

# АНАЛИТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПРОСОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ С ПОДТВЕРЖДЕНИЕМ

Птицына Лариса Константиновна,  
федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский  
государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-  
Бруевича» (СПбГУТ),

кафедра информационных управляющих систем,  
наб. р. Мойки, д. 61, Санкт-Петербург, 191186,  
профессор, профессор, доктор технических наук,  
e-mail: ptitsina\_lk@inbox.ru

Лебедева Анна Андреевна,  
федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский  
государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-  
Бруевича» (СПбГУТ),

кафедра информационных управляющих систем,  
наб. р. Мойки, д. 61, Санкт-Петербург, 191186,  
аспирантка,  
annalebedeva4@mail.ru

Интеллектуальный агент, запрос, подтверждение, объектно-ориентированная модель, метод.

Описаны причины объективной необходимости развития формализаций для формирования динамических характеристик интеллектуальных агентов. Выделена ситуация для разработки новой формализации. Указанная ситуация связана с выполнением запросов с вероятным подтверждением. Новая формализация предназначена для детализации учёта архитектурной организации интеллектуальных информационных агентов. Теоретическая основа разработки сохраняет преемственность с известной методологией формирования модельно-аналитического интеллекта информационных агентов с контролируемым качеством. Разработка новой формализации начата с выбора объектно-ориентированного подхода к моделированию интеллектуальных информационных агентов. В рамках выбранного подхода задействован класс диаграмм деятельности. На традиционные приёмы построения моделей в классе диаграмм деятельности наложены предлагаемые дополнения к отображению особенностей функционирования агентов. Дополнения предусматривают введение в образы моделей статистических характеристик подчинённых действий, их стохастических связей и функциональных спецификаций объединений параллельных действий. Применение дополнений обеспечивает формирование математического описания расширенных объектно-ориентированных моделей интеллектуальных информационных агентов. Формируемое описание детализировано до уровня представления содержания и размерностей параметров, функций и характеристик. В расширенных моделях учтено событие вероятного подтверждения запроса. Согласно этому описанию разработан новый метод образования модельно-аналитического интеллекта информационных агентов. Образование осуществлено по пути определения динамических характеристик

интеллектуальных информационных агентов при выполнении запросов с вероятным подтверждением. Метод описан с точностью до каждой операции над компонентами расширенной объектно-ориентированной модели информационного агента. В каждой операции приняты во внимание альтернативные условия их выполнения. Механизм вероятного подтверждения проанализирован посредством построения и операционного преобразования эквивалентного стохастического матричного описания в классе цепей Маркова. В эквивалентное матричное описание включена плотность распределения вероятностей времени выполнения вложенных действий интеллектуального информационного агента. Вложенные действия отражают деятельность агента при выполнении запроса без подтверждения. Разработанный метод обеспечивает получение аналитических выражений для определения и оценки динамических характеристик интеллектуальных информационных агентов при выполнении запросов с подтверждением. Находимые оценки могут быть сопоставлены с результатами вычислений согласно неявному модифицированному методу свертки. Аналитические выражения для определения и оценки динамических характеристик интеллектуальных информационных агентов при выполнении запросов с подтверждением представляют собой новый сегмент их модельно-аналитического интеллекта. Подобные обстоятельства позволяют проводить подтверждение правильности работы модельно-аналитического интеллекта. В целом содержание формируемого модельно-аналитического интеллекта предоставляет дополнительные механизмы регулирования качества функционирования интеллектуальных информационных агентов.

