

УДК 331.54

## МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА

**А. И. Краснова,**

канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

**П. И. Падерно,**

доктор техн. наук, профессор

**А. А. Балхарет,**

аспирант

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

*Рассмотрена динамика изменения времени выполнения оператором отдельных операций и задачи в целом в зависимости от изменения напряженности деятельности оператора на примере определенной структуры.*

**Ключевые слова** — оценка, время, напряженность, деятельность.

Для каждого вида деятельности существуют определенные (характерные для него) виды типовых действий и операций, а также соответствующие им структуры, алгоритмы, длительность выполнения, вероятности [1–3] и напряженность.

Напряженность деятельности пользователя (оператора) зависит как от его состояния в данный момент времени (настроения, самочувствия и т. д.), так и от программно-аппаратной реализации процесса выполнения задачи (производительности, организации контроля, удобства интерфейса и т. д.).

В связи с развитием системы открытого образования встает вопрос о повышении эффективности деятельности пользователей (обучаемых), т. е. о совершенствовании процессов приобретения новых знаний, умений и навыков, основанных на использовании современных информационных технологий. Существует ряд педагогических и психологических подходов, направленных на повышение эффективности учебного процесса за счет учета некоторых особенностей пользователей [4]. Эти подходы хотя и позволяют улучшить качество электронных учебников, виртуальных лабораторных работ и другого учебного материала, зачастую не принимают в расчет тот факт, что пользователь не занимается обучением (изучением одного и того же материала) не-

прерывно и, кроме того, имеет свои предпочтения и неприятия определенных материалов.

Рассмотрим достаточно простой пример, иллюстрирующий изменение динамики напряженности деятельности оператора (обучаемого) в случае возможного многократного решения задачи (до успеха).

Оператор выполняет некоторую операцию, после чего результат ее выполнения контролируется (вручную или автоматически). Если контроль признал, что операция выполнена неправильно, то оператор вынужден повторить ее выполнение с самого начала. Неправильное решение задачи может повлиять на напряженность деятельности оператора различным образом: оператор может начать нервничать, что повлечет снижение безошибочности выполнения операций; может начать работать медленнее (аккуратнее с его точки зрения); может начать торопиться и т. д. [5]. При различных технологиях реализации решения задачи напряженность деятельности оператора будет по-разному влиять на его работу и, следовательно, на общее время решения поставленной задачи. Ориентировочная оценка общего времени выполнения задачи на ранней стадии проектирования алгоритма деятельности позволит заранее более детально охарактеризовать деятельность оператора (пользователя) в целом.

Далее рассмотрены четыре частных случая изменения характеристик деятельности оператора, для каждого из которых получены аналитические зависимости для оценки времени решения задачи в целом.

**Обозначения:**

$\beta_i^1(\beta_i^0)$  — вероятность безошибочного (ошибочного) выполнения рабочей операции на  $i$ -м шаге (после  $i$  повторений).

$T_{p_i}$  — среднее время выполнения рабочей операции на  $i$ -м шаге (после  $i$  повторений).

$K_i^{11}(K_i^{10})$  — условная вероятность того, что проверяемая операция при фактически правильном выполнении будет признана правильной (неправильной) на  $i$ -м шаге (после  $i$  повторений) ( $K_i^{11} + K_i^{10} = 1$ ).

$K_i^{00}(K_i^{01})$  — условная вероятность того, что проверяемая операция при фактически неправильном выполнении будет признана неправильной (правильной) на  $i$ -м шаге (после  $i$  повторений) ( $K_i^{00} + K_i^{01} = 1$ ).

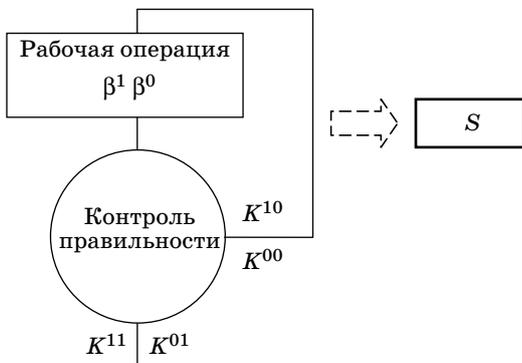
$T_{k_i}$  — среднее время выполнения контроля на  $i$ -м шаге (после  $i$  повторений).

Типовая функциональная структура (рисунок) может быть сведена к некоторой укрупненной операции  $S$ , среднее время выполнения которой определяется по формуле

$$T_S = \sum_{i=1}^{\infty} (A_i + B_i) \left( \sum_{j=1}^i T_j \right) \prod_{j=0}^{i-1} C_j, \quad (1)$$

где  $A_i = \beta_i^1 K_i^{11}$ ;  $B_i = \beta_i^0 K_i^{01}$ ;  $C_j = \beta_j^1 K_j^{10} + \beta_j^0 K_j^{00}$ ;  $T_j = T_{p_j} + T_{k_j}$ .

Если характеристики деятельности оператора постоянны во времени (отсутствует напряженность, обусловленная ошибками оператора и другими факторами:  $\beta_1^1 = \beta_2^1 = \dots = \beta_i^1$ ,  $\beta_1^0 = \beta_2^0 = \dots = \beta_i^0$ ,  $A_1 = A_2 = \dots = A_i$ ,  $B_1 = B_2 = \dots = B_i$ ,  $C_1 = C_2 = \dots = C_i$ ), что возможно только для опытного оператора, то среднее время выполнения оператором постав-



■ Типовая функциональная структура «Рабочая операция с контролем правильности функционирования»

ленной задачи может быть вычислено по следующей формуле:

$$T_S = \sum_{i=1}^{\infty} T_i C^{i-1}. \quad (2)$$

Рассмотрим некоторые частные случаи.

