

Методика формирования динамических характеристик интеллектуальных информационных агентов в условиях активной инфокоммуникационной среды

Technique of formation of dynamic properties of intelligent information agents in the conditions of the active information and communications medium

Лебедева / Lebedeva A.

Анна Андреевна

(annalebedeva4@mail.ru)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций

им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ),

аспирант кафедры «Информационные

управляющие системы».

г. Санкт-Петербург

Птицына / Ptitsyna L.

Лариса Константиновна

(ptitsina_lk@inbox.ru)

доктор технических наук, профессор,

почетный работник высшего профессионального

образования Российской Федерации.

СПбГУТ, профессор кафедры

«Информационные управляющие системы».

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: интеллектуальный информационный агент – intelligent information agent; объектно-ориентированная модель – object-oriented model; активная внешняя среда – active ambient medium; методика оценки динамических характеристик – technique for dynamic properties evaluation.

Обоснована необходимость совершенствования формализаций для оценки динамических характеристик функционирования интеллектуальных агентов. Описаны условия разработки нового метода, которые связаны с учетом влияния активной инфокоммуникационной среды на выполнение агентом типовых запросов к информационному источнику. Для различных видов типовых запросов построены диаграммы деятельности агентов. Разработан математический аппарат для определения динамических характеристик интеллектуальных агентов при выполнении запросов в активной среде.

Necessity for enhancement of formalization for evaluation of dynamic properties of intelligent agents operation is substantiated. The article describes conditions of development of a new technique which are connected with consideration of influence of active information and communication medium to the performance by an agent of prestored queries to an information source. Diagrams of agents operation are built for different types of prestored queries. Mathematical tools for determination of dynamical properties of intelligent agents during query execution in the active medium are developed.

Требование устойчивой работы и безопасности информационной сети предприятия определяет объективную необходимость рассмотрения технологий для совершенствования подсистемы управления функциональными процессами.

Один из перспективных путей интеллектуализации функциональных процессов базируется на внедрении интеллектуальных агентов в информационную инфра-

структуру. Благодаря подсистеме планирования действий агенты способны достигать поставленные цели в условиях влияния внешней среды. За соблюдение требований к качеству функционирования агентов при выполнении ими типовых запросов к информационным источникам отвечает модельно-аналитический интеллект.

Для анализа экономической и технологической эффективности применения технологии в [1, 2] описан определяющий сегмент методологии модельно-аналитического интеллекта агентов. Проведенные исследования позволяют оценить работу агентов по достижению ими целей в зависимости от вариаций механизмов синхронизации и подтверждения отдельных действий [3]. Однако вопрос анализа последствий перехода внешней инфокоммуникационной среды в активное состояние и, соответственно, его влияния на достижимость агентами целей остается открытым.

Для разрешения указанной проблемной ситуации предлагается методика определения характеристик достижимости целей интеллектуальными информационными агентами в условиях активной инфокоммуникационной среды.

В рамках методики выделяются типовые случаи достижения цели интеллектуальным информационным агентом в активной инфокоммуникационной среде:

- реализация механизма синхронизации подпроцессов параллельного процесса опроса двух реплицированных информационных источников;
- реализация механизма синхронизации подпроцессов параллельного процесса опроса / реплицированных информационных источников;
- реализация механизма синхронизации двух подпроцессов параллельного процесса опроса двух нереплицированных информационных источников;
- реализация механизма синхронизации подпроцессов параллельного процесса опроса / нереплицированных информационных источников.

Анализ качества функционирования интеллектуальных информационных агентов в активной инфокоммуникационной среде проводится посредством расширения описанных в [1–3] моделей их поведения.

