

ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1/2003



Григорий Федорович Мощенко

директор издательства "Политехника"

Уважаемый читатель!

Научно-производственный журнал "Информационно-управляющие системы", второй номер которого вы сейчас держите, учрежден Государственным предприятием "Издательство "Политехника". В течение 63 лет издательство "Политехника", именовавшееся в разные годы "Машгиз", "Оборонгиз", ЛО "Машиностроение", играло значительную роль в обеспечении научно-технической информацией потребностей ученых и инженеров всего машиностроительного сообщества страны. До начала 80-х годов в общем объеме научно-технической информации около 70 процентов занимала производственная литература. По количеству издаваемой литературы вместе с московским издательством "Машиностроение" мы работали на одном уровне со многими известными зарубежными издательствами.

В нынешних условиях все изменилось. Научно-производственная информация публикуется в основном в научно-технических журналах. По своему тематическому направлению журнал "Информационно-управляющие системы" призван восполнить дефицит научно-производственной литературы на книжном рынке, обеспечить оперативной информацией ученых и инженеров, занимающихся созданием новых материалов, технологий, техники.

Авторов научно-теоретических работ мы будем ориентировать в максимальной степени на производство, т. е. писать не только доступно, но и с практической направленностью. Регулярно будут публиковаться для предприятий нормативные материалы с комментариями специалистов.

В редколлегию журнала приглашены ведущие ученые и специалисты не только Санкт-Петербурга, но и других городов России и стран СНГ. Редакция журнала приглашает специалистов, работающих во всех областях информационных технологий, как отечественных, так и зарубежных, публиковать свои оригинальные работы в новом периодическом издании. Мы будем также весьма признательны получить от вас, дорогие читатели, пожелания и рекомендации по улучшению содержания журнала.

Заместитель главного редактора журнала Г.Ф.Мощенко

1/2003

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Учредитель и издатель:

ФГУП «Издательство «Политехника»»

Главный редактор

М. Б. Сергеев,
доктор технических наук, профессор

Зам. главного редактора

Г. Ф. Мощенко

Редакционный совет:

Председатель А. А. Оводенко,
доктор технических наук, профессор

В. Н. Васильев,
доктор технических наук, профессор

А. Г. Елисеенко,
В. Н. Козлов,
доктор технических наук, профессор

Ю. Ф. Подоплекин,
доктор технических наук, профессор

Д. В. Пузанков,
доктор технических наук, профессор

В. В. Симаков,
доктор технических наук, профессор

А. Л. Фрадков,
доктор технических наук, профессор

Л. И. Чубраева,
доктор технических наук, профессор, чл.-корр. РАН

Р. М. Юсупов
доктор технических наук, профессор

Редакционная коллегия:

В. Г. Анисимов,
доктор технических наук, профессор

В. Ф. Мелехин,
доктор технических наук, профессор

А. В. Смирнов,
доктор технических наук, профессор

В. А. Фетисов,
доктор технических наук, профессор

В. И. Хименко,
доктор технических наук, профессор

А. А. Шалыто,
доктор технических наук, профессор

А. П. Шелета,
доктор технических наук, профессор

З. М. Юлдашев,
доктор технических наук, профессор

Редактор: О. А. Рубинова

Корректоры: Т. Н. Гринчук

Дизайн: М. Л. Черненко

Компьютерная верстка: Ю. А. Окунева

Ответственный секретарь: О. В. Прохорова

Адрес редакции: 191011, Санкт-Петербург,

Инженерная ул., Д. 6

Тел./факс: (812) 312-53-90

E-mail: asklab@aanet.ru

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12412 от 19 апреля 2002 г.

Журнал распространяется по подписке. Подписку можно оформить в любом отделении связи по каталогу агентства «Роспечать». Индекс 15385.

Банковские реквизиты издательства:

Получатель: ИНН 7825331278, ФГУП «Издательство «Политехника»», Р/с 40503810819000001855 в Куйбышевском филиале ОАО «Банк Санкт-Петербург» в г. Санкт-Петербурге, К/с 30101810900000000790, БИК 044030790, ОКОНХ 87100,

© Коллектив авторов, 2003

Санкт-Петербургскому институту информатики и автоматизации 25 лет

2

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ

Коновалов А. С., Шумилов П. Е. Параметрические максиминные операторы конъюнкции и дизъюнкции в нечеткой логике

4

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Колбанев М. О. Анализ задачи и методов исследования вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации интеллектуальных сетей связи

11

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

Ивакин Я. А. Введение в проблему компьютерной интерпретации прикладных формализуемых теорий

26

Тюрликов А. М., Марковский С. Г. Использование адресов абонентов для организации доступа к высокоскоростному каналу

32

УПРАВЛЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ

Василевский А. М. Информационно-измерительная система мониторинга сеанса гемодиализа по спектрам экстинкции в УФ-области спектра

40

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Фрадков А. Л., Томчин Д. А. Научно-информационные сайты в области автоматизации и систем управления

47

ХРОНИКА И ИНФОРМАЦИЯ

Шалыто А. А. У нас была великая эпоха!

52

Третья международная конференция «Приборостроение в экологии и безопасности человека»

57

Третья международная научная школа «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах»

58

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

59

ЛР № 010292 от 18.08.98.

Сдано в набор 10.01.2003. Подписано в печать 19.02.2003. Формат 60×90/8.

Бумага офсетная. Гарнитура Pragmatica. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7,5. Уч.-изд. л. 8,3. Тираж 1000 экз. Заказ 624.

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Политехника-сервис», 191011, Санкт-Петербург, Инженерная ул., д. 6.

Оригинал-макет изготовлен в ФГУП «Издательство «Политехника»», 191011, Санкт-Петербург, Инженерная ул., д. 6.



Российская Академия Наук

Отделение информационных технологий и вычислительных систем

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ



Статус
государственного учреждения

25 лет

1978 – 2003

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (Статус государственного учреждения) организован в соответствии с Распоряжением Совмина СССР от 19.12.1977 и постановлением Президиума АН СССР от 19.01.78 на базе отдела вычислительной техники Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР как Ленинградский научно-исследовательский вычислительный центр АН СССР (ЛНИВЦ). В настоящее время в Северо-Западном регионе России институт является единственным научным учреждением Отделения информационных технологий и вычислительных систем РАН. Возглавляет институт Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Юсупов Рафаэль Мидхатович.

На базе вычислительного центра ЛНИВЦ была создана одна из первых в стране глобальных информационно-вычислительных сетей — Академсеть «Северо-Запад». В 1985 году ЛНИВЦ преобразован в Ленинградский институт информатики и автоматизации АН СССР.

К 1991 году институт вырос в крупную научно-исследовательскую организацию, на базе ряда научных подразделений которой были организованы новые академические учреждения: Центр экологической безопасности Санкт-Петербургского научного центра РАН, Лаборатория мозга Института экспериментальной медицины РАН.

В 1992 г. в связи с возвращением г. Ленинграду исторического названия Санкт-Петербург институт переименован в Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН).

Основными задачами института в настоящее время являются: развитие фундаментальных основ информатизации общества и информационных процессов; разработка архитектуры, системных решений и программного обеспечения информационно-управляющих комплексов реального времени и информационно-вычислительных систем и сетей, теоретических основ построения информационных технологий для интеллектуальных систем автоматизации научных исследований, управления и производства. Фундаментальные прикладные исследования по этим направлениям ведутся по проектам Минпромнауки РФ, грантам РФФИ и зарубежных фондов, заказам российских и зарубежных ведомств и организаций, при взаимодействии с отечественными и зарубежными университетами, исследовательскими институтами и производственными компаниями. Прикладные результаты исследований института ориентированы на создание технологий, соответствующих Перечню критических технологий Российской Федерации. В числе последних разработок института: принципиально новый класс ЭВМ — машины динамической архитектуры, которые позволяют решать в реальном масштабе времени задачи обработки больших объемов информации, управления движением значительного числа объектов и телекоммуникационными сетями; информационная технология (ИТ) проектирования и программной реализации интеллектуальных многоагентных систем с приложениями к задачам планирования, составления расписаний, обработки распределенных данных с целью извлечения знаний, а также для задач защиты компьютерных сетей от распределенных атак;

УДК 519.68

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МАКСИМИННЫЕ ОПЕРАТОРЫ КОНЪЮНКЦИИ И ДИЗЪЮНКЦИИ В НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ

А. С. Коновалов,

д-р. техн. наук, профессор

П. Е. Шумилов,

аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения (СПбГУАП)

Предложены параметрические операторы нечеткой конъюнкции и дизъюнкции, основанные на максиминных операциях. Максиминные операторы позволяют ввести различную степень корреляции в различные правила управления нечеткого регулятора и могут использоваться совместно с операторами Заде. В качестве примера применения таких операторов рассмотрена аппроксимация функции с помощью нечеткой системы.

In this article parametric conjunction and disjunction operators are proposed based on maximin operations. The operators preserve all necessary properties of t-operators except associativity, which seems unnecessary for fuzzy controller design. This feature allows using them in expert fuzzy systems together with Zadeh's operators. As an example of applicability of the parametric maximin operators, a task of function approximation is considered where the proposed operators outperform traditional t-operators.

Введение

В 1965 г. Л. Заде предложил использование нечеткой логики [1], которая была призвана приблизить алгоритмы функционирования автоматических систем к процессу принятия решения человеком (экспертом). Вместе с лингвистическими переменными, предназначенными для моделирования понятий естественного языка, нечеткая логика должна адекватно отражать и сам процесс принятия решения экспертом, т. е. логику рассуждения эксперта. С этой целью в нечеткой логике используются логические операторы, соответствующие семантическим связкам естественного языка.

Реализация этих операторов с помощью компьютерной и микропроцессорной техники предполагает их описание математическими и логическими функциями. При этом опыт применения нечетких систем показывает, что в большинстве случаев при создании экспертных нечетких систем используются изначально предложенные Л. Заде операторы взятия минимума (в качестве конъюнкции) и максимума (в качестве дизъюнкции). В то же время операторы Заде обладают существенным недостатком — они учитывают величину только одного из операндов, что не соответствует анализу семантики правил управления,

которые использует человек. Большой практический интерес представляют параметрические операторы нечеткой логики, позволяющие учесть гибкость в обработке информации, изменение степени компенсации операндов и т. д., подстраивая нечеткий регулятор на логику пользователя или близкую к ней [2–5].

Операторы нечеткой логики

Первоначально в качестве операторов нечеткой конъюнкции, дизъюнкции и отрицания Л. Заде использовал операторы минимума $\min\{x, y\}$, максимум $\max\{x, y\}$ и инволюции $1 - x$, полученные в результате обобщения свойств операций над обычными множествами и булевой логики [1].

С математической точки зрения система операторов $(\min\{x, y\}, \max\{x, y\}, 1 - x)$ имеет лучшие характеристики, чем другие системы, а для теории автоматического управления нечеткие регуляторы на основе этой системы операторов зачастую более робастны, что подтверждается преимущественным использованием именно этих операторов в реальных системах управления. Кроме того, эти операторы более просто могут быть реализованы аппаратными средствами, а смысл и результат действия этих операторов очевиден, что особенно

важно при проектировании экспертных систем нечеткого управления [6–8].

Как было показано в последующих работах по теории нечетких множеств и нечеткой логике, операции минимума и максимума являются единственно возможными операциями пересечения и объединения нечетких множеств, если сохранять для них все основные свойства обычных множеств (коммутативности, ассоциативности, дистрибутивности и идемпотентности; не выполняется только закон комплиментарности) [9]. Если же из системы аксиом исключить требование дистрибутивности, то возможно построение широкого класса операций, основывающихся на теории треугольных (триангулярных [2]) *t*-операторов (*t*-норм в качестве конъюнкции и *t*-конорм в качестве дизъюнкции).

Определение *t*-нормы [9–11]:

T-норма определяется как отображение $T: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, удовлетворяющее следующим аксиомам:

— граничные условия

$$T(0, 0) = T(1, 0) = T(0, 1) = 0, \quad (1)$$

$$T(x, 1) = x; \quad (2)$$

— коммутативность

$$T(x, y) = T(y, x); \quad (3)$$

— ассоциативность

$$T(T(x, y), z) = T(x, T(y, z)); \quad (4)$$

— монотонность

$$T(x, y) \leq T(x, z), \text{ если } y \leq z. \quad (5)$$

Определение *t*-конормы:

S-конорма определяется как отображение $S: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, удовлетворяющее следующим аксиомам:

— граничные условия

$$S(1, 0) = S(0, 1) = S(1, 1) = 1, \quad (6)$$

$$S(x, 0) = x; \quad (7)$$

— коммутативность

$$S(x, y) = S(y, x); \quad (8)$$

— ассоциативность

$$S(S(x, y), z) = S(x, S(y, z)); \quad (9)$$

— монотонность

$$S(x, y) \leq S(x, z), \text{ если } y \leq z. \quad (10)$$

Взаимное соответствие *t*-норм и *t*-конорм обычно определяется с помощью закона Де-Моргана [6, 10]:

$$S(x, y) = N(T(N(x), N(y))), \quad (11)$$

$$T(x, y) = N(S(N(x), N(y))), \quad (12)$$

где $N(x)$ — оператор отрицания.

В этом случае *t*-норма и *t*-конорма называются взаимно дуальными на основе нечеткого отрицания $N(x)$ [6].

Примеры наиболее часто используемых *t*-операторов, взаимно дуальных на основе нечеткого отрицания $N(x) = 1 - x$ [10]:

1. Операторы, изначально предложенные Заде (произведение и сумма множеств),

$$T_M(x, y) = \min\{x, y\},$$

$$S_M(x, y) = \max\{x, y\}. \quad (13)$$

2. Операторы, аналогичные операциям с независимыми событиями в теории вероятностей (алгебраические произведения и сумма),

$$T_P(x, y) = x \cdot y,$$

$$S_P(x, y) = x + y - x \cdot y. \quad (14)$$

3. Драстические произведения и сумма

$$T_D(x, y) = \begin{cases} x, & \text{если } y = 1; \\ y, & \text{если } x = 1; \\ 0, & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

$$S_D(x, y) = \begin{cases} x, & \text{если } y = 0; \\ y, & \text{если } x = 0; \\ 1, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (15)$$

Все *t*-нормы и конормы, удовлетворяющие аксиомам (1) – (10), находятся в диапазоне

$$T_D(x, y) \leq T(x, y) \leq T_M(x, y),$$

$$S_D(x, y) \geq S(x, y) \geq S_M(x, y).$$

T-операторы были заимствованы из теории вероятностных метрических пространств [10]. С помощью функциональных уравнений и «генераторов» — одноместных непрерывных функций с требуемыми характеристиками, можно получить неограниченное количество *t*-операторов [3, 12].

Параметрические *t*-операторы

В настоящее время предложено достаточно большое количество параметрических *t*-операторов, удовлетворяющих аксиомам (1) – (10), однако в большинстве своем эти операторы сложны для оптимизации и реализации в контроллерах [10].

В качестве типичного примера параметрических *t*-норм можно привести *t*-нормы Склара и Хамачера [10, 8]:

$$T(x, y) = 1 - [(1-x)^p + (1-y)^p - (1-x)^p \cdot (1-y)^p]^{1/p}, \quad (16)$$

$$T(x, y) = \frac{\lambda \cdot x \cdot y}{1 - (1-\lambda) \cdot (x + y - x \cdot y)}. \quad (17)$$

Из-за сложности этих операторов и в стремлении получить большую свободу в выборе t-операторов, в ряде работ из набора аксиом (1) – (10) исключались требования ассоциативности [13], ассоциативности и коммутативности [10], монотонности [14]. В работе [15] был также предложен вариант разрывных t-операторов.

Среди всех аксиом t-операторов требование ассоциативности (4), (9) вызывает наибольшие сомнения. Как и требование дистрибутивности, оно служит в основном для математических преобразований и в реальных системах не используется. Кроме того, требование ассоциативности накладывается на операторы с тремя и более аргументами, и параметрические операторы, удовлетворяющие этому требованию, в основном слишком сложны для реализации на аппаратном уровне [10].

Требование коммутативности (3), (8) важно, например, в многокритериальных системах принятия решений, где разумно потребовать независимости порядка рассмотрения критериев [10]. Также данное требование полезно для разрабатываемых в настоящее время методов синтеза нечетких регуляторов, не основывающихся на базе знаний экспертов [16; 17].

Требования ограниченности t-операторов (1) – (2), (6) – (7) были заимствованы вместе с самими операторами из теории вероятностных метрических пространств. Эти требования означают, что все t-нормы и t-конормы совпадают на поверхностях куба $[0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ [11]. Для нечеткой логики достаточно только требований (1) и (6), поскольку остальные условия не имеют реального подтверждения и представляют собой лишь дополнительные ограничения на t-нормы и конормы.

Параметрический максиминный оператор нечеткой конъюнкции

В результате конъюнкции из 2 (или более) произвольных формул A и B образуется более сложная формула (A&B), преобразующая смысл исходных формул. Иными словами, конъюнкция может означать не только одновременное наличие нескольких событий, но и некоторую их зависимость (корреляцию). В зависимости от семантического значения связки «И» степень корреляции между A и B различна.

Подтверждением этому тезису может служить следующее наблюдение.

В естественном языке в конъюнктивных высказываниях кроме связки «И» также используется и семантическая связка «НО», выбор между которыми производится человеком осознанно, так как они характеризуют различную корреляцию между переменными.

Представляется, что в большей степени, чем существующие t-нормы, соответствовать конъюнктивным высказываниям эксперта может оператор, построенный на основе max-min операторов Заде (13) и имеющий возможность изменять свои характе-

ристики, подстраиваясь под логику эксперта и сохраняя при этом достоинства операторов Заде.

В качестве такого оператора нечеткой конъюнкции предлагается следующий оператор:

$$T(x, y) = \min\{x, y\} \cdot (1 + \alpha|x - y| + \beta(1 - \max\{x, y\})), \quad (18)$$

где $-1 \leq \beta \leq \alpha \leq 1$.

Данный оператор обладает необходимыми свойствами коммутативности (3), монотонности (5) и ограниченности (1) (доказательство приводится в Приложении).

