

Разработка и исследование
информационно-аналитического
обеспечения циклической интеграции
сервис-ориентированных средств

доктор технических наук,
профессор Птицына Л. К.

Объект и предмет исследования

В качестве объекта исследования выступает интеграция сервис-ориентированных средств с произвольной топологией.

В качестве предмета исследования выступает качество совместной работы служб.

Цель исследования

Цель исследований заключается в развитии технологического сопровождения систем интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией, позволяющего определять и оценивать качество их функционирования в инфокоммуникационных средах.

Задачи исследования

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать показатели качества функционирования сервис-ориентированной архитектуры с произвольной топологией интеграции сервисов;
- разработать методику формирования расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией;
- создать методику анализа расширенных объектно-ориентированных моделей циклической интеграции сервис-ориентированных средств;

Задачи исследования

- подготовить среду для автоматизации аналитического исследования моделей интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией;
- подтвердить правомерность методики анализа расширенных объектно-ориентированных моделей циклической интеграции сервис-ориентированных средств;
- разработать методику анализа расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией;

Задачи исследования

- подтвердить правомерность методики анализа расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией;
- сформировать типовые модельные шаблоны циклической интеграции сервис-ориентированных средств;
- выполнить аналитическое определение показателей качества функционирования сервис-ориентированной архитектуры при использовании типовых модельных шаблонов циклической интеграции сервисов;

Задачи исследования

- подтвердить правомерность аналитического определения показателей качества функционирования сервис-ориентированной архитектуры при использовании типовых модельных шаблонов циклической интеграции сервисов;
- выявить основные закономерности в поведении сервис-ориентированной архитектуры при использовании типовых модельных шаблонов циклической интеграции сервисов.

Научная новизна результатов магистерской диссертации

- разработана методика формирования расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств, которая, в отличие от подобных формализаций, ориентируется на отображение произвольной топологии её организации в рамках объектно-ориентированного моделирования в классах конечных автоматов и диаграмм деятельности;
- усовершенствована известная методика анализа расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств за счёт учета вероятных циклических связей в её организации.

Практическая значимость результатов магистерской диссертации

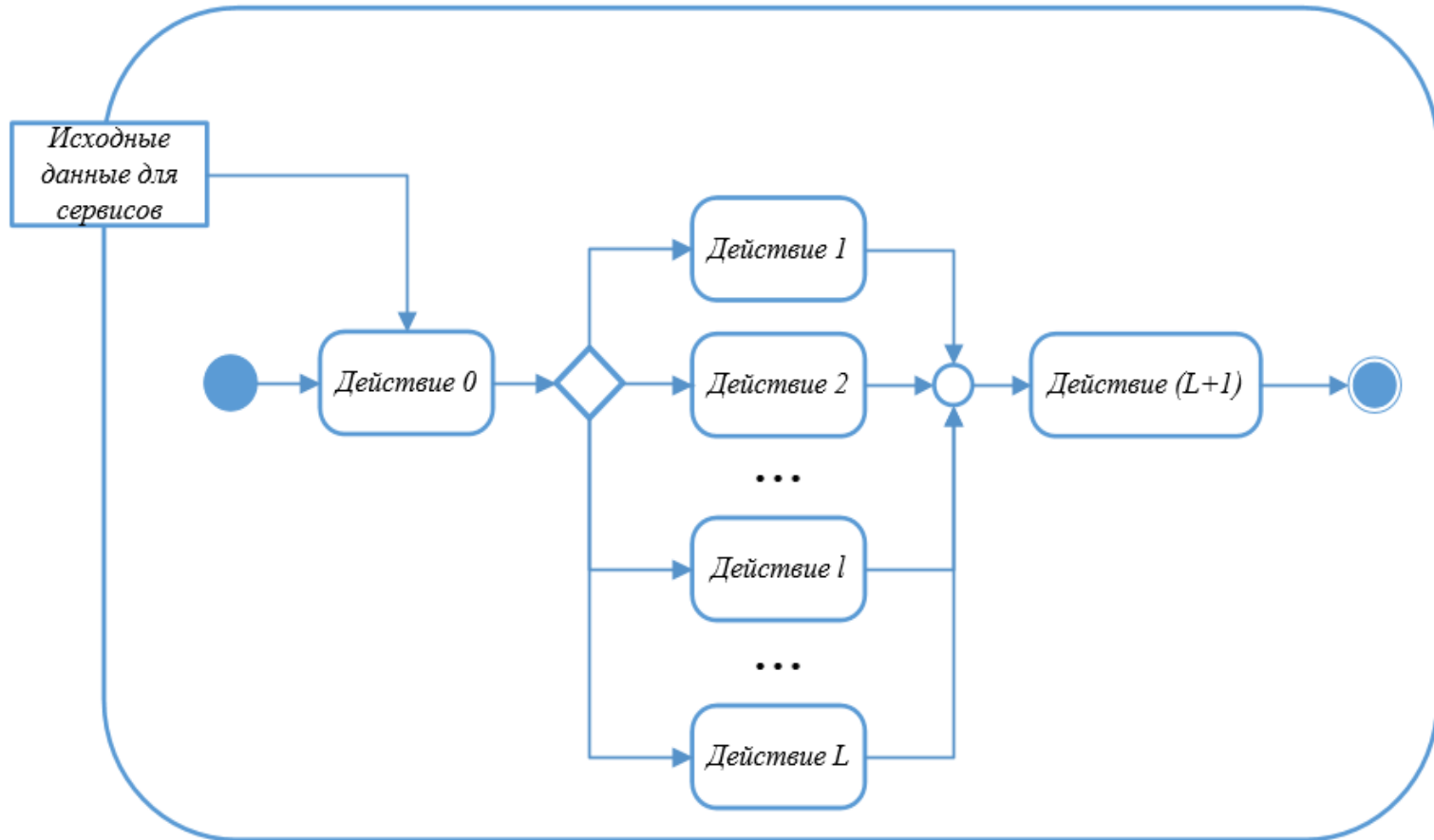
- обеспечена возможность получения количественных оценок показателей качества систем интеграции сервис-ориентированных средств при произвольных топологиях её организации в рамках объектно-ориентированного моделирования в классах конечных автоматов и диаграмм деятельности;
- разработаны основные компоненты инструментария для сравнительного анализа альтернативных способов интеграции сервис-ориентированных средств.