Динамические характеристики интеллектуальных информационных агентов в условиях активной инфокоммуникационной среды находятся на основе плотностей распределения вероятностей дискретного времени успешного k_s и неуспешного k_f достижения цели: p_{0a} , $f_s(k_s)$ и $f_f(k_f)$.

$$\sum_{k_s} f_s(k_s) = 1; k_s = 1, 2, \dots, K_{\max}^s; \quad (1)$$

$$\sum_{k_f} f_f(k_f) = 1; k_f = 1, 2, \dots, K_{\max}^f. \quad (2)$$

Для учета воздействия активной инфокоммуникационной среды вводятся вероятности её влияния на подготовку к работе, успешное и неуспешное исполнение запроса агента к каждому i -му информационному источнику: p_{isa} и p_{ifa} , $i = 0, 1, 2, \dots, I$.

Этапы методики:

1. Параллельный опрос двух реплицированных информационных источников в условиях активной инфокоммуникационной среды описывается диаграммой деятельности, представленной на рис. 1.

Согласно диаграмме деятельности на рис. 1 плотности распределения вероятностей времени работы интеллектуального информационного агента с каждым из запланированных источников в активной среде определяются по формулам:

$$f_0(k_0) = p_{0a} f_{0a}(k_{0a}) + (1 - p_{0a}) f_{0H}(k_{0H}) \quad (3)$$

$$f_1^s(k_{01}^s) = p_{1sa} f_{1sa}(k_{01a}^s) + (1 - p_{1sa}) f_{1sH}(k_{01H}^s) \quad (4)$$

$$f_1^f(k_{01}^f) = p_{1fa} f_{1fa}(k_{01a}^f) + (1 - p_{1fa}) f_{1fH}(k_{01H}^f) \quad (5)$$

$$f_2^s(k_{02}^s) = p_{2sa} f_{2sa}(k_{02a}^s) + (1 - p_{2sa}) f_{2sH}(k_{02H}^s) \quad (6)$$

$$f_2^f(k_{02}^f) = p_{2fa} f_{2fa}(k_{02a}^f) + (1 - p_{2fa}) f_{2fH}(k_{02H}^f), \quad (7)$$

где p_{0a} – вероятность воздействия среды на интеллектуального информационного агента при выполнении начального действия;

$f_{0a}(k_{0a})$ – плотность распределения вероятностей k_{0a} длительности выполнения начального действия в активной среде;

$f_{0H}(k_{0H})$ – плотность распределения вероятностей k_{0H} длительности выполнения начального действия в пассивной среде;

p_{1sa} – вероятность воздействия среды на интеллектуального информационного агента при успешном выполнении запроса к первому источнику;

$f_{1sa}(k_{01a}^s)$ – плотность распределения вероятностей k_{01a}^s длительности выполнения успешного запроса к первому информационному источнику в активной среде;

$f_{1sH}(k_{01H}^s)$ – плотность распределения вероятностей k_{01H}^s длительности выполнения успешного запроса к первому информационному источнику в пассивной среде;

p_{1fa} – вероятность воздействия среды на интеллектуального информационного агента при неуспешном выполнении запроса к первому источнику;

$f_{1fa}(k_{01a}^f)$ – плотность распределения вероятностей k_{01a}^f длительности выполнения неуспешного запроса к первому информационному источнику в активной среде;

$f_{1fH}(k_{01H}^f)$ – плотность распределения вероятностей k_{01H}^f длительности выполнения неуспешного запроса к первому информационному источнику в пассивной среде;

p_{2sa} – вероятность воздействия среды на интеллектуального информационного агента при успешном выполнении запроса ко второму информационному источнику;

