

М. Г. Доррер, А. А. Некрасова

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПИ МАРКОВА, РАССЧИТАННЫХ ИСХОДЯ ИЗ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

*Рассмотрен подход к решению проблемы идентификации структуры модели бизнес-процессов организации на основании объективных данных, извлеченных из информационной системы. Показано, что на основе плоских таблиц, представляющих собой заголовки электронных документов атрибутированных датой отправления, отправителем и получателем (в том числе, косвенно), возможно восстановить параметры цепи Маркова, описывающей данную организационную систему. Полученные вероятностные характеристики бизнес-системы позволяют оценить структуру модели бизнес-процессов.*

**Введение.** Все большее количество организаций, как частных, так и государственных, занимаются разработкой моделей бизнес-процессов своей деятельности. Это необходимо и для улучшения управляемости организации, и для проведения сертификации на соответствие стандартам серии ISO 9000. Кроме того, такое требования сейчас предъявляются даже многими контролирующими государственными органами.

Для организаций, уже разработавших свою модель бизнес-процессов, возникает задача поддержания созданной модели в актуальном состоянии. Эта задача одинаково актуальна как для тех организаций, которые используют управление по бизнес-процессам как механизм совершенствования деятельности, так и для тех, что ограничивают использование бизнес-процессов лишь получением сертификата. Для первых соответствие модели бизнес-процессов реальной ситуации является внутренней потребностью, а для вторых – требованием сертифицирующих органов.

Особо следует отметить, что разработка и уточнение модели бизнес-процессов – это весьма трудоемкий, а главное – субъективный процесс. В связи с этим все большую актуальность приобретает проблема сбора объективной информации о структуре бизнес-модели.

Для того чтобы решить данную проблему, нужна реальная информация о движении материальных и информационных потоков в организации. В данной статье будем рассматривать информационные потоки, прошедшие через информационную систему (ИС) организации. Объектом исследования являются организации, уже имеющие информационную систему, регистрирующую контакты между участниками рабочих процессов, но еще не имеющие формально описанной модели своей деятельности либо желающие ее уточнить.

Решением проблемы субъективности и высокой трудоемкости создания бизнес-модели будет объединение методики формального бизнес-моделирования и данных информационной системы. Именно такой подход позволит обеспечить построение модели бизнес-процессов на базе объективных и измеримых показателей, необходимых для бизнес-аналитиков (внутренних либо

внешних консультантов), исследующих бизнес-процессы организации; руководителей, принимающих решение об организационной структуре предприятия (организации) и отладке взаимодействия между подразделениями; менеджеров, внедряющих или сопровождающих в организации управление на основе бизнес-процессов.

**Исходные данные.** Получение частотных характеристик бизнес-системы реализовано на основе данных системы электронного документооборота (СЭДО) учреждения одной из федеральных служб. Использованные экспериментальные данные представляют собой обобщенные в виде двумерных таблиц заголовки сообщений СЭДО. Работа велась в системе OfficeMedia на платформе Lotus Notes.

Для исследования были взяты статистические данные документооборота за период более 5 лет. Поток проходящих регистрацию организационно-распорядительных документов к 2005 г. достиг 77 883 единиц в год, а всего за 5 лет было зарегистрировано более 200 000 документов.

Для обработки данных, хранящихся в СЭДО, была разработана программа извлечения заголовков электронных документов из системы OfficeMedia в программу MS Excel.

Для получения частотных характеристик использовались программы-макросы Excel, позволяющие перейти от косвенной адресации (например, «Всем отделам», «Всем филиалам») к прямой. В результате такой обработки на основе среза данных по заголовкам электронных документов были получены статистические данные, отражающие частоты движения документов между бизнес-системой и внешней средой и между структурными единицами этой бизнес-системы.

**Значения, определяемые при частотном анализе бизнес-системы.** Описание модели бизнес-процесса базируется на графовой модели, введенной Г. Н. Каляновым в работе [1].