Выбор показателей качества

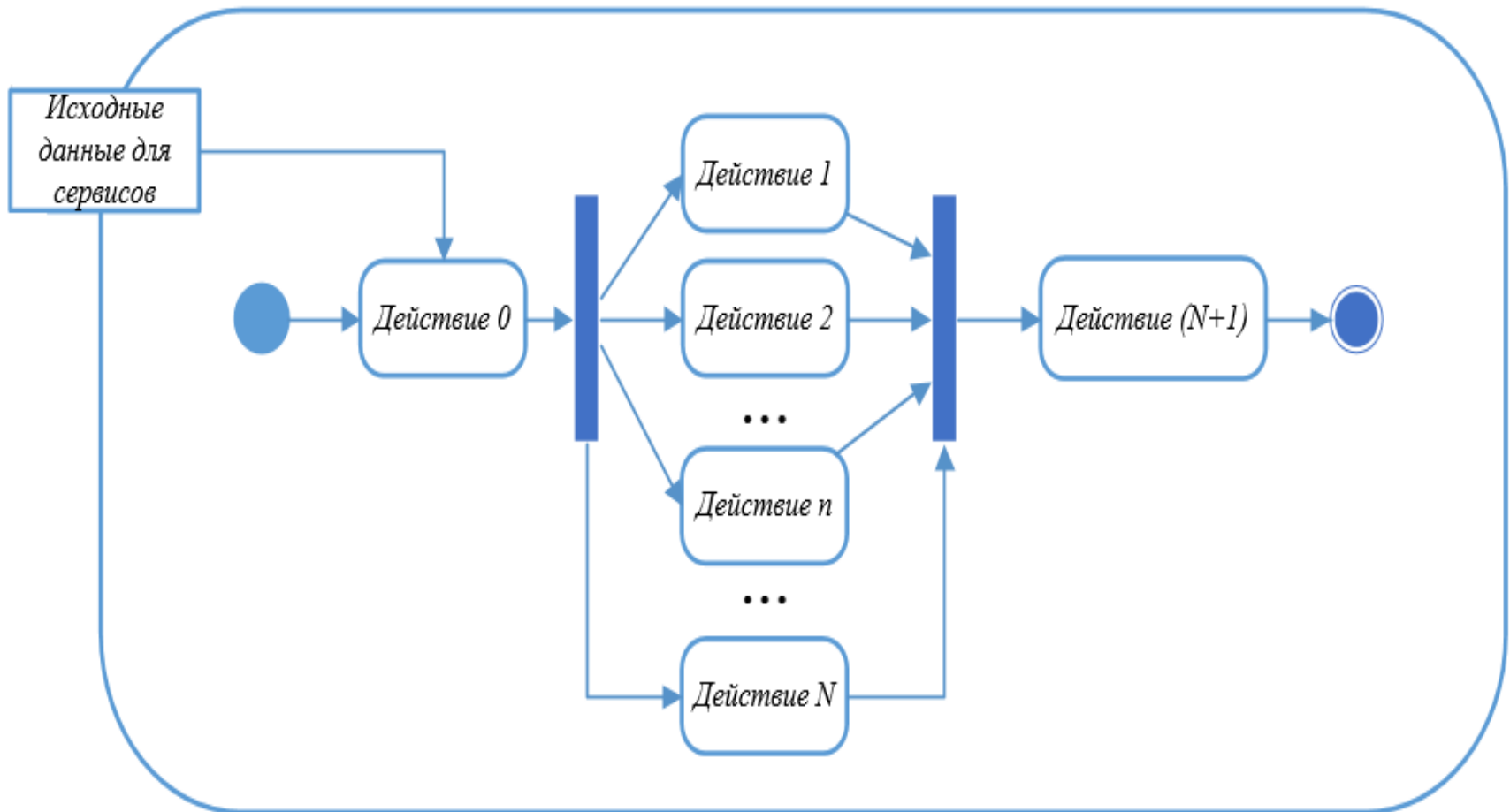
В среде сервис-ориентированных архитектур наибольший интерес у разработчиков вызывают временные статистические факторы.

Наиболее полную информацию о времени выполнения интеграции сервис-ориентированных средств несет в себе плотность распределения вероятности.

