

04, апрель 2016

УДК 519.816

Аналитическое моделирование распределенной системы обработки данных методом фонового потока с помощью программного средства «Конструктор экспертных систем Wi!Mi!»

*Сараев Д.В., студент
кафедры «Системы обработки информации и управления»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Спиридонов С.Б., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедры «Системы обработки информации и управления»
spirid@bmstu.ru*

Распределенная система обработки данных (РСОД) – это система, выполняющая следующие операции: формирование потока информации, передачи ее по каналу связи на удаленный узел (сервер) сервер, обработку данной информации в узле и передачу обработанной информации в узел формирования. Общая формализованная схема распределенной обработки данных в виде сети массового обслуживания (СМО) приведена на рис. 1.

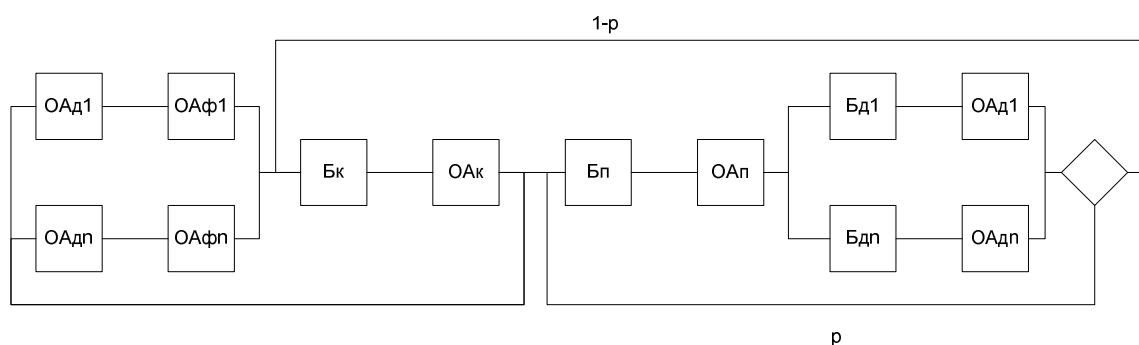


Рис. 1. Формализованная схема РСОД, содержащая персональный компьютер, канал и сервер

В схеме используются следующие обозначения:

$OA_{дi}$ – обслуживающий аппарат, имитирующий дообработку на i -той рабочей станции сети запроса от этой станции к серверу после обработки запроса на сервере;

$OA_{\phi i}$ – обслуживающий аппарат, имитирующий формирование запроса от i -той рабочей станции к серверу; ($i = \overline{1..N}$);

Bn – буфер, имитирующий очередь запросов к каналу;

OA_K — обслуживающий аппарат, имитирующий задержку при передаче данных через канал;

Bn – буфер, имитирующий очередь запросов к процессорам;

OA_n – обслуживающие аппараты, имитирующие работу процессоров;

Bd_i – буфер, имитирующий очередь запросов к i -му диску;

OA_{di} – обслуживающий аппарат, имитирующий работу i -го диска;

P – вероятность обращения запроса к ЦП после обработки на диске. Обслуживание заявок во всех ОА подчиняется экспоненциальному закону.

В таблице 1 представлены исходные данные аналитической модели СМО РСОД.

Таблица 1

Исходные данные аналитической модели.

Обозначение	Описание
N	число рабочих станций сети
T_0	среднее значение времени дообработки на рабочей станции сети запроса от этой станции к базе данных на сервере
T_p	среднее значение времени формирования запроса от рабочей станции сети к базе данных на сервере
t_k	среднее значение времени передачи запроса по каналу
C	число процессоров сервера
$t_{пр}$	среднее значение времени обработки запроса в ЦП сервера
$t_{дi}$	среднее значение времени обработки запроса в диске сервера
P_i	вероятность обращения запроса к i -му диску сервера после обработки запроса в процессоре

В таблице 2 представлены выходные характеристики аналитической модели.

Таблица 2

Выходные характеристики аналитической модели.