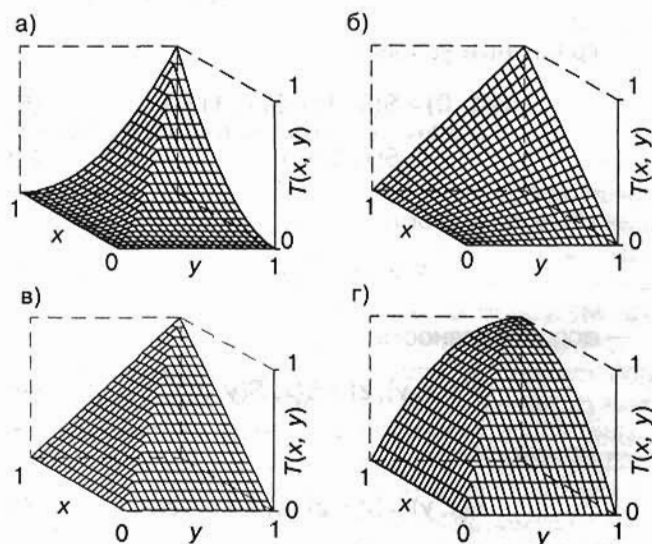
Оператор такого вида обладает способностью меняться относительно $\min\{x, y\}$ как в большую, так и в меньшую сторону, что позволяет использовать его в базе правил управления регулятора совместно с оператором минимума. При этом чем слабее корреляция между операндами, тем ближе оператор к $\min\{x, y\}$, т. е. $\alpha \rightarrow 0, \beta \rightarrow 0$.

С помощью параметров α и β свойства оператора (18) меняются относительно оператора $\min\{x, y\}$. При этом:

- в случае $\alpha = 0, \beta = 0$: $T(x, y) = \min\{x, y\}$,
- в случае $\alpha \leq 0, \beta < 0$: $T(x, y) < \min\{x, y\}$ (за исключением граничных точек (0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1)),
- в случае $\alpha = 0, \beta = -1$: $T(x, y) = T_p(x, y)$, см. (1.17),
- в случае $\alpha > 0, \beta \geq 0$: $T(x, y) > \min\{x, y\}$ (за исключением граничных точек).

Изображение оператора (18) при некоторых значениях параметров α и β представлено на рис. 1.

Случай двух аргументов в операторе конъюнкции встречается в большинстве случаев. Обобщение оператора (18) для произвольного количества аргументов $N (N > 2)$ имеет вид:



■ Рис. 1. Оператор (18) при различных значениях параметров α, β :
 а — $\alpha = -1, \beta = -1$; б — $\alpha = 0, \beta = -1$;
 в — $\alpha = 0, \beta = 0$; г — $\alpha = 1, \beta = 1$

$$T(x_1, \dots, x_N) = \min\{x_i\} \times \left[1 + \alpha \sum_{i=1}^N |x_i - \min\{x_i\}| + \beta(1 - \max\{x_i\}) \right], \quad (19)$$

где $-1 \leq \beta \leq \alpha \leq \frac{1}{N-1}$, $\alpha \geq 0$

Оператор нечеткой дизъюнкции

Как и для классических t-операторов нечеткой логики, в случае использования нечеткого отрицания Заде $N(x) = 1 - x$ оператор нечеткой дизъюнкции может быть получен из оператора нечеткой конъюнкции с помощью закона Де-Моргана (11).

В случае t-нормы с двумя аргументами.

$$S(x, y) = N(T(N(x), N(y))) = 1 - T(1 - x, 1 - y) = 1 - (1 - \max\{x, y\}) (1 + \alpha|(1 - x) - (1 - y)| + \beta(1 - (1 - \min\{x, y\}))) = 1 - (1 - \max\{x, y\}) (1 + \alpha|x - y| + \beta \min\{x, y\}),$$

где $-1 \leq \beta \leq \alpha \leq 1$ (20)

В случае t-нормы с N аргументами ($N > 2$).

$$S(x_1, \dots, x_N) = N(T(N(x_1), \dots, N(x_N))) = 1 - T(1 - x_1, \dots, 1 - x_N) = 1 - (1 - \max\{x_i\}) \times \left[1 + \alpha \sum_{i=1}^N |\max\{x_i\} - x_i| + \beta \min\{x_i\} \right], \quad (21)$$

где $-1 \leq \beta \leq \alpha \leq \frac{1}{N-1}$, $\alpha \geq 0$

Однако, в отличие от конъюнкции, дизъюнкция, реализующая семантическую связку «ИЛИ», подразумевает безразличие к тому, имеет ли место одно событие или несколько.

Поэтому, имея в виду отсутствие корреляции между переменными, объединенными с помощью связки «ИЛИ», в качестве оператора нечеткой конъюнкции представляется целесообразным выбрать оператор (20), (21) при $\alpha = \beta = 0$, т.е. дизъюнкцию Заде:

$$S(x_1, \dots, x_N) = S_M(x_1, \dots, x_N) = \max\{x_i\}$$

Пример аппроксимации функции

Аппроксимация функций с помощью нечеткой системы является широко используемым аргументом применимости нечеткой логики к задачам управления [18–23]

Для исследования аппроксимации функций наиболее часто используется нечеткая система, получившая название «стандартная аддитивная модель» (САМ) [22]. При отсутствии весовых коэффициентов и описании функций принадлежности нечетких множеств выходной координаты в виде синглетонов, уравнение САМ имеет вид.

$$F(x_1, \dots, x_n) = \frac{\sum_{j=1}^m \alpha_j(x_1, \dots, x_n) c_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j(x_1, \dots, x_n)}, \quad (22)$$

где $F(x_1, \dots, x_n)$ — выход нечеткой системы с x_1, \dots, x_n входными переменными, m — количество правил вывода нечеткой системы; $\alpha_j(x_1, \dots, x_n)$ — оператор конъюнкции в j -м правиле вывода, c_j — значение выходной координаты, соответствующее j -му правилу вывода.

Рассмотрим аппроксимацию с помощью САМ (22) функции

$$f(x, y) = x^2 + y^2; \quad x, y \in [-5, 5] \quad (23)$$

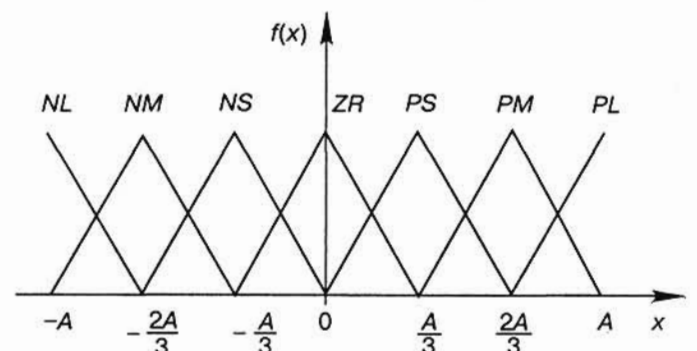
Среднеквадратическая ошибка аппроксимации имеет вид.

$$\epsilon_{cp} = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (f_i(x, y) - F_i(x, y))^2, \quad (24)$$

где N — число точек вычисления функции (принимается $N = 100$), $(f_1(x, y), \dots, f_N(x, y))^T, (F_1(x, y), \dots, F_N(x, y))^T$ — векторы значений аппроксимируемой и аппроксимирующей функции соответственно

Аппроксимация с заданной (высокой) точностью требует очень большого количества правил вывода (достаточное условие аппроксимации с помощью САМ полиномов на отрезке $[0, 1]$ с заданной точностью было получено в работе [19]). Но если наша цель заключается в сравнительном анализе различных операторов нечеткой логики, то САМ может быть построена более простым способом, широко используемым для синтеза нейро-нечетких регуляторов [20, 24].

Диапазон допустимых значений входных переменных $[-A, A]$ разбивается на 7 нечетких множеств (рис. 2), выходной переменной — также на 7 нечетких множеств, с учетом того, что выходная переменная может принимать только положительные значения (рис. 3). Функции принадлежности имеют треугольную форму и распределены равномерно.



■ Рис. 2. Функции принадлежности нечетких множеств входных переменных

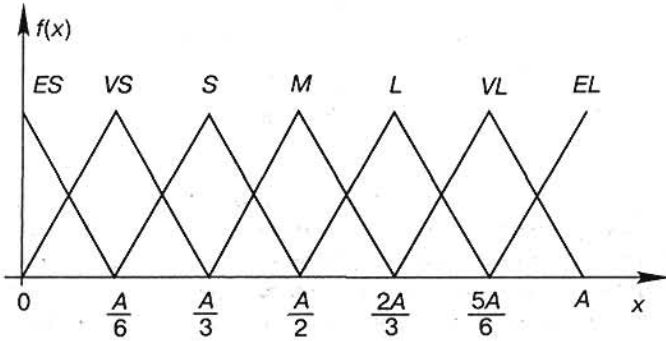


Рис. 3. Функции принадлежности нечетких множеств выходной переменной

Максимальное значение входных координат $A = 5$, выходной координаты $A = 5^2 + 5^2 = 50$.

База правил (табл. 1) в этом случае состоит из $7^2 = 49$ правил, которые определяются по принципу минимального расстояния между значениями функции (23), определяемыми в точках максимумов функций принадлежности входных переменных, и значениями максимумов функции принадлежности выходной переменной:

$$R_{i,j} = \min_k |f(x_i, y_j) - F_k|,$$

$$i, j = \{NL, NM, NS, ZR, PS, PM, PL\},$$

$$k = \{ES, VS, S, M, L, VL, EL\}.$$

При использовании в качестве конъюнкции параметрического максиминного оператора (18) возможны следующие стратегии оптимизации параметров α, β :

1. Одновременное изменение параметров α_j, β_j во всех правилах, т. е. $\alpha_j = \alpha_{\text{опт}}, \beta_j = \beta_{\text{опт}}, j = 1 \dots 49$.

2. Изменение параметров α_j, β_j в каждом правиле индивидуально, т. е. $\alpha_j = \alpha_{\text{опт}j}, \beta_j = \beta_{\text{опт}j}, j = 1 \dots 49$.

Первый вариант не требует больших вычислительных затрат, поэтому возможно вычисление ошибки (24) на всем диапазоне изменения параметров α, β с достаточно малым шагом, а оптимальные значения параметров в этом случае будут соответствовать глобальному минимуму ошибки. В результате оптимизации были получены оптимальные значения параметров $\alpha_{\text{опт}} = 0, 1, \beta_{\text{опт}} = -1$ (см. табл. 2).

Таблица 1. База правил для аппроксимации функции $f(x, y) = x^2 + y^2$

Аргументы		x						
		NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
y	NL	EL	L	M	M	M	L	EL
	NM	L	M	S	VS	S	M	L
	NS	M	S	VS	ES	VS	S	M
	ZR	M	VS	ES	ES	ES	VS	M
	PS	M	S	VS	ES	VS	S	M
	PM	L	M	S	VS	S	M	L
	PL	EL	L	M	M	M	L	EL

Таблица 2. Результаты аппроксимации функции с помощью САМ

Ошибка аппроксимации	Оператор конъюнкции			
	$\min\{x, y\}$	xy	Оператор (18)	
			$\alpha_j = \alpha_{\text{опт}} = 0, 1, \beta_j = \beta_{\text{опт}} = -1$	$\alpha_j = \alpha_{\text{опт}j}, \beta_j = \beta_{\text{опт}j}$
Среднеквадратическая ошибка, $\epsilon_{\text{ср}}$	2,097	1,789	1,787	1,761

При втором варианте, в случае изменения параметров α_j, β_j в каждом правиле индивидуально, оптимизация может быть выполнена с помощью метода градиентного спуска [25, 26], часто используемого в нейро-нечетких системах.

Закон изменения параметров α_j, β_j имеет вид [25]:

$$\alpha_j(t+1) = \alpha_j(t) - \mu_\alpha \frac{\partial \epsilon_{\text{ср}}}{\partial \alpha_j},$$

$$\beta_j(t+1) = \beta_j(t) - \mu_\beta \frac{\partial \epsilon_{\text{ср}}}{\partial \beta_j}.$$

где t — номер текущей итерации; $t + 1$ — номер следующей итерации; $\alpha_j(t), \beta_j(t)$ — значения параметров для j -го правила вывода на предыдущей итерации; μ_α, μ_β — коэффициенты оптимизации (коэффициенты скорости обучения в нейронных сетях), которые должны быть достаточно малыми, чтобы обеспечить сходимость метода.

Раскрывая частные производные, получим:

$$\frac{\partial \epsilon_{\text{ср}}}{\partial \alpha_j} = -\frac{1}{N} \sum_{l=1}^N (f_l(x, y) - F_l(x, y)) \times$$

$$c_j \frac{\sum_{i=1}^m a_i(x, y) - \sum_{i=1}^m a_i(x, y) c_i}{\sum_{i=1}^m a_i(x, y)^2} \times$$

$$\times \min\{x, y\} |x - y|;$$

$$\frac{\partial \epsilon_{\text{ср}}}{\partial \beta_j} = -\frac{1}{N} \sum_{l=1}^N (f_l(x, y) - F_l(x, y)) \times$$

$$c_j \frac{\sum_{i=1}^m a_i(x, y) - \sum_{i=1}^m a_i(x, y) c_i}{\sum_{i=1}^m a_i(x, y)^2} \times$$

$$\times \min\{x, y\} (1 - \max\{x, y\}).$$

Результаты аппроксимации функции (23) с помощью САМ (22) и различных операторов нечеткой конъюнкции приведены в табл. 2.

Полученные результаты показывают, что в процессе оптимизации параметрический максиминный оператор (18) стремится к алгебраическому произведению, однако минимум среднеквадратической ошибки достигается при значениях параметров α, β , которые отличны от значений, соответствующих алгебраическому произведению, и нечет-

кая система выполняет нелинейную интерполяцию между точками, определяемыми базой правил САМ.

Среди традиционных операторов нечеткой конъюнкции (13) – (15) алгебраическое произведение (14) имеет лучшие результаты, к которому при оптимизации стремятся классические параметрические t-нормы (16) – (17).

Заключение

В настоящей статье были предложены параметрические максиминные операторы нечеткой конъюнкции и дизъюнкции. Операторы сохраняют все необходимые свойства, предъявляемые к t-операторам, за исключением свойства ассоциативности, которое, применительно к задаче синтеза нечетких регуляторов, излишне. При этом, в отличие от традиционных параметрических t-операторов, максиминные операторы строятся только с использованием простых алгебраических операций и обладают способностью меняться относительно операторов Заде в меньшую и большую сторону, что позволяет использовать их в экспертных нечетких регуляторах совместно с операторами Заде. В качестве примера использования параметрических максиминных операторов рассматривается задача аппроксимации функции, в которой предложенные операторы показывают лучшие по сравнению с другими t-операторами результаты.

Приложение

Доказательство коммутативности

T-норма

$$T(x, y) = \min\{x, y\}(1 + \alpha|x - y| + \beta(1 - \max\{x, y\})) \quad (\text{П.1})$$

содержит операции минимума, максимума и модуля разности двух аргументов, которые коммутативны. Следовательно, их произведение и сумма также коммутативны, т. е. данная t-норма коммутативна.

Доказательство монотонности

T-норма (П.1) есть монотонно возрастающая функция, если выполняется условие

$$T(x + \epsilon, y) \geq T(x, y),$$

где приращение $\epsilon > 0$.

1. Случай приращения по $\min\{x, y\} = x^*$.

В этом случае t-норма примет вид

$$\begin{aligned} T(x + \epsilon, y) &= (x + \epsilon)(1 + \alpha|x + \epsilon - y| + \beta(1 - y)) = \\ &= x(1 + \alpha|x - y| + \beta(1 - y)) - \alpha\epsilon x + \\ &+ \epsilon(1 + \alpha|x + \epsilon - y| + \beta(1 - y)) = \\ &= T(x, y) + \epsilon(1 + \alpha y - 2\alpha x - \alpha\epsilon + \beta(1 - y)). \end{aligned}$$

Для монотонности потребуем

$$T(x, y) + \epsilon(1 + \alpha y - 2\alpha x - \alpha\epsilon + \beta(1 - y)) \geq T(x, y),$$

$$\epsilon(1 + \alpha y - 2\alpha x - \alpha\epsilon + \beta(1 - y)) \geq 0.$$

Поскольку $\epsilon > 0$, то

$$1 + \alpha y - 2\alpha x - \alpha\epsilon + \beta(1 - y) \geq 0,$$

$$1 + \beta(1 - y) \geq \alpha(-y + 2x + \epsilon). \quad (\text{П.2})$$

Данное неравенство должно выполняться при любых значениях аргументов, а следовательно и когда левая часть минимальна, а правая часть максимальна.

Левая часть неравенства достигает минимума при $y \rightarrow 1$ ($\beta \geq 0$); правая часть максимальна при $x \rightarrow 1$.

Учитывая эти условия; решение неравенства примет вид

$$\alpha \leq 1. \quad (\text{П.3})$$

В случае $\beta < 0$ левая часть неравенства (П.1) достигает минимума при $y \rightarrow 0$, следовательно, $x \rightarrow 0$ ($x < y$). Тогда

$$1 + \beta \geq 0,$$

$$\beta \geq -1. \quad (\text{П.4})$$

2. Случай приращения по $\max\{x, y\} = y$.

$$\begin{aligned} T(x, y + \epsilon) &= x(1 + \alpha|x - (y + \epsilon)| + \beta(1 - (y + \epsilon))) = \\ &= x(1 + \alpha|x - y| + \alpha\epsilon + \beta(1 - y) - \beta\epsilon) = \\ &= T(x, y) + x(\alpha\epsilon - \beta\epsilon). \end{aligned}$$

Для монотонности потребуем

$$T(x, y) + x(\alpha\epsilon - \beta\epsilon) \geq T(x, y),$$

$$x(\alpha\epsilon - \beta\epsilon) \geq 0.$$

Так как $x > 0$, $\epsilon > 0$, то

$$\alpha \geq \beta. \quad (\text{П.5})$$

Доказательство ограниченности

T-норма должна удовлетворять граничным условиям $T(x, y) \in [0, 1]$, при $x, y \in [0, 1]$.

1. Условие ограниченности $T(x, y) \leq 1$, при $x, y \in [0, 1]$.

Если t-норма монотонно возрастающая функция двух аргументов, то максимальное значение функция принимает на верхней границе возможных значений аргументов, т. е. $x = y = 1$. В этом случае

$$T(x, y) = T(1, 1) = 1(1 + \alpha|1 - 1| + \beta(1 - 1)) = 1.$$

следовательно, при условии монотонности t-нормы ее максимальное значение равно 1.

2. Условие ограниченности $T(x, y) \geq 0$, при $x, y \in [0, 1]$.

$$T(x, y) = x(1 + \alpha|x - y| + \beta(1 - y)) \geq 0.$$

В случае $x = 0$ имеем

$$T(0, y) = 0(1 + \alpha|0 - y| + \beta(1 - y)) = 0,$$

следовательно, условие ограниченности выполняется.

