

На правах рукописи

Соколова Наталия Владимировна

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ  
ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА

Специальность 05.13.15 – Вычислительные машины и системы

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург 2001

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном техническом университете.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Птицына Л.К.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, доцент Сиек Юрий Леонардович

кандидат технических наук, доцент Аладинский Виктор Алексеевич

Ведущая организация – Военно-морской инженерный институт

Защита состоится « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2002 г. в 16-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.18 Санкт-Петербургского государственного технического университета по адресу: 195251 Санкт-Петербург, Политехническая ул. 29, 9-й учебный корпус, аудитория 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного технического университета по адресу: 195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Автореферат разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Шашихин В.Н.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Актуальность темы. Современные системы мониторинга и управления (СМУ) сложными распределенными объектами многофункциональны и неоднородны. Обеспечение требуемого качества мониторинга требует выполнения больших объемов вычислений за жестко ограниченные периоды времени. Подобное положение служит предпосылкой использования при создании СМУ высокопроизводительных многопроцессорных вычислителей, позволяющих распараллелить процессы обработки информации во времени. Особой важностью обладают разработка и исследование моделей СМУ, ориентированных на получение объективных оценок различных характеристик. Анализ современных решений в области построения систем мониторинга и управления компьютерными системами и сетями показал, что такие системы, как правило, сильно предметно-ориентированы и реализуют в основном имитационные методы моделирования. Механизмы обеспечения требуемого уровня качества мониторинга в системах, представленных на отечественном рынке, скрыты от пользователя. Существующие теоретические разработки в области аналитического моделирования параллельных вычислительных процессов не ориентированы на исследование параллельных процессов с временными задержками ожидания выполнения условий синхронизации, характерных для СМУ. Методологический разрыв между практическими потребностями в обеспечении гарантированного качества мониторинга вычислительных систем и возможностями теоретических разработок в области создания и сопровождения СМУ предопределяет актуальность развития аналитических методов исследования параллельных вычислительных процессов с целью охвата более широкого класса моделируемых объектов.

Не меньшую значимость имеет задача практического применения разрабатываемых аналитических методов и для повышения качества функционирования действующих систем. Характерными областями, в которых подобные исследования востребованы и актуальны, является сфера совершенствования систем мониторинга корпоративных информационно-вычислительных сетей, а также распределенных систем мониторинга технических объектов, работающих в реальном времени. Типичными представителями такого рода реализаций являются система мониторинга сети передачи электронных платежей Северо-Западного региона России и система мониторинга и управления положением судна на волне. Каждая из указанных систем обладает потенциальными возможностями повышения качества функционирования за счет научно обоснованного выбора механизмов синхронизации параллельных вычислительных процессов при принятии решений относительно состояния объектов и среды.

Цель диссертационной работы – развитие методов и средств анализа параллельных вычислительных процессов в системах мониторинга и управления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Сформировать описание параллельных вычислительных процессов с задержками в объединении синхронизируемых процедур принятия решений.
2. Разработать методы и средства анализа логических моделей параллельных вычислительных процессов с задержками в объединении синхронизируемых процедур двухуровневых схем принятия решений.
3. Разработать методы и средства анализа иерархических логических моделей параллельных вычислительных процессов с задержками в объединении синхронизируемых процедур многоуровневых схем принятия решений.
4. Расширить средства проектирования систем планирования действий интеллектуальных информационных агентов, предназначенных для мониторинга сети передачи электронных платежей Северо-Западного региона России.
5. Сформировать математическое описание моделей для исследования процессов обработки информации и принятия решений в системах мониторинга и управления положением судна на волне.

Предметом исследования являются параллельные вычислительные процессы в системах мониторинга и управления.

Основные методы исследования. Для решения поставленных в работе задач использованы элементы теории вычислительных систем, теории вероятностей, теории графов, теории принятия решений.

Научные результаты и их новизна.