Обозначение	Описание
$T_{реак}$	среднее значение времени реакции системы
ρ_k	коэффициент загрузки ОА, имитирующего работу канала передачи данных
$\rho_{пр}$	коэффициент загрузки ОА, имитирующего работу процессора сервера
$\rho_{дi}$	коэффициент загрузки ОА, имитирующего работу i -ого диска сервера

Введём следующие обозначения:

$\lambda_{\phi 1}$ – среднее значение суммарной интенсивности фонового потока запросов, выходящих из ОА, имитирующих работу рабочих станций, в канал;

$\lambda_{\phi 1}\beta$ – среднее значение интенсивности фонового потока запросов, проходящих через ОА, имитирующих работу сервера и дисков, где $\beta=1/(1-p)$;

β – среднее количество проходов запроса по тракту процессор-диски за время одного цикла его обработки в системе;

t_k – среднее значение времени обработки запроса в канале передачи данных; $t_k=0,5(t_{k1}+t_{k2})$,

где t_{k1} и t_{k2} соответственно среднее время передачи запроса по каналу в прямом и обратном направлениях;

n – количество серверов, обслуживающих рабочие станции;

$m=1/P_i$ – количество дисков в сервере, при условии, что все они одинаковые

P_i – вероятность обращения к i -му диску сервера.

При расчете рассматриваемой системы методом фонового потока используется приближённый итерационный алгоритм нахождения значения выходных характеристик рассматриваемой системы:

1. Определяем начальное значение для $\lambda_{\phi 1}$

$$\lambda_{\phi 1} = K_1 \min \left\{ \frac{1}{2t_k}; \frac{C}{\beta t_{np}}; \frac{C1}{\beta P_i t_d} \right\} \frac{N-1}{N}.$$

K_1 принимает значения в диапазоне 0,995...0,99995.

2. Определяем средние времена пребывания запроса в узлах системы: канале, процессоре, дисках:

$$T_k = \frac{2t_k}{1 - 2\lambda_{\phi 1}t_k};$$
$$T_{np} = \frac{\beta t_{np}}{1 - \left(\frac{\beta \lambda_{\phi 1} t_{np}}{C}\right)^C};$$
$$T_d = \frac{\beta t_d}{1 - \beta p_i \lambda_{\phi 1} t_d}.$$

3. Определяем интенсивность фонового потока после очередной итерации:

$$\lambda_{\phi} = \frac{N-1}{T_0 + T_p + T_k + T_{np} + T_d}.$$

4. Сравниваем $\lambda_{\phi 1}$ и λ_{ϕ} . Если $\frac{|\lambda_{\phi 1} - \lambda_{\phi}|}{\lambda_{\phi}} < \Delta_1$, то переход на пункт 6, иначе на пункт 5.

5. Определяем новое приближённое значение для $\lambda_{\phi 1}$:

$$\delta_1 = \frac{(\lambda_{\phi 1} - \lambda_{\phi})}{K_2}.$$

K_2 принимает значения в диапазоне 10...1000.

$$\lambda_{\phi 1} = (\lambda_{\phi 1} - \delta_1).$$

Переходим на пункт 2.

6. Определяем выходные результаты аналитической модели.

Определяем средние времена пребывания запроса в узлах системы: канале, процессоре и дисках.

Определяем загрузку основных узлов системы: рабочей станции, пользователя, канала передачи данных, процессора и дисков сервера.

$$p_{PC} = \frac{T_0 + T_p}{T_{\text{цикла}}};$$

$$p_{\text{польз}} = \frac{T_p}{T_{\text{цикла}}},$$

где $T_{\text{цикла}} = T_0 + T_p + T_k + T_{np} + T_d$.

$$p_k = 2\lambda t_k;$$

$$p_{np} = \frac{\beta \lambda t_{np}}{c};$$

$$p_d = \beta p_i \lambda t_d,$$

где

$$\lambda = \frac{N}{T_{\text{цикла}}}.$$

Выполнение аналитического моделирования будет производиться в программе «Конструктор экспертных систем Wi!Mi!». Данный программный продукт позволяет создавать логически решающие системы на основе миварного подхода систем искусственного интеллекта. Для этого необходимо создать четыре класса (исходные данные, выходные данные, фоновый поток, работа в цикле) и добавить параметры в эти классы в соответствии с таблицами 3 – 4.

Связь в миварном подходе – это ассоциация между объектами, значимая для рассматриваемой предметной области. Отношение – это вид связи, использующая абстрактные переменные и описывающая их взаимодействие. Правила – вид связи, привязывающее отношение к конкретным объектам. Ограничение – это вид правила, проверяющее входные данные на корректность.