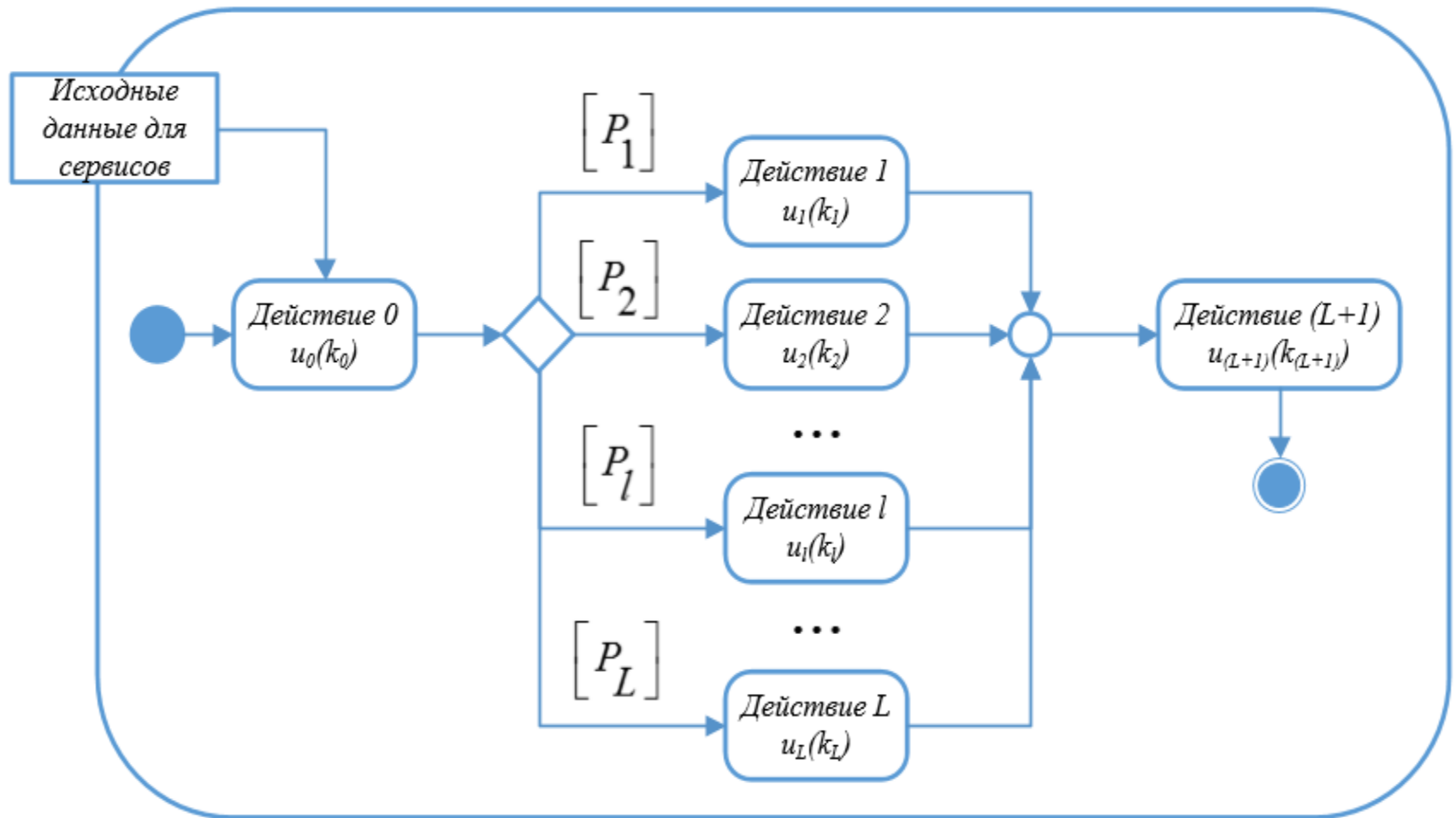
Типовая модель альтернативных действий



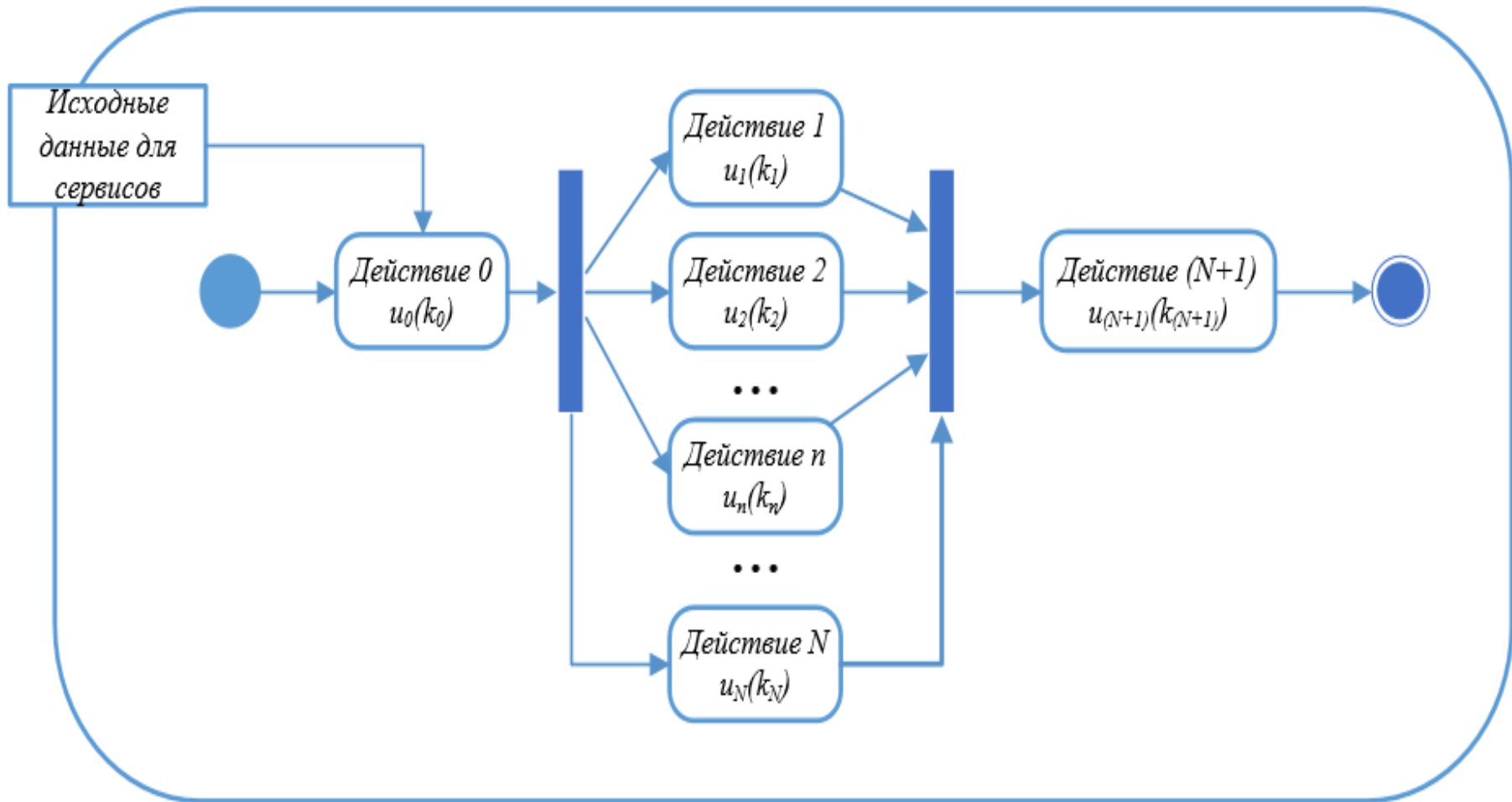
Типовая модель параллельных действий