1. Продолжительность выполнения рабочей и контрольной операций возрастает:  $T_{p_1} \leq T_{p_2} \leq \dots \leq T_{p_n}$ ;  $T_{k_1} \leq T_{k_2} \leq \dots \leq T_{k_n}$ .

Это наблюдается в случае, когда пользователь завершает задачу, а другой пользователь проверяет правильность ее решения в течение определенного времени. Если задача решена неправильно, то тогда каждый пользователь повторяет процесс. Такое построение делает процесс монотонным и скучным и тем самым обуславливает увеличение времени, необходимого для выполнения задачи и проверки правильности ее решения. Предположим, что изменение (увеличение) длительности выполнения операций экспоненциально, т. е.  $T_{p_i} = T_p q^{i-1}$ ,  $T_{k_i} = T_k r^{i-1}$ ,  $q > 1$ ,  $r > 1$ , где  $q^{i-1}$  — коэффициент, отражающий изменение времени выполнения рабочей операции на  $i$ -м шаге (после повторений);  $r^{i-1}$  — коэффициент, отражающий изменение времени выполнения контроля на  $i$ -м шаге. Тогда среднее время деятельности оператора можно вычислить по формуле

$$T_S = \frac{T_p}{(1-qC)(1-C)} + \frac{T_k}{(1-rC)(1-C)}. \quad (3)$$

2. Увеличивается только время рабочей операции (также экспоненциально), т. е.  $T_{p_1} \leq T_{p_2} \leq \dots \leq T_{p_n}$ ;  $T_{k_1} = T_{k_2} = \dots = T_{k_n}$ ;  $T_{p_i} = T_p q^{i-1}$ ;  $T_{k_i} = T_k$ ,  $q > 1$ .

Пользователь решает задачу, а контроль правильности решения осуществляется автоматически. Если задача решена неправильно, то пользователь повторяет процесс и испытывает психологическое неудобство (давление), напряженность его деятельности возрастает. Среднее время решения задачи для этого случая может быть вычислено по формуле

$$T_S = \frac{T_p}{(1-qC)(1-C)} + \frac{T_k}{(1-C)^2}. \quad (4)$$

3. Время выполнения и рабочей и контрольной операций уменьшается (так же как и в двух предыдущих случаях — по экспоненциальному закону:  $T_{p_1} \geq T_{p_2} \geq \dots \geq T_{p_n}$ ;  $T_{k_1} \geq T_{k_2} \geq \dots \geq T_{k_n}$ ;

$T_{p_i} = T_p q^{i-1}$ ;  $T_{k_i} = T_k r^{i-1}$ ,  $q < 1$ ,  $r < 1$ ).

Это наблюдается в ситуации, когда пользователь решает задачу, а компьютер не только обнаруживает ошибку, но и локализует ее. Тогда время, необходимое для выполнения задачи и проверки правильности ее решения, с каждым разом уменьшается. Среднее время длительности реше-

ния оператором задачи может быть вычислено по формуле

$$T_S = \frac{T_p}{(1-q)(1-C)} + \frac{T_k}{(1-r)(1-C)}. \quad (5)$$

4. Уменьшение времени только рабочей операции наблюдается в случае, когда проверка (автоматическая) локализует ошибку, но каждый раз проверяет решение задачи с самого начала, т. е. выполняются следующие соотношения:  $T_{p_1} \geq T_{p_2} \geq \dots \geq T_{p_n}$ ;  $T_{k_1} = T_{k_2} = \dots = T_{k_n}$ .

Принимая экспоненциальное увеличение скорости выполнения рабочей операции ( $T_{p_i} = T_p q^{i-1}$ ,

$T_{k_i} = T_k$ ,  $q < 1$ ), можно определить среднее время решения задачи оператором по формуле

$$T_S = \frac{T_p}{(1-q)(1-C)} + \frac{T_k}{(1-C)^2}. \quad (6)$$

Рассмотренный комплекс частных моделей изменения времени выполнения операций дает возможность оценить среднее время выполнения задачи по формулам (3)–(6) в зависимости от построения (организации) процесса дискретной деятельности (в том числе организации учебного процесса при дистанционном обучении).

## Литература

1. Адаменко А. Н., Ашеро́в А. Т., Берднико́в И. Л. и др. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / Под общ. ред. А. И. Губинского и В. Г. Евграфова. — М.: Машиностроение, 1993. — 528 с.
2. Ашеро́в А. Т., Капле́нко С. А., Чубу́к В. В. Эргономика информационных технологий / ХГЭУ. — Харьков, 2000. — 221 с.
3. Дружинин Г. В. Учет свойств человека в моделях технологий. — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. — 327 с.
4. Агапонов С. В., Джалишвили З. О., Кречман Д. Л. и др. Средства дистанционного обучения: Методика, технология, инструментарий / Под ред. З. О. Джалишвили. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 336 с.
5. Падерно П. И., Попечителев Е. П. Надежность и эргономика биотехнических систем / Под общ. ред. проф. Е. П. Попечителяева. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 2007. — 288 с.