Для того интерпретации движения документов как выполнения бизнес-функций была составлена табл. 1.

Частота выполнения бизнес-функций  $i$ -м сотрудником  $v_i$  соответствует суммарной частоте упоминания  $i$ -го сотрудника в поле сообщений «Получатель».

**Сравнение параметров документооборота и исходных данных модели бизнес-процессов**

Параметр	Исходные данные
Частота выполнения бизнес-функций $i$ -м сотрудником	Частота получения внешних входящих документов $v_i^{вх.внеш}$ Частота получения внутренних входящих документов $v_i^{вх.внут}$
Вероятность развития бизнес-процесса $p_{ij}$ таким образом, что управление передается от $i$ -го сотрудника к $j$ -му	Частота отправления внешних исходящих документов $v_i^{исх.внеш}$ Частота отправления внутренних исходящих документов от сотрудника $i$ сотруднику $j$ $v_{ij}^{исх.внут}$

Формула для ее расчета имеет вид  $v_i = v_i^{вх.внеш} + v_i^{вх.внут}$ .

Вероятность развития процесса  $p_{ij}$  таким образом, что управление от  $i$ -го сотрудника передается  $j$ -му, определяется от  $i$ -го сотрудника  $j$ -му по формуле

$$p_{ij} = \frac{v_{ij}^{исх.внут}}{\sum_{k=1, N} v_{ik}^{исх.внут} + v_i^{исх.внеш}}$$

где  $v_{ij}^{исх}$  – частота отправления корреспонденции,

**Идентификация числовых параметров цепи Маркова, описывающей исследуемую бизнес-систему.** Полученные при частотном анализе частоты и вероятности были использованы для идентификации значений числовых параметров цепи Маркова: средней вероятности нахождения в состоянии  $x_i(t_k)$  и вероятности перехода  $p_{ij}$  [2].

При этом необходимо выполнить следующие сопоставления:

- набор бизнес-функций бизнес-системы  $N$  сопоставим с пространством состояний цепи Маркова  $\{S_1, \dots, S_n\}$ . При этом дополнительно с состоянием  $S_0$  сопоставим всех отправителей из внешней среды, а с состоянием  $S_{n+1}$  – всех получателей во внешней среде;

- набор управляющих ребер бизнес-системы  $E$  сопоставим с набором переходов цепи Маркова  $P$ .

**Идентификация структуры модели бизнес-процессов.** Эта идентификация проводится для определения состава активных функций и связей системы.

Состав активных функций может быть определен на основании анализа  $x_i(t_k)$  – вероятности пребывания системы в состоянии, соответствующем данной бизнес-функции. Физически параметр  $x_i(t_k)$  в данной задаче означает долю общего числа заданий системы, проходящих через данную бизнес-функцию  $N$ .

Состав связей системы может быть получен на основании анализа  $p_{ij}(t_k)$  – вероятности перехода между состояниями, соответствующими бизнес-функциям  $i$  и  $j$ . Физически параметр  $p_{ij}(t_k)$  в нашем случае означает долю заданий, переданных  $i$ -й функцией  $j$ -й функции в общем числе заданий, передаваемых  $i$ -й функцией, что позволяет говорить об этом параметре как о плотности данной связи.

**Определение набора связей между функциями бизнес-системы.** Исследование матрицы переходных вероятностей  $P(t_k)$  позволяет получить рекомендации по формированию и улучшению модели бизнес-процессов предприятия, т. е. по идентификации структуры связей бизнес-модели.

Для исключения избыточности набора связей была применена процедура контрастирования на основании вероятности перехода между состояниями и доверительного интервала данной вероятности.

