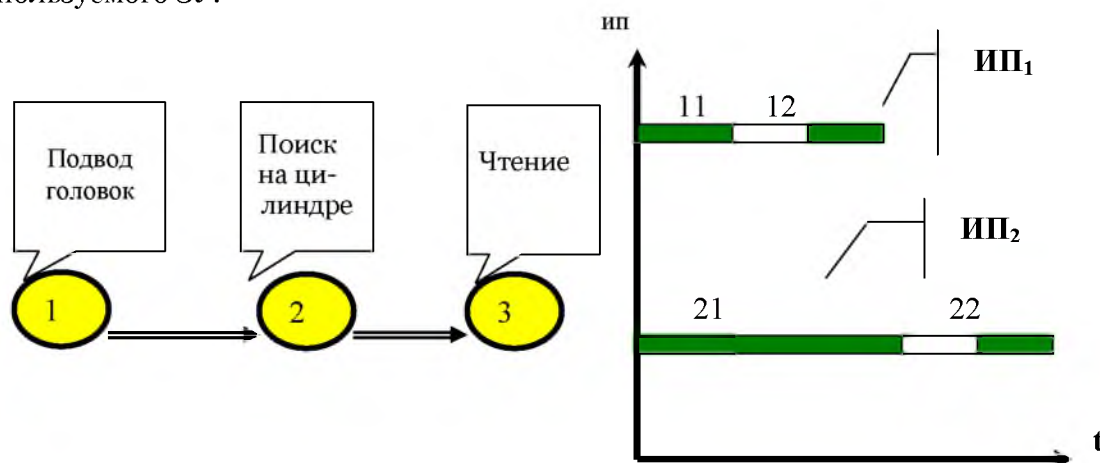


Рис.1 . Граф-схема и временные диаграммы ИП

Для уровня устройства узла продолжительность ИП определяется, в основном, затратами на поиск информации.



Таким образом, продолжительность информационных процессов на каждом из уровней их представления связана с затратами на передачу и обмен информацией и на её поиск. Чем выше затраты, тем больше, в среднем, продолжительность информационного процесса. Величина этих затрат является переменной и зависит от принятых решений по построению и организации функционирования тренажёрных систем в рамках выбранной информационной технологии.

Другим важным фактором, определяющим функционирование тренажёрных систем, является управление совместной реализацией информационных процессов [2, 3]. Существо этого управления заключается в предоставлении в конфликтных ситуациях приоритета в использовании ресурсов системы определенным информационным процессам за счет других ИП. При этом приоритет информационных процессов связывается либо с их относительной важностью, либо с величиной запроса на ресурс. В первом случае приоритет предоставляется более важным информационным процессам, так что время их реализации сокращается. В данной ситуации, естественно, увеличивается время реализации менее важных задач. Однако это не имеет существенного значения в силу того, что связанные с этим потери меньше соответствующих потерь для важных задач.

Во втором случае предоставление приоритета информационному процессу с малым запросом на ресурс позволяет осуществить параллельное выполнение ИП, и тем самым увеличить пропускную способность системы.

Таким образом, возникает группа оптимизационных задач, связанных с распределением информации для хранения и обработки в тренажёрной системе. Подобные задачи решаются в процессе проектирования и начальной настройки системы, т.е. в условиях, которые можно полагать статическими, и поэтому являются задачами статической оптимизации информационных процессов.

Задачи такого рода могут быть сформулированы в терминах математического программирования. Общая их формулировка может быть записана следующим образом:

$$\begin{aligned} W(x_1, x_2, \dots, x_n) &\rightarrow \min_{\{x_i\}} \\ a_i(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq A_i, i = \overline{1, R}, \\ b_i(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq B_i, i = \overline{R+1, M}. \end{aligned}$$

Здесь :

$W(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – определяет затраты на реализацию совокупности информационных процессов, выражаемые объемом «накладных расходов» на организацию и выполнение обмена и передачи информации и на её поиск;

$a(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – выражения оперативных требований к системе (по оперативности, живучести и т.п.);

$b(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – выражения, обеспечивающие учет реальных условий функционирования ТС и её элементов (ограничения по памяти, по быстродействию и т.п.).

Переменные величины (x_1, x_2, \dots, x_n) являются дискретными (булевыми) и могут определять не только собственно распределение информации по серверам сети, но и, в общем случае, состав и структуру вычислительной сети тренажёрной системы.

Литература

1. Балыбердин В. А. Оценка и оптимизация характеристик систем обработки данных. – М.: Радио и связь, 1987. – 176 с.
2. Янбых Г. Ф., Столяров В. А. Оптимизация информационно-вычислительных сетей. – М.: Радио и связь, 1987. – 230 с.
3. Авен О. И., Гурин М. М., Коган Я. Д. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. – М.: Наука, 1982. – 464 с.



PERFORMANCE EVALUATION OF VIRTUAL TRAINING SYSTEM WITH DIDTRIBUTED DATA PROCESSING

A.N. PRIVALOV

*Tula artillery engineering
institute*

*e-mail: ale-
xandr_prv@rambler.ru*

Estimation efficiency functioning of Virtual training systems with distributed data processing. Examples of dependences of parameters efficiency from technical system realization are considered.

Key words: Virtual training systems, system with distributed data processing, measures of efficiency Virtual training system,