

УДК 685.310.11

МОДЕЛЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Л. И. Гололобов,

канд. техн. наук, доцент

Военно-морской институт радиозлектроники им. А. С. Попова

Описывается модель структурно-функционального анализа совместной обработки и передачи данных операторами и техническими средствами. В модели совмещены структура и функции с приоритетом функции над структурой.

Ключевые слова — структура, функции, совместная обработка и передача данных.

Деятельность оператора и функционирование техники в процессе обработки и передачи данных настолько взаимосвязаны, что их анализ раздельно на моделях подсистем «человек» и «техника» не может быть исчерпывающим.

Предлагается модель структурно-функционального анализа совместной обработки и передачи данных операторами и техническими средствами, в которой деятельность операторов и функционирование технических средств представлены как единый процесс. В модели совмещены структура и функции с приоритетом функции над структурой. Описывается структура временных затрат деятельности операторов и функционирования техники, состав и связи между операторами через используемые ими технические средства, анализируется компьютерная и информационная деятельность, индивидуальная и групповая работа, иерархическая схема взаимодействия операторов в режиме команд и докладов. Техническими средствами служат отдельные ЭВМ; ЭВМ, объединенные в локальные вычислительные сети; компьютерные сети из нескольких локальных вычислительных сетей, соединенных через систему обмена данными. Функциональность реализуется на множестве решаемых задач через детализацию действий оператора на технике. Характеристикой функционирования являются временные затраты операторов и используемых ими технических средств, представляющих в терминах производительности реактивности (время отклика) системы «человек—техника».

В данной работе акцент сделан на логику и свойства самой модели, совмещающей для ана-

лиза деятельность операторов и функционирование техники. Показано, что логика и свойства модели справедливы при любых временных затратах.

Модель построена в виде матрицы сложной структуры (табл. 1), обладает наглядностью, возможностью быстро определить проблемные места производительности.

Основным свойством модели является *совместимость* деятельности операторов и функционирования техники, чем обеспечивается анализ целостного технологического процесса обработки и передачи данных.

В работе i -го оператора ($i = 1, 2, \dots, l$) можно выделить компьютерную и информационную составляющие, как две стороны деятельности. Работа с использованием клавиатуры, экрана и мыши относится к компьютерной (манипуляторной) деятельности. Решение задач характеризует информационную (содержательную) сторону деятельности.

В модели суммарные временные затраты i -го оператора и используемых им технических средств на компьютерную деятельность $T_i = X_i + F_i$ и состоят из временных затрат T_{ij} технических средств на взаимодействие i -го с j -м оператором $\left(X_i = \sum_{j=1}^l T_{ij} \right)$ и временных затрат i -го оператора $F_i = K_i + D_i + M_i$, где K_i — время использования i -м оператором клавиатуры, D_i — дисплея, M_i — манипулятора мышь, $i, j = 1, 2, \dots, l$. Отклонение суммарных временных затрат T_i i -го оператора и технических средств от срока исполнения работ S_i в модели $Q_i = T_i - S_i$.

■ Таблица 1. Матричная модель структурно-функционального анализа совместной обработки и передачи данных операторами и техническими средствами

	1	2	...	j	...	l	$l+1$	$l+2$	$l+3$	$l+4$	$l+5$	$l+6$	$l+7$	$l+8$
1	T_{11}	T_{12}	...	T_{1j}	...	T_{1l}	X_1	K_1	D_1	M_1	F_1	T_1	Q_1	S_1
2	T_{21}	T_{22}	...	T_{2j}	...	T_{2l}	X_2	K_2	D_2	M_2	F_2	T_2	Q_2	S_2
...
i	T_{i1}	T_{i2}	...	T_{ij}	...	T_{il}	X_i	K_i	D_i	M_i	F_i	T_i	Q_i	S_i
...
l	T_{l1}	T_{l2}	...	T_{lj}	...	T_{ll}	X_l	K_l	D_l	M_l	F_l	T_l	Q_l	S_l
$l+1$	Y_1	Y_2	...	Y_j	...	Y_l		K	D	M	F	T	Q	S
$l+2$	B_1	B_2	...	B_j	...	B_l	B	0	0	0	0	0	0	0
$l+3$	U_1	U_2	...	U_j	...	U_l	U	0	0	0	0	0	0	0
$l+4$	G_1	G_2	...	G_j	...	G_l	G	0	0	0	0	0	0	0
$l+5$	W_1	W_2	...	W_j	...	W_l	W	0	0	0	0	0	0	0
$l+6$	R_1	R_2	...	R_j	...	R_l	R	0	0	0	0	0	0	0
$l+7$	V_1	V_2	...	V_j	...	V_l	V	0	0	0	0	0	0	0
$l+8$	T_1	T_2	...	T_j	...	T_l	T	0	0	0	0	0	0	0

