

УДК 681.3.07

А. В. Балдин, А. В. Брешенков

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ТАБЛИЧНОГО ВИДА

*Исследованы временные характеристики системы проектирования реляционных баз данных на основе информации табличного вида. При этом использована модель методик проектирования, построенная с использованием аппарата сетей Петри.*

На базе аппарата сетей Петри авторами настоящей статьи разработана модель автоматизированного проектирования реляционных баз данных (РБД) на основе использования информации табличного вида (ИТВ) (рис. 1) [1, 2].

Моделям ИТВ и РБД, состояниям автоматизированной системы поставлены в соответствие положения сети  $\{P\}$ , а операторам направленного преобразования модели ИТВ — переходы сети  $\{t\}$ .

Модели, разработанные на базе сетей Петри, позволили в процессе проектирования РБД исследовать структурные особенности интерак-

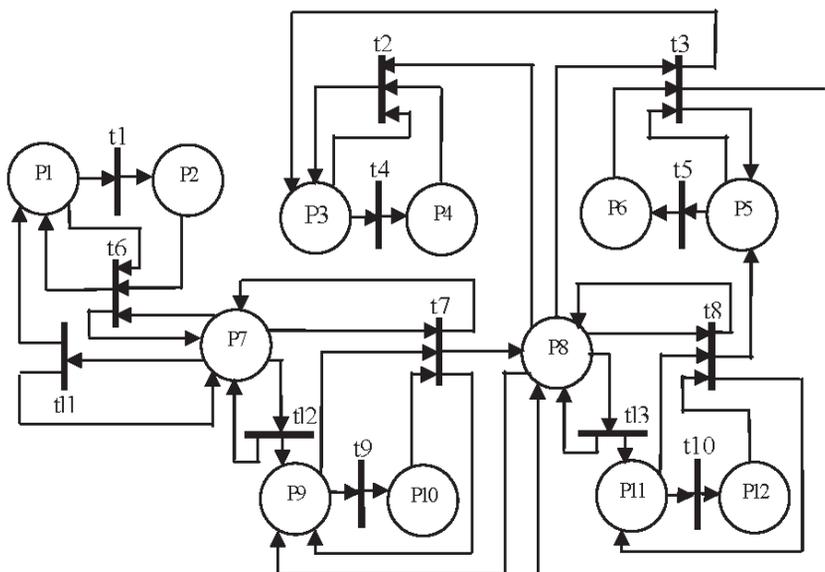


Рис. 1. Модель процесса проектирования РБД на основе ИТВ

тивного взаимодействия разработчика и системы. Динамические свойства процесса интерактивного проектирования в разрабатываемых моделях отражены посредством последовательности возможных маркировок сети Петри. Однако в моделях предполагалось, что переходы срабатывают мгновенно, что исключает возможность временного анализа интерактивных процессов. Для реализации возможности исследования временных характеристик автоматизированной системы проектирования РБД на основе ИТВ использован аппарат временных сетей Петри, разработанных для моделирования асинхронных конкурирующих систем [3].

Временная сеть Петри — это пара  $\langle P, F \rangle$ , где  $P$  — сеть Петри  $\langle P, T, M \rangle$ , а  $F$  — функция, которая каждому переходу  $t_i$  в сети приписывает действительное неотрицательное число  $\tau_i$ . Число  $\tau_i = F(t_i)$  соответствует времени срабатывания перехода. Срабатывание перехода возможно, если во входном положении содержится знак. При инициировании перехода из входных положений знак удаляется. Фаза выполнения продолжается  $\tau_i$  единиц времени, в конце этого промежутка времени переход срабатывает и знак перемещается в выходное положение перехода. При этом должно выполняться следующее условие, называемое балансом знаков:

$$M(0, P) + T(\tau, t_{i1}) + \dots + T((\tau, t_{in}) = M(\tau, P) + I(\tau, t_{j1}) + \dots + T(\tau, t_{jm}),$$

где  $T(\tau, t)$  — число терминаций перехода  $t$ ;  $I(\tau, t)$  — число инициаций перехода  $t$ , включая время  $\tau$ ;  $M(0, P)$  — число знаков в положении в начальный момент времени;  $M(\tau, P)$  — число знаков в положении в момент времени  $\tau$ .

