

Определение основных параметров информационной модели предприятия технического сервиса

М.М. Константинов, д.т.н., профессор, И.В. Матвейкин, к.т.н., В.А. Урбан, к.т.н., А.Н. Кондрашов, к.т.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Автоматизация управления производственными процессами на предприятиях ТС АПК требует построения адекватной математической модели процессов, которые подлежат автоматизации.

В связи с этим немаловажным фактором при оценке разработанной модели является определение подходов к количественной и качественной оценке её основных параметров [1–3]. В ряде работ, посвящённых анализу систем обработки социально-экономической информации, значительное внимание уделяется содержательной стороне обрабатываемой информации [4–6]. Однако в этом кроется причина резкого усложнения и увеличения трудоёмкости исследования процессов движения и обработки информации, поскольку приходится оперировать множественными характеристиками внутри каждого документа или сообщения (анализ с учётом социально-экономических показателей, относительно количества и номенклатуры которых в научных кругах и среди экономистов-практиков нет единства мнений). В результате в течение периода исследования и проектирования системы может оказаться, что номенклатура показателей выбрана некорректно или неполно либо изменились приоритеты в ориентации анализируемой системы управления, и проделанная работа окажется невостребованной. У персонала информационно-технологических подразделений ТС на качественное проведение таких объёмов работ чаще всего нет ни материальных, ни интеллектуальных, ни временных ресурсов.

Материал и методы исследования. Если абстрагироваться от содержательной стороны обрабатываемой информации и оперировать объёмно-временными характеристиками обработки сообщений, основными количественными параметрами входящих и исходящих потоков информации будут количество видов документов n , их объём v , интенсивность поступления и выдачи i , что, вообще говоря, характерно для любых материальных потоков [7]. Таким образом, каждый элементарный поток из множеств P_i, P_a, P_r, P_v, P_v характеризуется тремя параметрами — n, v, i . Вся совокупность параметров элементарных потоков, составляющих множество, описывается матрицами, число строк которых соответствует количеству элементарных потоков. Столбцы соответствуют параметрам n, v, i . Параметр трудоёмкости или времени выполнения задания может присутствовать в каждой матрице, но обычно сложно бывает выделить трудоёмкость отдельных этапов работ, поэтому матрицу общей

трудоёмкости логично поставить в соответствие множеству P_a .

К качественным параметрам относятся степень соответствия входного потока технологии его обработки $K_{соот}$, процентное содержание потенциально полезной информации к её общему объёму $K_{пол}$, уровни достоверности $K_{дост}$ и технических искажений $K_{иск}$ и специфический параметр приоритетности обслуживания $K_{пр}$, в соответствии с которым вся информация определённым образом ранжирована по срочности обработки. Существенное значение для построения систем имеют требования к защите обрабатываемой информации, причём в зависимости от ценности и важности информации для процесса управления и выявленных потенциальных угроз для различных элементов потока требования могут существенно различаться.

Рассматривая количественные параметры модели, отметим, что количество видов документов (сообщений) является существенным для оценки потока информации, поскольку определяет параметры базы данных регистрации (число записей) и системы контроля за прохождением документа, а также объём суммарного подготовительно-заключительного времени на входе и выходе системы. Время это складывается из затрат времени на получение информации, её регистрацию, выработку плана обработки, подбор необходимых информационных ресурсов, выбор формы представления выходной информации, её оформление, согласование, регистрацию и передачу адресату.

Объём документа (сообщения) в первом приближении определяет время, затрачиваемое на рабочем месте на его ввод в систему, обработку и вывод для последующей передачи. Единицей измерения служит стандартный машинописный лист формата А4 или килобайт памяти машинного носителя информации.

Интенсивность поступления, использования или выдачи документов, накопления и использования баз данных измеряется количеством обращений в единицу времени (день, неделя, месяц, год) и определяет выбор типа канала передачи и формы хранения, а совместно с количеством документов — параметры баз данных регистрации и суммарное подготовительно-заключительное время на входе и выходе системы.