1. Разработан новый подход к построению моделей параллельных вычислительных процессов с задержками в объединении синхронизируемых процедур многоуровневых схем принятия решений, расширяющий известные способы формального описания вычислительных процессов в системах мониторинга и управления.
2. Предложена формализация этапа построения графа возможных реализаций для метода отыскания групп совместных вершин, позволяющая оценить влияние задержек в объединении синхронизируемых процедур двухуровневых схем принятия решений на статистические характеристики времени выполнения параллельных вычислительных процессов в СМУ.
3. Разработан новый способ оценки влияния задержек в объединении синхронизируемых процедур многоуровневых схем принятия решений на статистические характеристики времени выполнения параллельных вычислительных процессов в системах мониторинга и управления.
4. Расширен состав математического обеспечения для научно обоснованного выбора функциональных способов построения систем планирования действий интеллектуальных информационных агентов в условиях параллельной обработки данных.
5. Построены и исследованы модели типовых вычислительных процессов в системе мониторинга и управления положением судна на волне при параллельной обработке данных.

Практическая значимость и результаты внедрения. Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты позволяют сократить затраты на исследование параллельных вычислительных процессов с

задержками в объединении синхронизируемых процедур многоуровневых схем принятия решений и научно обосновать выбор рациональных способов построения систем мониторинга и управления.

Прикладная реализация работы выражена в использовании предлагаемых алгоритмов, модифицированных методов и созданных программных средств для:

- развития математического обеспечения, необходимого при научном обосновании выбора рациональных способов построения систем планирования действий интеллектуальных информационных агентов для мониторинга сети передачи электронных платежей Северо-Западного региона России.
- исследования влияния вариантов организации и параметров функций объединения процедур обработки информации и принятия решений на качество функционирования системы мониторинга и управления положением судна на волне.
- обучения студентов по направлению 552800 – «Информатика и вычислительная техника».

Результаты диссертации использованы при исследовании качества функционирования систем планирования действий интеллектуальных информационных агентов в сети передачи электронных платежей Северо-Западного региона России, а также при проведении научно-исследовательской работы «Разработка моделей представления и обработки знаний в интеллектуальных системах анализа и прогноза сложных динамических систем в экстремальных ситуациях».

Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедр «Автоматика и вычислительная техника» СПбГТУ и «Вычислительная техника и информационные технологии» СПбМТУ.

Указанные внедрения подтверждены 3 актами.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на 17 конференциях: научно-технических конференциях студентов Недели науки СПбГТУ (Санкт-Петербург, 1996, 1998, 1999, 2000, 2001); Международных конференциях по мягким вычислениям и измерениям (Санкт-Петербург, 1998, 1999, 2000, 2001); третьей Санкт-Петербургской Ассамблее молодых ученых и специалистов (Санкт-Петербург, 1998); III финско-русской зимней школе-семинаре "Организмы, информация и технология - от данных к пониманию" (Университет Хельсинки, Биологическая станция Университета Хельсинки Тварминне, Финляндия, 1999); научно-технической конференции "Диагностика, Информатика, Метрология, Экология, Безопасность - 98" (Санкт-Петербург, 1998); научно-технической конференции "Фундаментальные исследования в технических университетах" (Санкт-Петербург, 1998); VI Всероссийском семинаре «Нейроинформатика и ее приложения» (Красноярск, 1998); Международной научно-технической конференции «Новые информационные технологии и системы» (Пенза, 1998); I Всесибирском конгрессе женщин-математиков (Красноярск, 2000).

Публикации. Основные результаты работы представлены в 17 публикациях, в том числе в 1 статье, 4 докладах, 12 тезисах докладов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 128 наименований, и приложений. Материал работы изложен на 193 страницах машинописного текста, основное содержание на 179 страницах. Работа содержит 50 рисунков и 18 таблиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы; сформулирована цель и поставлены задачи проводимых исследований; определены научная новизна и практическая значимость выполненных изысканий; приведены сведения о внедрениях, публикациях и апробации полученных результатов, структуре диссертации; раскрыто краткое содержание глав работы.

В первой главе представлено общее описание структуры систем мониторинга и управления, продемонстрировано поэтапное развитие средств мониторинга и управления вычислительными системами и компьютерными сетями, проанализированы принципы их организации. В результате анализа особенностей построения и функционирования современных систем мониторинга и управления выявлен недетерминированный характер происходящих событий, показана возможность описания поведения систем в дискретных пространствах времени и состояний, определены преимущества параллельного выполнения независимых процедур и выделены основные принципы формирования многоуровневых схем принятия решений типа «менеджер-агенты» с объединением результатов нижележащих уровней согласно логическим функциям «И», «ИЛИ», «М из N».