Использование аппарата временных сетей Петри оправдано, если считается, что  $\tau_i$  (продолжительность  $i$ -й деятельности) постоянна по времени, несмотря на то, что  $\tau_i$  не остается неизменной в процессе функционирования системы человек–машина. Для предварительного анализа временных характеристик могут быть использованы некоторые усредненные ожидаемые задержки. Поэтому под  $\tau_i$  (временем срабатывания перехода  $t_i$ ) далее будем подразумевать ожидаемое время реакции решающих систем при выполнении  $i$ -й процедуры системы человек–машина. Здесь в качестве решающих систем выступают разработчик и средства автоматизированного преобразования ИТВ. Поэтому  $\tau_i$  включает в себя две составляющие:  $\tau_i = \tau_{ip} + \tau_{ic}$ , где  $\tau_{ip}$  — время реакции разработчика;  $\tau_{ic}$  — время реакции системы.

В соответствии с методами оценки времени выполнения в работах [4] ожидаемое время реакции оценивается следующим выражением:

$$\tau_i = (a_i + 4m_i + b_i)/6,$$

где  $a_i$  — оптимистическая оценка, указывающая на время выполнения работы при наиболее благоприятно сложившихся условиях;  $b_i$  — пессимистическая оценка, задающая время выполнения работ при наиболее неблагоприятно сложившихся условиях;  $m_i$  — наиболее вероятная продолжительность работы.

При этом дисперсия ожидаемой оценки рассчитывается следующим образом:

$$\sigma_i^2 = (b_i - a_i)^2/36.$$

Из приведенных выражений следует, что

$$\tau_i = (a_{ip} + a_{ic} + 4(m_{ip} + m_{ic}) + b_{ip} + b_{ic})/6,$$

где  $a_{ip}$ ,  $a_{ic}$  и  $b_{ip}$ ,  $b_{ic}$  — оптимистические и пессимистические оценки времен реакции соответственно разработчика и системы в  $i$ -м состоянии процесса проектирования;  $m_{ip}$  и  $m_{ic}$  — соответствующие вероятностные оценки.

Временные оценки, используемые в моделях, получены на основе анализа сложности решаемых системой задач с использованием экспертных методов, анализа опыта предыдущих разработок, а также на основе экспериментальных исследований реализаций проектных процедур системы. Большую часть проектных процедур удалось реализовать до этапа комплексной разработки системы. Временные характеристики проектных процедур в наибольшей степени влияют на производительность системы в целом.

Для моделей интерактивного взаимодействия в виде временных сетей Петри принято как постулат существование действительной временной оси, на которой могут быть отмечены моменты срабатывания переходов. Переходы, разрешенные для зажигания, и время, в течение которого происходит зажигание, записываются в таблицу, называемую “Расписание зажигания”. Срабатывание перехода будем считать осуществимым, если он был возможен, когда его зажигание было инициировано.

Для примера выполним анализ типичного фрагмента сети, а затем оценим временные характеристики сети в целом. Анализ выполняется с целью предварительно оценить производительность системы и найти резервы ее повышения. В качестве фрагмента выбрана подсеть с положениями  $\{P_1, P_2, P_7\}$  и переходами  $\{t_1, t_6, t_{11}\}$ .

На рис. 2 показаны перемещения маркеров в фрагменте сети.

Для отражения динамики функционирования сети и исследования ее временных характеристик оправдано использование графа переходов (рис. 3). Он более компактный по сравнению с рис. 2 и наглядно отображает срабатывание переходов, в том числе и повторное.