Результаты исследования. Потоки информации в человеко-машинных системах управления имеют ярко выраженную цикличность (годовую, квартальную и месячную), связанную с отчётными периодами, регламентом законодотворческого и бюджетного процессов. Соответственно средняя интенсивность потока информации за достаточно длинный период времени, каким является

год или квартал, достаточно точно определяет параметры архивно-накопительных систем, но не годится для выбора параметров систем обработки текущей оперативной информации, для которых необходимо учитывать пиковые значения интенсивности потока. Для количественной оценки неравномерности потока применяется коэффициент неравномерности, определяемый как отношение значения пиковой интенсивности за день или неделю, декаду к средней интенсивности за год или квартал. Общая величина потока информации P определится по формуле:

$$P = \text{Sum}(n \cdot V \cdot i), \quad (1)$$

где n – количество видов документов или сообщений;

V – объём документа или сообщения;

i – интенсивность их появления.

Суммирование проводится по всей номенклатуре входящих (исходящих) документов.

При необходимости в целях получения более компактной схемы можно произвести объединение параллельных потоков (потоков, имеющих общий источник и адресат). Параметры результирующего потока определяются по формуле (для $I_1 > I_2$):

$$P_r = P_1 + P_2 = n_1 x V_1 x_{i_1} + n_2 x V_2 i_2 \quad (2)$$

или

$$P_r = P_1 + P_2 = i(n_1 + n_2) \left(\frac{n_1}{n_1 + n_2} V_1 + \frac{n_2}{n_1 + n_2} \cdot \frac{i_2}{i_1} V_2 \right),$$

откуда следует, что результирующая интенсивность принимается равной наибольшей для двух потоков:

$$i_p = i_{\max},$$

результирующее количество видов документов равно суммарному количеству в обоих потоках:

$$n_p = n_1 + n_2,$$

а их объёмы складываются с коэффициентами приведения:

$$K_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \text{ и } K_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \cdot \frac{i_2}{i_1}. \quad (3)$$

Результирующий объём V_p получается как сумма приведённых значений:

$$V_p = \frac{n_1}{n_1 + n_2} V_1 + \frac{n_2}{n_1 + n_2} \cdot \frac{i_2}{i_1} V_2. \quad (4)$$

Основным с точки зрения процесса управления является время отработки управляющего воздействия или время выполнения задания, т.е. интервал времени между поступлением задания на входе и появлением результата на выходе системы. Это время складывается из времени реакции системы на входное воздействие (получение, регистрация, уяснение смысла задания, планирование исполнения, выбор ресурсов), времени непосредственной обработки информации (доступ к ресурсам, переработка в соответствии с целевым вектором, формирование результата) и времени оформления исходящей информации и передачи её заказчику (оформление документа, печать, согласование,

регистрация и пересылка). Время выполнения задания определяется как рассмотренными ранее параметрами информационных потоков в их совокупности и взаимовлиянии, так и степенью соответствия задания внутренним параметрам системы, уровнем квалификации и опыта работника, наличием, мощностью и степенью освоенности средств автоматизации труда, степенью совпадения целевого вектора задания с целевым вектором работника или коллектива, уровнем новизны задания и обрабатываемой при его выполнении информации. Количественный учёт всех этих факторов весьма затруднителен. Единственным объективным источником служат нормативы выполнения тех или иных работ, применимые главным образом для традиционных и рутинных операций (ввод с клавиатуры, корректировка, вёрстка, печать), экспертные оценки трудоёмкости работ, аналогичных выполняемой, выставляемые самим исполнителем и его непосредственным начальником либо работниками аналогичной специализации, и эмпирические данные, накопленные за достаточно продолжительный период времени.

В случае привлечения к выполнению задания нескольких исполнителей возможно как снижение, так и увеличение общей трудоёмкости работ. Снижение достигается за счёт рациональной специализации и распределения функций между исполнителями, когда каждый выполняет наиболее освоенный им вид работы. Увеличение происходит из-за неминуемого роста затрат времени на согласования, совещания, уточнения роли каждого в выполнении работы, несовпадения личных векторов целей отдельных исполнителей, потерь на организацию работ и контроль.

В случае интенсивного использования компьютерных технологий ограничения на время выполнения работ накладывают действующие санитарные правила и нормы, разделяющие виды трудовой деятельности с использованием ЭВМ на три группы:

А – работа по считыванию информации с экрана ЭВМ с предварительным запросом;

Б – работа по вводу информации;

В – творческая работа в режиме диалога с ЭВМ.