При $x \neq 0$ условие ограниченности можно представить в виде

$$1 + \alpha|x - y| + \beta(1 - y) \geq 0, \quad (\text{П.6})$$

откуда

$$\alpha \geq -\frac{1 + \beta(1 - y)}{|x - y|}. \quad (\text{П.7})$$

* Здесь и далее подразумевается, что $\min\{x, y\} = x$, $\max\{x, y\} = y$.

Правая часть неравенства (П.6) стремится к максимальному значению при $x \rightarrow 0$ и $y \rightarrow 1$. Тогда

$$\alpha \geq -1. \quad (\text{П.8})$$

Также из неравенства (П.5) получаем

$$\beta \geq -\frac{1+\alpha|x-y|}{1-y}. \quad (\text{П.9})$$

При $x \rightarrow 0$ и $y \rightarrow 0$ правая часть неравенства (П.8) стремится к максимальному значению. Тогда

$$\beta \geq -1. \quad (\text{П.10})$$

Объединяя решения неравенств (П.3) – (П.5), (П.8), (П.10), окончательно получаем диапазон параметров α , β , при которых t-норма (П.1) удовлетворяет условиям коммутативности, монотонности и ограниченности:

$$-1 \leq \beta \leq \alpha \leq 1. \quad (\text{П.11})$$

Литература

1. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1976. — 165 с.
2. **Аверкин А. Н., Головина Е. Ю., Сергиевский А. Е.** Проектирование нечетких регуляторов на основе триангулярных норм // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 1997, № 5. — С. 112–118.
3. **Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /** Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Наука, 1986. — 312 с.
4. **Сметс Ф.** Простейшие семантические операторы // Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ. / Под ред. Р. Р. Ягера. — М.: Радио и связь, 1986. — 408 с.
5. **Elkan C.** The Paradoxical Success of Fuzzy Logic // Proceedings of the Eleventh National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-93). — Washington, D.C., 1993. — pp. 698–703.
6. **Прикладные нечеткие системы:** Пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сэгуно. — М.: Мир, 1993. — 142 с.
7. **Yamakawa T., Miki T.** The Current Mode Fuzzy Logic Integrated Circuits by the Standard CMOS Process // IEEE Transactions on Computers. — 1986, Vol. 35. — pp. 161–167.
8. **Tzafestas S. G., Venetsanopoulos A. N., Terzakis S.** Fuzzy Sets and Fuzzy Reasoning: An Introduction // Fuzzy Reasoning in Information, Decision, and Control Systems / Eds. S. G. Tzafestas, A. N. Venetsanopoulos. — Kluwer Academic Publishers, 1994. — 567 p.
9. **Klement E. P.** Construction of Fuzzy σ -Algebras Using Triangular Norms // Journal of Mathematical Analysis and Applications. — 1982, Vol. 85, № 2. — pp. 543–565.
10. **Batyrshin I., Kaynak O.** Parametric Classes of Generalized Conjunction and Disjunction Operations for Fuzzy Modeling // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. — 1999, Vol. 7, № 5. — pp. 586–595.
11. **Klement E. P., Navara M.** A Survey on Different Triangular Norm-Based Fuzzy Logics // Fuzzy Sets and Systems. — 1999, Vol. 101, № 2. — pp. 241–251.
12. **Трильяс Э., Альсина К., Вальверде А.** Нужны ли в теории нечетких множеств операции max, min и 1-j? // Нечеткие множества и теория возможностей: последние достижения: Пер. с англ. / Под ред. Р. Р. Ягера. — М.: Радио и связь, 1986. — 408 с.
13. **Smith M. H., Kreinovich V.** Optimal Strategy of Switching Reasoning Methods in Fuzzy Control // Theoretical Aspects of Fuzzy Control / Eds. H.T. Nguyen. — John Wiley & Sons, Inc., 1995. — 359 p.
14. **Yager R. R.** Nonmonotonic Set Theoretic Operations // Fuzzy Sets and Systems. — 1991, Vol. 4.
15. **Rudas I. J.** Entropy-Based Operations on Fuzzy Sets // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. — 1998, Vol. 6, № 1. — pp. 33–40.
16. **Hu B. Mann G., Raymond G. G.** New Methodology for Analytical and Optimal Design of Fuzzy PID Controllers // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. — 1999, Vol. 7, № 5. — pp. 521–539.
17. **Li H.-X., Tso S. K.** Higher Order Fuzzy Control Structure for Higher Order or Time-Delay Systems // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. — 1999, Vol. 7, № 5. — pp. 540–552.
18. **Bauer P., Klement E. P., Moser B., Leikermoser A.** Modeling of Control Functions by Fuzzy Controllers // Theoretical Aspects of Fuzzy Control / Eds. H. T. Nguyen. — John Wiley & Sons, Inc., 1995. — 359 p.
19. **Castro J. L.** Fuzzy Logic Controllers are Universal Approximators // IEEE Transactions on Systems, Man, Cybernetics. — 1995, Vol. 25, № 4. — pp. 629–635.
20. **Dubois D., Prade H., Grabish M.** Gradual Rules and the Approximation of Control Laws // Theoretical Aspects of Fuzzy Control / Eds. H. T. Nguyen. — John Wiley & Sons, Inc., 1995. — 359 p.
21. **Kosko B.** Fuzzy Systems as Universal Approximators // IEEE Transactions on Computers. — 1994, Vol. 43, № 11. — pp. 1329–1333.
22. **Kosko B., Dickerson J. A.** Function Approximation with Additive Fuzzy Systems // Theoretical Aspects Of Fuzzy Control / Eds. H.T. Nguyen. — John Wiley & Sons, Inc., 1995. — 359 p.
23. **Ying H.** Sufficient Conditions on General Fuzzy Systems as Function Approximators // Automatica. — 1994, Vol. 30, № 3. — pp. 521–526.
24. **Ju M. S., Jang D. L.** Design Of adaptive Fuzzy Controls Based on Natural Control Laws // Fuzzy Sets and Systems. — 1996, Vol. 81, № 2. — pp. 191–204.
25. **Park C. J., Seong P. H.** Towards Increasing the Learning Speed of Gradient Descent Method in Fuzzy Systems // Fuzzy Sets and Systems. — 1996, Vol. 77, № 2. — pp. 299–313.
26. **Mitra S., Pal S. K.** Neuro-Fuzzy Expert Systems: Overview With a Case Study // Fuzzy Reasoning in Information, Decision, and Control Systems / Eds. S. G. Tzafestas, A. N. Venetsanopoulos. — Kluwer Academic Publishers, 1994. — 567 p.

УДК 621.391.28

АНАЛИЗ ЗАДАЧИ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНО–ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОВ КОММУТАЦИИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

М. О. Колбанёв,

канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье центр коммутации и обработки информации (ЦКиО) интеллектуальной сети связи рассматривается в качестве предметной области методов оценки вероятностно-временных характеристик. Рассматриваются особенности и требования к методам оценки вероятностно-временных характеристик ЦКиО, построенных на различных технологических принципах. Строится концептуальная модель ЦКиО, выявляются процессы жизненного цикла, реализация которых требует оценки вероятностно-временных характеристик.

In paper the centre of centers switching and information processing of an intellectual network is considered as a subject domain of methods of an estimation of time and probabilistic characteristics. The features and requirements to methods of estimation of centers characteristics, constructed on various technological principles are considered.

Введение

Процесс интенсивной информатизации всех видов деятельности человека в современном обществе характеризуется существенным изменением требований, которые предъявляются как к технологиям коммутации и доставки информации, так и к составу услуг, которые предоставляются пользователям сетей связи.

Технологию коммутации каналов меняет сегодня пакетная коммутация. Сети передачи данных развиваются примерно в 10 раз быстрее телефонных сетей, приносят операторам связи все больший доход и позволяют повысить использование ресурсов первичной сети, поддерживать широкий диапазон скоростей передачи пользовательской информации и параметров трафика, гарантируя при этом требуемые показатели качества обслуживания пользователей.

Благодаря интенсивному росту инфраструктуры сетей становится возможной реализация потребностей пользователей во внедрении новых услуг. Анализ мирового телекоммуникационного рынка показывает замедление роста доходов, получаемых от предоставления традиционных услуг сетей связи общего пользования, в то время как

темпы роста доходов от предоставления дополнительных услуг неуклонно растут. При этом речь идет не только и не столько об услугах «классической» интеллектуальной сети, таких как оплата по сервисным телефонным картам или за счет вызываемого пользователя, телеголосование, речевая почта и т. п. Имеется очевидная потребность внедрения инфокоммуникационных услуг нового типа, таких, которые связаны не только с традиционными функциями распространения и доставки информации, но и с ее хранением и обработкой.

Изменяется ситуация, при которой прикладные программы и услуги должны разрабатываться узким кругом специалистов в интересах всех пользователей сетей операторов связи. Современные телекоммуникационные системы допускают разработку приложений специалистами других прикладных областей и внедрение этих приложений в границах сетевых доменов, определяемых провайдерами услуг.

Количественный рост инфраструктуры сетей связи и реализуемых ими приложений ведет к качественным изменениям. Телекоммуникационная сеть из транспортной системы, обеспечивающей доставку информационных ресурсов, превращается в интегрированную среду, предназначенную

для реализации пользовательских приложений. Неотъемлемым элементом подобных сетей являются центры коммутации нового типа, выполняющие функции, связанные с управлением не только информационными потоками, но и услугами. Они должны содержать интеллектуальные устройства и программное обеспечение, поддерживающее создание и реализацию информационных услуг. Можно сказать, что интеллект телекоммуникационных сетей, сосредоточиваемый в центрах коммутации, по существу, превращает их в интеллектуальные центры коммутации или центры коммутации и обработки информации (ЦКиО).

Ключевым фактором, определяющим возможность широкого внедрения современных инфокоммуникационных услуг, является обеспечение требуемого качества обслуживания пользователей, которое на этапе доступа пользователей к сети связи следует оценивать вероятностью блокировки заявки на предоставление услуги, а на этапе информационного обслуживания — временем доставки пользовательской информации. Вероятность блокировки в первую очередь зависит от характеристик ЦКиО, которые определяют доступность сетевых ресурсов и время реакции ЦКиО на запросы пользователей, время доставки — от характеристик транспортной сети и ширины полосы пропускания каналов связи.

Требуемого качества обслуживания можно достигнуть, следуя количественному или интеллектуальному подходу к проектированию. Количественный подход предполагает увеличение пропускной способности всех сетевых элементов и создание резерва как вычислительной мощности и объема ресурсов ЦКиО, так и полосы пропускания каналов связи по отношению к объему обслуживаемого трафика. Аргументом в пользу этого подхода являются достижения компьютерных и телекоммуникационных технологий, которые позволяют поддерживать все более высокую скорость обработки и передачи информации.

Однако увеличение быстродействия не решает всех проблем обеспечения качества обслуживания. Этому есть три объяснения. Во-первых, как следует из ряда исследований, в течение ближайших нескольких лет следует ожидать резкого сокращения средств, выделяемых на развитие сетевых инфраструктур, что требует поиска новых путей повышения производительности сетей. Во-вторых, изменяется тенденция, когда развитие сетевых технологий опережало предложения по внедрению услуг. Рост номенклатуры инфокоммуникационных услуг неизбежно потребует роста производительности, наращивание которой столкнется со значительными техническими трудностями и физическими ограничениями. В-третьих, высокое быстродействие не гарантирует соблюдения требуемого качества обслуживания, а лишь уменьшает вероятность его нарушения. Известно, что трафик в современных сетях носит фрактальный характер. По мере увеличения масштабов сети пики и спады трафика не сглаживаются, а, наоборот, складыва-

ются в еще более крупные пики и спады. Это означает, что запас пропускной способности ЦКиО и транспортной сети при ориентации только на количественный подход должен измеряться не десятками процентов, а десятками раз, что едва ли можно компенсировать относительной дешевизной аппаратного обеспечения.

Перечисленные причины заставляют основываться при проектировании сетей на интеллектуальном подходе, предполагающем использование таких методов выбора параметров ЦКиО и алгоритмов управления мультимедийным трафиком транспортных сетей, которые при минимальных затратах гарантировали бы эффективную, безопасную и надежную работу ЦКиО при внедрении прикладных услуг.

Настоящая статья посвящена анализу задачи и методов оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации интеллектуальных сетей связи.

Эволюция принципов построения и методов оценки характеристик центров коммутации и обработки информации

Центры коммутации являются неотъемлемым элементом любой сети связи и в современных сетях не только обеспечивают соединение физических или виртуальных линий связи для передачи информации, но и выполняют по требованиям пользователей широкий спектр других информационных услуг.

Требования к методам оценки характеристик центров коммутации в первую очередь определяются принципами их построения и функционирования, которые существенно изменялись по мере развития технологии средств связи [1, 2]. Первые поколения автоматических центров коммутации использовали технологию коммутации каналов и строились на электромеханических приборах. Сначала были изобретены декадно-шаговые узлы, каждый коммутационный блок которых — искатель — был оборудован своим собственным управляющим устройством (УУ). Адресная (управляющая) информация поступала в искатель непосредственно с дисковых номеронабирателей абонентов. К главным достоинствам такой, полностью распределенной, архитектуры управления относятся достижение минимально возможного времени установления соединения, поскольку оно устанавливается одновременно с передачей адресной информации, и высокая надежность управляющей системы (УпрС). Основным недостатком — низкое использование УУ, которые жестко связаны с определенным входом ступени искания, а «используются» лишь во время приема номера выходной линии и при управлении щетками искателя [3]. Потери заявок на установление соединения в декадно-шаговых узлах и станциях возникают только при занятости всех работоспособных исходящих линий в требуемом направлении связи. Поэтому главной

задачей проектирования таких центров является расчет многозвенных и неполнодоступных коммутационных схем [4, 5].

К другому типу автоматических центров коммутации относятся станции машинной системы, которые также построены на основе искателей, однако отличаются наличием общих УУ, получивших название *регистр*. Регистры предназначены для приема номера вызываемого абонента, хранения, переработки и передачи этого номера в УУ искателей. Введение группового регистрового оборудования позволило повысить уровень использования той части УУ, которая ответственна за прием адресной информации, упростить УУ искателей путем уменьшения количества выполняемых ими функций, применять не только декадный, но и произвольный принцип построения коммутационного поля искателей. При проектировании машинных центров наряду с расчетом коммутационных схем возникла задача расчета пропускной способности групповых УУ, поскольку недостаточное количество регистров приводило к задержкам или отказам в обслуживании уже на начальных этапах процесса установления соединения, а их избыточное количество — к недопустимо низкому использованию управляющего оборудования [6].

Стремление к дальнейшему повышению уровня использования УУ привело к концентрации функций УУ искателей в коллективных приборах, которые получили название *маркер*. Концентрация функций УУ позволила освободить искатель от всех функций управления и превратило его в пассивный коммутационный блок, названный *соединитель*. Регистрово-маркерные или координатные центры характеризуются отсутствием индивидуальных и наличием коллективных УУ двух видов (регистров и маркеров) и относятся к последнему поколению электромеханических систем коммутации [7].

Разработка координатных систем поставила перед специалистами проблему расчета емкости коммутационных блоков, управляемых одним маркером. Очевидно, что чем больше скорость работы маркера, тем большее количество источников нагрузки он может обслужить за заданное время. Поэтому в качестве элементной базы УУ разработчики стремились использовать реле с маленьким временем переключения, а затем, по мере развития технологической базы, — электронные компоненты.

В целом методы оценки, разработанные применительно к электромеханическим системам коммутации, ориентированы на расчет вероятностей блокировки в коммутационных схемах. Требуемая производительность управления либо обеспечивается конструкцией центров, либо закладывается на этапе их разработки [8].

Появление высокопроизводительных и высоконадежных ЭВМ, а также быстродействующих коммутационных элементов позволило централизовать все коммутационные ресурсы и одновременно сконцентрировать функции управления в одном централизованном УУ, которое обрабатывает за-

явки пользователей по принципу записанной программы. В коммутационной технике эти УУ получили название *электронные управляющие машины* (ЭУМ). Анализ особенностей ЭУМ, а также примеры ЦКиО с программным управлением представлены в [9–12].

Переход к многопрограммному управлению позволил существенно повысить использование УпрС, а также обеспечил большую функциональную гибкость при изменении и дополнении функций центров коммутации в соответствии с требованиями пользователей, эксплуатационного персонала и администрации связи и привел к снижению эксплуатационных расходов на поддержание работоспособности оборудования центра вследствие широкого применения программ контроля работоспособности и поиска места возникновения неисправности. В то же время отказ от УУ, работающих по принципу замонтированной программы, поставил перед разработчиками ряд специфических проблем. Главная из них — организация управления в реальном масштабе времени. Действительно, время, которое требуется ЭУМ для выполнения алгоритмов управления, в большой степени зависит от интенсивности требований на обслуживание и от сложности алгоритмов управления. По мере увеличения интенсивности требований и количества выполняемых операций приходится увеличивать быстродействие ЭУМ и разрабатывать более эффективные алгоритмы обработки трафика, что увеличивает стоимость УпрС. Недостаточная скорость обработки заявок приводит к недопустимым задержкам реакции центра коммутации на входные воздействия. Итак, появление многопрограммных УУ привело к необходимости разработки специальных методов исследования вероятностно-временных характеристик и выбора оптимальных производительности и алгоритмов работы ЭУМ [13].