Таблица 3

Исходные данные для модели

№ п/п	Обозначение	Тип параметра
1	C	число
2	delta	число
3	G	число
4	K1	число
5	K2	число
6	m	число
7	N	число
8	T0	число
9	Tr	число
10	tcpu	число
11	tdi	число
12	tk1	число
13	tk2	число

Таблица 4

Выходные данные для модели

№ п/п	Обозначение	Тип параметра
1	PoCPU	число
2	PoDi	число
3	PoK	число
4	Ppc	число
5	Pu	число
6	Tloop	число
7	Tr	число

Таблица 5

Фоновый поток

№ п/п	Обозначение	Тип параметра
1	b	число
2	min	число
3	Pi	число
4	tk	число

Таблица 6

Работа в цикле

№ п/п	Обозначение	Тип параметра
1	i	число
2	Tcpu	число
3	Tk	число
4	Td	число

В результате должны быть сформированы классы с параметрами (рис. 2).

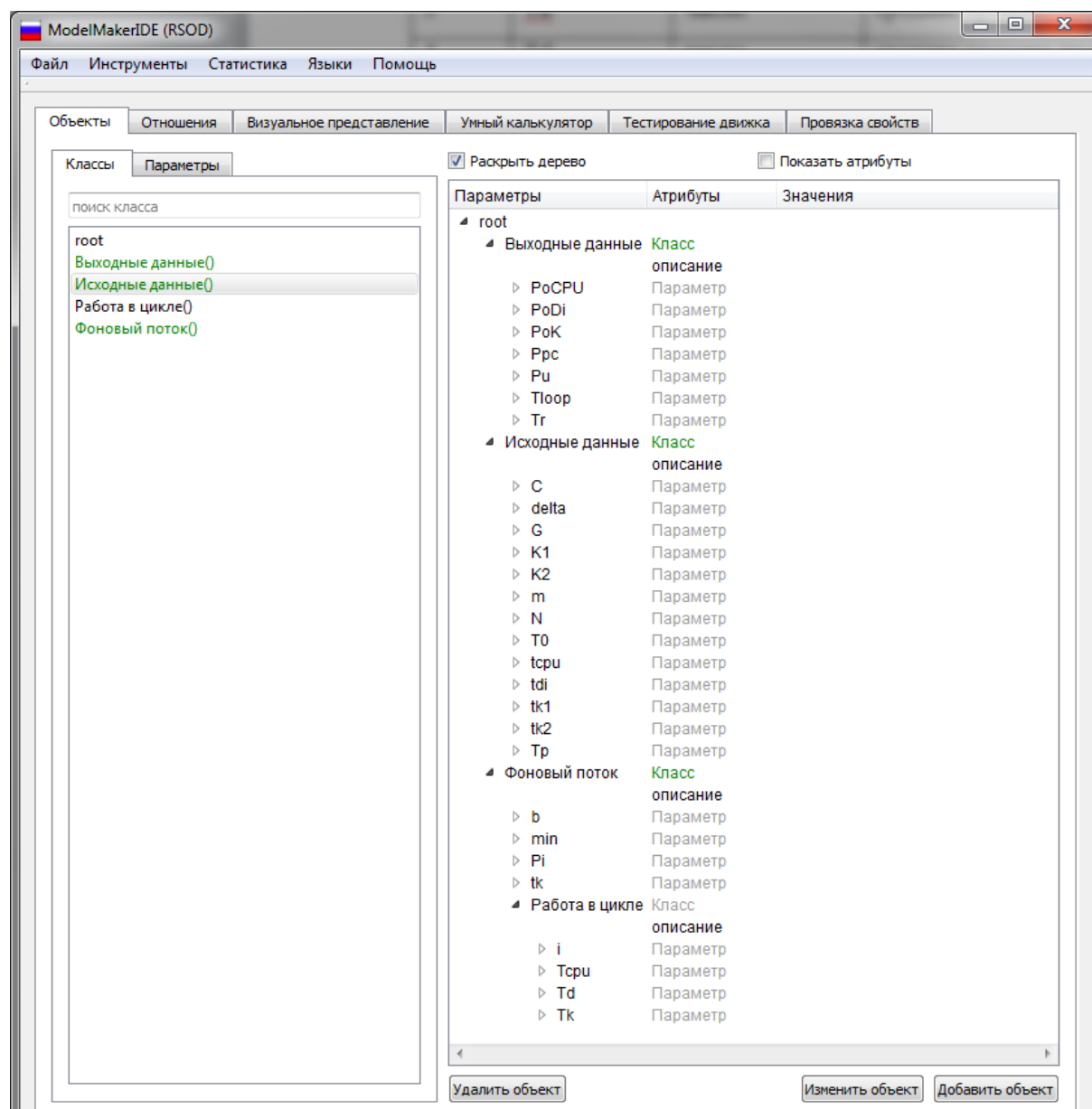


Рис. 2. Сформированные в модели классы и их параметры

Далее необходимо создать отношения, используя данные таблицы 5, и добавить правила.

Отношения в модели

№ п/п	Формула	Входные параметры	Выходные параметры	Тип
1	$a=(b+c)/2$	b,c	a	simple
2	$a \geq 10$	-	-	constr
3	$a \leq 1000$	-	-	constr
4	$a \geq 0,995$	-	-	constr
5	$a \leq 0,99995$	-	-	constr
6	$a \geq 0$	-	-	constr
7	$a < 1$	-	-	constr
8	$y1=x1+x2+x3+x4+x5;$ $z=z1/y1;$ $y2=(x1+x2)/y1;$ $y3= x2/y1;$ $y4=2*z*x6;$ $y5=b*z*x7/x8;$ $y6=b* z *x9*x10;$	x1, x2, x3, x4, x5, x6, x8, x9, x10, z, z1	y1, y2, y3, y4, y5, y6	code
9	$y=x1+x2+x3+x4$	x1, x2, x3, x4	y	simple
10	$y=1/(1-x)$	x	y	simple
11	$y=1/x$	x	y	simple

Необходимо добавить отношения, реализующие следующие действия:

- вычисляющее минимальное значение по формуле:

$$y = \min \left\{ \frac{1}{2 * x1}; \frac{x2}{x3 * x4}; \frac{1}{x3 * x5 * x6} \right\};$$

- реализующие цикл системы.

Затем добавляем правила, реализующие следующие формулы:

$$\beta = \frac{1}{(1-p)};$$

$$t_K = \frac{(t_{k1} + t_{k2})}{2};$$

$$Pi = \frac{1}{m};$$