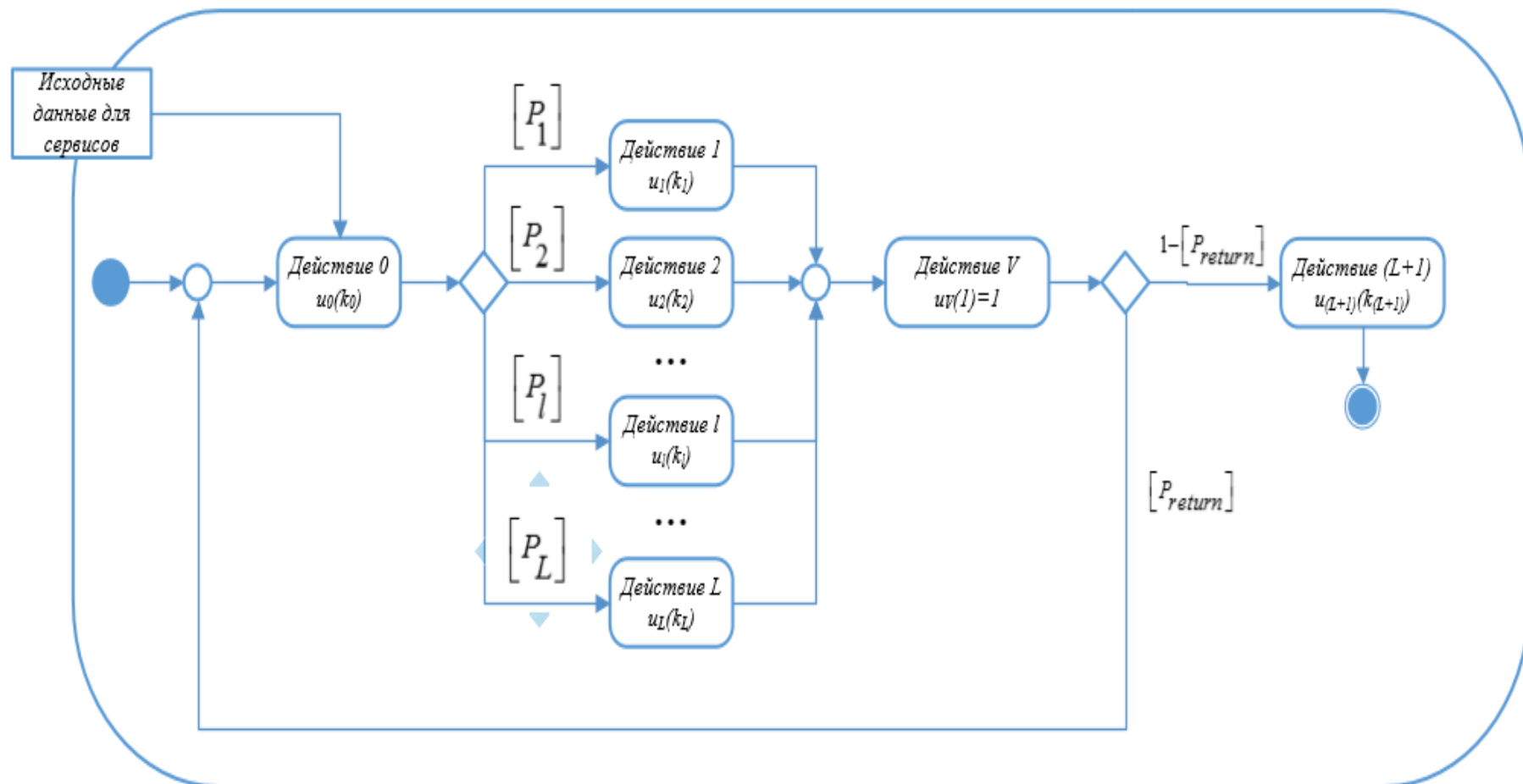
Расширенная типовая модель альтернативных действий



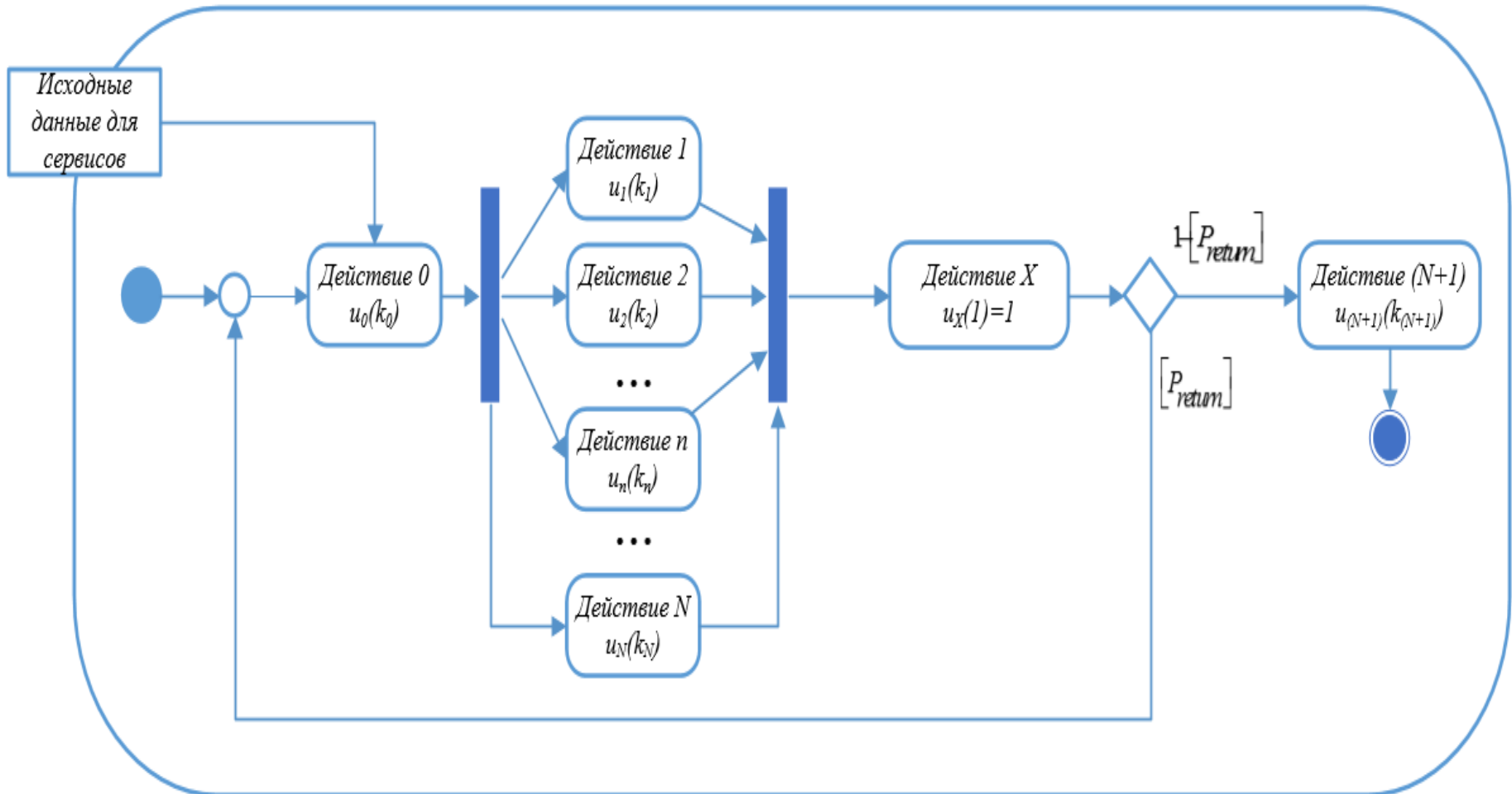
Расширенная типовая модель параллельных действий