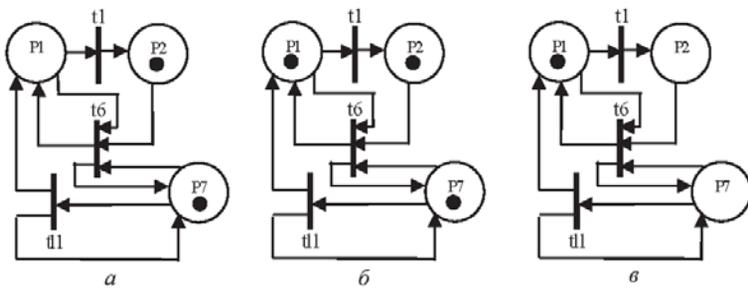


Рис. 2. Пример перемещения маркеров в фрагменте сети

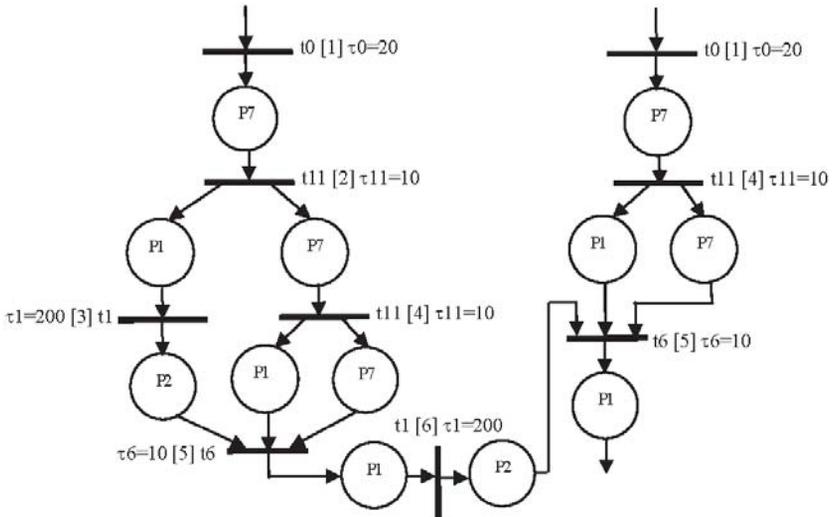


Рис. 3. Граф переходов для фрагмента сети

В графе переходов последовательно отображаются переходы и только те положения, в которые перемещаются маркеры после срабатывания этих переходов. На рис. 3 изображен граф переходов, соответствующий динамике функционирования сети.

Для переходов  $t_1$ ,  $t_6$  и  $t_{11}$  в соответствии с изложенной методикой выполнены предварительные оценки времени их срабатывания в секундах:  $\tau_1 = 200$ ,  $\tau_6 = 10$ ,  $\tau_{11} = 10$ ,  $\tau_0 = 20$  соответственно. Оценки выполнялись для одной таблицы ИТВ с числом атрибутов 20 и числом записей 1000, т.е. ИТВ представлено всего одной таблицей среднего объема. Данные задержки приписаны соответствующим переходам на дереве переходов. В результате анализа дерева переходов сформирована таблица осуществимого расписания срабатывания переходов сети (табл. 1).

Из данных табл. 1 следует, что при определенной последовательности зажигания инициации переходов происходят через равные интервалы времени. Например, в установившемся режиме все зажигания  $t_0$  осуществляются через 20 с, зажигания второго–третьего перехода

Идентификатор перехода	Номер срабатывания перехода						
	1	2	3	4	5	6	7
$t_0$	0,20	20, 40	40, 60	60, 80	80, 100		
$t_{11}$	20, 30	30, 40	40,50	60,70	70,80	80, 90	100, 110
$t_1$	30, 230	240, 440	440, 640	640, 840			
$t_6$	230, 240	440, 450	640, 650	840, 850			

$t_1$  осуществляются через 200 с, зажигания второго–третьего перехода  $t_6$  осуществляются через 200 с. Особый период зажигания зависит от времени срабатывания перехода  $t_0$ , поэтому он составляет то 0, то 20 с.

Из-за особенностей сети переход  $t_{11}$ , как видно из табл. 1, может срабатывать 7 раз, в то время как переходы  $t_1$  и  $t_6$  успевают сработать 4 раза.