$$\min = \min \left\{ \frac{1}{2tk}; \frac{C}{b * t_{cpu}}; \frac{1}{b * Pi * tdi} \right\};$$

$$T_{loop} = T_0 + T_p + T_k + T_{cpu} + T_d;$$

$$l = \frac{N}{T_{loop}};$$

$$P_{pc} = \frac{T_0 + T_p}{T_{loop}};$$

$$P_u = \frac{T_p}{T_{loop}};$$

$$p_k = 2lt_k;$$

$$p_{cpu} = \frac{blt_{cpu}}{C};$$

$$p_d = blP_i t_d;$$

$$T_r = T_p + T_k + T_{cpu} + T_d.$$

После данных операций необходимо добавить ограничения на K1, K2 и G, и в результате должны быть сформированы отношения (рис 3), правила (рис. 4) и ограничения (рис. 5).

Отношения				
	UID	Формула	Входные параметры	Выходные пар
1	O2014-11-13172922604-00488	$a=(b+c)/2$	b, c	a
2	O2014-12-07141516579-09356	if (a>=10) {flag = true;} else {flag = false;}	a	flag
3	O2014-12-07141550505-06075	if (a<=1000) {flag = true;} else {flag = false;}	a	flag
4	O2014-12-07141933264-09576	if (a>=0.995) {flag = true;} else {flag = false;}	a	flag
5	O2014-12-07141949216-09482	if (a<=0.99995) {flag = true;} else {flag = false;}	a	flag
6	O2014-12-11143109774-05196	if (G<=1) {flag = true;} else {flag = false;}	G	flag
7	O2014-12-11143129836-08433	if (G>=0) {flag = true;} else {flag = false;}	G	flag
8	O2014-12-07130101329-01908	var a,d,c,min, tk, C,b,Pi, tdi, tcpu;if (tk==0){a=1;}	tk, C, b, Pi, tdi, tcpu	min
9	O2014-12-11140201652-06195	var delta, sigma, i, Lf1, Lf2, Lf, K1, K2, min, temp, tk, b, tcpu, C, tdi, Pi, N, T0, Tp, Tk, Tcpu, T...	delta, K1, K2, min, tk, b, tcpu, C, tdi, Pi, N, T0, Tp	Tk, Td, Tcpu, i
10	O2014-12-07165321655-07564	var N, Tloop, l, Ppc, Pu, pk, pcpu, pd, T0, Tp, Tk, Tcpu, Td, tk, b, tcpu, C, Pi, tdi;	N, T0, Tp, Tk, Tcpu, Td, tk, b, tcpu, C, Pi, tdi	Tloop, Ppc, Pu, pk, pcpu
11	O2014-12-11105901833-06639	Tr= Tp+ Tk+ Tcpu+ Td	Tp, Tk, Tcpu, Td	Tr
12	O2014-12-07132919870-05930	$y=1/(1-x)$	x	y
13	O2014-12-07133144556-09969	$y=1/x1$	x1	y