Расширенная модель интеграции с возвратом после альтернативных вариантов поведения системы



Расширенная модель интеграции с возвратом после параллельной работы служб



Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

Для определения выбранных показателей качества совместной работы служб с произвольной топологией, в том числе с учетом возможного возврата, необходимо выполнить следующие процедуры:

1. Каждую группу узлов альтернативных вариантов поведения заменить новым узлом с эквивалентной плотностью распределения вероятности:

$$u(k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j}) = \sum_{l=1}^{L_j} p_{j,l} u_l(k_l), \quad (1)$$

$$k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j} = \min_l k_l, \dots, \max_l k_l; l = 1, 2, \dots, L_j;$$

Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

2. Каждую группу узлов параллельных действий заменить новым узлом с эквивалентной плотностью распределения вероятности. Для этого необходимо представить узлы соединения в базисе функций и , или, “ M из N ”, где N – степень параллельности, M – число действий исходящих из узла ветвления.

Если при соединении параллельных действий используется булева функция "и", то:

$$u_{\wedge}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \prod_{n=1}^N \left(\sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_n(k_n) \right) - \prod_{n=1}^N \left(\sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}-1} u_n(k_n) \right), \quad (2)$$
$$k_{1,2,\dots,n,\dots,N} = \max_n(\min k_1, \min k_2, \dots, \min k_n, \dots, \min k_N), \dots,$$
$$\dots, \max_n(\max k_1, \max k_2, \dots, \max k_n, \dots, \max k_N);$$

Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

Если при соединении параллельных действий используется булева функция "или", то:

$$u_{\vee}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \prod_{n=1}^N (1 - \sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}-1} u_n(k_n)) - \prod_{n=1}^N (1 - \sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_n(k_n)), \quad (3)$$

$$k_{1,2,\dots,n,\dots,N} = \min_n(\min k_1, \min k_2, \dots, \min k_n, \dots, \min k_N), \dots, \min_n(\max k_1, \max k_2, \dots, \max k_n, \dots, \max k_N);$$

Если при соединении параллельных действий используется булева функция "M из N", то:

$$u_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) - U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N} - 1); \quad (4)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\wedge}(r) \text{ при } M = N; \quad (5)$$

Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\vee}(r) \text{ при } M = 1; \quad (6)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = G(N, M, N, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) \text{ при } 1 < M < N; \quad (7)$$

$$G(N, M, IND, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \begin{cases} 0, \text{ если } M > N; \\ \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\vee}(r), \text{ если } M = 1; \\ \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\wedge}(r), \text{ если } M = N; \\ U_{IND}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})G(N-1, M-1, IND-1, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) + \\ +(1 - U_{IND}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})) \times \\ \times G(N-1, M, IND-1, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}), \text{ если } M < N; \end{cases} \quad (8)$$

$$U_{IND}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{IND}(r); \quad IND = 1, 2, \dots, N.$$

Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

3. Каждую последовательность узлов действий заменить новым узлом с эквивалентной плотностью распределения вероятности:

$$u(k_{0,1,\dots,m}) = \sum_{\min k_{0,1,\dots,(m-1)}}^{\max k_{0,1,\dots,(m-1)}} u(k_{0,1,\dots,(m-1)}) u_m(k_{0,1,\dots,m} - k_{0,1,\dots,(m-1)}) \quad (9)$$

$$k_{0,1,\dots,m} = \min(k_0 + k_1 + \dots + k_m), \dots, \max(k_0 + k_1 + \dots + k_m), m = 0, 1, \dots, M_j$$

4. Если на анализируемой модели отсутствуют циклические связи то определяем выбранные показатели качества времени выполнения деятельности

$$E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}] = \sum_{\min k_{0,1,\dots,i,\dots,I}}^{\max k_{0,1,\dots,i,\dots,I}} k_{0,1,\dots,i,\dots,I} u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I}) \quad (10)$$

$$D[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}] = \sum_{\min k_{0,1,\dots,i,\dots,I}}^{\max k_{0,1,\dots,i,\dots,I}} (k_{0,1,\dots,i,\dots,I} - E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}])^2 u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I}) \quad (11)$$

Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

5. При наличии циклического возврата – сформировать матричное описание циклической интеграции сервис-ориентированных средств

$$P_{io} = \begin{bmatrix} 0 & u_i(N) & u_i(N-1) & u_i(N-2) & u_i(N-3) \dots & u_i(1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ p & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & (1-p) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

$$u_{io}(k_{io}) = P_{io,1,N+2}^{(k_{io})} - P_{io,1,N+2}^{(k_{io}-1)} \quad (13)$$

$$k_{io} = 1, 2, \dots, N, \dots$$

$$E[k_{io}] = \sum_{\min k_{io}}^{\max k_{io}} k_{io} u_{io}(k_{io}) \quad (14)$$

$$D[k_{io}] = \sum_{\min k_{io}}^{\max k_{io}} (k_{io} - E[k_{io}])^2 u_{io}(k_{io}) \quad (15)$$

6. Последовательность узлов действий заменить новым узлом с эквивалентной плотностью распределения вероятности в соответствии с соотношением (9), определить показатели качества в соответствии с соотношениями (10) и (11)

Методика анализа расширенной объектно-ориентированной модели

Прикладной характер предложенной методики раскрывается прежде всего при анализе типовых профилей циклической интеграции сервис-ориентированных средств.