Дальнейшее развитие технологии построения центров коммутации связано с переходом от аналоговых к цифровым сетям связи. Увеличение числа услуг и усложнение функций цифровых сетей явилось причиной появления рекомендации ИТУ-T Q.521, в соответствии с которой для достижения целей своего функционирования центры коммутации цифровых сетей связи в процессе взаимодействия с пользователями и другими элементами сети должны выполнять функции: *согласования*, т. е. приведения характеристик сигналов, циркулирующих по линиям связи, в соответствие с определенными стандартами; *коммутации*, т. е. установления, поддержания и разрушения соединений между входящей и исходящей линиями связи; *сигнализации*, т. е. фильтрации и детектирования состояния линий связи, приема входных сигналов, поступающих от пользователей или других ЦКиО, классификации и регистрации этих сигналов и выдачи ответных выходных сигналов, которые информируют пользователей о ходе обслуживания их требований; *обработки запросов на обслуживание*, т. е. анализа адресной и другой управляю-

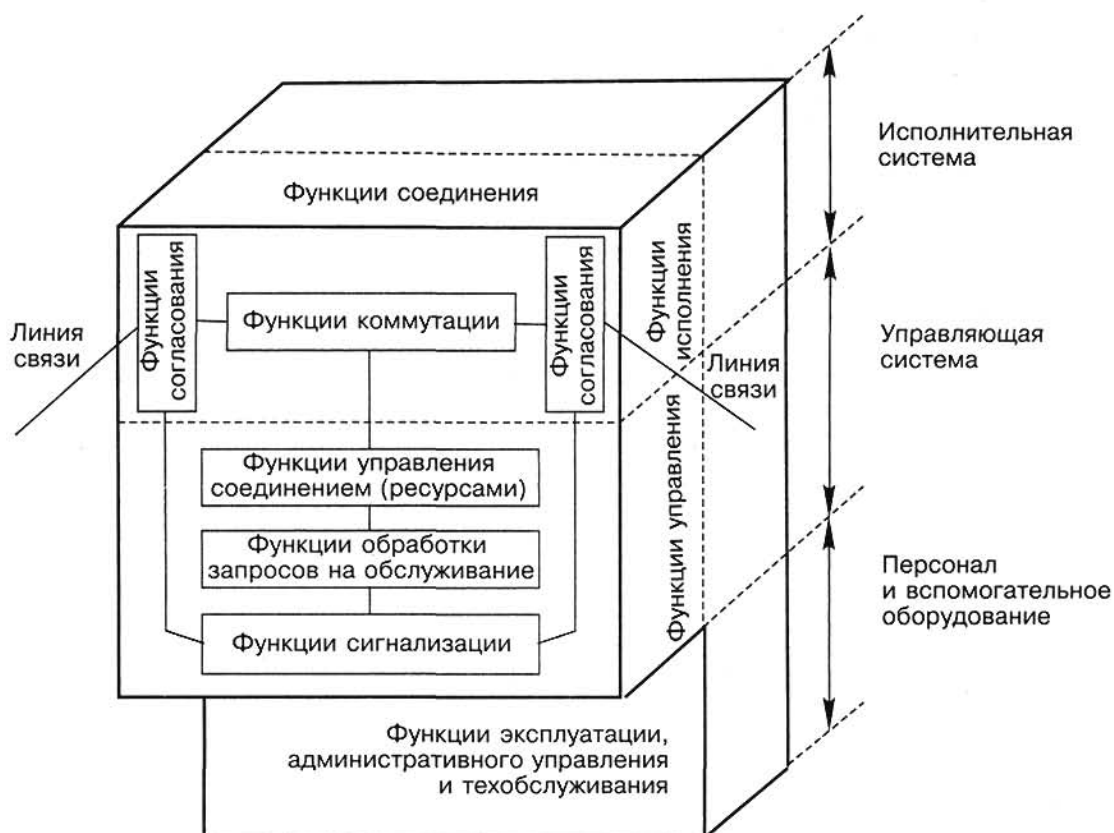
щей информации, идентификации сторон, между которыми требуется установить связь, и, в конечном итоге, выбора направления связи или затребованной информационной услуги; *управления соединением* (ресурсами), т. е. поиска ресурсов, требуемых для установления соединения или предоставления услуги, занятия и освобождения этих ресурсов.

Перечисленные функции, как это показано на рис. 1, группируются по функциям исполнения и управления и базируются на платформе функций *эксплуатации, административного управления и технического обслуживания* (ЭАУиТО), что позволяет обеспечивать требуемое качество функционирования, поддерживать оборудование центра в работоспособном состоянии и оперативно реагировать на изменения внешней обстановки.

К числу важнейших функций управляющей системы центров коммутации цифровых сетей рекомендация Q.521 относит обработку информации [14]. Информационными источниками при этом являются пользователи и база данных, отображающая состояние исполнительных систем. Таким образом, центры коммутации начали приобретать черты, характерные для автоматизированных систем обработки информации и управления [15].

Усложнение задач управления процессами предоставления услуг в цифровых сетях и потребность во внедрении центров с широким диапазоном емкостей (от сотен до десятков тысяч портов) при-

вели к тому, что структура с централизованным управлением становилась все менее эффективной. Возникшие требования к пропускной способности и надежности удалось удовлетворить путем использования в центрах распределенных многомашинных структур управления, которые не только обладают высокой производительностью, надежностью и управляемостью, но и легко адаптируются к пространственной распределенности объектов исполнительных систем (ИспС), позволяют упростить процедуры масштабирования, а также дают возможность уменьшить затраты и сократить время создания систем связи в результате применения универсальных технических и программных средств [16–18]. Под центрами коммутации с распределенной структурой можно понимать логическое объединение компонентов, которые выполняют перечисленные в рекомендации ITU-T Q.521 функции и независимо от их пространственного размещения управляются единой интегрированной системой ЭАУиТО [19, 20]. Центры коммутации цифровых интегральных сетей связи по-прежнему используют технологию коммутации каналов, но связываются друг с другом при помощи двух разделенных сетей. Сеть с временным уплотнением (TDM) со скоростью 64 Кб/с предназначена для переноса данных пользователей, выделенная пакетная сеть сигнализации ОКС № 7 — для переноса информации сигнализации и управления. Операционные и информационные ресурсы, необ-



■ Рис. 1.

ходимые для дополнительных услуг, сосредоточены в специализированных центрах обработки информации, так называемой интеллектуальной сети.

Центры коммутации на базе распределенных УпрС используют технологию коммутации каналов с той особенностью, что наряду с коммутацией физических цепей они коммутируют и временные слоты. Подобные центры составляют основу современных сетей связи и позволяют развернуть на одной платформе любую комбинацию служб, включая проводную и беспроводную связь, комплексные услуги передачи голоса, визуальной информации и данных; реализовывать услуги местной, междугородной и международной связи, операторских служб, транзитную передачу, а также услуги интеллектуальной сети; выполнять функции центра коммутации сотовой сети, оконечного, транзитного или оконечно-транзитного пункта сигнализации стандарта ОКС № 7, центра таксации трафика, центров эксплуатации, административного управления и технического обслуживания сети и др.

Несмотря на многообразие технических решений, принятых разработчиками, в архитектуре и принципах функционирования центров коммутации цифровых сетей существует много общих черт, при этом их облик в основном определяет используемый способ организации взаимодействия УУ. С архитектурой некоторых типичных образцов центров коммутации, которые устанавливаются сегодня на сетях связи России и используют для передачи данных между УУ общую шину, коммутационное поле или прямые связи, можно ознакомиться в [21–26].

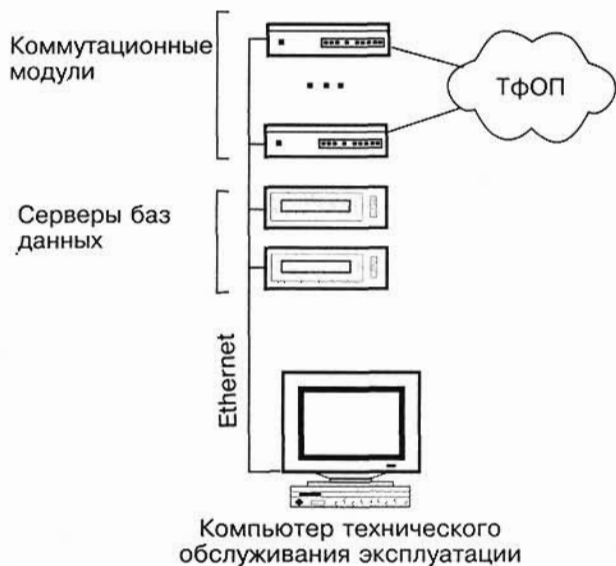
Изменение требований, предъявляемых к ЦКиО следующего поколения, связано с изменением инфраструктуры современных сетей, которые призваны объединить цифровые сети коммутации каналов на основе временного разделения и пакетные сети передачи с протоколами IP или ATM [27–31]. Уже сегодня услуги по передаче телефонных сообщений и данных примерно одинаково востребованы пользователями, однако трафик передачи данных растет примерно в 10–15 раз быстрее [32]. Именно гибкая и рентабельная технология пакетной коммутации должна обеспечить перенос больших объемов пользовательских данных. Информация управления и сигнализации может быть передана при этом, как и раньше, по отдельной пакетной сети или в специальной безопасной и защищенной полосе частот в пределах основной пакетной магистрали. Перед операторами сетей и провайдерами встала, таким образом, задача перехода на пакетные сети без потери надежности, удобства и функциональных возможностей телефонных сетей. Решение этой задачи требует разработки ЦКиО нового типа, которые, используя хорошо зарекомендовавшие себя технические структуры и операционные системы центров коммутации интегральных цифровых сетей, взяли бы на себя дополнительно решение задач по управлению преобразованием различных форматов представления данных и мар-

шрутизацией пакетов между шлюзами пакетной сети.

Еще одним обстоятельством, оказывающим существенное влияние на архитектуру и принципы функционирования ЦКиО, является изменение функций, возлагаемых на сети связи, которые предназначены сегодня не только для передачи данных, речевой и видеоинформации, но и для предоставления множества других информационных услуг [33]. Такими услугами являются поддержка электронной торговли, оплата услуг при помощи «пластиковых денег», дистанционное оформление таможенных и налоговых документов, аренда программного обеспечения, развлечения, услуги туризма, электронной почты, справочных систем и баз данных, образовательные услуги, поддержка научной деятельности и др. Некоторые информационные услуги требуют оснащения центров коммутации специальными интеллектуальными периферийными устройствами и ресурсами, обеспечивающими распознавание речи, синтез речи по тексту, передачу голосовых сообщений и т. п. Эти устройства призваны, фактически, реализовывать механизмы обработки потоков данных, передаваемых по сетевым магистралям.

Для выполнения перечисленных функций центры коммутации и их программное обеспечение должны обладать способностью адаптироваться, «приспосабливаться» к требованиям пользователей с точки зрения количества, номенклатуры и качества предлагаемых им услуг и по существу представлять собой интеллектуальные центры коммутации или центры коммутации и обработки информации. Характерными особенностями ЦКиО по сравнению с коммутационными узлами и станциями традиционных сетей, которые должны найти отражение в методах оценки их вероятностно-временных характеристик, являются: расширение состава и усложнение функций ресурсов ИспС; изменение способов доступа пользователей к коммутационному оборудованию; необходимость реализации большого числа протоколов сигнализации и передачи информации; повышение интенсивности информационного взаимодействия с внешним окружением; изменение характера нагрузки, поступающей от пользователей; расширение набора выполняемых функций и рост интеллекта; более сложная и разнообразная логика процедур предоставления информационных услуг; ужесточение требований к информационной безопасности [34] и надежности и др.

Примером ЦКиО нового поколения может служить представленный на рис. 2 схематичный вариант реализации сервисного центра масштаба предприятия «Протей» [35], который подключается к телефонной сети общего пользования (ТФОП) и объединяет в себе функции центров коммутации услуг, управления услугами и интеллектуальной периферии классической интеллектуальной сети. Система состоит из интерфейсных коммутационных блоков, блоков сервера баз данных и терминала эксплуатации и технического

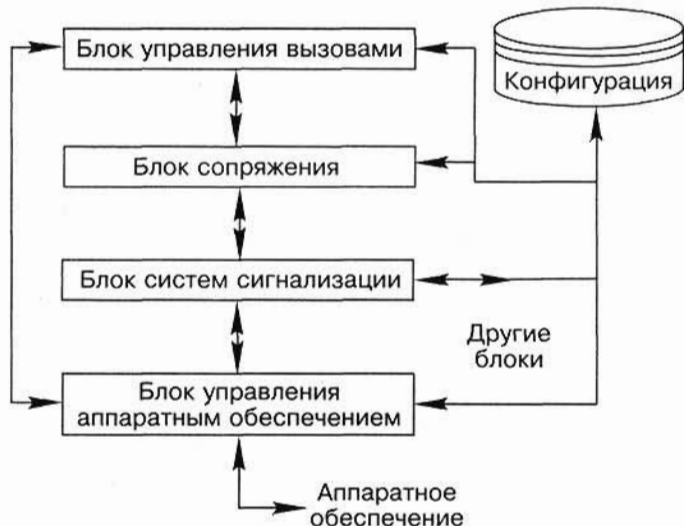


■ Рис. 2.

обслуживания, объединенных локальной сетью Ethernet.

Блок коммутационных модулей выполнен на основе персонального компьютера, который оборудован специализированными платами, обеспечивающими интерфейс к цифровым трактам, функции коммутации, генерации сообщений автоинформатора и обработки любой сигнализации, которая разрешена к применению на взаимоувязанной сети связи России. Терминал эксплуатации и технического обслуживания представляет собой компьютер со специализированным программным обеспечением, при помощи которого осуществляются функции конфигурирования и диагностики системы, контроль состояния интерфейсов и информационных каналов, сбор оперативной и статистической информации о функционировании системы и об обслуживании пользователей. На сервере баз данных хранится информация о конфигурации системы, статистические и учетные данные и т. п. Коммутационные блоки и модули баз данных работают под управлением операционной системы реального времени. На участке между коммутационными блоками и блоками серверов применяется специализированный протокол обмена данными, который значительно увеличивает пропускную способность сети и скорость обмена.

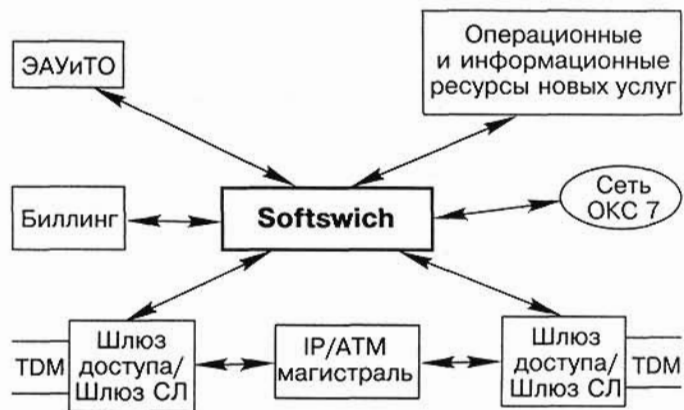
Общая схема программного обеспечения коммутационного модуля показана на рис. 3. Блок управления аппаратным обеспечением реализует взаимодействие с физическими устройствами, включая поддержку физического уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем. Блок систем сигнализации поддерживает протоколы взаимодействия с сетью общего пользования. Для обеспечения независимости блока управления вызовами (который реализует логику обработки услуг) от протоколов сигнализации предназначен блок сопряжения. Программное обеспечение строится из отдельных программных модулей, после-



■ Рис. 3.

довательность активизации которых при реализации определенной услуги определяется программой логики услуги.

Еще одним примером ЦКиО нового поколения может служить программный коммутатор Softswitch [32], функциональные возможности которого представлены на рис. 4. Здесь линейные комплекты, выполняющие функции согласования сигналов, циркулирующих по линиям связи сети коммутации каналов, заменены на шлюзы, которые конвертируют потоки с временным уплотнением в пакеты IP или ATM-магистрали.Packetная магистраль фактически заменяет коммутационное поле, а Softswitch — управляющую систему центра коммутации интегральной цифровой сети. Softswitch реализуется на универсальных компьютерах и операционных системах и помимо функций центров коммутации предыдущего поколения поддерживает протоколы сетей IP и ATM; управляет магистральными шлюзами, серверами и шлюзами доступа; обеспечивает открытый программный интерфейс для создания услуг нового поколения и др.



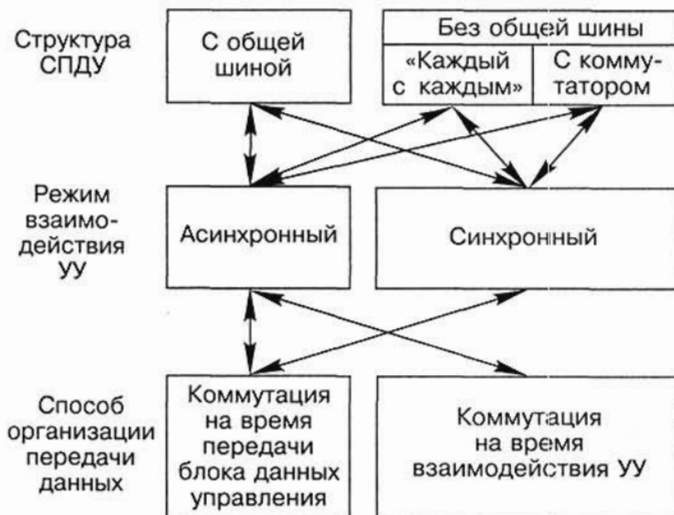
■ Рис. 4.

Концептуальная модель центров коммутации и обработки информации

Анализ архитектурных особенностей современных и перспективных ЦКиО позволяет сделать следующие выводы [25]. Центры коммутации и обработки информации состоят из управляющей и исполнительной систем. Первая представляет собой набор средств доставки, обработки и хранения информации, предназначенных для наблюдения, контроля и координации функционирования объектов, которые обеспечивают информационное обслуживание пользователей, вторая содержит ресурсы, которые используются системой управления для предоставления информационных услуг [37–39].

Управляющая система взаимодействует с внешним окружением ЦКиО, выполняет функции сигнализации, обработки запросов на информационное обслуживание и управления ресурсами. Она содержит элементы управления, которые в виде сигналов управления вырабатывают запросы на использование тех или иных ресурсов ИСПС; систему обработки, которая представляет собой совокупность УУ, построенных на базе средств вычислительной техники, и систему передачи данных управления, которая связывает и объединяет в единое целое все УУ [40].

К элементам управления (ЭУ) относятся как пользователи сети связи, которые подключаются к ЦКиО через сеть доступа и могут представлять собой локальные сети, объединяющие не только компьютеры, но и различное другое сетевое оборудование и программное обеспечение, так и встречные ЦКиО, взаимодействие с которыми осуществляется по линиям связи. Протоколы систем сигнализации на участках между оборудованием пользователя и ЦКиО и между двумя встречными ЦКиО регламентируются международными организациями по стандартизации.



■ Рис. 5.

Между УУ системы обработки (ОбрС) распределяются программные модули (ПМ), решающие интеллектуальные задачи обработки запросов, поступающих от ЭУ. Каждый ПМ представляет собой машину обработки информации, выполняет определенную функцию, имеет уникальное имя, представляется текстом на каком-нибудь языке программирования и после компиляции и компоновки загружается в отведенный для него сегмент памяти УУ. Для выполнения своих функций программным модулям необходимы некоторое процессорное время и доступ к памяти УУ. Процедуры разделения между модулями общесистемных ресурсов реализуются операционной системой путем назначения ПМ тех или иных приоритетов. Создание исполнительного процесса некоторым модулем инициируется операционной системой при поступлении либо сигнала от таймера, либо сигнала аппаратного прерывания, либо сообщения из внешнего окружения/от другого модуля [12, 13, 41].