Объективная потребность в совершенствовании обширного многообразия инфокоммуникационных технологий объясняется непрерывно расширяющимся использованием ИТ-разработок в целях обеспечения устойчивой конкурентоспособности корпораций. Представительный сектор перспективных направлений развития указанного многообразия ориентируется на интеллектуализацию агентных технологий на основе планирования действий и формирования модельно-аналитического интеллекта агентов, обеспечивающих определение и соблюдение гарантий качества их функционирования. В [1] формализуется процесс образования математических компонентов модельно-аналитического интеллекта информационных агентов для гетерогенной сети при априорной неопределённости описания механизмов синхронизации выполняемых ими действий, основой которого является применение методов теории распределённых вычислительных систем. В [2] разрабатывается методология формирования модельно-аналитического интеллекта агентов для определения и соблюдения гарантий качества их функционирования при расширенном базисе описаний механизмов синхронизации выполняемых ими действий. В [3] описывается концепция развития указанной методологии при объектно-ориентированном анализе достижимости целей программными

интеллектуальными агентами. В [4] предложенная концепция реализуется применительно к формированию модельно-аналитического интеллекта информационных агентов с динамической синхронизацией их действий. Проведённые исследования, посвящённые формированию модельно-аналитического интеллекта агентов, ориентируются на выполнение действий без их подтверждения. Однако в практических сферах применения агентных технологий достаточно часто встречаются ситуации, требующие подтверждения выполнения отдельных действий агентов. В связи с этим актуализируется научно-техническая задача расширения функциональных возможностей методологии формирования модельно-аналитического интеллекта агентов на случай учёта подтверждений выполняемых ими действий.

Предлагаемый подход к расширению функциональных возможностей методологии формирования модельно-аналитического интеллекта агентов на случай учёта подтверждений выполняемых ими действий базируется на формализации анализа расширенной объектно-ориентированной модели процесса исполнения запроса с вероятным возвратом к начальному действию.

Согласно [2,3] расширенная объектно-ориентированная модель деятельности строится в классе диаграмм деятельности с дополнениями, определяющими статистические характеристики подчинённых действий, их стохастические связи и функциональные спецификации объединений в случаях распараллеливания моделируемого процесса на выполняемые подпроцессы. При подобном расширении объектно-ориентированная модель описывается с помощью следующих характеристик, функций и параметров:

–  $u_i(k_i)$ ,  $k_i = 1, 2, \dots, K_i$  – плотность распределения вероятностей  $k_i$  дискретного времени выполнения  $i$ -го действия,  $K_i$  – верхняя граница дискретного времени выполнения  $i$ -го действия,  $I$  – общее число действий, для каждого из которых соблюдается следующее условие:

$$\sum_{k_i}^{K_i} u_i(k_i) = 1, i = 0, 1, 2, \dots, I ;$$

–  $p_{j,l}, j=1,2,\dots,J; l=1,2,\dots,L_j$  вероятности выбора альтернативных вариантов поведения в ходе деятельности, которые удовлетворяют условию полной группы несовместных событий:

$$\sum_{l=1}^{L_j} p_{j,l} = 1, j = 1, 2, \dots, J,$$

где  $j$  – номер узла решения;  $L_j$  – число альтернативных вариантов поведения после решения  $j$ ,  $J$  – число узлов решения;

– матрица инцидентий для узлов разъединения и узлов соединения  $\mathbf{A}$  размера  $(n \times n)$ , где  $n$  – общее число узлов разъединения и узлов соединения;  $a_{i,j} = 0$ , если узлы не связаны через узлы действий;  $a_{i,j} = 1$ , если  $j$ -ому узлу предшествуют узлы действий, следующие в последовательности узлов после  $i$ -ого узла;  $a_{i,j} = -1$ , если узлы действий, предшествующие  $i$ -ому узлу, следуют после  $j$ -ого узла;

– спецификации всех узлов соединений, характеризующих взаимодействие действий в деятельности;

–  $q$  вероятность возврата к начальному действию.

Для формирования динамических характеристик запросов интеллектуальных информационных агентов с подтверждением предлагается метод, содержащий следующие этапы:

1. Выделение в расширенной объектно-ориентированной модели запроса с подтверждением последовательностей узлов действий, замена каждой последовательности новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения по следующей формуле:

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

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

$$u(k_0) = u_0(k_0),$$

где  $k_{0,1,\dots,m}$  – дискретное время выполнения последовательности  $m$  действий;  
 $u(k_{0,1,\dots,m})$  – плотность вероятности времени выполнения последовательности  
 $(m+1)$  действий.