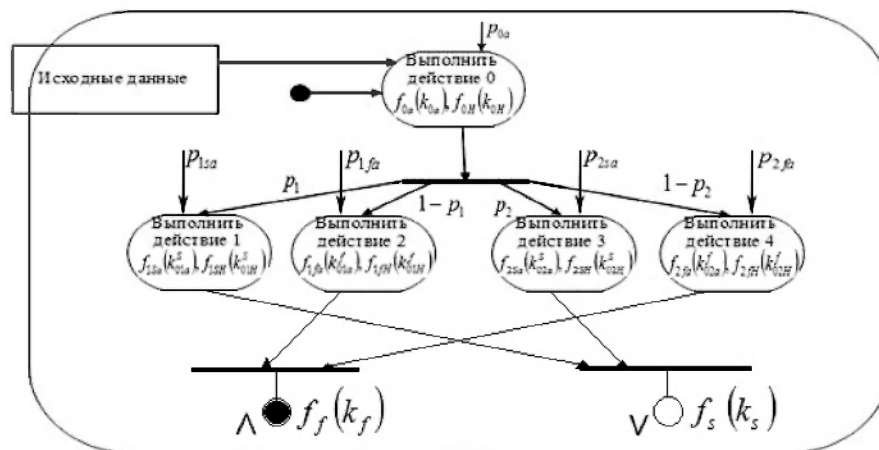


Рис. 1. Диаграмма деятельности при параллельном опросе двух реплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

$f_{2sa}(k_{02a}^s)$ – плотность распределения вероятностей k_{02a}^s длительности выполнения успешного запроса ко второму информационному источнику в активной среде;

$f_{2sH}(k_{02H}^s)$ – плотность распределения вероятностей k_{02H}^s длительности выполнения успешного запроса ко второму информационному источнику в пассивной среде;

p_{2fa} – вероятность воздействия среды на интеллектуального информационного агента при неуспешном выполнении запроса ко второму источнику;

$f_{2fa}(k_{02a}^f)$ – плотность распределения вероятностей k_{02a}^f длительности выполнения неуспешного запроса ко второму информационному источнику в активной среде;

$f_{2fH}(k_{02H}^f)$ – плотность распределения вероятностей k_{02H}^f длительности выполнения неуспешного запроса ко второму информационному источнику в пассивной среде;

На основе соотношений (3–7) выстраивается эквивалентная диаграмма деятельности интеллектуального агента при параллельном опросе двух реплицированных информационных источников в активной среде, приведённая на рис. 2.

2. В соответствии с моделью, представленной на рис. 2, определяются вероятности успешного $f_s(k_s)$ и неуспешного $f_f(k_f)$ достижения цели:

$$f_s(k_s) = p_1 p_2 \times \left[f_1^s(k_{01}^s = k_s) \left(1 - \sum_{k_{02}^s \leq k_s} f_2^s(k_{02}^s) \right) + f_2^s(k_{02}^s = k_s) \left(1 - \sum_{k_{01}^s \leq k_s} f_1^s(k_{01}^s) \right) \right]; \quad (8)$$

$$k_s = \min \{ \min(k_{01}^s), \min(k_{02}^s) \}, \dots, \min \{ \max(k_{01}^s), \max(k_{02}^s) \}; \quad (9)$$

$$f_f(k_f) = (1 - p_1)(1 - p_2) \times \left[f_1^f(k_{01}^f = k_f) \sum_{k_{02}^f \leq k_f} f_2^f(k_{02}^f) + f_2^f(k_{02}^f = k_f) \sum_{k_{01}^f \leq k_f} f_1^f(k_{01}^f) \right]; \quad (10)$$

$$k_f = \max \{ \min(k_{01}^f), \min(k_{02}^f) \}, \dots, \max \{ \max(k_{01}^f), \max(k_{02}^f) \}; \quad (11)$$

3. Параллельный опрос I реплицированных информационных источников в условиях активной инфокоммуникационной среды описывается диаграммой деятельности, представленной на рис. 3.

Согласно диаграмме деятельности на рис. 3, плотность распределения вероятностей времени работы интеллектуального информационного агента с запланированным источником в активной среде определяется следующим выражением:

$$f_I^s(k_{0I}^s) = p_{Isa} f_{Isa}(k_{0Ia}^s) + (1 - p_{Isa}) f_{IsH}(k_{0IH}^s) \quad (12)$$

$$f_I^f(k_{0I}^f) = p_{Ifa} f_{Ifa}(k_{0Ia}^f) + (1 - p_{Ifa}) f_{IfH}(k_{0IH}^f) \quad (13)$$

Согласно (12–13) строится эквивалентная диаграмма деятельности интеллектуального информационного агента при параллельном опросе I реплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде, изображённая на рис. 4.