Связь между программными модулями осуществляется под управлением операционной системы при помощи нормализованных структур данных, называемых сигнальными сообщениями. Сообщения между модулями, расположенными в одном и том же УУ, посылаются и принимаются при помощи буфера сообщений — области памяти, доступной обоим модулям. Если модули расположены в разных УУ, то передача сигнальных сообщений из выходного буфера передающего УУ во входной буфер принимающего УУ осуществляется через систему передачи данных управления (СПДУ).

Выбор способа построения СПДУ является одной из ключевых проблем, решаемых при разработке ЦКиО [42]. Ошибки, допущенные при построении СПДУ, могут привести к недопустимому увеличению времени передачи информации между УУ и существенно уменьшить производительность УпрС в целом [43, 44]. Каждый из способов основывается [45] на определенной структуре среды передачи, одном из двух режимов взаимодействия УУ (асинхронном или синхронном), а также на одном из двух способов организации передачи данных между УУ (с коммутацией цепей на время передачи блока данных или на все время взаимодействия УУ). Возможные варианты построения СПДУ представлены на рис. 5.

Хорошей моделью УпрС является сеть УУ, где каждое УУ представлено одиночным обслуживающим прибором с обратной связью и приоритетами. В этой сети реализуется как режим разделения функций между УУ разного типа, так и режим разделения нагрузки между УУ одного типа. Доступ к операционным ресурсам УУ осуществляется под управлением операционной системы через входные буферы. Результаты обработки в виде выходных сообщений записываются в его выходные буферы. Взаимодействие ПМ, загруженных в разные УУ, организуется через СПДУ. Доступ сигнальных сообщений к ресурсам доставки СПДУ обеспечивают устройства приема/передачи (УПП), которые выполняют две главные функции: 1) опре-

деляют порядок передачи сигнальных сообщений, зафиксированных в выходных буферах УУ; 2) содержат входной буфер системы передачи данных (через который сообщения получают доступ к ресурсам доставки) и выходной буфер (через который сообщения получают доступ к ресурсам обработки).

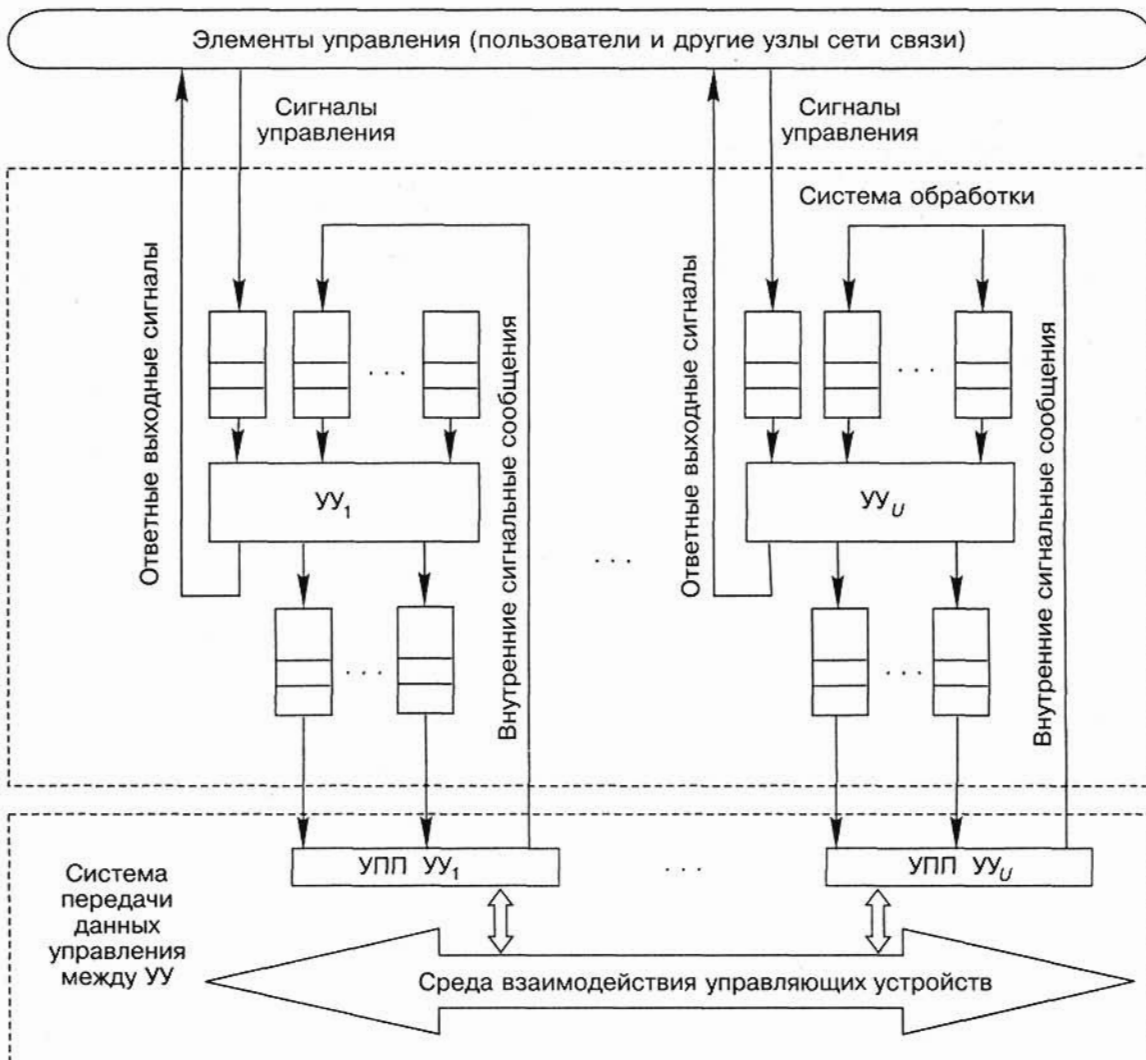
На рис. 6 показана модель УпрС, которая соответствует ситуации, когда пользователи имеют индивидуальные каналы для взаимодействия с системой обработки информации, как это делается, например, в телефонных сетях или сетях интегрального обслуживания [49]. Каждое из УУ имеет несколько входных и выходных буферов, которые могут использоваться для организации приоритетного доступа сообщений к общим ресурсам УУ и к устройствам приема/передачи соответственно.

В более общем случае доступ ЭУ к ресурсам обработки осуществляется через специальную среду, а СПДУ используется не только для взаимодействия УУ, но и для передачи данных управления при взаимодействии элементов управления с системой обработки информации. Наконец, воз-

можно использование независимых систем передачи для организации взаимодействия ЭУ с системой обработки информации и отдельных УУ друг с другом [2].

К элементам ИспС относятся ресурсы, используемые УпрС для предоставления пользователям информационных услуг: физические и виртуальные, входящие и исходящие линии и каналы связи, которые используются для передачи служебной и пользовательской информации; разнообразное периферийное оборудование, которое необходимо для установления соединений и их администрирования; участки памяти, которые занимают и используются во время информационного обслуживания пользователей; таблицы или записи баз данных, информация которых используется и изменяется по требованиям пользователей [50]; блоки, поддерживающие выдачу частотных сигналов, голосовых сообщений, реализующие автоматическое распознавание речи, конференц-связь и другие мультимедийные услуги.

В основу классификации ресурсов ИспС, ориентированной на разработку методов оценки ве-



■ Рис. 6.

■ Таблица

По способу занятия	По способу освобождения	
	Пассивные	Активные
С блокировками	Группа 1: освобождаются по команде из программного модуля	Группа 2: освобождаются без команды из программного модуля
С ожиданием	Группа 3: удерживают программный модуль и возвращают ему управление	Группа 4: не удерживают программный модуль и не возвращают ему управление

роятностно-временных характеристик современных ЦКиО, удобно положить два фактора: способ занятия и способ освобождения ресурсов. Ключевым моментом при занятии является метод разрешения конфликтов, возникающих при одновременном обращении к одному и тому же ресурсу ИспС нескольких источников нагрузки. В этом аспекте все ресурсы могут быть разделены на те, которые используют дисциплину обслуживания с отказами (блокировками) или с ожиданием [51]. Режим с отказами используется, например, в телефонных системах при отсутствии затребованного пользователем ресурса оборудования разговорного тракта. Отказ в обслуживании получает также пользователь широкополосной сети интегрального обслуживания, в которой используется технология ATM, если сеть не располагает ресурсами для резервирования виртуального канала связи с требуемым качеством обслуживания. В режиме с ожиданием обрабатываются заявки системой управления базой данных при одновременной попытке нескольких ЭУ скорректировать одну и ту же информацию, или заявки к тем или иным интеллектуальным периферийным объектам.

Промежуточное положение занимают режимы разрешения конфликтов с многократными попытками занятия ресурсов, с ограниченным ожиданием их освобождения и с ограниченным числом ожидающих заявок. Важными параметрами в этих случаях являются соответственно допустимое число попыток занятия, допустимое время ожидания, по истечении которого срабатывает таймер, и емкость входных буферов заявок.

При расчете вероятностей блокировок ресурсов надо иметь в виду, что разным требованиям для получения информационного обслуживания необходимо разное количество одних и тех же ресурсов ИспС. Так, например, для телефонного соединения в пакетной сети требуется зарезервировать значительно меньшую полосу пропускания, чем для видеослужб. Это обстоятельство может оказать существенное влияние на вероятностно-временные характеристики ЦКиО.

По способу освобождения ресурсы могут быть разделены на пассивные и активные. Пассивные ресурсы, блокирующие процесс обслуживания, освобождаются только по командам из УпрС, активные — после исполнения своих функций независимо от УпрС. Пассивные ресурсы, работающие по системе с ожиданием, удерживают обратившийся к ним программный модуль и все связанные с ним ресурсы УпрС до тех пор, пока не будет выполнена затребованная функция. После исполнения этой

функции управление возвращается программному модулю. Активные ресурсы, напротив, не связаны с удержанием программного модуля и ресурсов УпрС во время выполнения своих функций и не возвращают управление модулю после того, как функция исполнена. Классификация ресурсов ИспС приведена в таблице. В соответствии с ней блокирующие ресурсы образуют первую и вторую группы ресурсов ИспС, а ресурсы, задерживающие процесс обслуживания, — третью и четвертую. Каждая группа объединяет ресурсы ИспС разных типов.

В самом общем виде процесс функционирования ЦКиО таков: запросы от ЭУ по каналам сигнализации в виде сигналов управления поступают в ОбрС. Обработка осуществляется последовательно, как правило, на нескольких УУ, которые корректируют информацию управления, хранящуюся в базах данных, опрашивают, используют, занимают и освобождают ресурсы ИспС, обмениваясь при этом сигнальными сообщениями через внутренние буферы сообщений и СПДУ. Результат обработки зависит от текущего состояния ИспС. В соответствии с решением, выработанным УпрС, ЭУ передается ответное выходное сообщение и в их распоряжение предоставляются или не предоставляются затребованные ресурсы ИспС.

Для описания процесса функционирования ЦКиО удобно использовать понятие *транзакции*, под которой в технологии баз данных понимается неделимая последовательность операторов манипулирования данными (чтения, удаления, вставки, модификации), такая, что результаты всех операторов, входящих в транзакцию, отображаются в базе данных либо воздействие всех этих операторов полностью отсутствует.

Транзакции, реализуемые ЦКиО: инициируются сигнальными сообщениями (запросами), поступающими от пользователей или других центров коммутации сети связи, представляют собой последовательности функциональных задач, выполняемых ЦКиО в процессе обработки этих запросов, и завершаются выдачей во внешнее окружение ответных сообщений; являются распределенными, поскольку в общем случае заключаются в обновлении данных на нескольких управляющих устройствах УпрС и занятии/освобождении ресурсов ИспС нескольких типов; им присущи классические свойства атомарности, согласованности, изолированности и долговечности.

Можно сказать, что транзакции представляют собой основной функциональный элемент процесса функционирования ЦКиО. Состав транзакций

полностью определяется функциональными возможностями систем сигнализации сетей связи, а их логическая структура — решениями, принятыми при функционально-структурном проектировании ЦКиО и его программного обеспечения.

Методы проектирования и оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации

Произведенный анализ показывает, что ЦКиО представляет собой большую информационную систему реального времени, которая в соответствии с принятыми протоколами сигнализации обменивается входными/выходными сообщениями с ЭУ и обеспечивает предоставление затребованных пользователями информационных услуг при наличии необходимых для этого ресурсов. Разработка и проектирование ЦКиО предполагают количественную оценку качества принимаемых технических решений [52] и могут быть сформулированы как поиск вектора оптимальных параметров центра коммутации Z_{opt} :

$$E(z) \rightarrow \text{extr}, \quad z \in Z_{\text{доп}}, \quad y(z) \in Y_{\text{доп}},$$

где z — вектор параметров ЦКиО; $Z_{\text{доп}}$ — множество допустимых значений этих параметров; $E(z)$ — критерий эффективности принимаемых решений, экстремум которого необходимо обеспечить выбором соответствующего вектора параметров; $y(z)$ — вектор вероятностно-временных характеристик, определяющих качество функционирования ЦКиО; $Y_{\text{доп}}$ — множество допустимых значений вероятностно-временных характеристик.

Сложность и трудоемкость разработки ЦКиО по этой схеме обусловлены [53] трудностями количественной оценки качества; большой размерностью векторов $E(z)$ и $y(z)$, что определяется большим числом функций, процессов, подсистем и элементов данных, а также сложными взаимосвязями между ними; отсутствием прямых аналогов, что не позволяет использовать типовые проектные решения; продолжительностью жизненного цикла и, как следствие, необходимостью функционирования ЦКиО в неоднородной, зачастую аналогово-цифровой, среде на базе нескольких аппаратных платформ; большим объемом программного обеспечения, которое измеряется сотнями тысяч и более строк. Преодолеть эти трудности и получить эффективную систему, отвечающую всем требованиям, предъявляемым к качеству функционирования, можно, лишь основываясь на методологическом подходе к процессу разработки программных систем, в основе которого лежат две следующие главные идеи. Во-первых, все проектные решения должны иметь комплексный системный характер и учитывать меняющиеся требования к характеристикам ЦКиО на всех этапах жизненного цикла. Все процессы, используемые во время жизненного цикла отдельных подсистем ЦКиО, должны быть со-

вместимы с процессами, используемыми во время жизненного цикла центра в целом. Во-вторых, это идея формализации, т. е. использования формальных языков и моделей для спецификации и описания процессов и качества функционирования ЦКиО, а также самого жизненного цикла и всех этапов, которые проходит система в процессе своего развития [54–58].

Принятие технических решений на каждом этапе жизненного цикла невозможно без оценки вероятностно-временных характеристик качества функционирования ЦКиО при помощи методов моделирования. При этом могут использоваться физические и математические модели. Физические модели представляют собой программно-аппаратные комплексы, осуществляющие моделирование внешнего окружения системы и измерение ее вероятностно-временных характеристик, либо контроль за данными характеристиками системы, работающей в реальных условиях. Высокая стоимость оценки с помощью физических моделей обуславливает их применение на этапах испытаний и опытной эксплуатации конкретного образца центра коммутации с целью демонстрации его возможностей.

Показатели качества функционирования действующих образцов ЦКиО могут быть оценены при помощи натуральных экспериментов, организованных, например, по методике анализа и сравнения систем, выполняющих коммерческие или так называемые OLTP (On-line Transaction Processing) приложения [59–61]. Производительность ЦКиО, находящегося в эксплуатации, можно оценивать по аналогичной методике, измеряя количество транзакций, которое ЦКиО способен выполнить в единицу времени без увеличения времени реакции на входные сигналы выше определенного уровня. Для ЦКиО разных типа и назначения может быть разработана определенная эталонная смесь транзакций и принята норма на их количество, которое должно быть выполнено с требуемым качеством за единицу времени. Измерения могут быть реализованы, например, при помощи протокол-тестеров, создаваемых для тестирования конкретных программно-аппаратных реализаций протоколов сигнализации, которые предполагают и оценку производительности [62, 63].

Недостатком такого подхода, как и других методов экспериментального исследования применительно к ЦКиО, является их неизбежная ориентация на жестко регламентированные условия проведения экспериментов, которые позволяют сравнить по производительности разные центры, но не позволяют однозначно определить их «узкие места» в условиях реальной эксплуатации.

На ранних этапах жизненного цикла, когда разрабатываемого или проектируемого центра еще не существует, а также на этапе эксплуатации для оперативного решения задач технического обслуживания и административного управления единственным методом, который позволяет оценивать вероятностно-временные характеристики ЦКиО, является метод математического моделирования.

В зависимости от поставленных целей исследования при построении математических моделей ЦКиО обычно используется три подхода [64–66]:

1) построение моделей отдельных элементов управляющей и исполнительной систем, таких, как УУ, СПДУ, информационные каналы, коммутаторы и т. д. Подобные модели применяются на начальных этапах разработки и проектирования ЦКиО для исследования альтернатив внутренней организации программного обеспечения в УУ каждого типа, для выбора протоколов доступа УУ к общим цепям передачи управляющей информации, для определения состава, потребного количества или быстрого действия ресурсов ИспС;

2) построение моделей управляющей и исполнительной систем как самостоятельных, без учета их взаимного влияния друг на друга. Подобные модели используются для оценки характеристик подсистем ЦКиО в идеальных гипотетических условиях функционирования для выбора базового варианта распределения функций управления между структурными элементами УпрС и функций исполнения между структурными элементами ИспС, для разработки алгоритмов взаимодействия этих элементов друг с другом и взаимосвязей между обеими системами;

3) построение модели ЦКиО в целом, когда отдельные процессы обработки и доставки информации управления, с одной стороны, и процессы реализации информационных услуг, с другой, рассматриваются как взаимосвязанные фазы общего процесса функционирования ЦКиО. Подобные модели позволяют оценить вероятностно-временные характеристики ЦКиО как целостной системы с учетом влияния на них структуры и параметров управляющей и исполнительной систем.

Примером моделей первого типа могут служить модели пучков соединительных линий [7], модели буферной памяти [67], коммутаторов сети АТМ [68, 69] или локальной сети доставки управляющей информации [43] УпрС центра коммутации. К математическим моделям второго типа можно отнести, например, результаты, полученные в работе [70], поскольку системы и процессы программного управления в ЦКиО исследуются здесь изолированно от систем и процессов реализации функций коммутации в ИспС. Еще одним примером математических моделей служат модели коммутационных полей [10] или модель комплектов центров коммутации с программным управлением [71].