В условиях жестких требований к качеству функционирования систем мониторинга и управления показана объективная необходимость использования в критических ситуациях только оперативных решений, что выражено в установлении ограничений на задержки в комплексировании частных решений на каждом из уровней реализуемых схем.

На основе сравнительного анализа способов построения и методов анализа моделей параллельных вычислительных процессов, а также существующих инструментальных средств моделирования информационно-вычислительных систем и сетей установлена необходимость развития математического аппарата для аналитического исследования таких процессов в системах мониторинга и управления. Известные аналитические методы не позволяют учесть ограничения на задержки в комплексировании объединяемых процедур при определении статистических характеристик параллельных вычислительных процессов.

В ходе сопоставления аналитических методов исследования параллельных вычислительных процессов сформирован опорный состав математического обеспечения, требующего расширения его функциональных возможностей применительно к учету ограничений на задержки в

комплексировании частных решений. Разработка такого расширения является актуальной и востребованной для систем мониторинга в ряде прикладных областей, примером которых могут служить система мониторинга сети передачи электронных платежей и система мониторинга и управления положением судна на волне. При анализе особенностей сопровождения данных систем была выявлена необходимость повышения качества их функционирования.

В результате проведенного анализа современного состояния и достижений в области создания средств мониторинга и управления вычислительными системами и компьютерными сетями, а также теоретических разработок в области аналитического моделирования параллельных вычислительных процессов сформулирована цель и поставлены задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена методам и средствам исследования параллельных вычислительных процессов, реализующих двухуровневые схемы принятия решений с введенными ограничениями на задержки в синхронизации объединяемых процедур. Подобные схемы считаются базовыми в СМУ. На их основе строятся иерархии решающих функций и процедур.

Исследования выполнены с позиций определения характеристик качества обнаружения и нейтрализации появляющихся неблагоприятных, критических или недопустимых ситуаций. Каждая такая характеристика представляет собой зависимость среднего времени запаздывания в обнаружении и нейтрализации фиксированной ситуации от среднего времени до ложной тревоги.

Определение указанных средних времен осуществлено на основе анализа формальных описаний параллельных вычислительных процессов, реализующих двухуровневые схемы принятия решений в системах мониторинга и управления. Формальное описание параллельных вычислительных процессов с задержками в объединении синхронизируемых процедур двухуровневых схем принятия решений в системах мониторинга и управления сформировано с помощью логических моделей.

Исходя из характера сформированных моделей для нахождения статистических характеристик времени принятия решений, выбран метод отыскания групп совместных вершин (ОГСВ), требующий модификации при наличии временных параметров в функциях объединения параллельных процедур. В результате анализа специфики выбранного метода выделен определенный этап выполняемых действий, коррекция которого позволяет расширить состав исследуемых моделей параллельных вычислительных процессов. Этот этап связан с построением графа возможных реализаций параллельного вычислительного процесса. Предложенная формализация процесса построения графа возможных реализаций учитывает ограничения на задержки в ожидании факта объединения последовательных фрагментов. Она послужила основой для разработанного инструментального программного обеспечения.

С помощью указанного программного обеспечения проведено исследование, направленное на выявление основных закономерностей в

поведении временных характеристик параллельных процессов с различными способами объединения последовательных фрагментов. По результатам исследования установлены следующие особенности:

- при необходимости выбора между последовательной реализацией решающих правил и объединением их по функции «И» с нулевой задержкой в ожидании выполнения условий синхронизации следует учитывать структуру последовательных фрагментов, реализующих данные правила;
- использование функции комплексирования решений «М из N» более целесообразно по сравнению с введением функции «И», даже когда  $M=N-1$ ;
- введение задержки комплексирования снижает временные затраты на реализацию параллельного процесса;
- при отсутствии ограничений на задержки в ожидании выполнения условий синхронизации для отдельных подпроцессов существенное улучшение характеристик происходит в том случае, когда подобные условия справедливы для большего числа частных решающих правил.

Проведенные изыскания показали, что выбор рациональных значений задержек при двухуровневых схемах принятия решений требует количественной оценки статистических характеристик времен выполнения параллельных процессов и их сопоставления при различных способах объединения. Реализацию научно обоснованного выбора обеспечивает применение разработанного математического и программного обеспечения.