4. Для модели 4 по нижеприведённым формулам определяются вероятности $f_f(k_f)$ и $f_s(k_s)$:

$$f_f(k_f) = (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_I) \times \left[f_1^f(k_{01}^f = k_f) \sum_{k_{02}^f \leq k_f} \dots \sum_{k_{0I}^f \leq k_f} f_2^f(k_{02}^f) \dots f_I^f(k_{0I}^f) + f_2^f(k_{02}^f = k_f) \sum_{k_{01}^f \leq k_f} \sum_{k_{03}^f \leq k_f} f_1^f(k_{01}^f) f_3^f(k_{03}^f) \dots \dots f_I^f(k_{0I}^f) + \dots + f_I^f(k_{0I}^f = k_f) \times \sum_{k_{01}^f \leq k_f} \sum_{k_{02}^f \leq k_f} \dots \sum_{k_{0I-1}^f \leq k_f} f_1^f(k_{01}^f) f_2^f(k_{02}^f) \dots f_{I-1}^f(k_{0I-1}^f) \right]; \quad (14)$$

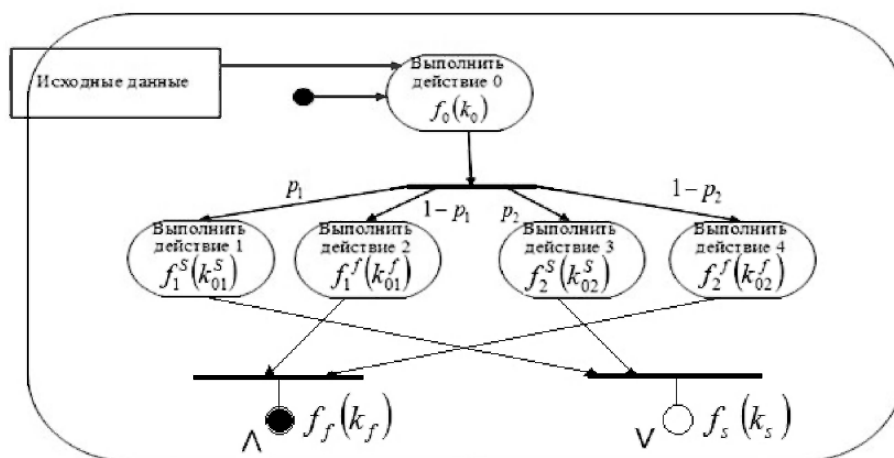


Рис. 2. Эквивалентная диаграмма деятельности при параллельном опросе двух реплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

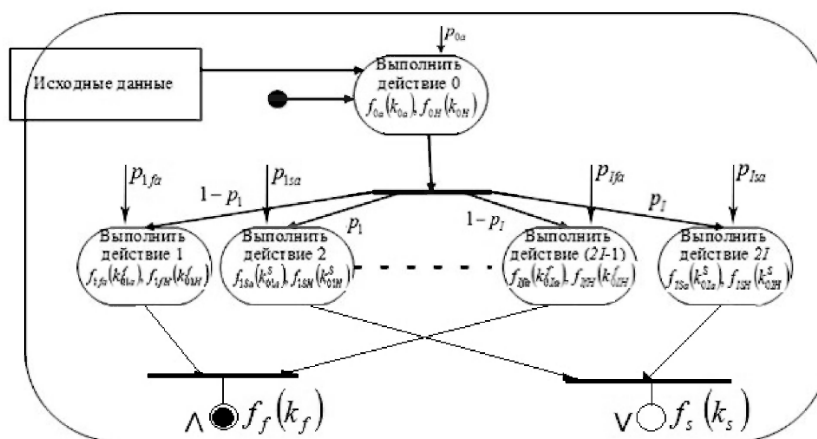


Рис. 3. Диаграмма деятельности при параллельном опросе I реплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