Третий подход к моделированию ЦКиО в наибольшей мере соответствует принципам системного подхода и позволяет получить самые точные оценки вероятностно-временных характеристик. Модели этого типа должны отвечать следующим требованиям:

объединять в единую модель случайную нагрузку, управляющую и исполнительную системы ЦКиО, а также протоколы взаимодействия ЦКиО с внешним окружением при предоставлении требуемых услуг;

предусматривать вычислительные процедуры для оценки, анализа и оптимизации показателей качества функционирования ЦКиО, которые

учитывали бы все множество влияющих на их значения факторов и были бы ориентированы на программную реализацию с помощью средств вычислительной техники;

быть достаточно общими и применимыми к широкому классу ЦКиО, работающих на современных сетях связи.

Первым систематическим исследованием центра коммутации в целом, а не его отдельных подсистем, является, вероятно, книга [72], где в общем виде сформулированы задача комплексной оценки качества обслуживания пользователей и требования к математической теории, которая должна лежать в основе такой оценки. Автор построил несколько математических моделей центра коммутации. Особенно интересна вероятностная модель циркуляции нагрузки и полученное на ее основе распределение обслуживаемых вызовов между этапами обслуживания.

Взаимная зависимость характеристик отдельных подсистем центров коммутации наиболее сильно проявляется при работе центров в условиях перегрузки как по числу поступающих требований на обслуживание, так и по времени занятия ресурсов. Перегрузка первого типа приводит к увеличению загрузки УУ и времени пребывания заявок в УпрС, что, в свою очередь, способствует увеличению времени занятия и вероятности блокировки ресурсов ИспС. При перегрузке второго типа значительно возрастает нагрузка на ресурсы ИспС. Увеличивающаяся при этом вероятность блокировки приводит к потерям требований уже на ранних этапах обслуживания, что уменьшает загрузку УУ и способствует уменьшению времени реакции центра на входные сигнальные сообщения. В обоих случаях существенное значение имеет закон поступления от пользователей повторных требований на информационные услуги.

Комплексная модель коммутационной станции в режиме перегрузки, которая учитывает поведение пользователей, а также структурные особенности построения коммутационного и управляющего оборудования, дается в работе [73]. Исследование системы позволило автору статьи сделать вывод о необходимости использования моделей, отображающих коммутационные узлы в целом и учитывающих взаимодействие основных компонентов. Кроме того, в статье показано, что при вычислении показателей качества необходимо учитывать большое число параметров, характеризующих поведение пользователей, включая их настойчивость. К аналогичным выводам пришли также авторы статьи [74]. Важным элементом их анализа явилось определение степени влияния пропускной способности УУ на пропускную способность центра в целом.

Задача исследования центра коммутации телефонной сети с учетом терпеливости абонентов и зависимости вероятностей потерь в управляющем и коммутационном оборудовании решалась также автором публикации [75]. Автор этой статьи ограничился рассмотрением гипотетического центра простейшей структуры, ИспС которого содержит

один полностью доступный пучок исходящих соединительных линий, а УпрС представляет собой централизованное УУ. Развитие этой модели представлено в работе [52]. Построению моделей, основанных на системном подходе применительно к узкополосным сетям интегрального обслуживания, посвящены статьи [76–78].

Сложность ЦКиО как объекта моделирования приводит к необходимости сочетания аналитических и имитационных методов исследования.

Имитационная модель, которая воспроизводит на ЭВМ процессы функционирования ЦКиО с учетом случайных факторов на базе метода статистических испытаний, представлена в публикациях [79–85]. Она предоставляет возможность оценки вероятностно-временных характеристик широкого класса ЦКиО при практически любой степени детализации их построения и процесса функционирования. Применение этой модели особенно эффективно на завершающих стадиях разработки или проектирования ЦКиО при анализе выбранного на предыдущих стадиях конкретного варианта построения центра, для которого уже известны все необходимые для моделирования данные.

Выводы

1. Содержание задач проектирования центров коммутации существенно изменялось по мере развития технологии средств связи. В процессе эволюции в доцифровой период своего развития автоматические коммутационные центры прошли путь от полностью децентрализованной структуры, когда на каждой ступени коммутации число УУ определялось числом источников нагрузки, до полностью централизованной структуры, когда вся нагрузка обслуживалась единственным УУ, работающим в многопрограммном режиме. Обратная тенденция децентрализации УпрС наметилась одновременно с переходом к цифровым сетям интегрального обслуживания и расширением числа услуг, предоставляемых пользователям. Неотъемлемым элементом ЦКиО стала система передачи данных управления между УУ, работающими в режимах разделения функций и нагрузки.

2. Характер задач, возлагаемых на ресурсы ИспС центров коммутации аналоговых сетей, ограничивался выполнением функций согласования и коммутации. Изменение этих задач при построении цифровых сетей интегрального обслуживания свелось в основном к переходу от коммутации цепей к коммутации временных слотов. Существенное изменение функций ИспС современных ЦКиО, которые объединяют широкий спектр ресурсов от пакетных магистралей до специализированных интеллектуальных периферийных устройств, определяется переходом к сетям с коммутацией пакетов и потребностью в инфокоммуникационных услугах нового типа.

3. Эволюция моделей и методов проектирования в основном соответствует смене поколений ЦКиО. Применительно к первым образцам комму-

тационных центров основной проблемой являлся расчет недоступных и многозвенных коммутационных схем ИспС. Централизация ресурсов и переход к управлению по записанной программе выдвинули на первое место задачу расчета производительности УпрС. Последующая децентрализация функций управления потребовала расширения возможностей математического аппарата проектирования для расчета систем множественного доступа. В целом анализ состояния вопроса позволяет отметить следующее:

известные модели и методы оценки ориентированы на решение задач проектирования компонентов ЦКиО и в меньшей степени пригодны для концептуального проектирования и проектирования ЦКиО как цельной системы;

установившийся принцип раздельного проектирования компонентов ЦКиО не подкреплён эффективными способами декомпозиции общесистемных требований до частных требований, предъявляемых к отдельным подсистемам;

методы оценки не учитывают взаимного влияния характеристик управляющей и исполнительной систем, хотя учет такого влияния в полной мере соответствовал бы принципам системного подхода и позволил бы получать наиболее точные оценки;

возможности известных моделей и методов ограничиваются их ориентацией на проектирование определенных типов ЦКиО.

4. Концептуальная модель, на которой основывается разработка моделей и методов оценки характеристик ЦКиО, должна учитывать, что центр содержит управляющую и исполнительную системы. Первая представляет собой набор УУ и средств доставки информации, предназначенных для выполнения задач наблюдения, контроля и координации функционирования объектов, обеспечивающих информационное обслуживание пользователей, вторая содержит ресурсы, которые используются УпрС для предоставления информационных услуг.

Существует потребность в разработке моделей ЦКиО как цельной системы, когда отдельные процессы обработки и доставки информации управления, с одной стороны, и процессы реализации информационных услуг ИспС, с другой, рассматриваются как взаимосвязанные этапы общего процесса функционирования ЦКиО. Модели этого типа должны:

объединять в единую модель случайную нагрузку, управляющую и исполнительную системы ЦКиО, а также протоколы взаимодействия ЦКиО с внешним окружением и алгоритмы предоставления требуемых информационных услуг;

предусматривать вычислительные процедуры для оценки, анализа и оптимизации показателей качества функционирования ЦКиО, которые учитывали бы все множество влияющих на их значения факторов и были бы ориентированы на программную реализацию с помощью средств вычислительной техники;

быть достаточно общими и применимыми к широкому классу ЦКиО, работающих на современных сетях связи.

Литература

1. **Колбанев М. О., Яковлев С. А.** Модели и методы оценки характеристик обработки информации в интеллектуальных сетях связи. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. — 230 с.
2. **Колбанев М. О.** Модели и методы оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации сетей связи. — СПб.: Изд-во ГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2001. — Ч. 1. — 81 с.
3. **Колбанев М. О.** Эволюция принципов построения и методов оценки характеристик коммутационных станций сетей связи // VII Санкт-Петербургская междунар. конф. «Региональная информатика — 2000», Санкт-Петербург, 5–8 декабря 2000 г.: Тезисы докл. — СПб.: СПОИСУ, 2000. С. 56–57.
4. **Колбанев М. О.** Анализ методов оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации // Телекоммуникации. — 2001. — № 7. — С. 9–16.
5. **Аваков Р. А., Шилов О. С., Исаев В. И.** Основы автоматической коммутации. — М.: Радио и связь, 1981. — 288 с.
6. **Лившиц Б. С., Фидлин Я. В., Харкевич А. Д.** Теория телефонных и телеграфных сообщений. — М.: Связь, 1971. — 304 с.
7. **Шнепс М. А.** Системы распределения информации. — М.: Связь, 1979. — 344 с.
8. **Хилс М. Т.** Принципы коммутации в электросвязи. — М.: Радио и связь, 1984. — 312 с.
9. **Аваков Р. А., Лившиц Б. С., Подвидз М. М.** Координатные АТС. — М.: Связь, 1966. — 322 с.
10. **Корнышев Ю. Н., Фань Г. Л.** Теория распределения информации. — М.: Радио и связь, 1985. — 184 с.
11. **Лазарев В. Г.** и др. Программное управление на узлах коммутации. — М.: Связь, 1978. — 264 с.
12. **Игнатъев В. О.** и др. Программное обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1981. — 176 с.
13. **Берлин А. Н.** Алгоритмическое обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1986. — 128 с.
14. **Советов Б. Я.** Информационная технология. — М.: Высшая школа, 1994. — 328 с.
15. **Хетагуров Я. В.** Основы построения автоматизированных систем обработки информации и управления. — М.: МИФИ, 2002. — 252 с.
16. **Аваков Р. А.** и др. Электронные управляющие машины. — М.: Радио и связь, 1979. — 224 с.
17. **Колбанев М. О.** Методы комплексной оценки качества обслуживания вызовов узлами коммутации с программным управлением: Автореф. канд. дис. — Л.: ЛЭИС, 1987. — 16 с.
18. **Колбанев М. О.** Анализ задачи оценки вероятностно-временных характеристик коммутационных станций сетей связи // Тр. учеб. заведений связи. — 2000. — № 166. — С. 106–111.
19. **Костин А. А., Мамонтова Н. Н.** Системы управления сетями электросвязи и услугами: Стандарты и эволюция // Междунар. конф. по информац. сетям и системам ICINAS-2000. — СПб.: ЛОНИИС, 2000. — С. 78–89.
20. **Janet R. Dianda, Bin-Wen Ho, Kristin F. Kocan.** Reducing complexity for converged voice/data networks and services architecture // Bell Labs Technical J. — 2001. — January — June. — P. 192–210.
21. **Гольдштейн Б. С.** Функциональная архитектура АТС-90 и ее программная реализация // Электросвязь. — 1997. — № 4. — С. 11–26.
22. **Гольдштейн Б. С.** Развитие коммутационной техники: Опыт АТС-90 // Радио. — 1999. — № 4, 5.
23. **Гольдштейн Б. С.** Модернизация станций DX-200 // Вестник связи. — 1999. — № 11. — С. 15–27.
24. **Сафронов В. Д.** Алкатель 1000 С12. — СПб.: Изд-во СПбГУТ, 1998. — 56 с.
25. **Мультисервисная** цифровая коммутационная система 5ESS // <http://www.lucent.ru>.
26. **McGoogan J. R., Merritt J. E., Dave Y. J.** Evolution of switching architecture to support voice telephony over ATM // Bell Labs Technical J. — 2000. April–June. — P. 157–168.
27. **Кучерявый А. Е., Иванов А. Ю.** Сети на базе технологий IP. — СПб.: Изд-во ГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2002. — 54 с.
28. **Мультисервисные** сети кабельного телевидения / Под ред. В. С. Шибанова. — СПб.: Наука, 2000. — 336 с.
29. **Лазарев В. Г., Пийль Е. И.** Интеллектуализация телекоммуникационных сетей // Технологии и средства связи. — 1998. — № 2. — С. 28–33.
30. **Ершов В. А., Ершова Э. Б., Кузнецов Н. А.** Телекоммуникационные сети — тенденции развития. Приложение к журналу «Электросвязь». — М.: Радио и связь, 1997. — № 4. — С. 2–8.
31. **Крупнов А. Е.** На пути интеграции Российской национальной телекоммуникационно-информационной инфраструктуры в глобальную // Электросвязь. — 1998. — № 2 (6). — С. 8–14.
32. **Ramnth A., Lakshmi-Ratan.** The Lucent technologies softswitch the promise of convergence // Bell Labs Technical J. — 1999. — April–June. — P. 174–196.
33. **Кудрявцев А. В.** Информационные услуги — новое направление развития «Электросвязи» // Сети и системы связи. — 2002. — № 5. — С. 22–25.
34. **Колбанев М. О., Елпатов А. А., Кузьма Э. А.** Влияние механизмов защиты информации на характеристики информационных управляющих систем / Межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России» («ИБРР-99»), Санкт-Петербург, 13–15 октября 1999 г.: Труды конференции. — СПб.: Политехника, 2000. — С. 106–107.
35. **Пинчук А. В., Маслов М. С., Фрейнкман В. А.** Предоставление новых услуг абонентам ТфОП с использованием систем компьютерной телефонии // Вестник связи. — 1999. — № 9. — С. 11–15.
36. **Колбанев М. О.** Концептуальное описание станций интеллектуальных сетей связи // Юбил. науч. конф. «Связисты и телекоммуникации XXI века». — СПб.: СПбГУТ, 2000. — С. 111.
37. **Лохмотко В. В., Пирогов К. И.** Анализ и оптимизация цифровых сетей интегрального обслуживания. — Минск: Навука і тэхніка, 1991. — 192 с.
38. **Колбанев М. О.** Концептуальная модель информационной системы реального времени // Телекоммуникационные технологии. — 2000. — № 1. — С. 27–38.
39. **Колбанев М. О.** Системы передачи и обработки информации управления // Межд. семинар «Информационные сети, системы и технологии». Часть 1: Теле-

- коммуникационные сети и системы. Материалы семинара ИССТ-97. — М., 1997. — С. 42–45.
40. **Колбанев М. О.** Параметрическое описание коммутационной станции интеллектуальной сети // Межд. конф. по информ. сетям и системам — ICINAS-2000. — СПб., 2000. — С. 423–438.
 41. **Берлин А. Н.** Универсальная программа и принципы ее применения. — СПб.: ПЕТЕРКОН, 2001. — 228 с.
 42. **Колбанев М. О., Станишевска И., Чугреев О. С.** Открытые локальные сети обработки информации и управления // Материалы семинара «Информационные сети и системы». — М., 1995. — С. 51–52.
 43. **Чугреев О. С., Дойников А. Д.** Управляющие микропроцессорные локальные сети. — Л.: Изд-во ЛЭИС, 1988. — 52 с.
 44. **Суздальев А. В., Чугреев О. С.** Передача данных в локальных сетях связи. — М.: Радио и связь, 1987. — 168 с.
 45. **Хетагуров Я. А.** Основы проектирования управляющих вычислительных систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 288 с.
 46. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. — М.: Мир, 1979. — 600 с.
 47. **Арапов В. А., Кириллов А. И., Колбанев М. О.** Анализ режимов использования канала передачи данных управления информационной управляющей системы // Материалы науч. семинара «Информационные сети и системы», 26–27 октября 1999. — М., 1999. — С. 24–26.
 48. **Арапов Г. В., Кириллов А. И., Колбанев М. О.** Модели множественного доступа к обработке данных управления // 53-я науч.-технич. конф. проф.-преподав. состава науч. сотр. и асп. СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. 24–28 января 2000 г.: Тез. докл. — СПб.: 2000. — С. 24–25.
 49. **Колбанев М. О.** Организация взаимодействия элементов управляющих систем коммутационных станций сетей связи // VII С.-Петербургская междунар. конф. «Региональная информатика — 2000», Санкт-Петербург, 5–8 декабря 2000 г.: Тез. докл. — СПб., 2000. — С. 57.
 50. **Bashett F.** Open, closed and mixed networks of queue with different classes of customers // J. Association Computing Machinery. — 1975. — Vol. 22. — № 2. — P. 248–260.
 51. **Колбанев М. О.** Метод оценки длительности транзакций информационных систем реального времени // Telekomunikacije (Beograd). — 2000. — № 2. — С. 34–46.
 52. **Игнатъев В. О.** Методы проектирования современных цифровых систем коммутации. — СПб.: Изд-во ЛЭИС, 1991. — 68 с.
 53. **Игнатъев В. О.** Современные методы проектирования автоматических систем коммутации. — СПб.: Изд-во ЛЭИС, 1987. — 52 с.
 54. **Зиндер Е. З.** Соотнесение и использование стандартов организации жизненных циклов систем // Системы управления базами данных. — 1997. — № 3. — С. 15–19.
 55. **Вендров А. М.** Практические рекомендации по освоению и внедрению CASE-средств // Системы управления базами данных. — 1997. — № 1. — С. 62–73.
 56. **Akli Gana, Steel T. Huang.** Statistical modelling applied to managing global 5ESS-2000 switch software development // Bell Labs Technical J. — Winter. — 1997. — P. 144–153.
 57. **Игнатъев В. О., Чагаев Н. С., Попова А. Г.** и др. Управляющие системы электросвязи и программное обеспечение. — М.: Радио и связь, 1991. — 235 с.
 58. **Крейнес А.** Программное обеспечение систем компьютерной телефонии // Открытые системы. — 1996. — № 4. — С. 17–21
 59. **TPC Benchmark A.** Standard specification, revision 1.2. Transaction Processing Performance Council. 1993. March 16.
 60. **TPC Benchmark B.** Standard specification, revision 1.2. Transaction Processing Performance Council. 1993. March 16.
 61. **TPC Benchmark C.** Standard specification, revision 2.0. Transaction Processing Performance Council. 1993. March 16.
 62. **Linn R. J.** Conformance Evaluation Methodology and Protocol Testing // IEEE J. Selected Areas in Communications. — 1989. — Vol. 7. — September, № 7. — P. 321–327.
 63. **Гольдштейн Б. С.** Протокол-тестеры российских систем сигнализации: концепция и опыт разработки // Телевестник. — 1996. — № 3. — С. 27–33.
 64. **Колбанев М. О., Дюба А. А., Кузьма Э. А.** Анализ требований к методам оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации // IEEE/ICC2001/St.Petersburg International Conference on Communications. 11–15 июня 2001 г. — СПб., 2001. — С. 146–150.
 65. **Колбанев М. О., Кузьма Э. А., Лежоев А. С.** Об одном подходе к оценке характеристик сетевых станций интеллектуальных сетей связи // НТК «Информационные и телекоммуникационные технологии XXI века», г. Сус, Тунис, 30 апреля — 10 мая 2000 г., — С. 41–42.
 66. **Колбанев М. О., Кузьма Э. А.** Анализ способов моделирования информационных управляющих систем / 53-я науч.-технич. конф. проф.-преподав. состава науч. сотр. и асп. СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. 24–28 января 2000 г.: Тез. докл. — С. 26–27.
 67. **Башарин Г. П., Бочаров П. П., Коган Я. А.** Анализ очередей в вычислительных сетях: Теория и методы расчета. — М.: Наука, 1989. — 336 с.
 68. **Татарникова Т. М.** Подход к расчету основных характеристик коммутатора корпоративных сетей // Междунар. конф. по информ. сетям и системам ICINAS-2000. — СПб., 2000. — С. 470–481.
 69. **Татарникова Т. М.** К расчету основных характеристик шлюза распределенных сетей // Тр. учеб. завед. связи. — 2000. — № 166. — С. 62–68.
 70. **Чагаев Н. С.** Моделирование процессов управления в узлах коммутации. — М.: Радио и связь, 1984. — 168 с.
 71. **Колбанев М. О.** Метод синтеза системы комплектов узлов коммутации с программным управлением // Сети, узлы связи и распределение информации: Сб. науч. тр. учеб. ин-ов связи. — 1985. — С. 17–25.
 72. **Бенеш В. Э.** Математические основы теории массового обслуживания. — М.: Радио и связь, 1981. — 128 с.
 73. **Szybicki E.** Determination of the overload capability of local telephone systems // Electrical Communications. — 1974. — Vol. 49. — P. 170–176.