Рис. 3. Отношения в модели

Правила	
Правила	Ограничения
1 tk1(Среднее значение времени передачи запроса по каналу в прямом направлении),tk2(Среднее значение времени передачи запроса по каналу в обратном направлении)	
2 G(Вероятность обращения запоса к ЦП)	
3 m(количество дисков в сервере)	
4 tk(Среднее значение времени обработки запроса в канале передачи данных),C(Число процессоров сервера),b(Среднее количество проходов запроса по тракту процессор	
5 N(Число рабочих станций сети),T0(Среднее значение времени дообработки на рабочей станции сети запроса от этой станции к базе данных на сервере),Tp(Среднее значен	
6 Tp(Среднее значение времени формирования запроса от рабочей станции сети к базе данных на сервере),Tk(Среднее время пребывания запроса в канале системы),Tcpu(
7 delta(Точность расчетов),K1(принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.),K2(Принимает значения в диапазоне 10...1000),min(минимальное значение),tk(Среднее значени	

Рис. 4. Правила в модели

Правила		Ограничения		
Ограничения				
	UID	Отношение	Входные параметры	Описание
1	C2014-12-0714...	O2014-12-071415165...	K2(Принимает значения в диапазоне 10...1000)	K2 принимает значения в диапазоне 10...1000
2	C2014-12-0714...	O2014-12-071415505...	K2(Принимает значения в диапазоне 10...1000)	K2 принимает значения в диапазоне 10...1000
3	C2014-12-0714...	O2014-12-071419332...	K1(принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.)	K1 принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.
4	C2014-12-0714...	O2014-12-071419492...	K1(принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.)	K1 принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.
5	C2014-12-1114...	O2014-12-111431097...	G(Вероятность обращения запаса к ЦП)	
6	C2014-12-1114...	O2014-12-111431298...	G(Вероятность обращения запаса к ЦП)	

Рис. 5. Ограничения в модели

Следующим этапом в аналитическом моделировании РСОД в программе будет проверка работоспособности модели. Во вкладке «Умный калькулятор» нужно ввести в поле K1 значение, не попадающее в интервал 0,995...0,99995 (например, 0,9), выбрать одно или несколько выходных значений и рассчитать модель, нажатием на кнопку «Расчет». В результате должно появиться сообщение «Не выполнено ограничение» (рис. 6).

Объекты
Отношения
Визуальное представление
Умный калькулятор
Тестирование движка
Проверка свойств