2. Нахождение в расширенной объектно-ориентированной модели запроса с подтверждением группы узлов альтернативных действий, замена каждой найденной группы новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения согласно соотношению:

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

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

где  $u(k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j})$  – плотность вероятности  $k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j}$  времени выполнения  $L_j$  альтернативных действий.

3. Выделение последовательностей узлов новых более сложных действий, замена каждой выделенной последовательности новым узлом укрупненного действия с определением по формуле (1) эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности его выполнения.

4. Представление спецификаций узлов соединений расширенной объектно-ориентированной модели запроса с подтверждением в базисе функций  $\wedge(N), \vee(N)$ , « $M$  из  $N$ », где  $N$  – степень параллельности,  $M$  – число выполненных действий, по окончании которых завершается соединение параллельных действий.

5. Выделение в модели групп узлов параллельных действий, замена каждой группы новым узлом укрупненного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения:

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

$$k_{1,2,\dots,n,\dots,N} = \max_n(\min k_1, \min k_2, \dots, \min k_n, \dots, \min k_N), \dots, \dots, \max_n(\max k_1, \max k_2, \dots, \max k_n, \dots, \max k_N) \quad (3)$$

$$u_{\vee}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \prod_{n=1}^N (1 - \sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}-1} u_n(k_n)) - \prod_{n=1}^N (1 - \sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_n(k_n)), \quad (4)$$

$$k_{1,2,\dots,n,\dots,N} = \min_n(\min k_1, \min k_2, \dots, \min k_n, \dots, \min k_N), \dots, \dots, \min_n(\max k_1, \max k_2, \dots, \max k_n, \dots, \max k_N) \quad (5)$$

$$u_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) - U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N} - 1), \quad (6)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\wedge}(r) \text{ при } M = N, \quad (7)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\vee}(r) \text{ при } M = 1, \quad (8)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = G(N, M, N, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) \text{ при } 1 < M < N, \quad (9)$$

где

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

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

$$IND = 1, 2, \dots, N;$$

$k_{1,2,\dots,n,\dots,N}$  – время выполнения параллельных действий;  $u_{\wedge}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$  – плотность вероятности времени выполнения параллельных действий при соединении согласно булевой функции  $\wedge(N)$ ;  $u_{\vee}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$  – плотность вероятности времени выполнения параллельных действий при соединении

согласно булевой функции  $\vee(N)$ ;  $u_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$  – плотность вероятности времени выполнения параллельных действий при соединении согласно функции « $M$  из  $N$ »;  $U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$  – функция распределения времени выполнения параллельных действий при соединении согласно функции « $M$  из  $N$ ».

Используются формулы (2), (3), если соединение осуществляется согласно булевой функции  $\wedge(N)$ , или формулы (4), (5), если узел соединения описывается булевой функцией  $\vee(N)$ , или формулы (6), (7), (8), (9), если соединение проводится в соответствии с функцией « $M$  из  $N$ ».

6. Формирование последовательности узлов укрупненных действий и определение  $u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I})$  плотности вероятности времени  $k_{0,1,\dots,i,\dots,I} = 1, 2, \dots, K_{0,1,\dots,i,\dots,I}$  их выполнения согласно соотношению (1).
7. Выделение в модели групп узлов укрупнённых действий с подтверждением и формирование эквивалентной модели в виде конечной цепи Маркова с поглощающим состоянием в матричной форме

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0 & f(N) & f(N-1) & f(N-2) & f(N-3) & \dots & f(1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ q & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & (1-q) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где  $\mathbf{P}$  – квадратная матрица  $((N+2) \times (N+2))$  переходов во множестве дискретных состояний  $S$ ,  $|S| = N+2$ , где  $(N+2)$ -ое псевдосостояние является поглощающим;

$$f(n) = u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I}), \quad n = k_{0,1,\dots,i,\dots,I}, \quad N = K_{0,1,\dots,i,\dots,I} :$$

$q$  – вероятность подтверждения выполняемого запроса.