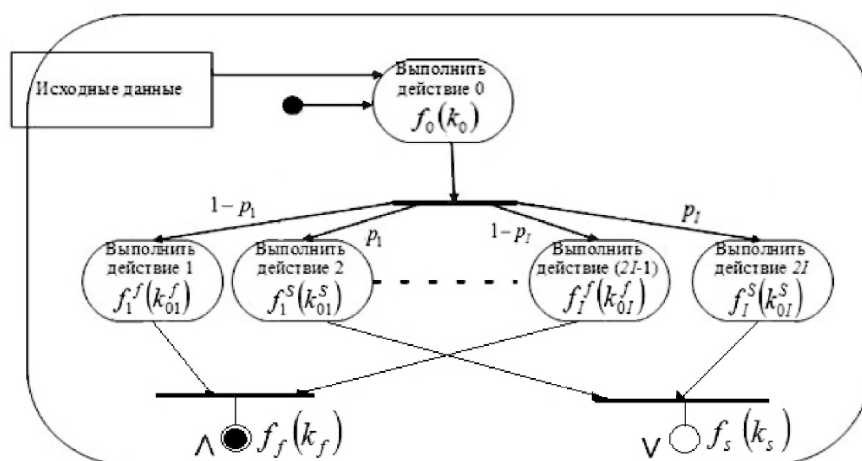


Рис. 4. Эквивалентная диаграмма деятельности при параллельном опросе I реплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

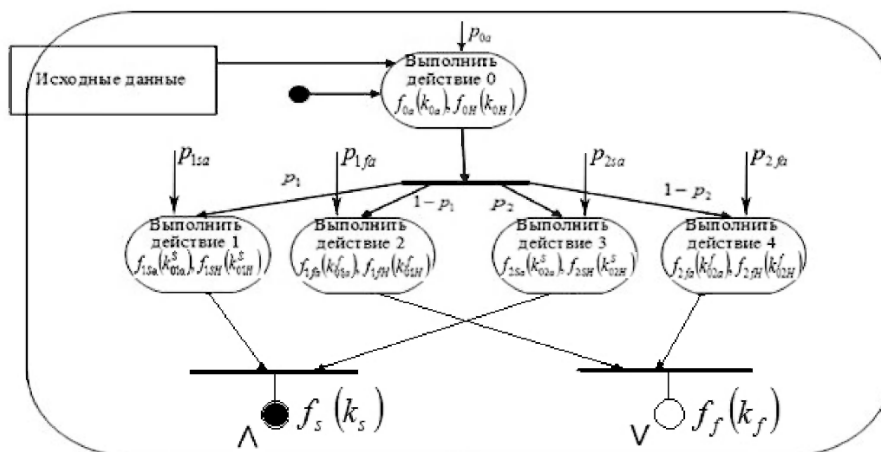


Рис. 5. Диаграмма деятельности при параллельном опросе двух нереплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