Там же устанавливаются три категории тяжести и напряжённости работы, определяемые по суммарному числу считываемых или вводимых за смену знаков (не более 60 и 40 тыс. соответственно) или по суммарному времени непосредственной работы с ЭВМ, которое не должно превышать 6 час. При наличии численных данных по объёмам информационных потоков на входе и выходе системы для каждого задания несложно определить минимально необходимое на их обработку человеком время T :

$T = \Pi_{вх.} / 6000$ (дн.) для работ по анализу входящей информации;

$T = \Pi_{исх.} / 40000$ (дн.) для подготовки исходящих документов.

При измерении потока в листах формата А4 и средней плотности 2000 знаков на лист соответственно $T = \Pi_{\text{вх.}} / 30$ и $T = \Pi_{\text{вх.}} / 20$.

Таким образом, поток информации может быть описан такими параметрами, как объём, количество документов, интенсивность их следования и трудоёмкость обработки, которые определяются количественно.

Определяя качественные показатели модели, следует в первую очередь отметить, что степень соответствия качественных параметров входного потока, принятая в этой системе при его обработке, в каждом конкретном случае определяется по-разному. Определяется качество печати на бумажном носителе (играет важную роль), при сканировании и распознавании текста, при его вводе в компьютерную систему обработки; качество аудиозаписи – при её последующем стенографировании; форматы передаваемых средствами электронной почты сообщений. Применение экзотических шрифтов в электронном образе документа могут вызвать значительные трудности и потери времени при его прочтении и обработке. Параметр этот трудноопределим количественно и может задаваться в виде эмпирического коэффициента при определении времени обработки устойчиво повторяющихся потоков информации:

$$K_{\text{соот.}} = T / T_{\text{эм.}}$$

где T – трудоёмкость обработки реального потока информации;

$T_{\text{эм.}}$ – трудоёмкость обработки эталонного потока, на который ориентирована технология обработки при его проектировании.

Процентное содержание потенциально полезной информации в её общем объёме также является эмпирическим параметром, меняющимся не только в зависимости от используемого типа ресурса, но и от цели, детальности и чёткости рубрикации параметров поиска информации. Численные значения рассмотренных параметров реальнее всего определить методом экспертной оценки.

Уровни достоверности и технологических искажений информации определяются как технологическими параметрами систем её сбора, передачи, хранения и защиты, так и методологией формирования ресурса. Методика обеспечения требуемого уровня достоверности наиболее детально разработана для систем статистического сбора и обработки информации, но в любом случае, за исключением нормативно-правовой информации, уровень достоверности не может быть стопроцентным. Поскольку элементарной единицей информации в естественных языках является слово, уровень технологических искажений при передаче и обработке речевой или текстовой информации может оцениваться как отношение числа слов, содержащих искажения (ошибки и трансформации), к общему числу слов в сообщении [8].

Параметр приоритетности обслуживания определяется, как правило, на стадии получения задания, и в соответствии с ним вся информация определённым образом ранжируется. Параметр может не задаваться в явном виде, а определяться исполнителем на основе вектора целей системы и прошлого опыта. Частая волевая смена этого параметра «сверху» приводит к искажению вектора целей и дезорганизации работы системы либо к увеличению времени и снижению качества обработки информации.

Требования по защите информации определяются действующими нормативными документами и регламентом работы организации, в соответствии с которыми вся информация разделяется на открытую и информацию ограниченного доступа, которая в свою очередь по условиям правового режима подразделяется на информацию, относящуюся к государственной тайне, и конфиденциальную [5]. Но даже для открытой информации необходимы определённые организационные и технологические меры защиты от утраты, искажения, модификации или несанкционированного доступа. Как правило, при проектировании новых или модернизации существующих систем разработчик вынужден соблюдать золотую середину между объёмом защитных мероприятий, технологичностью обращения информации и выделяемыми для этого ресурсами.

Таким образом, качественные параметры обработки информации значительно труднее поддаются определению и количественной оценке и могут анализироваться и сопоставляться преимущественно при помощи экспертных оценок и использования аппарата нечёткой логики.