Нахождение  $u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)})$  плотности распределения вероятностей  $k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)} = 1, 2, \dots, N, \dots$  времени выполнения запроса с подтверждением:

$$u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}) = P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)})} - P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}-1)},$$

$$k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)} = 1, 2, \dots, N, \dots;$$

где  $P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)})}$  –  $(1, (N+2))$ -ой элемент  $k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}$ -ой степени матрицы;

$P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}-1)}$  –  $(1, (N+2))$ -ой элемент  $(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}-1)$ -ой степени матрицы;

$k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}$  – дискретное время выполнения запроса с подтверждением.

Замена выделенной группы новым узлом укрупненного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения  $u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)})$ .

8. Определение  $E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}]$  математического ожидания и  $D[k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}]$  дисперсии дискретного времени выполнения циклической реализации запроса с подтверждением

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

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

Предлагаемый метод является аналитической альтернативой для анализа представленного вида стохастического дискретного процесса с помощью неявного модифицированного метода свертки, раскрытого в [5] и позволяющего в ходе вычислительного процесса оценить динамические характеристики параллельного процесса. В связи с этим оценки динамических характеристик, получаемые с помощью разработанного метода, можно подтвердить результатами применения модифицированного метода свертки. Однако явные преимущества аналитической альтернативы заключаются в образовании нового сегмента модельно-аналитического интеллекта информационных агентов, обеспечивающего возможность контроля и



соблюдения необходимых требований к качеству их функционирования при выполнении запросов с вероятным подтверждением в стохастически изменяющихся средах. Представленная функциональность раскрытой формализации предопределяет её новизну.

Прикладная значимость разработанной формализации заключается в обеспечении целевого проектирования рациональных интеллектуальных информационных агентов, выполняющих запросы с подтверждениями.

### **Литература**

1. Птицына Л. К., Власов С. Н. Разработка и анализ моделей поведения интеллектуальных информационных агентов в гетерогенной сети при априорной неопределённости // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. № 6. – С. 33 – 37.
2. Птицын А. В., Птицына Л. К. Аналитическое моделирование комплексных систем защиты информации. – Гамбург. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 293 с.
3. Птицына Л. К., Птицын А. В. Объектно-ориентированный анализ достижимости целей программными интеллектуальными агентами // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. II –я Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. научных статей / под ред. С. М. Доценко, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2013. – 1291 с. (С. 636 – 640).
4. Птицына Л. К., Лебедева А. А. Разработка системно-аналитического ядра информационных интеллектуальных агентов с динамической синхронизацией их действий // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. научных статей / под ред. С. М. Доценко, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2014 – 1291 с. (С. 505 – 509).
5. Птицына Л.К. Программное обеспечение компьютерных сетей. Моделирование механизмов синхронизации параллельных вычислительных процессов в системах мониторинга и управления [Текст]: учеб. пособие. / Л.К. Птицына, Н.В. Соколова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 213 с.

### **ANALYTICAL COMPONENTS OF INFORMATION TECHNOLOGY OF FORMATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF QUERIES WITH CONFIRMATION INTELLIGENT AGENTS**

Ptitsyna Larisa,  
Federal State Educational Budget-Financed Institution of Higher Vocational  
Education the Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of  
Telecommunications (SPbSUT),  
61, Moika, St. Petersburg, 191186, Russia,

Professor, Professor, Doctor of Science  
E-mail: ptitsina\_lk@inbox.ru

Lebedeva Anna,  
Federal State Educational Budget-Financed Institution of Higher Vocational  
Education the Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of  
Telecommunications (SPbSUT),  
61, Moika, St. Petersburg, 191186, Russia,  
Graduate student,  
E-mail: annalebedeva4@mail.ru

Intelligent agent, inquiry, confirmation, object-oriented model, method.