Оценка вероятности перехода из состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$ , вычисленная по методу наибольшего правдоподобия, определится по формуле

$$\hat{p}_{i,j} = M_{i,j} / N_i = \sum_{k=1}^m u_{i,j}^k / \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n u_{i,j}^k, i, j = 1, \dots, n, (1)$$

где  $M_{ij}$  – количество внутренних исходящих от  $i$  к  $j$  ( $v_{ij}^{исх.внут}$ );  $N_i = \sum_{i=1, N} \sum_{j=1, N} v_{ij}^{исх.внут} + \sum_{i=1, N} v_i^{исх.внеш}$  –

общее количество исходящих (внешних и внутренних) из  $i$ -й функции.

Доверительная оценка полученных вероятностей в нашем случае может быть рассчитана на основе следующего уравнения:

$$p_{i,j}^2 \left(1 + \frac{z_\alpha^2}{N_i}\right) - p_{i,j} \left(2\hat{p}_{i,j} + \frac{z_\alpha^2}{N_i}\right) + \hat{p}_{i,j}^2 < 0, (2)$$

$$i, j = 1, \dots, n,$$

где  $z_\alpha$  – величина, зависящая от уровня надежности оценки. В частности, при  $\alpha = 0,05$ , т. е. при уровне надежности  $1 - \alpha = 0,95$ , величина  $z_\alpha = 1,96$ .

Корни неравенства (2)  $p_{i,j}^+$  и  $p_{i,j}^-$  представляют собой верхнюю и нижнюю границу возможных значений оценки вероятности  $\hat{p}_{i,j}$ ,  $i, j = 1, \dots, n$ . Эти корни имеют вид

$$p_{i,j}^\pm > \frac{\left(2\hat{p}_{i,j} + \frac{z_\alpha^2}{N_i}\right) \pm \sqrt{\left(2\hat{p}_{i,j} + \frac{z_\alpha^2}{N_i}\right)^2 - 4\hat{p}_{i,j}^2 \left(1 + \frac{z_\alpha^2}{N_i}\right)}}{2\left(1 + \frac{z_\alpha^2}{N_i}\right)}$$

Для контрастирования набора связей введем параметр  $p_K$ , который в дальнейшем будем именовать порогом контрастирования набора связей.

Далее определим матрицу

$$E^K \begin{pmatrix} E_{11}^K & \dots & E_{1N}^K \\ \dots & \dots & \dots \\ E_{N1}^K & \dots & E_{NN}^K \end{pmatrix} : E_{ij}^K = \begin{cases} 1 & \text{при } \hat{p}_{i,j} > p_K \text{ и } (p_{i,j}^+ - p_{i,j}^-)\beta < \hat{p}_{i,j}, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (3)$$

где  $\beta$  – коэффициент заданной надежности оценки вероятности. В данной задаче экспертно примем его равным 0,5.

Порог контрастирования в выполняемых экспериментах составляет 0,05, что говорит о том, что если связь срабатывает с вероятностью не более 5 %, то она незначима. Порог вероятности 5 % является стандартным критерием надежности, используемым в инженерных расчетах, для него же рассчитаны и доверительные интервалы для вероятностей переходов.

Таким образом, в модели остаются те связи, у которых вероятность перехода выше заданного порога контрастирования, а среди этих связей – только те, у которых доверительный интервал вдвое меньше значения самой вероятности. Такая формула позволяет отсеять переходы с низкой относительной частотой, а также переходы с низкой общей частотой (по формуле (2) следует, что величина доверительного интервала тем больше, чем меньше количество экспериментов).

При выполнении контрастирования набора связей бизнес-системы аналитик может выдать предложение об исключении связи с нулевой живостью из бизнес-модели либо о добавлении связи, у которой живость стала равна 1.

**Анализ частот передачи документов по направлениям.** Частоты хождения документов между службами организации, вычисленные на основе анализа экспериментальных данных по движению электронных документов организации за один месяц, представлена в табл. 2. Столбец «Исходящие» соответствует частоте передачи внешнего исходящего документа из конкретного подразделения. Строка «Входящие» показывает частоту поступления внешних входящих документов в каждое подразделений.

**Анализ вероятностей переходов между состояниями.** На основании табл. 2 была рассчитана матрица вероятностей переходов между состояниями (табл. 3).