Суммарные временные затраты всех операторов и технических средств

$$T = Z + F, Z = X, F = K + D + M,$$

где $X = \sum_{i=1}^l X_i, K = \sum_{i=1}^l K_i, D = \sum_{i=1}^l D_i, M = \sum_{i=1}^l M_i;$

$$T = \sum_{i=1}^l X_i + \sum_{i=1}^l F_i. \quad (1)$$

Включенных рабочих станций — l , работающих операторов — l или меньше l .

Отклонение суммарных временных затрат для всех операторов и технических средств от

сроков исполнения S равно $Q = T - S, Q = \sum_{i=1}^l Q_i, S = \sum_{i=1}^l S_i.$

Временные затраты T_j j -го оператора и используемых им технических средств на информационную деятельность представлены временными задержками T_{ji} технических средств на взаимодействие j -го с i -м оператором

$\left(Y_j = \sum_{i=1}^l T_{ji} \right)$ и временем V_j j -го оператора, которое состоит из времени B_j на вход в систему, U_j — на работу с базами данных, G_j — формирование документа, W_j — передачу и R_j — прием документа: $T_j = Y_j + V_j, V_j = B_j + U_j + G_j + W_j + R_j.$

Суммарные временные затраты всех операторов и технических средств

$$T = Z + V, Z = Y, V = B + U + G + W + R,$$

где $Y = \sum_{j=1}^l Y_j, B = \sum_{j=1}^l B_j, U = \sum_{j=1}^l U_j, G = \sum_{j=1}^l G_j,$

$W = \sum_{j=1}^l W_j, R = \sum_{j=1}^l R_j;$

$$T = \sum_{j=1}^l Y_j + \sum_{j=1}^l V_j. \quad (2)$$

Модели (1) и (2) названы моделями совместности, так как в них реализуется свойство совместности временных затрат операторов и технических средств, достигается совместность деятельности и функционирования техники.

Очевидно, что матрица временных задержек технических средств $[T_{ij}]$ является общей для анализа временных затрат на компьютерную и информационную деятельность. Если в матрице $i = j$ и $T_{ij} \neq 0$, имеет место индивидуальная работа i -го оператора, он не взаимодействует с другими операторами. В случае $T_{ij} = 0$ и $F_i = 0$ i -я рабочая станция включена, но i -й оператор не работает. Если $i \neq j$ и $T_{ij} \neq 0$, то имеет место групповая работа (взаимодействие) операторов. Если все элементы T_{ij} матрицы $[T_{ij}]$, расположенные ниже диагональных ($T_{ij}, i = j$), равны нулю, а все или часть элементов, находящихся выше диагональных, не равны нулю, то имеет место иерархическое взаимодействие операторов в режиме команд. Если же все элементы выше диагональных равны нулю, а все или часть элементов, расположенных ниже диагональных, не равны нулю, то операторы на-

ходятся в состоянии докладов. В общем случае имеют место все виды деятельности: компьютерная и информационная, индивидуальная и групповая, режим команд и докладов.

Цель структурно-функционального анализа совместной обработки и передачи данных — выявить через отклонение Q суммарных временных затрат T операторов и технических средств от сроков исполнения S , в каком сегменте системы «человек—техника» возникли проблемы с производительностью в виде дефицита времени. Отклонение Q определяет оперативность обработки и передачи данных. Если $Q = 0$, работы выполняются в срок, при $Q < 0$ — досрочно. Если $Q > 0$, работы в установленные сроки не завершаются, возникает дефицит времени. Q — операционная напряженность, *важное свойство работ*.