Помимо эмпирически определяемых и обрабатываемых с помощью методов математической статистики первичных параметров модели n, V, i и вычисляемых на их основе потоков входящей и исходящей информации $\Pi_{\text{вх.}}$ и $\Pi_{\text{вхх.}}$ практический интерес представляют некоторые производные интегральные показатели. Это коэффициент свёртки информации $K_{\text{св.}}$, представляющий собой отношение объёма входного потока к объёму информации на выходе и свидетельствующий как о глубине переработки информации, так и о степени соответствия информационного ресурса целям исследования:

$$K_{\text{св.}} = \Pi_{\text{вх.}} / \Pi_{\text{вхх.}} \quad (5)$$

Интенсивность накопления вторичных информационных ресурсов $i_{\text{эм.}}$ представляет собой отношение потока $\Pi_{\text{эм.}}$ к интересующему промежутку времени. Для характеристики и сопоставления уровней автоматизации работ в подразделениях удобно применять коэффициент автоматизации K_a , коэффициент обеспеченности вычислительными ресурсами K_M и некоторые другие.

Коэффициент автоматизации K_a определяется как отношение трудоёмкости работ с применением

ЭВМ T_M к общим затратам труда на обработку информационных ресурсов:

$$K_a = \frac{Sum(T_{mm} \cdot n_m \cdot i_m)}{Sum(T_m \cdot n_m \cdot i_m)}, \quad (6)$$

где T_{mm} – время машинной обработки m -го документа (задания);
 T_m – общее время обработки m -го документа (задания);
 n_m – количество видов документов (заданий) в потоке;
 i_m – интенсивность потока.

Коэффициент свёртки информации $K_{св.}$ определится по формуле, которая после подстановки параметров модели примет вид:

$$K_{св.} = \frac{Sum(V_m \cdot n_m \cdot i_m) + Sum(V_p \cdot n_p \cdot i_p)}{Sum(V_k \cdot n_k \cdot i_k) + Sum(V_n \cdot n_n \cdot i_n)}, \quad (7)$$

где V_m – объём m -го документа (задания) в листах;
 n_m – количество видов документов (заданий) в потоке;
 i_m – интенсивность потока;
 k, m, n, p – индексы, относящиеся соответственно к четырём информационным потокам: на входе системы, от первичных информационных ресурсов, на выходе системы и ко вторичным ресурсам.

Важным для проектирования и модернизации человеко-машинных систем является расчёт необходимой численности работников и оборудования. Полученная в результате анализа итогов обследования суммарная трудоёмкость и машиноёмкость работ позволяют с учётом специализации рабочих мест и рационального совмещения функций в целях ликвидации на пути информационного потока излишних передаточных звеньев определить минимально необходимое их количество. Для расчётов этого параметра в настоящее время применяются методики, основанные на использовании данных о времени трудового процесса, метод расчёта по нормам обслуживания, статистические методы, такие, как расчёт числовых характеристик, регрессионный и корреляционный анализ, методы экспертных оценок. Использование данных о времени трудового процесса сводится к операционному методу Тейлора и в своём чистом виде не применимо. Расчёт по нормам обслуживания актуален применительно к высоко технически оснащённым автоматизированным рабочим местам с преимущественно рутинными функциями персонала (копировально-множительное бюро) и для обслуживающих подразделений. Статистические методы применимы главным образом для коллективов с однородным характером работ и устоявшейся технологией на большом количестве рабочих мест. Из всего набора известных методов наиболее подходящим к нашему исследованию является расчёт по формуле Розенкранца с корректировкой применительно к использованию

методики оценки информационных потоков, а не операционного подхода, как принято в оригинале:

$$Ч = K_{нрв} \frac{Sum(T_m \cdot n_m \cdot i_m)}{T} + \frac{T_p}{T} \cdot \frac{K_{нрв}}{K_{фрв}}, \quad (8)$$

где $Ч$ – численность административно-управленческого персонала;
 $K_{нрв}$ – коэффициент необходимого распределения времени, учитывающий пересчёт явочной численности в списочную, затраты на отдых в течение рабочего дня и дополнительные организационные затраты, не учитываемые при анализе информационных потоков. Как правило, эта величина лежит в диапазоне $1,4 < K_{нрв} < 1,6$;
 T_m – время обработки m -го документа (задания);
 n_m – количество видов документов (заданий) в потоке;
 i_m – интенсивность потока;
 T – рабочее время специалиста согласно трудовому контракту;
 T_p – время на различные неплановые работы;
 $T_{фрв}$ – коэффициент фактического распределения рабочего времени, определяемый отношением общего фонда рабочего времени подразделения к суммарному времени обработки и расчёту необходимого для принятия информационных потоков.