☐ Раскрыть дерево
☐ Показать только найденные

Объект	Значение	Найти	Описание
root			
Выходные данные			
RoCPU	число	<input checked="" type="checkbox"/>	Коэффициент загрузки ОА, имитирующего работу процессора сервера
RoDi	число	<input type="checkbox"/>	Коэффициент загрузки ОА, имитирующего работу i-ого диска сервера
RoK	число	<input type="checkbox"/>	Коэффициент загрузки обслуживающего аппарата, имитирующего работу канала передачи данных
Rpc	число	<input type="checkbox"/>	Загрузка РС
Ru	число	<input type="checkbox"/>	Загрузка пользователя
Tloop	число	<input type="checkbox"/>	Время цикла системы
Tr	число	<input type="checkbox"/>	Время реакции системы
Исходные данные			
C	число	<input type="checkbox"/>	Число процессоров сервера
delta	0.01	<input type="checkbox"/>	Точность расчетов
G	число	<input type="checkbox"/>	Вероятность обращения запаса к ЦП
K1	0	<input type="checkbox"/>	принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.
K2	число	<input type="checkbox"/>	Принимает значения в диапазоне 10...1000
m	число	<input type="checkbox"/>	количество дисков в сервере
N	число	<input type="checkbox"/>	Число рабочих станций сети
T0	число	<input type="checkbox"/>	Среднее значение времени дообработки на рабочей станции сети запроса от этой станции к базе данных на сервере
tcpu	число	<input type="checkbox"/>	Среднее значение времени обработки запроса в ЦП сервера
tdi	число	<input type="checkbox"/>	Среднее значение времени обработки запроса в диске сервера
tk1	0	<input type="checkbox"/>	Среднее значение времени передачи запроса по каналу в прямом направлении
tk2	0	<input type="checkbox"/>	Среднее значение времени передачи запроса по каналу в обратном направлении
Ts	число	<input type="checkbox"/>	Среднее значение времени обслуживания запроса на рабочей станции сети

Расчет
Очистить

Не выполнено ограничение:
C2014-12-07142013096-03623 | if (a>=0.995) (flag = true); else (flag = false); | K1 принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.
K1(принимает значения в диапазоне 0.995...0.99995.)(Исходные данные)=0

Рис. 6. Проверка на выполнение ограничений

После создания модели РСОД в «Конструкторе экспертных систем Wi!Mi!» можно производить аналитический расчет данной системы в зависимости от различных входных параметров. Пример результатов моделирования приведен в таблице 8.

Результаты моделирования

Номер эксперимента	1	2	3	4	5
Исходные данные					
Количество рабочих станций (N)	10	10	20	20	30
Среднее время дообработки запроса на РС (T0)	50	100	50	100	50
Среднее время формирования запроса на РС (Tr)	50	100	50	100	100
Среднее время передачи через канал в прямом направлении (tk1)	5	10	10	5	5
Среднее время передачи через канал в обратном направлении (tk2)	5	10	10	5	5
Количество процессоров (C)	1	2	1	2	1
Среднее время обработки запроса на процессоре (tcpi)	10	20	10	20	10
Количество дисков (m)	2	4	2	2	2
Среднее время обработки запроса на диске (tdi)	20	10	20	20	40
Вероятность обращения запроса к ЦП после обработки на диске (G)	0	0	0	0	0
Результаты моделирования					
Загрузка рабочей станции (Ppc)	0,554	0,694	0,241	0,652	0,234
Загрузка пользователя рабочей станции (Pu)	0,277	0,347	0,120	0,362	0,156
Загрузка канала (PoK)	0,554	0,694	0,962	0,652	0,467
Загрузка процессора (PoCPU)	0,554	0,174	0,481	0,652	0,467
Загрузка диска (PoDi)	0,554	0,174	0,481	0,652	0,935
Среднее время цикла системы (Tloop)	181	288	416	307	642
Среднее время реакции системы (Tr)	131	188	366	207	542

Основным преимуществом программного продукта «Конструктор экспертных систем Wi!Mi!» является его гибкость к созданию различного рода решающих систем, не требует высокой квалификации разработчика, малое время выполнения расчетов.

Список литературы

- [1] Постников В.М., Черненко В.М. Принятие решений в системах организационного управления. М.: Изд-во: МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2014. 205 с.
- [2] Варламов О.О. Практикум по миварному моделированию и созданию и созданию экспертных систем (на примере программного комплекса «Конструктор экспертных систем МИВАР 1.1» (КЭСМИ 1.1.). учеб. пособие / под. Ред. О.О. Варламова. М.: Изд-во НИИ МИВАР, 2015. 246 с.
- [3] Гребенников В.М., Постников В.М. Система моделирования вычислительных комплексов и сетей // Моделирование систем. 2001. № 2. С. 24-36.

- [4] Постников В.М., Основы эксплуатации автоматизированных систем обработки информации и управления. Краткий курс : учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 177, [2] с.: ил.
- [5] Мадера А.Г., Моделирование и принятие решений в менеджменте. Руководство для будущих топ-менеджеров. М.: ЛКИ, 2009. 688 с.
- [6] Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций: учеб. для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 436 с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XX).
- [7] Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. 2-е изд., стер. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 208 с.