**Восстановление структуры связей.** Для выполнения задачи контрастирования связей бизнес-системы была рассчитана матрица величин доверительных интервалов  $p_{ij}^+ - p_{ij}^-$  для каждой из вероятностей переходов, приведенных в табл. 4.

Таблица 2

Частота выполнения бизнес-функций за один месяц

Подразделение	Частота выполнения												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделения прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящие
Входящие	25	459	375	555	573	188	97	219	196	477	2 380	52	0
Начальник	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Основная деятельность	1	51	7	8	9	4	3	128	3	45	114	1	56
Кадровая служба	6	24	170	42	39	23	11	359	16	216	71	5	66
Правоохранительная работа	0	0	2	1	0	1	0	16	0	9	10	0	278
Экономический блок	0	3	4	3	14	0	0	40	0	13	21	0	597
Служба силового обеспечения	1	4	8	8	7	11	2	30	4	22	10	1	0
Служба собственной безопасности	0	0	1	0	0	0	1	5	0	3	0	0	25
ИТС	1	3	6	1	1	1	2	37	3	14	18	0	19
Тыловая служба	0	0	2	1	0	0	0	12	7	14	1	0	41
Подразделения прямого подчинения	1	1	5	2	3	1	4	69	1	41	15	0	119
Территориально удаленные отделы	0	13	7	1	31	0	0	93	1	36	99	0	55
ЭИО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

## Вероятность перехода между состояниями (за один месяц)

Подразделение	Вероятность перехода												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделения прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящие
Входящие	0,004	0,082	0,067	0,099	0,102	0,034	0,017	0,039	0,035	0,085	0,425	0,009	0,000
Начальник	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
Основная деятельность	0,002	0,119	0,016	0,019	0,021	0,009	0,007	0,298	0,007	0,105	0,265	0,002	0,103
Кадровая служба	0,006	0,023	0,162	0,040	0,037	0,022	0,010	0,343	0,015	0,206	0,068	0,005	0,063
Правоохранительная работа	0,000	0,000	0,006	0,003	0,000	0,003	0,000	0,050	0,000	0,028	0,032	0,000	0,877
Экономический блок	0,000	0,004	0,006	0,004	0,020	0,000	0,000	0,058	0,000	0,019	0,030	0,000	0,859
Служба силового обеспечения	0,009	0,037	0,074	0,074	0,065	0,102	0,019	0,278	0,037	0,204	0,093	0,009	0,000
Служба собственной безопасности	0,000	0,000	0,029	0,000	0,000	0,000	0,029	0,143	0,000	0,086	0,000	0,000	0,714
ИТС	0,009	0,028	0,057	0,009	0,009	0,009	0,019	0,349	0,028	0,132	0,170	0,000	0,179
Тыловая служба	0,000	0,000	0,026	0,013	0,000	0,000	0,000	0,154	0,090	0,179	0,013	0,000	0,526
Подразделения прямого подчинения	0,004	0,004	0,019	0,008	0,011	0,004	0,015	0,263	0,004	0,156	0,057	0,000	0,454
Территориально удаленные отделы	0,000	0,039	0,021	0,003	0,092	0,000	0,000	0,277	0,003	0,107	0,295	0,000	0,164
ЭИО	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица 4