Хотя это несвойственно системе в целом, для установившейся последовательности зажиганий можно определить скорость срабатывания переходов в единицу времени. Получены следующие оценки для переходов (см. табл. 1):

$$t_0 = (100 - 20)/4; \quad t_1 = (840 - 440)/2; \quad t_6 = (850 - 450)/2.$$

Возникает естественный вопрос, можно ли увеличить продолжительность срабатывания отдельного компонента интерактивной системы, а следовательно, и производительность системы в целом? В соответствии с данными работы [4] оценка скорости выполнения  $k$ -го перехода определяется по формуле

$$U_k = n_k/\Pi_k,$$

где  $n_k$  — знаковое содержание контура, включающего  $k$ -й переход;  $\Pi_k$  — период зажигания  $k$ -го перехода.

Реализуемой границей скорости вычисления для временной сети Петри в целом является значение

$$\min(n_1/\Pi_1, n_2/\Pi_2, \dots, n_m/\Pi_m),$$

где  $m$  — число переходов в сети.

Таким образом, для повышения производительности временной сети Петри необходимо увеличить знаковое содержание контура или уменьшить периоды зажигания переходов. Знаковое содержание контуров в сети соответствует числу процессов в системе, протекающих одновременно в данном режиме. Периоду зажигания соответствует интервал времени от окончания какого-либо процесса до его повторной инициации, который зависит от времени реакции разработчика и

используемых средств преобразования ИТВ в РБД при разных состояниях этого процесса.

Увеличить знаковое содержание рассматриваемого фрагмента сети не удастся, так как все переходы и положения в данном случае взаимозависимы и распараллелить процесс преобразования таблиц ИТВ в реляционные таблицы не удастся.

В результате анализа остальных фрагментов сети сделан вывод о том, что можно увеличить знаковое содержание сети или распараллелить отдельные процессы проектирования

Для более наглядного представления динамики функционирования оставшихся компонентов сети, демонстрации ее живости и достижимости, оценки ее временных характеристик и выявления возможности повышения ее производительности построен граф переходов для оставшихся компонентов сети. Первая часть графа переходов приведена на рис. 4, вторая часть — на рис. 5.

Граф построен на основе анализа сети Петри (см. рис. 1) таким образом, чтобы сработали все переходы сети с учетом правил их сра-