Параллельные процессы, представляемые двухуровневыми моделями, широко распространены в вычислительных системах. Однако обширный ряд процессов при мониторинге и управлении компьютерными системами и сетями не укладывается в рамки данной схемы. Для них необходимо использовать многоуровневые иерархические модели.

В третьей главе предложен новый подход к построению моделей параллельных вычислительных процессов с задержками в объединении синхронизируемых процедур многоуровневых схем принятия решений. Представление таких моделей основано на формальных описаниях параллельных вычислительных процессов, реализующих двухуровневые схемы принятия решений. При определении формального представления задействованы логические модели, у которых функции объединения параллельно выполняемых процедур зависят от времени. В описании каждого параллельного вычислительного процесса, реализующего многоуровневую схему принятия решений, фигурируют следующие математические объекты:

- 1) число уровней в иерархии  $L$ ;
- 2) число узловых вершин, отображающих частные решающие правила,  $N$ ;
- 3) плотности распределения вероятностей времени выполнения решающих правил  $f_i[k]$ ,  $k \in 1, \dots, K_i$ ,  $i \in 1, \dots, N$ , соответствующих каждой узловой вершине.  $K_i$  – верхняя граница времени выполнения  $i$ -го решающего правила;
- 4) число узловых вершин  $M$ , представляющих события объединения параллельно выполняемых фрагментов и запуска последующих процедур;



- 5) матрица связности узловых и неузловых вершин  $P_j, j=1, 2, \dots, L$ ;
- 6) набор функций, определяющих логику связи узловых вершин с неузловыми;
- 7) система ограничений на временные задержки, соответствующие интервалам ожидания выполнения условий синхронизации в узловых вершинах для каждого подпроцесса.

Перечисленные математические объекты связаны между собой в соответствии с иерархической структурой логической модели.

Известные теоретические результаты не учитывают особенностей анализа параллельных вычислительных процессов с задержками в объединении синхронизируемых процедур многоуровневых систем принятия решений. В связи с этим разработано новое математическое обеспечение для исследования моделей параллельных вычислительных процессов, реализующих многоуровневые схемы принятия решений с задержками в ожидании выполнения условий синхронизации. В качестве прототипа использована математическая основа метода свертки, выбор которой обоснован, исходя из характера формальных описаний предлагаемых моделей.

В состав созданного математического обеспечения включены новые выведенные соотношения для нахождения плотности распределения вероятностей времени окончания реализации объединяемых процедур в условиях введения ограничения на задержки в ожидании выполнения условий синхронизации. Новые соотношения соответствуют наиболее распространенным в практике ситуациям:

- объединение согласно логической функции «И» при наличии различных ограничений на задержки в ожидании выполнения условий синхронизации;
- объединение согласно функции «М из N» при отсутствии ограничений на задержки в ожидании выполнения условий синхронизации.

В работе представлен поэтапный вывод соотношений для различных вариантов организации параллельных процессов, расположенных в порядке усложнения моделей.

При выводе соотношений выделен типовой фрагмент параллельного вычислительного процесса, включающий  $N$  последовательных подпроцессов и ограниченный двумя узловыми вершинами. При этом условия параллельного запуска подпроцессов описывает функция  $F_F$ , а функция  $F_J$  отображает условия их объединения. Каждому последовательному подпроцессу соответствует  $f_i[k]$  вероятность окончания его выполнения в момент времени  $k=1, 2, \dots$  и  $S_i$  ограничение на задержку в ожидании выполнения условий синхронизации,  $i=1, 2, \dots, N$ .

Для случая, когда  $F_F = \text{«И»}$ ,  $F_J = \text{«И»}$ ,  $S_1, \dots, S_N \in (0, \infty)$ ,  $N \in 1, 2, \dots$ , плотность распределения вероятностей времени выполнения типового процесса  $f[k]$ ,  $k=1, 2, \dots$  определяется следующими выражениями:

$$f[k] = \begin{cases} f_0[k], k \leq 2 \\ f_0[k] + \sum_{j=1}^{k-2} f_0[j] * H(k-j), k > 2 \end{cases}$$

$$f_0[k] = f_1[k] * \sum_{j_2=m_2}^k f_2[j_2] * \dots * \sum_{j_N=m_N}^k f_N[j_N] + f_2[k] * R_1[k] * \sum_{j_3=m_2}^k f_3[j_3] * \dots$$