Аналогично проводится необходимый для принятой технологии обработки информации расчёт программной и технической вооружённости подразделения. Учитывая особенности управленческого труда, ориентированного главным образом на обработку документов и использование баз данных, а не на сложные расчёты и вычисления, целесообразно применять упрощённую по сравнению с рекомендуемой методику расчёта [9, 10]. Поскольку основным режимом работы пользователя с ЭВМ при решении типовых управленческих задач является интерактивный режим, количество ПЭВМ или терминальных устройств определяется исходя из общей трудоёмкости работ с использованием ЭВМ, выполняемых в течение года:

$$H = K_{исн.} \frac{Sum(T_{mm} \cdot n_m \cdot i_m)}{T_{год}}, \quad (9)$$

где H – количество ПЭВМ или терминальных устройств;
 $K_{исн.}$ – коэффициент использования машинного времени, учитывающий затраты на профилактику технических и программных средств, переход на другие задачи в течение рабочего дня и дополнительные организационные затраты, не учитываемые при анализе информационных потоков, как правило, $1,05 < K_{исн.} < 1,2$;
 T_{mm} – время машинной обработки m -го документа (задания);
 n_m – количество видов документов (заданий) в потоке;
 i_m – интенсивность потока;
 $T_{год}$ – годовой фонд рабочего времени ЭВМ.

При расчёте необходимого количества периферийных устройств применяются объёмные показатели потока информации в листах:

$$П = K_{исп.} \frac{Sum(V_{mm} \cdot n_m \cdot i_m)}{П_p \cdot T_{год}} K_{повт.}, \quad (10)$$

где $П$ – количество периферийных устройств;

V_{mm} – объём машинной обработки m -го документа (задания) в листах;

n_m – количество видов документов (заданий) в потоке;

i_m – интенсивность потока;

$T_{год.}$ – годовой фонд рабочего времени устройства;

$П_p$ – паспортная производительность устройства в час;

$K_{повт.}$ – коэффициент повторного выполнения работ, свойственный для распечатываемых документов и определяемый тиражом документа и количеством стадий редакционных правок, обычно для печатающих устройств $2 < K_{повт.} < 4$, для настольных копиров $2 < K_{повт.} < 10$.

Вывод. К числу основных производных показателей модели можно отнести коэффициенты автоматизации работ, свёртки информации, численность персонала, автоматизированных рабочих мест и периферийного оборудования, необходимых для обработки существующих или проектируемых потоков информации в системе. В приведённых выше расчётах при большом объёме исходных данных

целесообразно применение аппарата матричных вычислений и методов математической статистики, что позволит автоматизировать процесс обработки результатов анализа.

Литература

1. Матвейкин И.В., Гатчин Ю.А. и др. Концептуальная модель управления предприятием // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2008. № 5. Т. 51.
2. Матвейкин И.В. Синтез интегрированной информационной модели обработки информации // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям. Научное издание в 2-х томах. М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2013. Т. 1. С. 314–320.
3. Матвейкин И.В. Разработка интегрированной модели обработки информации на предприятиях технического сервиса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (45). С. 58–61.
4. Давыдов Ю.А. Моделирование, оптимизация и контроль информационных потоков локомотивного депо. М.: Наука, 2001. 256 с.
5. Рассказов М.Я. Прогрессивные технологии ремонта машин. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. 52 с.
6. Шепель В.Н. Статистическое моделирование обоснования управленческих решений на сельскохозяйственных предприятиях. М.: Колос, 2004. 344 с.
7. Системное проектирование взаимодействия человека с техническими средствами // Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ. Практическое пособие в 7 кн. / Под ред. В.Н. Четверикова. М.: Высшая школа, 1993. Т. 7. 321 с.
8. Бойко В.В., Савинков В.М. Проектирование баз данных информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1989. 351 с.
9. Управление персоналом организации: учебник / Под ред. А.Я. Кибанова. М.: Инфра-М, 1997. 334 с.
10. Константинов М.М., Подлесных М.Ю., Кандауров М.М. Использование информационных технологий в управлении сельскохозяйственным предприятием // Сб. докладов междунар. науч.-технич. конф. Труды Оренбургского регионального отделения Российской инженерной академии. Вып. 6. Оренбург, 2005. С. 141–145.