Рассмотрим пример иерархического человеко-машинного взаимодействия на структуре информационных задач (идентификация пользователя, работа с базами данных, формирование, передача и прием документов), которые широко распространены в вычислительных сетях.

Пусть вычислительная сеть состоит из 5 рабочих станций, в которой работают 4 оператора. Работа — решение одной или нескольких задач. Задачи между операторами распределены следующим образом:

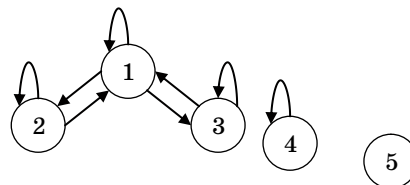
оператор 1 — 1Ф(121), 1ПК(121)2, 1Ф(109,113), 1ПК(109,113)3, 1Д(213)2, 1Д(420)3;
 оператор 2 — 2К(121)1, 2Ф(213), 2ПД(213)1;
 оператор 3 — 3К(109,113)1, 3Ф(420), 3ПД(420)1;
 оператор 4 — 4БД(30 × 254),

где ПК(ПД) — передача команды (доклада); К(Д) — прием команды (доклада); БД — индивидуальная работа с базой данных (добавление, замена, удаление информации в базе данных); Ф — формирование документа; 1Ф(121) — оператор 1 формирует документ (команду, распоряжение и т. п.) объемом 121 символ; 1ПК(121)2 — оператор 1 посылает сообщение (команду, распоряжение и т. п.) из 121 символа оператору 2; 2К(121)1 — оператор 2 принимает сообщение (команду, распоряжение и т. п.) длиной 121 символ от оператора 1; 1Д(213)2 — оператор 1 принимает сообщение (доклад) объемом 213 символов от оператора 2; 4БД(30 × 254) — оператор 4 вводит (индивидуальная работа) в базу данных 30 записей, каждая запись длиной 254 символа, включая пробелы.

Матрица связей между операторами показана на рис. 1. Взаимодействие операторов в виде графа представлено на рис. 2. На рисунках видно, что введен 5-й фиктивный (отсутствующий) оператор для отображения в модели включенной 5-й рабочей станции.

	1	2	3	4	5
1	1	1	0	0	0
2	1	1	0	0	0
3	1	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0

■ Рис. 1. Матрица связей



■ Рис. 2. Граф взаимодействия операторов

Информация о квалификации операторов, объеме обрабатываемых и передаваемых данных, сроках исполнения, характере решаемых задач и виде выполняемых работ представлена в табл. 2, где к уже имеющимся сокращениям добавлены следующие: Г — групповая работа (взаимодействие) операторов; И — индивидуальная работа оператора. Квалификация оператора записывается в виде 1(3) — низкая (1) квалификация оператора с быстродействием 3 с на обработку символа (поиск символа на клавиатуре, ввод, контроль правильности ввода на экране и замена при ошибочном вводе); 2(2,5) — средняя (2) квалификация с быстродействием оператора 2,5 с/символ; 3(2) — высокая (3) квалификация оператора с быстродействием 2 с/символ. Значения быстродействия операторов низкой, средней и высокой квалификации являются результатом тестирования работы операторов на ЭВМ [1].

Функционирование технических средств вычислительной сети описано графом на рис. 3

■ Таблица 2. Дополнительная информация по организации работ

Характеристика	Значения				
	1	2	3	4	5
Номер оператора i	1	2	3	4	5
Квалификация оператора	3(2)	2(2,5)	2(2,5)	1(3)	0
Объем данных N_i , в клавиатурных символах	121, 109, 113	213	420	30 × 254	0
Срок исполнения S_i , мин	15	12	20	240	0
Характер задач	Ф, ПК, Д	К, Ф, ПД	К, Ф, ПД	БД	0
Вид работ	И, Г	Г, И	Г, И	И	0

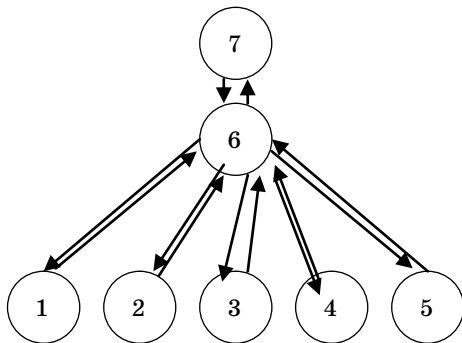
(1–5 — рабочие станции, 6 — среда передачи данных, 7 — сервер информационных услуг). Связи между элементами сети показаны на рис. 4.