$$\dots * \sum_{j_N=m_N}^k f_N[j_N] + \dots + f_N[k] * R_1[k] * R_2[k] * \dots * R_{N-1}[k]$$
(1)

$$H(k) = \begin{cases} P_{1H}(k), k < 2 \cdot (\min(S_1, S_2, \dots, S_N) + 2) \\ P_{1H}(k) + \sum_{i=\min(S_1, S_2, \dots, S_N)+2}^{k-\min(S_1, S_2, \dots, S_N)-2} P_{1H}(i) * H(k-i), k \geq 2 \cdot (\min(S_1, S_2, \dots, S_N) + 2) \end{cases}$$

$$P_{1H}(k+1) = \prod_{i=1}^N q_i - \prod_{i=1}^N \sum_{j=m_i}^k f_{(l+1)i}[j] - \prod_{i=1}^N t_i + \prod_{i=1}^N u_i .$$

$$R_i[k] = \begin{cases} \sum_{j=m_i}^{k-1} f_1[j], S_i \geq 1 \\ 0, S_i < 1 \end{cases}; m_i = \begin{cases} 0, k - S_i < 0 \\ k - S_i, k - S_i \geq 0 \end{cases}; q_i = \begin{cases} 1, k - S_i \leq 1 \\ k - S_i - 1 \\ 1 - \sum_{j=1}^i f_{(l+1)i}[j], k - S_i > 1 \end{cases};$$

$$t_i = \begin{cases} 1, k - S_i < 1 \\ k - S_i \\ 1 - \sum_{j=1}^i f_{(l+1)i}[j], k - S_i \geq 1 \end{cases}; u_i = \begin{cases} 0, m_i + 1 > k \\ \sum_{j=m_i+1}^k f_{(l+1)i}[j], m_i + 1 \leq k \end{cases}; i \in 1, \dots, N.$$

Выражения для плотности распределения вероятностей при реализации функции объединения  $F_J$  «М из N» с задержками  $S_1 \rightarrow \infty, S_2 \rightarrow \infty, \dots, S_N \rightarrow \infty$  имеют вид:

$$f[k] = F_{MAJ}^{M,N}[k] - F_{MAJ}^{M,N}[k-1]$$

$$F_{MAJ}^{M,N}[k] = \begin{cases} F_{AND}^{M,N}[k], M = N \\ F_{OR}^{M,N}[k], M = 1 \\ G(N, M, N, k), M < N, M \neq 1 \end{cases}$$
(2)

$$G(N, M, IND, k) = \begin{cases} 0, M > N \\ F_{OR}[k], M = 1 \\ F_{AND}[k], M = N \\ F_{IND}[k] \cdot G(N-1, M-1, IND-1, k) + (E_{IND} - F_{IND}[k]) \cdot G(N-1, M, IND-1, k), M < N \end{cases}$$

$$F_{OR}[k] = \sum_{m=1}^N \left\{ \left( \prod_{p=1}^{m-1} (E_p - F_p[k]) \right) \cdot F_m[k] \cdot \left( \prod_{p=m+1}^N E_p \right) \right\}$$

$$F_{AND}[k] = \prod_{m=1}^N F_m[k] = \prod_{m=1}^N \left( \sum_{j=1}^k f_m[j] \right)$$

$$E_m = \sum_{k=1}^{K_m} f_m[k],$$

где

$F_i[k]$  - функция распределения вероятностей времени окончания выполнения  $i$ -го процесса,  $i \in 1, \dots, N$ ;

$F_{OR}[k]$  - функция распределения вероятностей времени выполнения параллельного процесса с комплексированием по «ИЛИ»;

$F_{AND}[k]$  - функция распределения вероятностей времени выполнения параллельного процесса с комплексированием по «И» ;

$F_{IND}[k]$  - функция распределения вероятностей времени выполнения последовательного процесса, помеченного индексом  $IND$ ,  $IND \in 2, \dots, N$ .

Корректность выведенных соотношений проверена различными способами, в том числе сравнением с известными выражениями для частных случаев, а также сопоставлением результатов анализа моделей, полученных с помощью выведенных соотношений и с применением метода отыскания групп совместных вершин.