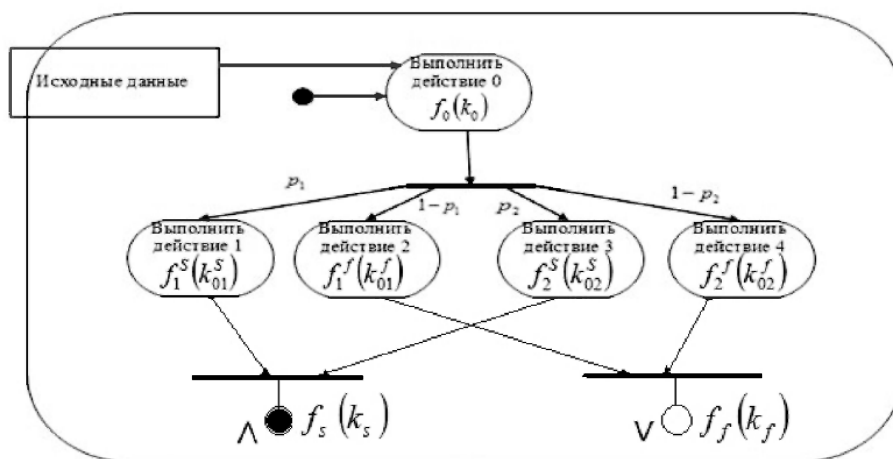


Рис. 6. Эквивалентная диаграмма деятельности при параллельном опросе двух нереплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

$$k_f = \max\{\min(k_{01}^f), \min(k_{02}^f), \dots, \min(k_I^f)\}, \dots, \dots, \max\{\max(k_{01}^f), \max(k_{02}^f), \dots, \max(k_I^f)\} \quad (15)$$

$$k_s = \max\{\min(k_{01}^s), \min(k_{02}^s)\}, \dots, \dots, \max\{\max(k_{01}^s), \max(k_{02}^s)\} \quad (19)$$

$$f_s(k_s) = p_1 p_2 \dots p_I \times \left[f_1^s(k_{01}^s = k_s) \left(1 - \sum_{k_{02}^s \leq k_s} f_2^s(k_{02}^s) \right) \dots \left(1 - \sum_{k_I^s \leq k_s} f_I^s(k_I^s) \right) + f_2^s(k_{02}^s = k_s) \left(1 - \sum_{k_{01}^s \leq k_s} f_1^s(k_{01}^s) \right) \left(1 - \sum_{k_{03}^s \leq k_s} f_3^s(k_{03}^s) \right) \dots \dots \left(1 - \sum_{k_I^s \leq k_s} f_I^s(k_I^s) \right) + \dots + f_I^s(k_I^s = k_s) \left(1 - \sum_{k_{01}^s \leq k_s} f_1^s(k_{01}^s) \right) \times \left(1 - \sum_{k_{02}^s \leq k_s} f_2^s(k_{02}^s) \right) \dots \left(1 - \sum_{k_{I-1}^s \leq k_s} f_{I-1}^s(k_{I-1}^s) \right) \right] \quad (16)$$

$$f_f(k_f) = (1 - p_1)(1 - p_2) \times \left[f_1^f(k_{01}^f = k_f) \left(1 - \sum_{k_{02}^f \leq k_f} f_2^f(k_{02}^f) \right) + f_2^f(k_{02}^f = k_f) \times \left(1 - \sum_{k_{01}^f \leq k_f} f_1^f(k_{01}^f) \right) \right] \quad (20)$$

$$k_s = \min\{\min(k_{01}^s), \min(k_{02}^s), \dots, \min(k_I^s)\}, \dots, \dots, \min\{\max(k_{01}^s), \max(k_{02}^s), \dots, \max(k_I^s)\} \quad (17)$$

$$k_f = \min\{\min(k_{01}^f), \min(k_{02}^f)\}, \dots, \dots, \min\{\max(k_{01}^f), \max(k_{02}^f)\} \quad (21)$$

5. Случай параллельного опроса двух нереплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде описывается диаграммой деятельности, представленной на рис. 5. Эквивалентная диаграмма деятельности отображается на рис. 6.

6. Выражения вероятностей $f_s(k_s)$ и $f_f(k_f)$ для модели, представленной на рис. 6, определяются соотношениями следующего вида:

$$f_s(k_s) = p_1 p_2 \times \left[f_1^s(k_{01}^s = k_s) \sum_{k_{02}^s \leq k_s} f_2^s(k_{02}^s) + f_2^s(k_{02}^s = k_s) \sum_{k_{01}^s \leq k_s} f_1^s(k_{01}^s) \right] \quad (18)$$

7. В случае параллельного опроса I нереплицированных информационных источников в активной коммуникационной среде диаграмма деятельности представляется в образе на рис. 7. Эквивалентная диаграмма преобразуется в форму, приведённую на рис. 8.