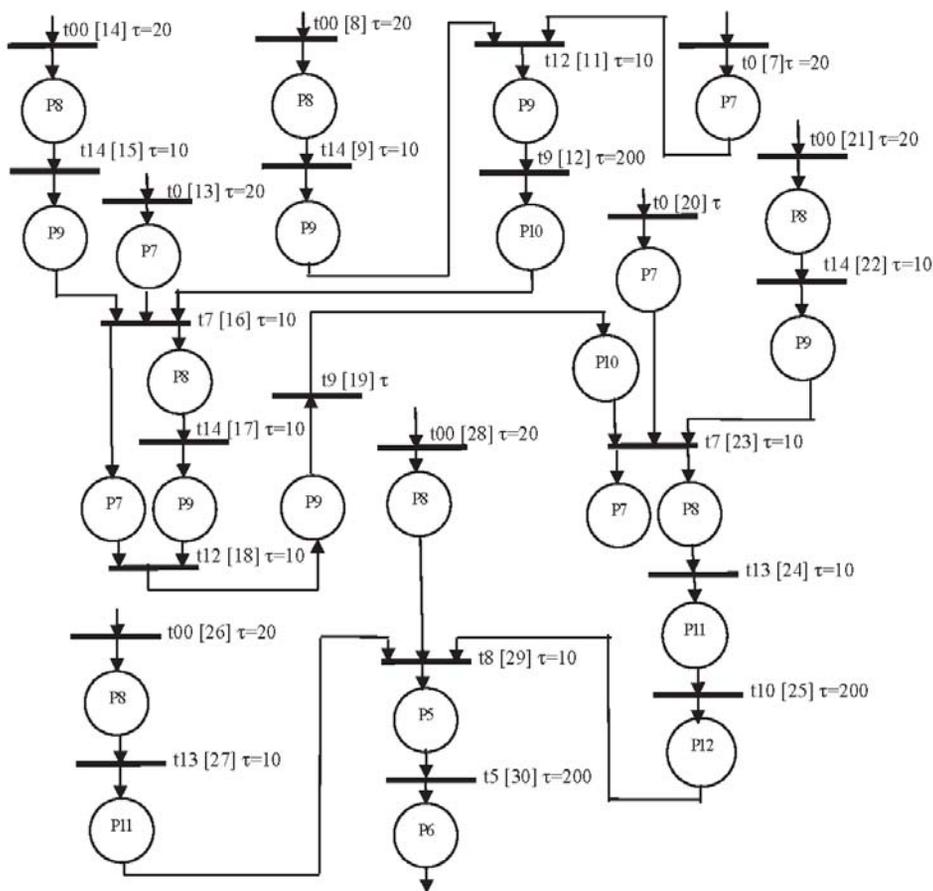


Рис. 4. Первая часть графа переходов

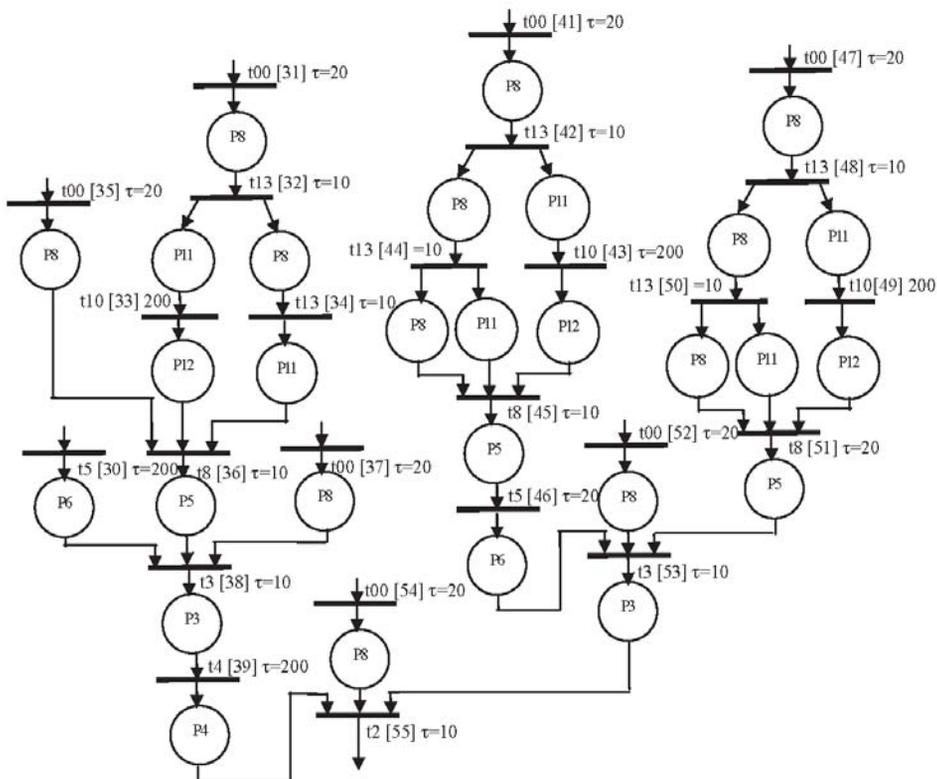


Рис. 5. Вторая часть графа переходов

батывания. При этом граф формировали так, чтобы при достижении всех положений был пройден минимальный путь. Таким образом, на основе анализа построенного графа можно оценить минимальное время срабатывания всех переходов и время достижения всех положений. Это позволит выполнить предварительную оценку времени, необходимого для проектирования БД, на основе использования ИТВ, представленной одной таблицей средней сложности.

Всем переходам в графе поставлены в соответствие времена их срабатывания, которые, как и в предыдущем случае, получены на основе экспертных оценок и экспериментальных исследований.

Учитывая задержки срабатывания переходов и правила их срабатывания, сформируем таблицу зажигания переходов (табл. 2).

Кратко поясним принцип формирования таблицы зажигания переходов.