Объем данных, обрабатываемых i -м оператором в рассматриваемых задачах:

$$N_i = nb_i + nu_i + ng_i + nw_i + nr_i + m1_i + m2_i + m3_i + m4_i + m5_i,$$

где число символов, обрабатываемых клавиатурой / мышью с использованием экрана: $nb_i / m1_i$ — при входе в систему; $nu_i / m2_i$ — во время работы с базой данных; $ng_i / m3_i$ — при подготовке документа; $nw_i / m4_i$ — при передаче и $nr_i / m5_i$ — приеме документа.

Пусть для входа в систему 1-й оператор обрабатывает $nb_1 = 27$ клавиатурных символов (имя пользователя и пароль), используя клавиатуру и экран, $m1_1 = 3$ экранных символа с помощью экрана и мыши (курсор в поле имени, в поле пароля и нажатие кнопки ОК). Операторы 2, 3, 4 обрабатывают соответственно $nb_2 = 35$, $nb_3 = 31$, $nb_4 = 23$, $nb_5 = 0$ клавиатурных символов и выполняют $m1_2 = 3$, $m1_3 = 3$, $m1_4 = 3$, $m1_5 = 0$ действий мышью. Формированием документов заняты 1-, 2- и 3-й операторы. Они вводят с помощью клавиатуры и экрана соответственно $ng_1 = 343$, $ng_2 = 213$, $ng_3 = 420$ символов, оператор 4 вводит в базу данных $nu_4 = 7620$ символов. Оператор 1



■ Рис. 3. Граф функционирования технических средств

1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0

■ Рис. 4. Матрица связей между элементами компьютерной сети

высокой квалификации при вводе клавиатурных символов допускает до 5 % ошибок (заменяет до 18 символов) и 18 раз использует мышь для выделения символов, $m1_3 = 18$. Операторы 2 и 3 средней квалификации редактируют на экране до 10 % (22 из 213, 42 из 420 соответственно) и оператор 4 — до 15 % (1143 из 7620) клавиатурных символов и используют мышь до $m3_2 = 22$, $m3_3 = 42$ и $m3_4 = 1143$ раз. Если операторы 1–4 используют кнопку-команду «Сохранить» панели инструментов при наборе до 100 символов, то 1-й оператор использует мышь 4, 2-й — 3, 3-й — 5 и 4-й — до 88 раз. Во время передачи данных операторы 1–3 набирают письмо и адрес получателя (оператор 1 — из $nw_1 = 71$ и 93 символов — письмо, из 21 и 27 символов — адрес; оператор 2 — из $nw_2 = 87$ — письмо, из 20 — адрес; оператор 3 — из $nw_3 = 85$ — письмо, из 23 — адрес), присоединяют мышью файл, содержащий сформированный документ, и отправляют адресату, действуя мышью ($m4_1 = 2 \times 6$, $m4_2 = 6$, $m4_3 = 6$ раз). Для приема документов используется мышь, чтобы открыть папку «Входящие», письмо и документ к нему ($m5_1 = 2 \times 3$, $m5_2 = 3$, $m5_3 = 3$ раз). У фиктивного 5-го оператора $nb_5 = 0$, $nu_5 = 0$, $ng_5 = 0$, $nw_5 = 0$, $nr_5 = 0$ и $m1_5 - m5_5 = 0$.

Временные затраты i -го оператора на обработку s -го символа клавиатурой обозначим через $tnbklv_{is}$, $tnukl_{is}$, $tngklv_{is}$, $tnwklv_{is}$, $tnrklv_{is}$, на экране — через $tnbscr_{js}$, $tnuscr_{js}$, $tngscr_{js}$, $tnwscr_{js}$, $tnrscr_{js}$ и мышью — через $tm1_{is}$, $tm2_{is}$, $tm3_{is}$, $tm4_{is}$, $tm5_{is}$.