8. Для модели, представленной на рис. 8, определяются выражения для анализа вероятностей $f_s(k_s)$ и $f_f(k_f)$:

$$f_s(k_s) = p_1 p_2 \dots p_I \times \left[f_1^s(k_{01}^s = k_s) \sum_{k_{02}^s \leq k_s} \dots \sum_{k_I^s \leq k_s} f_2^s(k_{02}^s) \dots f_I^s(k_I^s) + f_2^s(k_{02}^s = k_s) \sum_{k_{01}^s \leq k_s} \sum_{k_{03}^s \leq k_s} \dots \sum_{k_I^s \leq k_s} f_1^s(k_{01}^s) f_3^s(k_{03}^s) \dots f_I^s(k_I^s) + \dots + f_I^s(k_I^s = k_s) \times \sum_{k_{01}^s \leq k_s} \dots \sum_{k_{I-1}^s \leq k_s} f_1^s(k_{01}^s) f_2^s(k_{02}^s) \dots f_{I-1}^s(k_{I-1}^s) \right] \quad (22)$$

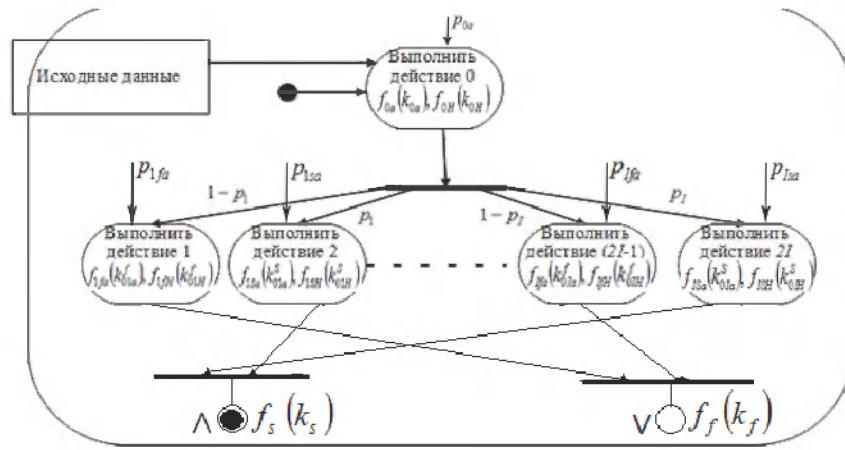


Рис. 7. Диаграмма деятельности при параллельном опросе I нереплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

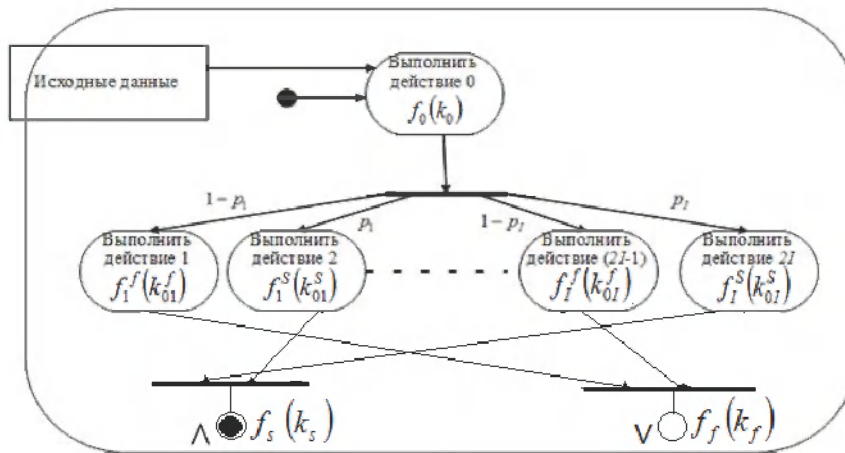


Рис. 8. Эквивалентная диаграмма деятельности при параллельном опросе I нереплицированных информационных источников в активной инфокоммуникационной среде