В магистерской диссертации методика анализа расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции применена к 4 типовым сценариям циклической интеграции:

1. Сценарий первый: когда циклический возврат возникает после альтернативных вариантов поведения системы;
2. Сценарий второй: когда циклический возврат возникает после параллельной работы служб, в случае соединения по функции "и".
3. Сценарий третий: когда циклический возврат возникает после параллельной работы служб, в случае соединения по функции "или".
4. Сценарий четвертый: когда циклический возврат возникает после параллельной работы служб, в случае соединения по булевой функции " M из N ".

Определение аналитических соотношений

Определение явных аналитических соотношений оценки качества совместной работы служб значительно упростит математическое обеспечение модельно-аналитического интеллекта интеграции сервис-ориентированных средств, формирование которого является одной из задач настоящей магистерской диссертации.

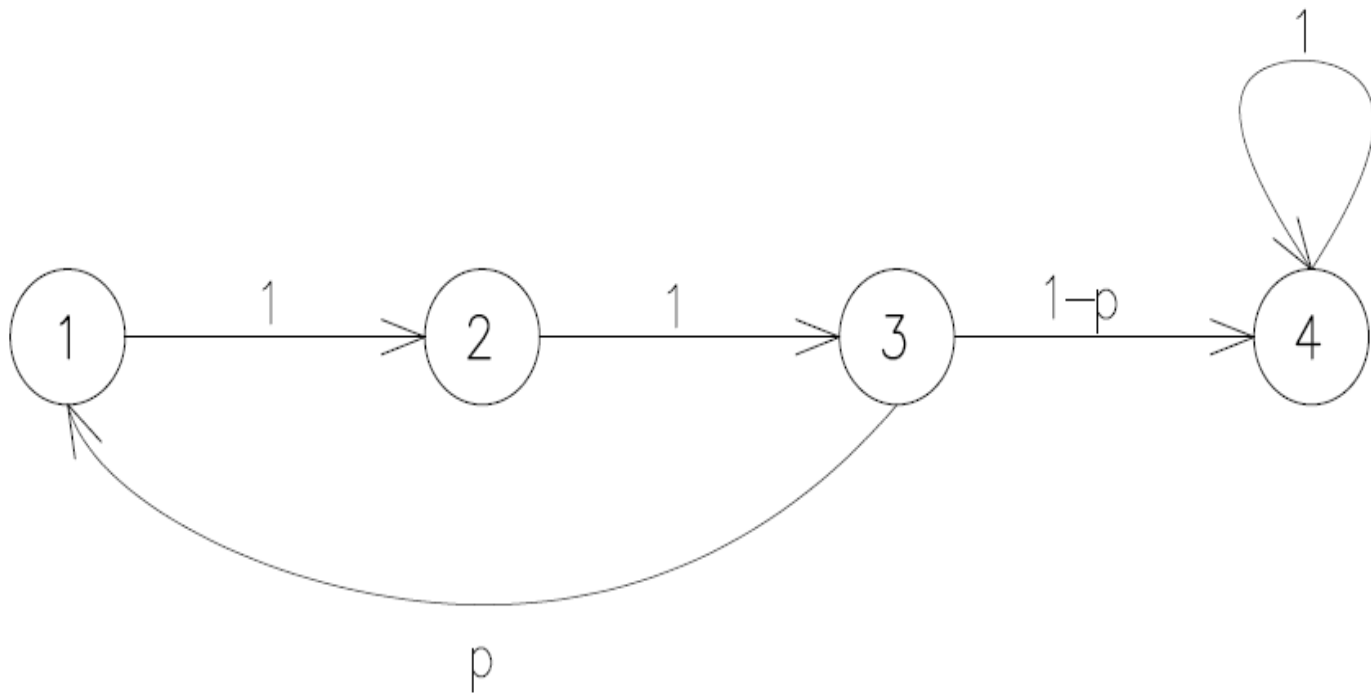
Определить аналитические соотношения оценки качества совместной работы служб возможно только при фиксированной топологии системы.

Определение аналитических соотношений

Матричное описание циклической интеграции сервис-ориентированных средств с параметрами $u_i(N=2)=1$ представляется в виде:

$$P_{io1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ p & 0 & 0 & (1-p) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Определение аналитических соотношений



Определение аналитических соотношений

Таблица 1 – Результаты вычисления u_{io1}

Вычисляемый параметр модели:	Результат:
$u_{io1}(k_{io1}=3)$	$1-p$
$u_{io1}(k_{io1}=6)$	$p(1-p)$
$u_{io1}(k_{io1}=9)$	$p^2(1-p)$
$u_{io1}(k_{io1}=12)$	$p^3(1-p)$
$u_{io1}(k_{io1}=15)$	$p^4(1-p)$

Определение аналитических соотношений

$$u_{i01}(k_{i01} = k_{i1}(N+1)) = p^{k_{i1}-1} (1-p), k_{i1} = 1, 2, 3, \dots, K_{i1}; \quad (17)$$

$$E[k_{i01}] = 3(1-p)(1 + 2p + 3p^2 + 4p^3 + 5p^4); \quad (18)$$

$$D[k_{i01}] = 9p(p-1)(1 + 3p + 10p^2 + 3p^3 + 5p^4 - 16p^5 + 15p^6 - 2p^7 + 37p^8 - 15p^9 + 8p^{10} - 9p^{11} - 10p^{12} + 25p^{13}); \quad (19)$$