Допустим, что время на обработку s -го символа (поиск, ввод с клавиатуры, просмотр на экране, устранение ошибки, если имеет место) операторами высокой (2 с), средней (2,5 с) и низкой (3 с) квалификации в равных долях распределено между временными затратами на использование клавиатуры, экрана, мыши и соответственно равно 0,67; 0,83 и 1 с.

Объем данных, обрабатываемых i -м оператором с учетом отмеченной специфики, представлен в табл. 3.

С учетом данных табл. 3 временные затраты на компьютерную деятельность у 1-го оператора:

■ Таблица 3. Объем обрабатываемых данных с учетом исправления ошибок

№ оператора i	nb_i	nu_i	ng_i	nw_i	nr_i	$m1_i$	$m2_i$	$m3_i$	$m4_i$	$m5_i$
1	27	0	361	212	0	3	0	22	12	6
2	35	0	235	107	0	3	0	25	6	3
3	31	0	462	108	0	3	0	47	6	3
4	23	8763	0	0	0	3	1231	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$K_1 = tnbklv_1 + tnuklv_1 + tngklv_1 + tnwklv_1 + tnrklv_1 = 27 \times 0,67 + 0 \times 0,67 + 361 \times 0,67 + 212 \times 0,67 + 0 \times 0,67 = 600 \times 0,67 = 402 \text{ с};$$

$$D_1 = tnbscr_1 + tnuscr_1 + tngscr_1 + tnwscr_1 + tnrscr_1 = 27 \times 0,67 + 0 \times 0,67 + 361 \times 0,67 + 212 \times 0,67 + 0 \times 0,67 = 402 \text{ с};$$

$$M_1 = tm1_1 + tm2_1 + tm3_1 + tm4_1 + tm5_1 = 3 \times 0,67 + 0 \times 0,67 + 22 \times 0,67 + 12 \times 0,67 + 6 \times 0,67 = 43 \times 0,67 = 28,81 \text{ с};$$

$$F_1 = K_1 + D_1 + M_1 = 402 + 402 + 28,81 = 832,81 \text{ с}.$$

Временные затраты на компьютерную деятельность 2-, 3- и 4-го операторов вычисляются аналогично и соответственно равны:

$K_2 = 312,91 \text{ с}$	$D_2 = 312,91 \text{ с}$
$K_3 = 498,83 \text{ с}$	$D_3 = 498,83 \text{ с}$
$K_4 = 8786 \text{ с}$	$D_4 = 8786 \text{ с}$
$M_2 = 30,71 \text{ с}$	$F_2 = 656,53 \text{ с}$
$M_3 = 48,97 \text{ с}$	$F_3 = 1046,63 \text{ с}$
$M_4 = 1234 \text{ с}$	$F_4 = 18806 \text{ с}$

Такой показатель производительности технических средств как реактивность существенно влияет на поведение оператора. Согласно исследованиям Миллера [2], возможны следующие варианты поведения в зависимости от времени отклика:

— 0,1 с считается пределом, до которого оператор полагает, что технические средства на его действия реагируют мгновенно, т. е. кроме отображения результатов никакой другой обратной связи не требуется;

— если время отклика находится в пределах от 0,1 до 1 с, поведение оператора не меняется, хотя он и замечает задержку и у него теряется ощущение непосредственной работы с данными;

— пока время отклика остается в пределах 1–10 с, внимание оператора еще сосредоточено на работе с данными; если оно превышено, оператор отвлекается на другие дела в ожидании завершения процесса, в этом случае необходима обратная связь с процессом, чтобы оператор знал, чего ему ожидать.

Задержки более 10 с отрицательно влияют на обработку и передачу данных в темпе проводимых мероприятий.