Представленные соотношения применимы к процессам, реализующим двухуровневые схемы принятия решений. Определение характеристик многоуровневых схем построено на базе выведенных соотношений по разработанному алгоритму, учитывающему иерархический характер формального описания.

В соответствии с предложенным алгоритмом модель разбивается на уровни иерархии, каждый из которых содержит набор параллельных процедур, выполняемых в определенном порядке. На самом нижнем уровне иерархии находятся последовательные процедуры, объединяемые в параллельные фрагменты на более высоком уровне, которые также вкладываются в процедуры верхних уровней. Определение плотности вероятностей времени выполнения процесса выполняется для всех подпроцессов, начиная с нижнего уровня иерархии. На последующих уровнях вычисление производится с учетом

случайного момента запуска подпроцессов. Значения, полученные для самого верхнего уровня иерархии, являются итоговыми для моделируемого параллельного процесса.

Предложенное расширение метода свертки послужило основой для создания программного обеспечения, позволяющего автоматизировать анализ моделей параллельных вычислительных процессов, реализующих многоуровневые схемы принятия решений в системах мониторинга.

Четвертая глава работы содержит описание прикладного применения разработанного подхода к анализу параллельных вычислительных процессов в системе мониторинга сети передачи электронных платежей Северо-Западного региона России. В работе расширено математическое обеспечение для проектирования систем планирования действий интеллектуальных агентов по сбору информации в гетерогенных сетях за счет наращивания состава методов и средств анализа моделей планирования действий агентов. Целесообразность подобного расширения обусловлена необходимостью проверки корректности аналитических выкладок по определению характеристик преодоления априорной неопределенности относительно результатов выполнения запроса и достижимости цели, вычисляемых в действующих системах планирования действий агентов по сбору и обработке информации в гетерогенных сетях.

Проверка проведена применительно к комплексу интеллектуальных информационных агентов, функционирующих в сети передачи электронных платежей ОАО «Промышленно-Строительный Банк» Санкт-Петербурга. Научно обоснованный и проведенный комплекс экспериментов подтвердил корректность аналитических соотношений, предлагаемых для исследования систем планирования действий интеллектуальных агентов.

В таблице приведены результаты экспериментов по определению характеристик устранения априорной неопределенности и достижимости цели для случая анализа процесса «срочного» параллельного запроса к различным информационным источникам в сети передачи электронных платежей.

*Таблица*

*Характеристики процесса выполнения «срочного» запроса к нереплицированным информационным источникам в гетерогенной сети передачи электронных платежей*

Показатель	Модифицированный метод ОГСВ	Модифицированный метод неявной свертки	Модифицированный метод явной свертки
<i>Устранение априорной неопределенности</i>			
$P(k \leq N_{max})$	0.3738601972	0.3738601972	0.3738601972
МО[k]	3.7710385352	3.7710385352	3.7710385352
$P(c \leq C_{max})$	0.7860897692	0.7860897692	0.7860897692
МО[c]	3.7733008086	3.7733008086	3.7733008086
<i>Достижимость цели</i>			
$P(k_s \leq N_{max})$	0.3265028002	0.3265028002	0.3265028002
МО[k <sub>s</sub> ]	3.1675968473	3.1675968473	3.1675968473
$P(c_s \leq C_{max})$	0.6832129311	0.6832129311	0.6832129311
МО[c <sub>s</sub> ]	3.1508087774	3.1508087774	3.1508087774
$P(k_f \leq N_{max})$	0.0000017463	0.0000017463	0.0000017463

$MO[k_f]$	0.0000026611	0.0000026611	0.0000026611
$P(c_f \leq C_{max})$	0.0000017978	0.0000017978	0.0000017978
$MO[c_f]$	0.0000038908	0.0000038908	0.0000038908

$P(k \leq N_{max})$  - вероятность того, что запрос будет выполнен не позднее, чем за  $N_{max}$  квантов времени,

$P(c \leq C_{max})$  - вероятность того, что стоимость запроса не превысит заданную,

$MO[k]$  - математическое ожидание времени выполнения запроса,

$MO[c]$  - математическое ожидание стоимости выполнения запроса,

$P(k_s \leq N_{max})$  - вероятность того, что запрос будет выполнен успешно и не позднее, чем за  $N_{max}$  квантов времени,

$P(k_f \leq N_{max})$  - вероятность того, что неудачный запрос будет выполнен не более, чем за  $N_{max}$  квантов времени,

$P(c_s \leq C_{max})$  - вероятность того, что стоимость успешно выполненного запроса не превысит заданную,

$P(c_f \leq C_{max})$  - вероятность того, что стоимость неуспешного запроса не превысит  $C_{max}$ ,

$MO[k_s]$  - математическое ожидание времени выполнения успешного запроса,

$MO[k_f]$  - математическое ожидание времени выполнения неуспешного запроса,

$MO[c_s]$  - математическое ожидание стоимости выполнения удачного запроса,

$MO[c_f]$  - математическое ожидание стоимости выполнения неуспешного запроса.