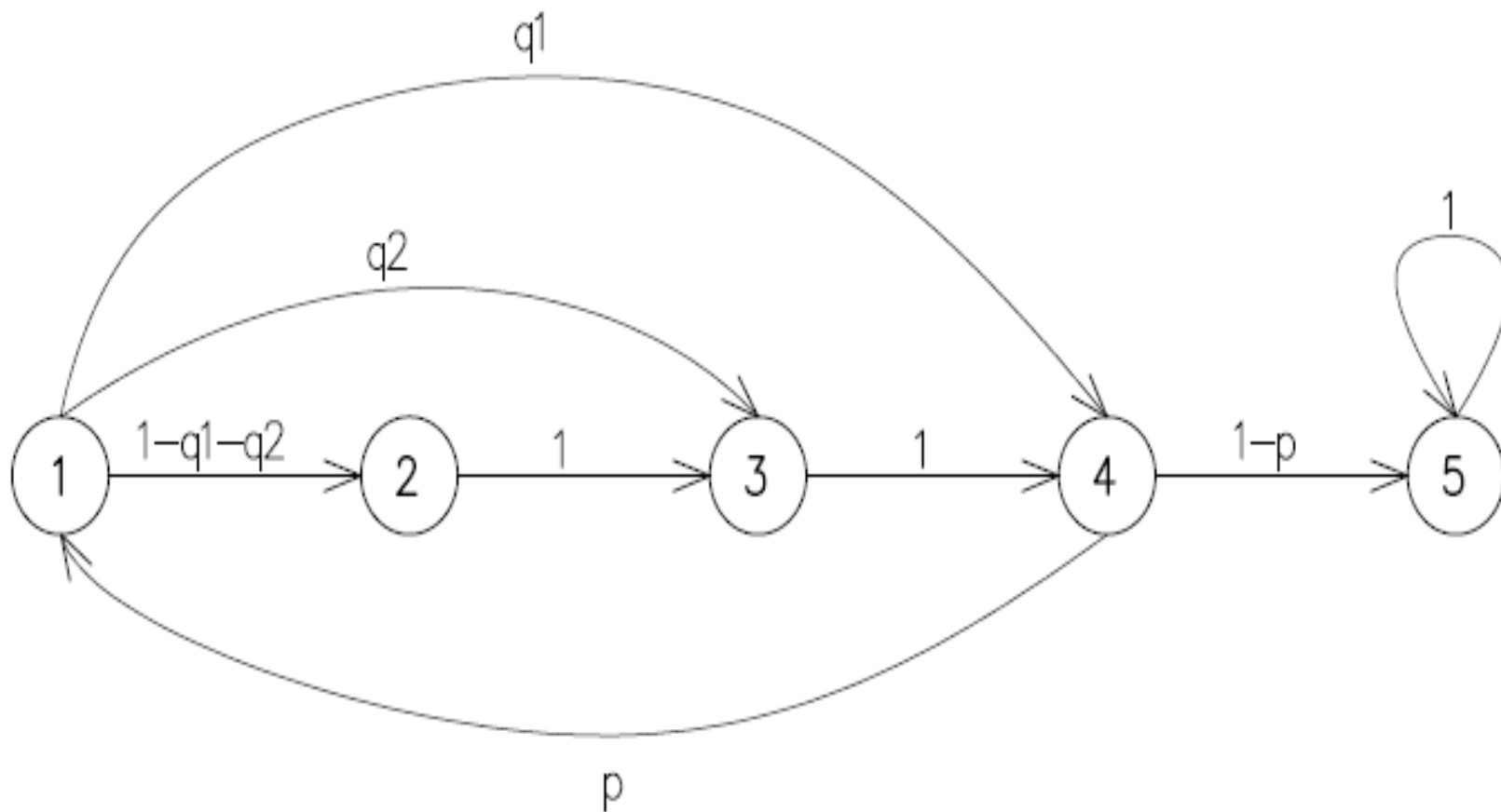
$$1 - \sum_{k_{io}=1}^{K_{io}} \left(P_{io,1,N+2}^{(k_{io})} - P_{io,1,N+2}^{(k_{io}-1)} \right) \leq \delta. \quad (20)$$

Определение аналитических соотношений

Матричное описание циклической интеграции сервис-ориентированных средств с параметрами $u_i(N=1)=q_1$, $u_i(N=2)=q_2$, $u_i(N=3)=1 - q_1 - q_2$ представляется в виде:

$$P_{io2} = \begin{bmatrix} 0 & 1 - q_1 - q_2 & q_2 & q_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ p & 0 & 0 & 0 & (1 - p) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

Определение аналитических соотношений



Определение аналитических соотношений

```
Инструментальное средство - Wolfram Mathematica 10.0
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help

In[10]:=
For[k = 1;, k ≤ 10, k = k + 1,
  Pctemp = MatrixPower[Pc, k] - MatrixPower[Pc, k - 1];
  u = Simplify[Pctemp[[1, 5]]];
  Print[u]
]
0
q1 - p q1
q2 - p q2
-(-1 + p) (1 - q1 + p q12 - q2)
-2 (-1 + p) p q1 q2
-(-1 + p) p (-2 q12 + p q13 - 2 q1 (-1 + q2) + q22)
-(-1 + p) p (2 - 2 q1 + 3 p q12 - 2 q2) q2
-(-1 + p) p (-3 p q13 + p2 q14 + q12 (1 - 3 p (-1 + q2)) + (-1 + q2)2 + q1 (-2 + 2 q2 + 3 p q22))
-(-1 + p) p2 q2 (-6 q12 + 4 p q13 - 6 q1 (-1 + q2) + q22)
(-1 + p) p2
(4 p q14 - p2 q15 + q13 (-3 + 4 p (-1 + q2)) + 3 (-1 + q2) q22 + q1 (-3 + 6 q2) - 6 q12 (-1 + q2 + p q22))
```


Определение аналитических соотношений

```
In[19]:= For[k = 1; e = 0; d = 0; , k ≤ 10, k = k + 1,
  Pctemp = MatrixPower[Pc, k] - MatrixPower[Pc, k - 1];
  u = Pctemp[[1, 5]];
  e = Factor[e + k u];
  Print[e]
]
```