74. **Frauks R. L., Rishel R. W.** Overload model of telephone network operation // BSTY. — 1973. — Vol. 52. — № 9. — P. 1589–1615.
75. **Игнатьев В. О.** Системный подход к расчету пропускной способности управляющей системы узла коммутации с программным управлением // Тр. V Всесоюз. симп. по проблемам управления на сетях и узлах связи. — М.: Наука, 1986. — С. 66–71.
76. **Ignatiev V., Kolbahev M.** Mathematical model of an ISDN digital switching system // Intern. conf. informatics and control (ICI&C'97). — St.-Pb, 1997. — P. 241–250.
77. **Арапов В. А., Колбанев М. О., Кутбитдинов С. Ш.** Модель обработки данных управления модулем информационной управляющей системы // Тр. междунар. конф. «Интеллектуальные сети: разработка стандартов и внедрение услуг» — «SMARTNET». — М., 17–19 февраля, 1999. — С. 271–280.
78. **Арапов В. А., Колбанев М. О., Кутбитдинов С. Ш.** Численный анализ качества обслуживания вызовов в модуле цифровых абонентских линий // Тр. междунар. конф. «Интеллектуальные сети: разработка стандартов и внедрение услуг» — «SMARTNET». — М., 17–19 февраля, 1999. — С. 281–288.
79. **Колбанев М. О., Кузьма Э. А., Лежоев А. С.** Имитационная модель распределенной системы управления узлов коммутации и обработки информации // Междунар. конф. по информ. сетям и системам ICINAS-2000. — СПб., 2000. — С. 412–422.
80. **Колбанев М. О.** Имитационное моделирование коммутационных станций интеллектуальных сетей связи. — СПб.: Изд-во СПбГУТ, 2001. — 72 с.
81. **Игнатьев В. О., Колбанев М. О.** Метод расчета пропускной способности распределенных управляющих систем узлов коммутации на основы агрегативной сетевой модели // Тр. V Всесоюзной школы-сем. по проблемам управления на сетях и узлах связи. — М.: Наука, 1988. — С. 7–12.
82. **Ильин Г. М., Колбанев М. О.** Исследование качества функционирования узлов коммутации с программным управлением методом имитационного моделирования // XLIII Всесоюзная научная сессия, посвященная Дню радио: Тез. докл. — М.: Радио и связь, 1988. — С. 13.
83. **Игнатьев В. О., Ильин Г. М., Колбанев М. О.** Исследование качества обслуживания вызовов узлами коммутации с программным управлением методом имитационного моделирования // Системы и сети передачи информации: Сб. науч. тр. учеб. ин-тов, 1988. — С. 136–143.
84. **Игнатьев В. О., Ильин Г. М., Колбанев М. О., Безгинов И. П.** Использование агрегативного подхода для построения имитационной модели узла коммутации с распределенным программным управлением // III НТК Ленингр. высшего военного инж. уч-ща св. им. Ленсовета: Тез. докл. — Л., 1989. — С. 259–260.
85. **Игнатьев В. О., Колбанев М. О., Безгинов И. П.** Имитационная модель центра коммутации сети связи // Всесоюзная научно-технич. шк. «Имитационные эксперименты с моделями сложных систем» / IV шк. цикла «Системы управления и методы их моделирования»: Тез. докл. — Калининград, 1989. — С. 159–160.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЛИТЕХНИКА» ВЫПУСТИЛО В СВЕТ

Информационно-управляющие системы для подвижных объектов. Семинары ASK Lab 2001 / Под общ. ред. М. Б. Сергеева. — СПб.: Политехника, 2002. — 234 с.: ил.

В книге представлены статьи, посвященные актуальным проблемам в области разработки информационно-управляющих систем для подвижных объектов, вопросам их надежности, алгоритмического и аппаратного обеспечения, защиты информационных каналов.

Книга ориентирована на научных и инженерно-технических работников, специалистов в области встраиваемых систем управления не только авиационных комплексов, но и наземных подвижных дистанционно управляемых объектов различного назначения.



ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 681.1.003

ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРИКЛАДНЫХ ФОРМАЛИЗУЕМЫХ ТЕОРИЙ

Я. А. Ивакин,
канд. техн. наук, старший науч. сотрудник
Санкт-Петербургский институт
информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН)

Изложена концепция компьютерной интерпретации прикладных аксиоматических теорий, показаны возможности и ограничения в ее применении при создании наукоемкого программного обеспечения для информационно-управляющих систем; разработана алгебраическая модель доказательства адекватности теории ее компьютерной интерпретации.

There is the concept of the computer interpretation of the applied axiomatic theories; opportunities and restrictions of its using when constructing the high-tech software for the info-managing system; the development of the algebra model of the adequacy evidence of the theory to its computer interpretation in this article.

Эволюция программных технологий в информационно-управляющих системах продолжается более 30 лет. Наиболее полное представление о ней можно получить, рассмотрев информационные системы, управляющие технологическими процессами (т. е. низший уровень в иерархии систем управления) различных поколений. При реализации функциональности этих систем происходит интеграция процедур управления и первичной обработки информации для принятия решения.

Таким образом, на разных уровнях иерархии управленческая деятельность носит различный характер. На низшем уровне она является информационной и обеспечивает сбор, обработку, хранение, поиск данных и их представление по запросу пользователей автоматизированных рабочих мест, как правило, в реальном масштабе времени. С этой целью информационно-управляющие системы взаимодействуют с системами мониторинга, распознавания ситуаций, комплексами технических средств, занятыми в управляемом технологическом процессе. При этом информационная деятельность реализует решение различных задач. Автоматизируется деятельность операторов технологических процессов.

На более высоких уровнях иерархии (в отличие от уровня технологических процессов) в управленческую деятельность включаются оптимизационные задачи, связанные с принятием решений по управлению различными совокупностями процессов. Внедрение информационных технологий на этих уровнях означает создание подсистемы при-

нятия решений. Таким образом, информационные процессы сбора, передачи, обработки и выдачи потребителю информации в информационно-управляющих системах носят принципиально более сложный и разноплановый характер, чем в автоматизированных системах управления других классов. Это предъявляет повышенные требования к функциональности и качеству программного обеспечения указанных систем.

Устойчивой тенденцией «эволюции» программного обеспечения информационно-управляющих систем является его постоянное усложнение и повышение наукоемкости. Особенно четко эта тенденция видна при рассмотрении программных средств поддержки управленческих решений, что вызывает рост требований к проектируемым и создаваемым программным системам данного направления.

Возможность реализации прикладных задач на компьютере предопределяет прогресс в развитии практически любой сферы жизни общества. При этом возрастает необходимость сокращения времени между открытием, разработкой теоретических результатов и их внедрением в прикладное программное обеспечение. Не будет преувеличением считать, что при современном уровне автоматизации и информатизации общества прикладная теория ценна настолько, насколько она реализуема на компьютере.

Таким образом, наличие возможности скорейшего представления результатов любой прикладной формализуемой теории является определяю-

щим фактором ее практической применимости, а как следствие — и актуальности разработки самой теории. И наоборот: неотъемлемой частью технологического процесса создания любого вида программного обеспечения является формализация автоматизируемых задач, которая заключается в разработке и подборе математического аппарата из известных прикладных формализуемых теорий. За счет реализации такого подбора осуществляется переход от концептуальной модели предметной области прикладной задачи к модели ее решения. То есть для каждой прикладной задачи соответствующая прикладная теория играет роль базисной основы ее формализации и разработки математического аппарата. Следовательно, компьютерная интерпретируемость теорий как основа быстрого создания различных прикладных моделей программного обеспечения на современном этапе развития информационных технологий является важнейшим показателем наличия возможности эффективной автоматизации соответствующих этим теориям предметных областей.

Под прикладными формализуемыми теориями в данной работе понимаются теории, описывающие сущности, явления и зависимости соответствующих им предметных областей на количественном уровне (т. е. с введением количественной меры). Это означает, что в работе не рассматриваются сугубо алгебраические (не прикладные) теории (такие как, например, теория коммутативных колец с единицей, теория вещественно-замкнутых упорядоченных полей, теория полей характеристики нуль и др. [6]), а также гуманитарные, не формализуемые в принципе (теории философского, медицинского, психолого-педагогического плана). При этом под аксиоматической теорией понимается некоторое непустое множество вида [6]:

$$T = \langle L, A, H \rangle, \quad (1)$$

где L — язык теории; A — аксиомы теории; H — теоремы теории.

Совокупность теорем представляет собой описание задач, решаемых в теории и укладываемых в рамки, сформулированные в виде системы аксиом, ограничений и допущений. Расширение (обобщение) теории возможно путем введения новых ограничений (аксиом).

Основная масса прикладных теорий переживает несколько этапов своего становления [3]:

1) разработка основ теории — этап обособления специфического научно-методического аппарата представления сущностей, явлений и зависимостей соответствующей предметной области;

2) эволюция теории — этап, характеризующийся бурным, зачастую не упорядоченным ростом теоретических результатов;

3) аксиоматизация теории — этап упорядоченного развития теории, с четким определением границ области применимости, ограничений и допущений.

Именно аксиоматическое представление теории является наиболее ценным для применения этой

теории как основы разработки формального аппарата представления соответствующей предметной области. Это вытекает из возможности быстрого и однозначного соотнесения абстракций, системы ограничений и допущений математического аппарата, предлагаемого аксиоматической теорией, с условиями предметной области. В силу этого в предлагаемой работе рассматриваются теории удовлетворяющие условию (1).

Типичным примером прикладной формализуемой теории является теория поиска подвижных объектов (ТППО), аксиоматическое представление которой дается в [1].

Необходимо конкретизировать понятие «компьютерная интерпретация». В широком смысле под интерпретацией принято понимать истолкование, объяснение, перевод на более понятный (в содержательном плане) язык [2]. В специальном смысле математической логики и теории моделей под термином «интерпретация» принято понимать построение моделей для абстрактных, формальных систем (исчислений) [2]. Опираясь на эти формулировки, представляется логичным определить компьютерную интерпретацию прикладной задачи как построение формальной модели задачи, которая может быть реализована на ЭВМ. Тогда, используя понимание прикладной формализуемой теории как основы моделирования соответствующих ей предметных областей, на основании понятия «модель» [2] можно дать следующее определение.

Компьютерная интерпретация прикладной формализуемой теории — совокупность программных реализаций основополагающих математических зависимостей и абстракций теории, позволяющих синтезировать заданное множество задач прикладной области.

Такое понимание компьютерной интерпретации теории определяет научно-методологический подход к решению рассматриваемой в данной работе задачи — таковым избран объектно-ориентированный подход, получивший в последние годы всеобщее признание при решении сложных задач автоматизации, компьютерного моделирования и изложенный, например, в [4].

Из приведенного определения виден двоякий смысл термина «интерпретация»: интерпретация как процесс и интерпретация как результат. В силу такой неоднозначности далее в работе процесс компьютерной интерпретации теории получил название *интерпретирование*.

Практически интерпретирование прикладной теории, в рамках избранного подхода, представляет собой процессы декомпозиции ее логико-математического аппарата по основаниям прикладная математическая функция, класс, объект и дальнейшего сопоставления этих абстракций и адекватных программных моделей. Так, для избранной в качестве примера ТППО и случая рассмотрения в качестве предметной области операции по поиску упавшего самолета, можно привести такие варианты частных значений декомпозиции по указанным основаниям:

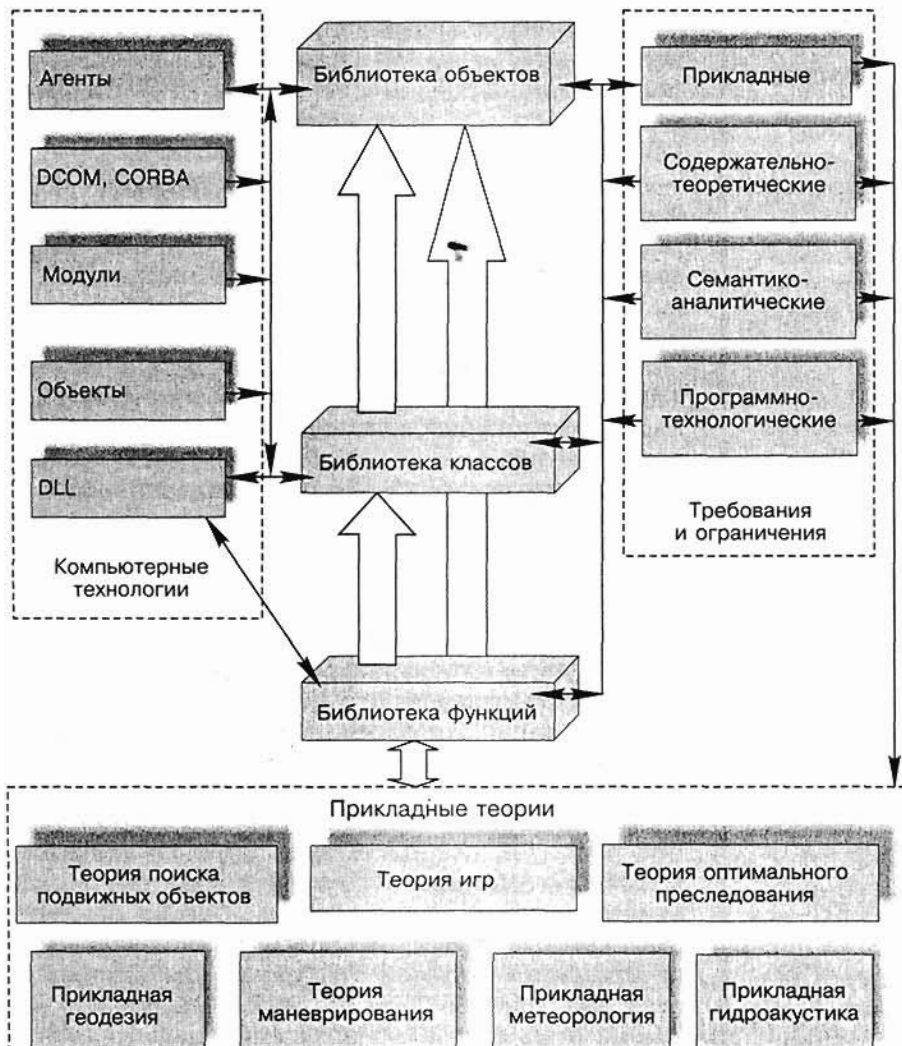
$ТППО_{(прикл. мат. функция)} = \langle \text{поисковый потенциал; время обследования района; ...} \rangle;$

$ТППО_{(класс)} = \langle \text{наблюдатель; цель; район; поисковая операция} \rangle;$

$ТППО_{(объект)} = \langle \text{поисковый вертолет МИ-8; упавший самолет ИЛ-62; Кадорское ущелье} \rangle.$

Такая декомпозиция логико-математического аппарата прикладных формализуемых теорий в совокупности с современными программными технологиями создания распределенных, кросс-платформенных приложений дает качественно новые технологические возможности эффективного синтеза прикладного программного обеспечения. Обобщенно суть этой технологии заключается в разработке компьютерных интерпретаций различных теорий как взаимосвязанных библиотек функций, классов, объектов и быстром синтезе программных продуктов на базе этих библиотек с помощью современных компьютерных технологий (рис. 1). Она позволяет:

— решать принципиально более сложные, наукоемкие задачи, по сравнению с возможностями структурного подхода к разработке программного обеспечения;



■ Рис. 1. Структурно-функциональная схема объектно-ориентированной технологии разработки наукоемкого программного обеспечения

— отказаться от многократного процесса кодирования сложных функций для наукоемких задач;

— обеспечить высокий уровень верификации программных средств, при относительном снижении трудозатрат на их разработку;

— резко сократить время разработки отдельных прикладных моделей, при обеспечении их междисциплинарного (т. е. базирующегося на нескольких прикладных теориях) характера, при условии интерпретированности достаточного числа теорий;

— использовать все компоненты компьютерной интерпретации теории (функции, классы, объекты) как в комплексе, так и по отдельности, в различных программных реализациях (модули, DLL, агенты и пр.).

Однако, широкое применение указанной технологии и, соответственно, методологии компьютерного интерпретирования на сегодняшний день, в научном плане, ограничено проблемой обоснования адекватности компьютерной интерпретации самой прикладной теории. Действительно, существуют принципиальные (теоретически значимые) ограничения в компьютерном (программном) представлении многих математических объектов. Наиболее характерными свойствами некоторых математических объектов, используемых в прикладных теориях, не имеющих прямой программной интерпретации или имеющих программную квазиинтерпретацию, являются:

— непрерывность отрезков вещественной прямой $[a, b] \in \mathbb{R}$ или областей комплексной плоскости;

— бесконечность в назначении границ областей определения и значений различных функций $((-\infty, \infty); (-\infty, a], [b, \infty))$;

— бесконечно малый характер шагов дифференцирования и численного интегрирования и др.

Очевидно, что, имея объективно существующие погрешности в компьютерном представлении основополагающих математических объектов, при интерпретации сложных математических структур, с помощью которых в прикладных теориях описывают предметные связи и закономерности, разработки программного обеспече-

ния столкнутся с неконтролируемым ростом суперпозиции погрешности и несоответствия результатов программного и аналитического («расчетного») моделирования. Именно в этом заключается проблема адекватности компьютерной интерпретации теории логико-математическому аппарату самой теории. При этом не существует определенной количественной меры, позволяющей анализировать и контролировать указанную неадекватность в компьютерном моделировании и представлении закономерностей предметной области по отношению к представлению этих закономерностей в самой теории.