The article describes the causes of objective necessity of development of the formalization for the formation of dynamic characteristics of intelligent agents. It describes the situation for development of a new formalization. This situation is related to accomplishment of queries with probable confirmation. The new formalization is intended to detail of accounting of the architectural organization of intelligent information agents. The theoretical basis of the development preserves the continuity with known a methodology of formation model-analytical intelligence of informative agents with controlled quality. The choice of the object-oriented approach for intelligent information agents modeling is the beginning of the development of a new formalization. The class of activity diagrams is involved in this approach. Techniques for displaying of particular qualities of functioning of agents are added into conventional models in activity diagrams class. Statistical characteristics of subordinates operations, their stochastic relations and functional specifications of combination of parallel operations are introduced to the model. These additions provide formation of a mathematical description of the enhanced object-oriented models of intelligent information agents. This description is detailed to the level of representation of the contents and dimensions of the parameters, functions, and characteristics. Event of probable confirmation of request is taken into account in the advanced models. A new method for model-analytical intelligence of information agents is developed in this description. Creation is accomplished by the definition of dynamic characteristics of intelligent information agents when they execute queries with probable confirmation. The method is described with the accuracy of each operation on the components of an extended object-oriented information model agent. Alternative conditions are considered in each operation. The probable confirmation mechanism is analyzed by constructing and operational transformation of equivalent stochastic matrix description in the Markov's chains class. The density function of probability of the execution time of the nested actions of intelligent information agent is included in the equivalent matrix description. Nested actions show the activity of the agent when it executes query without confirmation. The new method provides analytical expressions for the detection and evaluation of dynamic characteristics of intelligent information agents when they execute queries with confirmation. Found estimates can be compared with results of calculations in implicit modified convolution method. The new segment methodology of model-analytical intelligence is analytical expressions for the detection and evaluation of dynamic characteristics of intelligent information agents when they execute queries with confirmation. These circumstances allow confirmation of the correctness of a model-analytical intelligence. In General, the content of the generated model-analytical intellect provides additional mechanisms of regulation of quality of functioning of intelligent information agents.

## **Bibliography**

1. Ptitsyna, L.K., Vlasov, S.N. (2011), The development and analysis of behavioral models of intelligent informative agents in a heterogeneous network in conditions of a priori uncertainty,

Promyshlennye ASY i kontrollery [Industrial automatic control systems and controllers], no. 6, pp. 33 – 37.

2. Ptitsyn, A.V., Ptitsyna, L.K. (2012), Analiticheskoe modelirovanie kompleksnykh system zaschity informatsii [Analytical modeling of complex information security systems], Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, Hamburg, Germany, 293 p.

3. Ptitsyna, L.K., Ptitsyn, A.V. (2013), Object-oriented analysis of reachability objectives by program informative agent, 2d International scientific-technical and scientific-methodological conference «Actual problems of in telecommunications in science and education», Saint-Petersburg, pp. 636 – 640.

4. Ptitsyna, L.K., Lebedeva, A.A. (2014), The development of system-analytical core of informative intelligent agents with dynamic synchronization of their operations, 3d International scientific-technical and scientific-methodological conference «Actual problems of in telecommunications in science and education», Saint-Petersburg, pp. 505 – 509.

5. Ptitsyna, L.K., Sokolova, N.V. (2010), Programmnoe obespechenie kompiuternykh setej. Modelirovanie mekhanizmov sinkhronizatsii paralelnykh vychislitelnykh protsessov v sistemakh monitoringa i upravleniya: uchebnoe posobie [Software for computer networks. Modeling mechanisms of synchronization of parallel computing processes in monitoring and management systems: educational book], Izdatelstvo Politekhnicheskogo universiteta [Polytechnic University Publishing], Saint-Petersburg, Russia, 213 p.