k=1	0
k=2	$-2(-1+p)q_1$
k=3	$-(-1+p)(2q_1+3q_2)$
k=4	$-(-1+p)(4-2q_1+4pq_1^2-q_2)$
k=5	$-(-1+p)(4-2q_1+4pq_1^2-q_2+10pq_1q_2)$
k=6	$-(-1+p)(4-2q_1+12pq_1-8pq_1^2+6p^2q_1^3-q_2-2pq_1q_2+6pq_2^2)$
k=7	$-(-1+p)(4-2q_1+12pq_1-8pq_1^2+6p^2q_1^3-q_2+14pq_2-16pq_1q_2+21p^2q_1^2q_2-8pq_2^2)$
k=8	$-(-1+p)(4+8p-2q_1-4pq_1+24p^2q_1^2-18p^2q_1^3+8p^3q_1^4-q_2-2pq_2-3p^2q_1^2q_2+24p^2q_1q_2^2)$
k=9	$-(-1+p)(4+8p-2q_1-4pq_1+24p^2q_1^2-18p^2q_1^3+8p^3q_1^4-q_2-2pq_2+54p^2q_1q_2-57p^2q_1^2q_2+36p^3q_1^3q_2-30p^2q_1q_2^2+9p^2q_2^3)$
k=10	$-(-1+p)(4+8p-2q_1-4pq_1+30p^2q_1-36p^2q_1^2+12p^2q_1^3+40p^3q_1^3-32p^3q_1^4+10p^4q_1^5-q_2-2pq_2-6p^2q_1q_2+3p^2q_1^2q_2-4p^3q_1^3q_2+30p^2q_2^2-30p^2q_1q_2^2+60p^3q_1^2q_2^2-21p^2q_2^3)$



Определение аналитических соотношений

Инструментальное средство.nb - Wolfram Mathematica 10.0
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help

```
For[k = 1; e = 0; d = 0; , k ≤ 10, k = k + 1,  
  Pctemp = MatrixPower[Pc, k] - MatrixPower[Pc, k - 1];  
  u = Pctemp[[1, 5]];  
  e = Factor[e + k u];  
  d = Simplify[d + ((k - e) ^ 2) u];  
];  
Print[d]
```

$$\begin{aligned} & -4(-1+p)q_1(1+(-1+p)q_1)^2 - (-1+p)\left(4+(-1+p)(4-2q_1+4p q_1^2-q_2)\right)^2(1-q_1+p q_1^2-q_2) + \\ & (1-p)q_2(3+(-1+p)(2q_1+3q_2))^2 - p\left(-2(-1+p)q_1^2+(-1+p)p q_1^3+(-1+p)q_2^2+2q_1(-1+p+q_2-p q_2)\right) \\ & \left(2+2q_1+6p^3q_1^3+q_2+p(4+8q_1^2+2q_1(-7+q_2)-q_2-6q_2^2)-2p^2(4q_1^2+3q_1^3+q_1(-6+q_2)-3q_2^2)\right)^2 - \\ & 2(-1+p)p q_1 q_2(1+2q_1+q_2+2p^2q_1(2q_1+5q_2)-p(-4+4q_1^2+q_2+2q_1(1+5q_2)))^2 - \\ & (-1+p)p(2-2q_1+3p q_1^2-2q_2)q_2(3+2q_1+q_2+3p^3q_1^2(2q_1+7q_2) + \\ & p(4+8q_1^2-15q_2+8q_2^2+2q_1(-7+8q_2))-p^2(6q_1^3+2q_2(-7+4q_2)+4q_1(-3+4q_2)+q_1^2(8+21q_2)))^2 - \\ & (-1+p)p(-3p q_1^3+p^2q_1^4+q_1^2(1-3p(-1+q_2))+(-1+q_2)^2+q_1(-2+2q_2+3p q_2^2))(4+2q_1+8p^4q_1^4+q_2+ \\ & p(-4+2q_1+q_2)+p^3q_1(-18q_1^2-8q_1^3-3q_1(-8+q_2)+24q_2^2)+p^2(8+18q_1^3+3q_1^2(-8+q_2)-2q_2-4q_1(1+6q_2^2)))^2 - \\ & p^2q_2(-6(-1+p)q_1^2+4(-1+p)p q_1^3+(-1+p)q_2^2+6q_1(-1+p+q_2-p q_2)) \\ & \left(5+2q_1+q_2+p(-4+2q_1+q_2)+4p^4q_1^3(2q_1+9q_2)-p^3(8q_1^4-9q_2^3+18q_1^3(1+2q_2)+6q_1q_2(-9+5q_2)+3q_1^2(-8+19q_2)) + \right. \\ & \left. p^2(8+18q_1^3-2q_2-9q_2^3+3q_1^2(-8+19q_2)+q_1(-4-54q_2+30q_2^2))\right)^2 - \\ & p^2\left(-4(-1+p)p q_1^4+(-1+p)p^2q_1^5-(-1+p)q_1^3(-3+4p(-1+q_2))-3(-1+p)q_1(-1+2q_2)+3q_2^2(-1+p+q_2-p q_2) + \right. \\ & \left. 6(-1+p)q_1^2(-1+q_2+p q_2^2)\right)\left(6+2q_1+10p^5q_1^5+q_2+p(-4+2q_1+q_2)-2p^4q_1^2(16q_1^2+5q_1^3+2q_1(-10+q_2)-30q_2^2) + \right. \\ & \left. p^3(32q_1^4+4q_1^3(-7+q_2)+3(10-7q_2)q_2^2+q_1^2(-36+3q_2-60q_2^2))-6q_1(-5+q_2+5q_2^2)\right) + \\ & p^2(8-12q_1^3-3q_1^2(-12+q_2)-2q_2-30q_2^2+21q_2^3+q_1(-34+6q_2+30q_2^2)))^2 \end{aligned}$$


Заключение

В процессе развития формализаций для исследования систем интеграции сервис-ориентированных средств получены результаты, имеющие следующее содержание:

- Выбраны показатели качества функционирования систем интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией;
- Разработана новая методика формирования расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств в кассах конечных автоматов и диаграмм деятельности, позволяющая, в отличие от подобных формализаций, отразить характер произвольных топологических приёмов в объединении сервисов;

Заключение

- Предложена методика анализа расширенных объектно-ориентированных моделей циклической интеграции сервис-ориентированных средств, основанная на аналитическом моделировании распределённых информационных процессов ;
- Подготовлена среда для автоматизации аналитического исследования моделей интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией системы;
- Сформированы и описаны типовые модельные шаблоны циклической интеграции сервис-ориентированных средств;

Заключение

- Подтверждена правильность разработанной методики анализа расширенных объектно-ориентированных моделей циклической интеграции сервис-ориентированных средств;
- Подтверждена правильность разработанной методики анализа расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств с произвольной топологией в классах конечных автоматов и диаграмм деятельности;
- Выявлена существенная зависимость качества функционирования систем интеграции сервис-ориентированных средств от характеристик топологических приёмов объединения сервисов.