Очередное срабатывание особых переходов  $t_0$  и  $t_{00}$ , а также переходов, срабатывание которых инициирует положения, соответствующие ИТВ и РБД, может происходить в произвольные моменты времени, но с интервалом в 20 с. Поэтому первое срабатывание перехода  $t_0$  возможно через 20 с, а третье — через 60 с. Переход срабатывает только, когда сработали все переходы, расположенные над ним. Поэтому из всех

$N$	Переход	Время срабаты- вания	$N$	Переход	Время срабаты- вания	$N$	Переход	Время срабаты- вания
1	$t_{00}$	20	18	$t_{10}$	710	35	$t_{13}$	170
2	$t_{14}$	30	19	$t_{00}$	80	36	$t_{113}$	180
3	$t_0$	20	20	$t_{00}$	100	37	$t_{10}$	370
4	$t_{00}$	40	21	$t_{13}$	110	38	$t_8$	380
5	$t_{14}$	50	22	$t_8$	720	39	$t_5$	580
6	$t_0$	40	23	$t_5$	920	40	$t_{00}$	160
7	$t_{12}$	60	24	$t_{00}$	120	41	$t_{00}$	180
8	$t_9$	260	25	$t_{00}$	140	42	$t_{13}$	190
9	$t_7$	270	26	$t_{13}$	150	43	$t_{13}$	200
10	$t_{14}$	280	27	$t_{10}$	1120	44	$t_{10}$	390
11	$t_{12}$	290	28	$t_{13}$	930	45	$t_8$	400
12	$t_9$	490	29	$t_8$	1130	46	$t_{00}$	180
13	$t_0$	60	30	$t_5$	200	47	$t_3$	410
14	$t_{00}$	60	31	$t_{00}$	140	48	$t_{00}$	200
15	$t_{14}$	70	32	$t_3$	1140	49	$t_2$	1350
16	$t_7$	500	33	$t_4$	1340			
17	$t_{13}$	510	34	$t_{00}$	160			

поддеревьев, входящих в переход, выбирается дерево с максимальной суммарной задержкой срабатывания, после чего к этой задержке добавляется время срабатывания перехода, например:

$$\{t_{00}, P_8, t_{14}, P_9\}; \{t_0, P_7\} \text{ и} \\ \{\{t_{00}, P_8, t_{10}\}, \{t_0, P_7\}, t_{12}, P_9, t_9, P_{10}\}.$$

Время срабатывания перехода  $t_7$  вычисляется следующим образом:

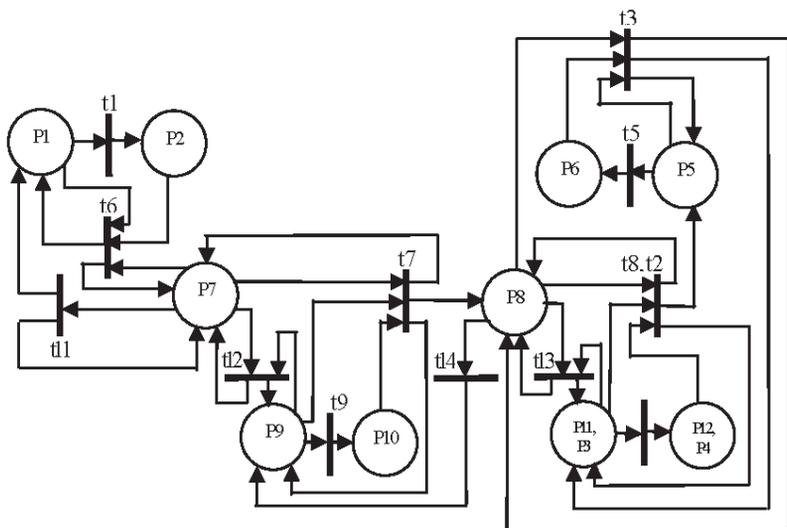
$$\max((\tau_{00} + \tau_{14}), \tau_0, (\max((\tau_{00} + \tau_{14}), \tau_0, ) + \tau_{12} + \tau_9)) + \tau_7 \text{ или} \\ \max((20 + 10), 20, (\max((40 + 10), 20) + 10 + 200)) + 10 = 270.$$

По этому правилу рассчитывается время срабатывания всех переходов.