Благодаря реализации процедур моделирования параллельных вычислительных процессов в подсистеме планирования действий интеллектуальных информационных агентов, среднее время диагностирования сервиса в рассматриваемой сети передачи электронных платежей снижено не менее, чем в три раза.

Предложенный подход к моделированию параллельных вычислительных процессов может быть применен к разным классам систем мониторинга. Важнейшую роль системы мониторинга и управления играют в тех областях, где обнаружение неблагоприятных или критических событий и принятие решений о реализации соответствующих мероприятий должны быть осуществлены за жестко ограниченные промежутки времени. Ярким примером такого рода может служить система мониторинга и управления поведением корабля в открытом море.

В пятой главе показано применение теоретических результатов работы для исследования системы мониторинга и управления поведением судна с целью выявления возможностей снижения временных затрат на реализацию процесса обработки информации и принятия решения об управлении поведением судна.

В результате анализа существующих отечественных решений в области построения бортовых систем мониторинга и управления, а также современных тенденций в области развития вычислительных систем показана необходимость

введения в структуру бортовых СМУ вычислительных модулей, реализующих параллельную обработку данных.

Для системы мониторинга и управления поведением судна на волне разработаны модели типовых процессов параллельной обработки информации и принятия решений.

В работе спланирован научно обоснованный эксперимент, целью которого является определение эффективности распараллеливания процессов обработки независимой информации и выявление зависимости времени принятия решения от числа параметров, используемых при формировании решений. При этом проанализированы различные варианты организации исследуемых процессов и определено влияние параметров типовых функций объединения процедур построения и анализа модели наблюдаемого объекта на статистические временные характеристики процесса мониторинга и управления поведением судна. Эксперименты показали возможность уменьшения времени обработки информации и принятия решения на 20-30% при введении параллелизма в процедуру преобразования наблюдений. Выявленный факт снижения временных затрат на формирование решения может служить предпосылкой к организации вычислительных модулей систем мониторинга и управления положением судна на качественно иной платформе, позволяющей реализовать параллельную обработку информации.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. В процессе анализа существующих средств мониторинга и управления вычислительными системами и сетями установлена объективная необходимость повышения качества их функционирования посредством сокращения временных затрат на параллельную обработку данных.
2. На основе разработанного подхода к построению моделей параллельных вычислительных процессов с задержками в синхронизации процедур многоуровневых схем принятия решений расширен состав известных способов их формального описания.
3. В результате формализации метода отыскания групп совместных вершин обеспечена возможность оценки влияния задержек в синхронизации процедур двухуровневых схем принятия решений на статистические характеристики времени выполнения параллельных вычислительных процессов в системах мониторинга и управления.
4. Впервые с помощью метода свертки выведены аналитические соотношения для оценки влияния задержек в синхронизации многоуровневых схем принятия решений на статистические характеристики времени выполнения параллельных вычислительных процессов в системах мониторинга и управления.
5. В процессе сравнительного анализа результатов моделирования выявлен новый способ сокращения временных затрат на реализацию параллельных вычислительных процессов в системах мониторинга и управления за счет

планирования вариаций задержек в синхронизации процедур двухуровневых схем принятия решений.

6. С помощью модификации метода свертки и метода отыскания групп совместных вершин развито математическое обеспечение для научного обоснования выбора рациональных способов построения систем планирования действий интеллектуальных информационных агентов, предназначенных для мониторинга сети передачи электронных платежей Северо-Западного региона России.
7. Для систем мониторинга и управления положением судна на волне определено влияние параметров функций объединения процедур обработки информации и принятия решений на качество их функционирования.