## Матрица величин доверительных интервалов за один месяц

Подразделение	Доверительный интервал												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделения прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящие
Входящие	0,004	0,014	0,013	0,016	0,016	0,009	0,007	0,010	0,010	0,015	0,026	0,005	0,001
Начальник	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793
Основная деятельность	0,013	0,061	0,025	0,027	0,028	0,020	0,018	0,086	0,018	0,058	0,083	0,013	0,064
Кадровая служба	0,010	0,018	0,045	0,024	0,023	0,018	0,013	0,057	0,015	0,049	0,031	0,009	0,030
Правоохранительная работа	0,012	0,012	0,021	0,017	0,012	0,017	0,012	0,049	0,012	0,038	0,040	0,012	0,072
Экономический блок	0,005	0,011	0,012	0,011	0,021	0,005	0,005	0,035	0,005	0,021	0,026	0,005	0,052
Служба силового обеспечения	0,049	0,077	0,101	0,101	0,096	0,115	0,060	0,167	0,077	0,151	0,111	0,049	0,034
Служба собственной безопасности	0,099	0,099	0,140	0,099	0,099	0,099	0,140	0,231	0,099	0,194	0,099	0,099	0,287
ИТС	0,050	0,070	0,092	0,050	0,050	0,050	0,061	0,179	0,070	0,129	0,142	0,035	0,145
Тыловая служба	0,047	0,047	0,082	0,067	0,047	0,047	0,047	0,160	0,130	0,169	0,067	0,047	0,216
Подразделения прямого подчинения	0,021	0,021	0,036	0,025	0,029	0,021	0,033	0,106	0,021	0,088	0,057	0,014	0,120
Территориально удаленные отделы	0,011	0,042	0,032	0,016	0,062	0,011	0,011	0,095	0,016	0,066	0,097	0,011	0,079
ЭИО	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

На основании табл. 3 и 4 по формуле (3) выполнялось контрастирование набора связей. Результат представляет собой матрицу живости связей бизнес-модели (табл. 5). В терминах графовой модели – это матрица смежности узлов  $N$  (функций) графа модели бизнес-процессов через множество управляющих ребер  $E$ . Для строки «Входящие значение 1 в  $j$ -м столбце показывает значимую связь между внешней средой и данной

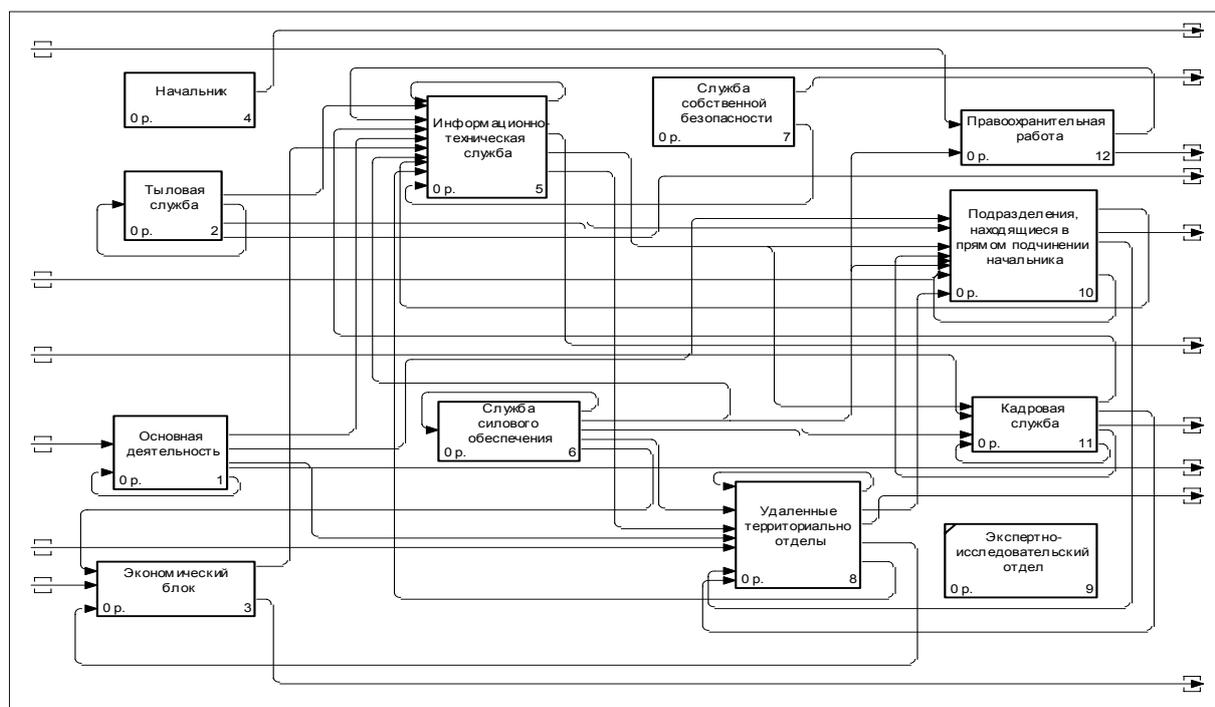
бизнес-функцией, для столбца «Исходящие» – значимую связь между данной функцией и внешней средой.