Пусть в процессе обработки и передачи данных временные затраты технических средств, используемых операторами в компьютерной деятельности (загруженность сети низкая: работают всего 4 оператора, объем обрабатываемых и передаваемых данных для сети мал), оказались равными

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} & T_{15} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} & T_{25} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} & T_{35} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} & T_{45} \\ T_{51} & T_{52} & T_{53} & T_{54} & T_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,023 & 0,019 & 0,032 & 0 & 0 \\ 0,011 & 0,009 & 0 & 0 & 0 \\ 0,047 & 0 & 0,031 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,097 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Суммарные временные затраты операторов и технических средств:

$$\begin{aligned} T_1 &= X_1 + F_1 = 0,074 + 832,81 = 832,884 \text{ с}; \\ T_2 &= X_2 + F_2 = 0,020 + 656,53 = 656,55 \text{ с}; \\ T_3 &= X_3 + F_3 = 0,078 + 1046,63 = 1046,708 \text{ с}; \\ T_4 &= X_4 + F_4 = 0,097 + 18806 = 18\,806,097 \text{ с}; \\ T &= X + F = 21\,342,239 \text{ с}. \end{aligned}$$

Временные затраты на информационную деятельность 1-го оператора:

$$\begin{aligned} B_1 &= tnbklv_1 + tnbscr_1 + tm1_1 = 27 \times 0,67 + 27 \times 0,67 + 3 \times 0,67 = 57 \times 0,67 = 38,19 \text{ с}; \\ U_1 &= tnuklv_1 + tnuscr_1 + tm2_1 = 0 \times 0,67 + 0 \times 0,67 + 0 \times 0,67 = 0 \text{ с}; \\ G_1 &= tngklv_1 + tngscr_1 + tm3_1 = 361 \times 0,67 + 361 \times 0,67 + 22 \times 0,67 = 744 \times 0,67 = 498,48 \text{ с}; \\ W_1 &= tnwklv_1 + tnwscr_1 + tm4_1 = 212 \times 0,67 + 212 \times 0,67 + 12 \times 0,67 = 436 \times 0,67 = 292,12 \text{ с}; \\ R_1 &= tnrklv_1 + tnrscr_1 + tm5_1 = 0 \times 0,67 + 0 \times 0,67 + 6 \times 0,67 = 4,02 \text{ с}; \\ V_1 &= B_1 + U_1 + G_1 + W_1 + R_1 = 38,19 + 0 + 498,48 + 292,12 + 4,02 = 832,81 \text{ с}. \end{aligned}$$

Аналогично временные затраты на информационную деятельность 2-, 3- и 4-го операторов:

$B_2 = 60,59 \text{ с}$	$U_2 = 0 \text{ с}$	$G_2 = 410,85 \text{ с}$
$B_3 = 53,95 \text{ с}$	$U_3 = 0 \text{ с}$	$G_3 = 805,93 \text{ с}$
$B_4 = 49 \text{ с}$	$U_4 = 18757 \text{ с}$	$G_4 = 0 \text{ с}$
$W_2 = 182,6 \text{ с}$	$R_2 = 2,49 \text{ с}$	$V_2 = 656,53 \text{ с}$
$W_3 = 184,26 \text{ с}$	$R_3 = 2,49 \text{ с}$	$V_3 = 1081,19 \text{ с}$
$W_4 = 0 \text{ с}$	$R_4 = 0 \text{ с}$	$V_4 = 18806 \text{ с}$

Временные затраты технических средств на информационную деятельность получены транспонированием матрицы

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} & T_{15} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} & T_{25} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} & T_{35} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} & T_{45} \\ T_{51} & T_{52} & T_{53} & T_{54} & T_{55} \end{bmatrix} \text{ в матрицу}$$

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{21} & T_{31} & T_{41} & T_{51} \\ T_{12} & T_{22} & T_{32} & T_{42} & T_{52} \\ T_{13} & T_{23} & T_{33} & T_{43} & T_{53} \\ T_{14} & T_{24} & T_{34} & T_{44} & T_{54} \\ T_{15} & T_{25} & T_{35} & T_{45} & T_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,023 & 0,011 & 0,047 & 0 & 0 \\ 0,019 & 0,009 & 0 & 0 & 0 \\ 0,032 & 0 & 0,031 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,097 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Суммарные временные затраты операторов и технических средств на информационную деятельность:

$$T_1 = Y_1 + V_1 = 0,074 + 832,81 = 832,884 \text{ с};$$

■ Таблица 4. Временные затраты совместной обработки и передачи данных

	1	2	3	4		X	K	D	M	F	T	Q	S
1	0,023	0,019	0,032	0	0	0,074	402	402	28,81	832,81	832,884	-67,116	900
2	0,011	0,009	0	0	0	0,020	312,91	312,91	30,71	656,53	656,55	-63,45	720
3	0,047	0	0,031	0	0	0,078	498,83	498,83	48,97	1046,63	1046,708	-153,292	1200
4	0	0	0	0,097	0	0,097	8786	8786	1234	18806	18806,097	4406,097	14400
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y	0,081	0,028	0,063	0,097	0	0,269	9999,74	999,74	1342,49	21341,97	21342,239	4122,239	17220
B	38,19	60,59	53,95	49	0	201,73	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	18757	0	18757	0	0	0	0	0	0	0
G	498,48	410,85	805,93	0	0	1749,82	0	0	0	0	0	0	0
W	292,12	182,6	184,26	0	0	658,98	0	0	0	0	0	0	0
R	4,02	2,49	2,49	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
V	832,81	656,53	1046,63	18806	0	21341,97	0	0	0	0	0	0	0
T	832,884	656,55	1046,708	18806,097	0	21342,239	0	0	0	0	0	0	0

$$T_2 = Y_2 + V_2 = 0,020 + 656,53 = 656,55 \text{ с};$$

$$T_3 = Y_3 + V_3 = 0,079 + 1046,63 = 1046,708 \text{ с};$$

$$T_4 = Y_4 + V_4 = 0,025 + 18\ 806 = 18\ 806,097 \text{ с};$$

$$T = Y + V = 0,197 + 21\ 341,97 = 21\ 342,239 \text{ с}.$$

Из расчетов и табличного распределения (табл. 4) временных затрат видно, что суммарные временные затраты операторов и технических средств на компьютерную деятельность ($X + F = 21\ 342,239$ с) равны суммарным временным затратам операторов и техники ($Y + V = 21\ 342,239$ с) на информационную деятельность. Важность свойства взаимной однозначности временных затрат заключается в том, что анализ совместной обработки и передачи данных можно проводить, используя компьютерную или информационную составляющие процесса или обе одновременно.

Из анализа временных затрат совместной обработки и передачи данных видно (см. табл. 4), что операторы 1–3 завершили работу досрочно ($Q_i < 0, i = 1 - 3, Q_1 = -67,116$ с, $Q_2 = -63,45$ с, $Q_3 = -153,292$ с). У 4-го оператора появился большой дефицит времени ($Q_4 > 0, Q_4 = 4406,097$ с) и оперативная напряженность в работе. Очевидно, что проблема с производительностью возникла в сегменте системы «человек—техника», связанном по времени с обновлением баз данных.

На параметры совместной обработки и передачи данных (показатели производительности системы «человек—техника») воздействуют внешние и внутрисистемные факторы.

К внешним факторам, прежде всего, относятся размах и темп проводимых мероприятий. Масштабы мероприятий обуславливают объем обрабатываемых и передаваемых данных, темп — сроки исполнения.

К внутрисистемным факторам следует отнести объем обрабатываемых и передаваемых дан-

ных, сроки исполнения работ, состав, квалификацию и структуру взаимодействия операторов, допустимые временные затраты на обработку данных, продолжительность работы операторов, состав решаемых задач, тип подключений к компьютерной сети, характеристики программно-аппаратного обеспечения клиента и сервера в распределенной обработке данных, возможности среды передачи данных и другие факторы.

Очевидно, что объем данных и сроки исполнения в системе «человек—техника» изменить невозможно. На другие внутрисистемные факторы влияют рациональным выбором ресурсов системы «человек—техника» под процесс совместной обработки и передачи данных. Оценка результатов выбора проводится с использованием модели структурно-функционального анализа.

Предлагаемое технологическое решение в виде модели структурно-функционального анализа, в которой реализована идея совместимости работы человека на технике и функционирования технических средств, дает возможность исследовать обработку и передачу данных как целостный процесс, адекватный технологическому единству людей, информации и техники, и выявлять проблемы производительности комплексно с учетом деятельности и функционирования техники.

Литература

1. Ротштейн А. П., Кузнецов П. Д. Проектирование бездефектных человекомашинных технологий. — Киев: Техника, 1992. — 180 с.
2. Тестирование производительности Web-приложений Microsoft.NET: пер. с англ. — М.: Русская редакция, 2003. — 352 с.