### ПУБЛИКАЦИИ

1. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Пакет программ для построения графических образов логических моделей параллельных программ // Тезисы докладов научно-технической конференции студентов 25-й юбилейной Недели науки СПбГТУ. – СПб.: СПбГТУ, 1996. – С.277-278.
2. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Программное обеспечение для анализа параллельных вычислительных процессов посредством определения групп совместных вершин // Современные научные школы: перспективы развития (ч. 2). – СПб.: СПбГТУ, 1998. – С.162-163.
3. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Анализ влияния временных задержек в комплексировании решений на характеристики обнаружения дефектов // Тезисы докладов научно-технической конференции "Диагностика, Информатика, Метрология, Экология, Безопасность - 98" (ДИМЭБ-98). – СПб.: СПбГЭТУ, 1998. – С.20-21.
4. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Анализ систем принятия решений относительно обнаружения и локализации движущихся объектов при параллельной обработке данных // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Т.2. – СПб.: СПбГЭТУ, 1998. – С.203-206.
5. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Определение статистических характеристик времени выполнения параллельных процессов с задержками комплексирования // Сб. тезисов докладов научно-технической конференции "Фундаментальные исследования в технических университетах". – СПб.: СПбГТУ, 1998. – С.105-106.
6. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Анализ логических моделей параллельных вычислительных процессов. Тезисы доклада // Красноярск: Красноярский Государственный Технический Университет. VI Всероссийский семинар «Нейроинформатика и ее приложения». Тезисы докладов. 1998. - С.15-16.
7. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Анализ параллельных процессов с задержками комплексирования // Сб. тезисов докладов III Международной научно-технической конференции «Новые информационные технологии и системы». - Пенза, Пензенский Государственный Университет, 1998. – С.29.

8. Соколова Н.В. Определение временных характеристик параллельных вычислительных процессов с задержками объединения последовательных фрагментов // СПб.: Конкурсный Центр фундаментального естествознания. Третья Санкт-Петербургская Ассамблея молодых ученых и специалистов. Тезисы докладов. СПб.: 1998. - С.49.
9. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Анализ параллельных вычислительных процессов с задержками принятия решений // XXVII неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции (часть IV). СПб.: СПбГТУ, 1999. – С.41-42.
10. Соколова Н.В. Анализ временных характеристик параллельных вычислительных процессов с задержками комплексирования последовательных фрагментов // Вестник молодых ученых. Технические науки 1'99(2), № 1.- СПб., 1999. – С. 81-87.
11. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Исследование различных способов организации параллельных вычислительных процессов в системах принятия решений в условиях неопределенности // II Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям Soft Computing and Measurement - 99. Сборник докладов в 2 т. Т.2. - СПб.: СПбГЭТУ, 1999. - С.152-154.
12. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Моделирование систем мониторинга вычислительных кластеров // Материалы межвузовской научной конференции «XXVIII неделя науки СПбГТУ», ч.IV. – СПб.: СПбГТУ, 2000. – С. 63.
13. Соколова Н.В., Гулая А.В. Интегрированный пакет прикладных программ для анализа иерархических моделей параллельных процессов // Материалы межвузовской научной конференции «XXVIII неделя науки СПбГТУ», ч.IV. – СПб.: СПбГТУ, 2000. – С.65–67.
14. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Моделирование параллельных процессов в системах мониторинга вычислительных кластеров // I Всесибирский конгресс женщин-математиков. Сборник тезисов докладов. – Красноярск: Красноярский государственный торгово-экономический институт, 2000. – С.173.
15. Соколова Н.В., Птицына Л.К., Шестаков С.М. Анализ планов действий интеллектуальных агентов с применением логических моделей параллельных процессов // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям в 2 т. Т.2. – СПб.: СПбГЭТУ, 2000. – С.235-238.
16. Соколова Н.В., Птицына Л.К. Математическое и программное обеспечение для анализа качества функционирования систем мониторинга // Материалы межвузовской научной конференции «XXIX неделя науки СПбГТУ», ч.V. – СПб.: СПбГТУ, 2001. – С.53-54.
17. Соколова Н.В., Птицына Л.К., Шестаков С.М. Математическое обеспечение для проектирования систем планирования действий интеллектуальных агентов по сбору информации в гетерогенных сетях // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям в 2 т. Т.2. – СПб.: СПбГЭТУ, 2001.-С.116-118.