В качестве оценки времени выполнения одной итерации преобразования таблицы ИТВ в табл. 2 может быть использовано время прохождения деревьев (см. рис. 4 и 5):

$$t_{\text{итерации}} = 240 + 1350 = 1590 \text{ с.}$$

Выполнен анализ возможностей повышения производительности сети. Один из способов повышения производительности сети — это увеличение ее маркерной нагрузки, что соответствует распараллели-



**Рис. 6. Модифицированная сетевая модель**

ванию моделируемых процессов. Процесс нормализации реляционных таблиц тесно связан с процессом формирования связей между таблицами. В связи с этим такие процессы часто протекают практически одновременно. Рассмотрена возможность совмещения процессов и сделан вывод о том, что такая возможность реальна. В результате построена модифицированная сетевая модель (рис. 6), которая, как показал ее анализ, имеет большую производительность [1].

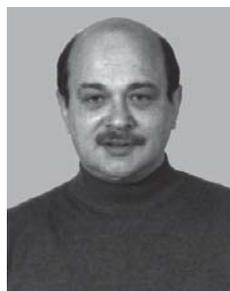
Результатом исследований явилась комплексная оценка временных характеристик системы проектирования РБД на основе использования ИТВ, которая получена на начальных этапах разработки системы. Кроме того, предложены мероприятия, направленные на повышение производительности системы вследствие распараллеливания выполнения совместимых проектных процедур.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балдин А. В., Брешенков А. В. Анализ проблемы проектирования реляционных баз данных на основе использования информации табличного вида и разработка модели методики проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 150 с.
2. Брешенков А. В. Методы решения задач проектирования реляционных баз данных на основе использования существующей информации табличного вида. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 154 с.
3. Rumchandanu С. Analysis of asynchronous concurrent systems by Petry nets. – NAC TR – 120, project MAC, M.I.T. Cambridge(MASS). 1974. – P. 218.
4. Довгялло А. М. Диалог пользователя и ЭВМ. Основы проектирования и реализации. – Киев: Наук. думка, 1981. – 232 с.

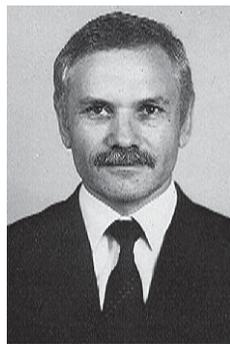
Статья поступила в редакцию 23.01.2007

Александр Владимирович Брешенков родился в 1955 г., окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1982 г. Д-р. техн. наук, доцент кафедры “Компьютерные системы, комплексы и сети” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 70 научных работ в области САПР ЭВМ и баз данных.



A.V. Breshenkov (b. 1955) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1982. Ph. D. (Eng.), assoc. professor of "Computer Systems, Complexes and Networks" department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 70 publications in the field of systems of automated design and data bases.

Александр Викторович Балдин родился в 1951 г., окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1974 г. Д-р техн. наук, начальник отдела интеграции информационных систем МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 73 научных работ в области автоматизации и моделирования процессов управления и баз данных.



A.V. Baldin (b. 1951) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1974. D. Sc. (Eng.), head of department for integration of information systems of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 73 publications in the field of automation and simulation of management processes and data bases.

---

УДК 621.391:681.317

В. Б. Кропотов, Н. В. Медведев,  
И. И. Троицкий

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РЕЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОЛОСА ДИКТОРА В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ ШУМОВОЙ ОБСТАНОВКИ**

*Рассмотрены основные понятия преобразований сигналов (Фурье, Вейвлет), а также исследованы основные модели распознавания речи на основе этих преобразований. В процессе анализа алгоритмов распознавания предложенных моделей выявлены основные недостатки и преимущества каждой из моделей, а также даны рекомендации по использованию в конкретных условиях зашумления.*

Выделение характеристических признаков говорящего человека – основа систем распознавания голоса диктора. При этом использование “сырого” сигнала без предварительной обработки практически не дает положительного результата. Классическим методом при анализе дискретных сигналов является быстрое преобразование Фурье (БПФ) с окном. Однако при анализе сигнала в зашумленной обстановке в