$$k_s = \max \{ \min(k_{01}^s), \min(k_{02}^s), \dots, \min(k_{0I}^s) \}, \dots, \max \{ \max(k_{01}^s), \max(k_{02}^s), \dots, \max(k_{0I}^s) \} \quad (23)$$

$$k_f = \min \{ \min(k_{01}^f), \min(k_{02}^f), \dots, \min(k_{0I}^f) \}, \dots, \min \{ \max(k_{02}^f), \max(k_{02}^f), \dots, \max(k_{0I}^f) \} \quad (25)$$

$$f_f(k_f) = (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_I) \times$$

$$\left[f_1^f(k_{01}^f = k_f) \left(1 - \sum_{k_{02}^f < k_f} f_2^f(k_{02}^f) \right) \left(1 - \sum_{k_{03}^f \leq k_f} f_3^f(k_{03}^f) \right) \times \dots \times \left(1 - \sum_{k_{0I}^f < k_f} f_I^f(k_{0I}^f) \right) + f_2^f(k_{02}^f = k_f) \left(1 - \sum_{k_{01}^f < k_f} f_1^f(k_{01}^f) \right) \times \dots \times \left(1 - \sum_{k_{0I}^f < k_f} f_I^f(k_{0I}^f) \right) + \dots + f_I^f(k_{0I}^f = k_f) \sum_{k_{01}^f < k_f} (1 - f_1^f(k_{01}^f)) \times \left(1 - \sum_{k_{02}^f < k_f} (1 - f_2^f(k_{02}^f)) \dots \left(1 - \sum_{k_{0I}^f < k_f} (1 - f_{I-1}^f(k_{0I-1}^f)) \right) \right) \right] \quad (24)$$

9. На основе соотношений (8–11) и (14–25) оцениваются вероятности успешного и неуспешного достижения цели за ограниченное время $\check{N}_{\max}$ и математические ожидания времени возможных решений поставленной перед интеллектуальным информационным агентом задачи:

$$P(k_s < N_{\max}) = \sum_{k_s < N_{\max}} f_s(k_s); \quad (26)$$

$$MO[k_s] = \sum_{k_s} k_s f_s(k_s); \quad (27)$$

$$P(k_f < N_{\max}) = \sum_{k_f \leq N_{\max}} f_f(k_f); \quad (28)$$

$$MO[k_f] = \sum_{k_f} k_f f_f(k_f); \quad (29)$$

Заключение

Научная значимость предложенной методики заключается:

- в расширении известных моделей и методов анализа качества функционирования интеллектуальных информационных агентов за счёт учёта активности инфокоммуникационной среды;
- в автоматизации процесса генерации модельно-аналитического интеллекта информационных агентов с гарантиями качества их функционирования в активной инфокоммуникационной среде.

Практическая значимость раскрытой методики предопределяется обеспечением возможности вычисления динамических характеристик интеллектуальных информационных агентов при смене состояний инфокоммуникационных сред и анализа её влияния на достижимость запланированных целей.

Литература

1. Птицын, А. В. Методологический базис агентных технологий для обеспечения информационной защищённости / А.В. Птицын // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2015. – № 1. – С. 50–55.
2. Птицын, А. В. Методология генерации системно-аналитического ядра безопасных информационных технологий / А.В. Птицын // Новые информационные технологии в образовании: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». – 2015. – С. 136–137.
3. Птицына, Л. К. Аналитические компоненты информационной технологии формирования динамически характеристик запросов интеллектуальных агентов с подтверждением / Л.К. Птицына, А.А. Лебедева // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2015. – № 1. – С. 32–36.