**Представление полученной структуры моделей бизнес-процессов в формате IDEF0 [3].** Представим матрицы смежности графа модели бизнес-процесса в графическом формате в соответствии с методологией IDEF0 (см. рисунок).

Таблица 5

Матрица живости связей бизнес-модели за один месяц

Подразделение	Контрастирование												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделение прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящие
Входящие	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Начальник	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Основная деятельность	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Кадровая служба	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Правоохранительная работа	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Экономический блок	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Служба силового обеспечения	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
Служба собственной безопасности	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
ИТС	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Тыловая служба	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Подразделения прямого подчинения	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Территориально удаленные отделы	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
ЭИО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Набор связей бизнес-системы, контрастированный по вероятностям переходов и доверительным интервалам данных вероятностей, представленный в формате IDEF0

Как уже отмечалось ранее, значение 1 в ячейке  $(i, j)$  матрицы живости связей в IDEF0 соответствует связи с правой грани функции  $i$  (с выхода) к левой грани функции  $j$  (на вход). Для столбца «Исходящие» связь проводится к внешнему краю диаграммы (на выход из системы), для строки «Входящие» – от левого внешнего края диаграммы к  $j$ -й функции (от внешнего входа на вход функции).

Специальные виды стрелок IDEF0: «Управление» – вход в верхнюю грань блока и «Механизм» – вход в нижнюю грань – здесь не рассматриваются, поскольку разделение потока документов по типам стрелок требует анализа смыслового наполнения каждого из документов, что не вошло в нашу задачу.

Рассмотрев результаты обработки имеющихся экспериментальных данных по движению электронных документов в организации на основании предложенных алгоритмов обработки, мы можем сделать следующие выводы:

– на основе данных электронного документооборота могут быть получены вероятностные параметры цепи Маркова, описывающей организационную систему;

– эти параметры позволяют восстановить значимые функции и связи модели бизнес-процессов и тем самым идентифицировать структуру модели.

Таким образом, авторами представлена методика, позволяющая с приемлемым качеством производить идентификацию функциональной модели бизнес-процессов предприятия на основе статистических параметров электронного документооборота.

#### **Библиографический список**

1. Калянов, Г. Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов / Г. Н. Калянов. М. : СИНТЕГ, 2000. 212 с.
2. Кемени, Дж. Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл. М. : Наука, 1970. 450 с.
3. Черемных, С. В. Структурный анализ систем IDEF / С. В. Черемных. М. : Финансы и статистика, 2003. 208 с.

M. G. Dorrer, A. A. Nekrasova

#### **RESTORATION OF STRUCTURE OF THE BUSINESS-PROCESSES MODEL OF THE ORGANIZATION ON THE BASIS OF THE PARAMETERS OF MARKOV'S CHAIN CALCULATED ON THE WORKFLOW-SYSTEM DATA**

*It is considered the approach to the decision of a problem of identification of structure of business-processes model of the organization on the basis of the objective data taken from corporative information system. It is shown that the flat tables with headings of electronic documents attributed with the date of departure, the sender and the addressee (including indirectly) allow to restore parameters of Markov's chain, describing the organizational system. Received likelihood characteristics of business-system allow to estimate the structure of the business-processes model.*