На сегодняшний день видимое решение проблемы адекватности компьютерной интерпретации $I(T)$ соответствующей прикладной аксиоматической теории T сводится к следующему:

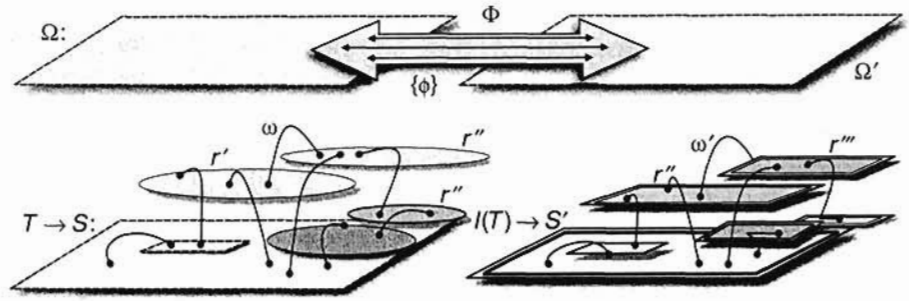
1) необходимости теоретического доказательства принципиальной возможности обеспечения адекватности прикладных формализуемых теорий и их компьютерных интерпретаций;

2) определению необходимых и достаточных условий наличия адекватности между теорией T и ее компьютерной интерпретацией $I(T)$;

3) разработке научно-методологического аппарата количественного анализа адекватности теории T и ее компьютерной интерпретации $I(T)$.

Решение данных подзадач проблемы компьютерной интерпретации прикладных формализуемых теорий базируется на логико-алгебраическом рассмотрении сущности процесса компьютерного интерпретирования. При этом становится возможным применение ряда фундаментальных теоретических результатов формальной алгебры и математической логики, их междисциплинарных теорий (теории моделей, теории категорий и пр.) для математически строгого представления, количественного описания и системного анализа процесса компьютерного интерпретирования. Обобщенно логико-алгебраическое представление компьютерной интерпретации показано на рис. 2 и заключается в следующем.

$$\Phi = [\Omega \equiv \Omega'] \Rightarrow \phi(\omega_1 * \omega_2) = \phi(\omega'_1) \circ \phi(\omega'_2)$$



■ Рис. 2. Логико-алгебраическое представление компьютерной интерпретации прикладных формализуемых теорий

I. Всякая прикладная теория вида (1) рассматривается как алгебраическая система вида

$$T \Rightarrow S: \quad S = \langle R, Y, \Omega \rangle, \quad (2)$$

где R — класс всех логических утверждений, множеств определений и значений математических зависимостей теории, описываемых теоремами H . Множества класса R определяются на одном из фундаментальных множеств (\mathfrak{R} — множество вещественных чисел, N — множество натуральных чисел и пр.). Y — совокупность заданных операций на указанных множествах; Ω — множество отношений между множествами класса R .

В определении элементов выражения (2) использовано слово «класс» вместо слова «множество» для того, чтобы избежать парадоксов теории множеств (класс не есть множество, так как множество осознается в алгебраическом смысле как нечто единое, а класс — нет). Вместе с тем, элемент a принадлежит некоторому классу A ($a \in A$), если он удовлетворяет некоторому определению элементов этого класса [7]. Аналогично, в алгебраическом смысле, следует понимать термин «класс» ниже по тексту, не путая его с одноименной категорией объектно-ориентированного подхода.

Очевидно, что отношения $\Omega = \langle \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_p \rangle$ есть алгебраическое представление. В данном представлении рассматривается каждая зависимость, доказываемая в теореме h теории T , как отображение из соответствующего множества определений в соответствующее множество значений (логическое следствие одного утверждения из другого); система аксиом A определяет граничные условия указанных множеств и отношений (отображений) между ними; язык L является средством предметно-прикладной интерпретации формальной (математической) модели (2). При этом необходимо оговорить, что под отображением некоторого множества C в множество B понимается задаваемое по какому-либо правилу соответствие, такое, что каждому элементу $x \in C$ соответствует элемент $y \in B$, причем только один.

II. Аналогично (2) рассматривается компьютерная интерпретация теории $I(T)$:

$$I(T) \Rightarrow S': \quad S' = \langle R', Y', \Omega' \rangle. \quad (3)$$

Очевидно в силу перечисленных выше проблем программной интерпретации ряда свойств математических объектов справедливо:

$$R \neq R'. \quad (4)$$

III. Отношения $\omega_j \in \Omega$ и $\omega'_j \in \Omega'$ рассматриваются как морфизмы, и тогда сами множества S и S' рассматриваются как категория, опи-

сывающая прикладную формализуемую категорию и категория, описывающая компьютерную интерпретацию, соответственно. Данное рассмотрение следует пояснить подробнее. В соответствии с определением категории из [7], считается, что категория S задана, если заданы:

1. Класс $Ob(S)$, называемый классом объектов категории S (в нашем случае $Ob(S) = R$), элементы которого называются объектами категории S и обозначаются буквами r', r'', \dots, r^i .

2. Для каждой пары объектов (r', r'') множество $Mor_S(r', r'')$ такое, что для различных пар объектов $(r', r'') \neq (r^i, r^j)$ верно:

$$Mor_S(r', r'') \cap Mor_S(r^i, r^j) = \emptyset, \quad (5)$$

где \emptyset — пустое множество.

Элементы множества $Mor_S(r', r'')$ называются морфизмами из r' в r'' и обозначаются буквами $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_p$; в нашем случае $Mor_S(r', r'') = \Omega$.

3. Для каждой тройки объектов (r', r'', r''') задано отображение:

$$Mor_S(r'', r') \times Mor_S(r', r''') \supset ((\omega_k, \omega_l) \rightarrow \omega_k, \omega_l) \in Mor_S(r'', r'''), \quad (6)$$

называемое умножением (или взятием композиции) морфизмов.

Для данного отображения:

а) выполняется закон ассоциативности: для всех

$$\omega_k \in Mor_S(r', r''), \quad \omega_l \in Mor_S(r'', r'''), \quad \omega_p \in Mor_S(r''', r''''), \quad (7)$$

б) существуют тождественные морфизмы: для каждого объекта $r \in Ob(S)$ существует морфизм $1_r \in Mor_S(r, r)$, называемый тождественным морфизмом для r , такой, что для всех $\omega \in Mor_S(r', r'')$ верно:

$$\omega 1_{r'} = 1_{r''} \omega = \omega. \quad (8)$$

Таким образом, представление теории (1) и ее компьютерной интерпретации, согласно выражениям (2) и (3), в категориальном виде является наиболее общим и позволяет рассмотреть любую аксиоматическую теорию или ее компьютерную интерпретацию как некоторый класс множеств или утверждений (в зависимости от предметной области теории) и установленных связей между ними. Элементы указанного класса являются объектами категории ($Ob(S) = R$ и $Ob(S') = R'$), а связи, установленные между ними (в виде отображений множеств, поэлементных соответствий, логических условий существования и пр.), есть морфизмы ($Mor_S(r', r'') = \Omega$ и $Mor_{S'}(r', r'') = \Omega'$).

В таком случае, компьютерное интерпретирование прикладной теории T можно рассмотреть как задание отображения Φ множества Ω в множество Ω' при ранее определенном соответствии классов R и R' . Нетрудно заметить, что такое отображение будет инъективным (т. е. различные элементы из Ω оно отображает в различные элементы из Ω' : $\forall (\omega_1, \omega_2 \in \Omega \quad \omega_1 \neq \omega_2) \rightarrow \Phi(\omega_1) \neq \Phi(\omega_2)$), а при отсут-

ствии специальных ограничений они могут быть и сюръективными (т. е. в каждый элемент Ω' отображается хотя бы один элемент из Ω : $\forall \omega' \in \Omega' \quad \exists \omega \in \Omega \rightarrow \Phi(\omega) = \omega'$), а значит, биективными (т. е. взаимно однозначным отображением множества Ω на множество Ω'):

$$\Omega \leftrightarrow \Omega': \{\Phi(\omega_1), \Phi(\omega_2), \dots, \Phi(\omega_p)\}. \quad (9)$$

4. Согласно терминологии теории категорий и функторов [5], такое отображение Φ можно рассмотреть как задание связи между категориями S и S' в целом:

$$\Phi = \{\Phi(\omega_1), \Phi(\omega_2), \dots, \Phi(\omega_p)\}. \quad (10)$$

Связь между категориями, определенная как на уровне морфизмов, так и на уровне классов объектов категорий, получила наименование [5] *функтор*. Тогда компьютерное интерпретирование описывается алгебраически в виде функтора Φ :

$$\Phi: \begin{cases} \forall r^i \in Ob(S) & \Phi(r^i) \in Ob(S') \\ \forall \omega \in Mor(r', r'') & \Phi(\omega) \in Mor(\Phi(r'), \Phi(r'')). \end{cases} \quad (11)$$

Таким образом, компьютерное интерпретирование теории T вида (1) на множественно-алгебраическом языке есть процесс задания функтора Φ , обеспечивающего эквивалентность в отображении:

$$\Phi: \Omega \leftrightarrow \Omega'. \quad (12)$$

При рассмотрении выражений (9) – (12), в силу того, что само отображение $\Phi = \{\Phi_i\}$ задается на множестве морфизмов $\{\omega(x_n)\}$ и $\{\omega'(x_n)\}$, эквивалентность в отображении (12) следует понимать как изоморфизм функтора Φ :

$$\Phi = S \cong S' \Rightarrow [\Omega \cong \Omega'] \Rightarrow \Rightarrow \Phi(\omega_1 * \omega_2) = \Phi(\omega'_1) \circ \Phi(\omega'_2), \quad (13)$$

где $(*, \circ)$ — сопоставленные операции в категориях S и S' .

Из приведенных рассуждений нетрудно заметить, что

$$T \rightarrow I(T) \Rightarrow (\Omega \leftrightarrow \Omega'). \quad (14)$$

Содержательно это позволяет рассматривать изоморфизм функтора Φ , задающего собой отображение $(\Omega \leftrightarrow \Omega')$, как условие взаимной однозначности свойств утверждений, алгебраических операций, отношений (морфизмов $\{\omega_i\}$, $\{\omega'_i\}$ категорий S и S') в теории T и компьютерной интерпретации $I(T)$ соответственно, при изменении (сужении) численных областей из задания $R \rightarrow R'$ (т. е. сужении класса объектов $Ob(S)$ до $Ob(S')$). Здесь необходимо напомнить, что отношения в T , при рассмотрении ее в виде (2), задаются подмножеством теорем H , т. е. можно записать:

$$[\Omega \cong \Omega'] \Rightarrow (T \leftrightarrow I(T)). \quad (15)$$

Таким образом, разрешение проблемы адекватности компьютерной интерпретации $I(T)$ самой

прикладной аксиоматической теории T заключается в разработке и доказательстве необходимых и достаточных условий изоморфности функтора Φ , в рамках выше приведенной алгебраической постановки. Исследование и разработка таких условий проводится в три этапа.

1. Обоснование категориальной модели прикладной аксиоматической теории T .

2. Построение категориальной модели компьютерной интерпретации прикладной аксиоматической теории $I(T)$.

3. Разработка и доказательство теоремы о необходимых и достаточных условиях изоморфности теорий и их компьютерных интерпретаций [в понимании выражения (10)], на базе моделей, полученных в рамках пп. 1 и 2.

При этом условия существования изоморфизма $[\Omega \cong \Omega']$ [изоморфности функтора Φ по условию (13)] рассматриваются как условия существования взаимно обратного гомоморфизма (гомоморфного отображения) между Ω и Ω' :

$$\exists (\omega_1(r''', r^i), \omega_2(r', r'') \in \Omega); (\omega'_1(r''', r^i), \omega'_2(r', r'') \in \Omega'):$$

$$\begin{cases} \phi(\omega_1(r''', r^i) * \omega_2(r', r'')) \rightarrow \phi(\omega'_1(r''', r^i)) \circ \phi(\omega'_2(r', r'')) \\ \phi(\omega'_1(r''', r^i)) \circ \phi(\omega'_2(r', r'')) \rightarrow \phi(\omega_1(r''', r^i)) * \phi(\omega_2(r', r'')) \end{cases}$$

где $\langle r', r'', r''', r^i \rangle \in Ob(S)$; $\langle \omega_1, \omega_2 \rangle \in Mor_S$; $\langle \omega'_1, \omega'_2 \rangle \in Mor_{S'}$; $\langle *, \circ \rangle$ — сопоставленные операции в категориях S и S' .

Подводя итог данной работе, необходимо указать, что теоретическое разрешение проблемы компьютерной интерпретации прикладных формализ-

зуемых аксиоматических теорий позволит реализовать и развить объектно-ориентированный подход для сложноструктурируемых, наукоемких предметных областей. В конечном итоге это позволит обеспечить качественно новые возможности развития практических информационных технологий в наукоемких отраслях человеческой деятельности, и прежде всего в таких, как принятие управленческих решений в сложных предметных областях, информатизация общества, интеллектуализация информационно-управляющих и других автоматизированных систем.

Л и т е р а т у р а

1. **Попович В. В.** Моделирование, оценка эффективности и оптимизация систем наблюдения ВМФ (Теория поиска подвижных объектов). — СПб.: ВМА им. Н. Г. Кузнецова, 2000. — 424 с.
2. **Большой** энциклопедический словарь. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Большая российская энциклопедия, 1999. — 1456 с.
3. **Клайн М.** Математика. Утрата определенности. — М.: Мир, 1985. — 433 с.
4. **Буч Г.** Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++. — М.: Бинном, СПб.: Невский диалект, 2000. — 560 с.
5. **Голдблатт Р.** Топосы: категорный анализ логики. — М.: Мир, 1983. — 486 с.
6. **Кейслер Г., Чэн Ч. Ч.** Теория моделей. — М.: Мир, 1977. — 614 с.
7. **Каш Ф.** Модули и кольца. — М.: Мир, 1981. — 286 с.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЛИТЕХНИКА»

ВЫПУСТИЛО В СВЕТ

Астапкович А. М.

МИКРООПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Книга посвящена проблеме разработки программного обеспечения для многоканальных систем управления реальным временем, ориентированных на применение во встраиваемых приложениях. Отличительной особенностью этого класса систем управления является их закрытость от возможности изменения алгоритма управления в процессе эксплуатации системы и требование к возможности функционирования устройств в необслуживаемом режиме в течение длительных интервалов времени.

Монография содержит системный анализ ситуации, сложившейся в этой области, с целью выработки практически значимых рекомендаций для инженеров-разработчиков. Базовой направленностью монографии являлась разработка основ теории операционных систем реального времени, применительно к классу встраиваемых многоканальных систем программного управления реальным временем, которые получили название микрооперационные системы. Анализ существующего положения дел проводится по нескольким направлениям, каждому из которых посвящена отдельная глава.

Книга адресована прикладным программистам и инженерам-разработчикам микропроцессорных систем программного управления, научным работникам соответствующего направления, а также менеджерам проектов в области электронного инжиниринга.

УДК 621.391

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДРЕСОВ АБОНЕНТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА К ВЫСОКОСКОРОСТНОМУ КАНАЛУ

А. М. Тюрликов,

канд. техн. наук, доцент

С. Г. Марковский

старший преподаватель

Санкт-Петербургский государственный университет

аэрокосмического приборостроения (СПбГУАП)

Анализируются характеристики алгоритма Цыбакова, Михайлова, Капетанакиса, использующего адреса абонентов для организации доступа в общий канал в случае высокоскоростного канала связи. Вводится в рассмотрение двухбуферная модель абонента. Для этой модели с учетом особенностей системы и алгоритма доступа выполнен расчет средней задержки передачи сообщения. Приведена графическая зависимость средней задержки сообщения от интенсивности входного потока для различного числа абонентов в системе.

The performance of Tsybakov, Mikhailov, Capetanakis Algorithm, using subscribers addresses for the access organization to a shared link, is analyzed for a case of high-speed communication link. Two-cell subscriber model is introduced. For this model taking into account the system and access algorithm properties the average delay of the message transmission is calculated. The graphic relation of the average delay from the input traffic intensity for different subscribers number in system is presented.

Введение

Многие современные системы связи [1, 2] описываются следующей моделью. Имеется большое число абонентов и одна центральная станция, которой абоненты передают сообщения по каналу множественного доступа. Центральная станция передает ответные сообщения абонентам по широкополосному каналу. При одновременной передаче по каналу сообщений от двух или более абонентов возникает так называемый конфликт, который разрешается по определенному алгоритму.

При малых скоростях передачи время передачи сообщения существенно превышает время распространения физического сигнала. Использование способа, основанного на так называемом алгоритме с прослушиванием несущей и обнаружением конфликта (CSMA/CD), делает конфликты маловероятными и поэтому собственно алгоритм разрешения конфликта слабо влияет на характеристики сети.

С развитием технических средств скорости передачи постоянно возрастают, а задержка распространения физического сигнала принципиально ограничена снизу. Поэтому время передачи сооб-

щения становится соизмеримым с задержкой в канале и в этих условиях механизм CSMA/CD становится неэффективным. Поэтому актуальной является задача выбора алгоритма разрешения конфликта.

Применительно к высокоскоростному каналу связи целесообразно исследовать алгоритм разрешения конфликта, основанный на использовании адресов абонентов. Под *высокоскоростным каналом* понимается такой канал, для которого информация о ситуации в канале становится известной центральной станции только после приема всего сообщения. Строгая математическая модель системы и данный алгоритм разрешения конфликта впервые предложены в работах Цыбакова, Михайлова [3] и Капетанакиса [4]. Однако в этих работах как модель, так и алгоритм не были исследованы для системы с конечным числом абонентов. В работах [5, 6, 7] рассматривались подобные системы, но по сравнению с [3, 4] с учетом специфики относительно низких скоростей передачи существенным образом видоизменялись модель системы и алгоритм доступа.

В настоящей работе модель системы и алгоритм доступа [3, 4] исследуются для системы

с конечным числом абонентов. Вводится в рассмотрение модель абонента с двумя ячейками. Предлагается методика, позволяющая вычислить точное значение такой важной характеристики системы, как средняя задержка времени доставки сообщения.

Описание модели системы

Рассмотрим систему множественного доступа с конечным числом абонентов M , связанных общим каналом связи. Каждому абоненту ставится в соответствие некоторое число из множества $\{0, 1, \dots, M - 1\}$, которое представляется в двоичной позиционной системе счисления и называется адресом (порядковым номером) абонента в системе. Для простоты будем полагать, что $M = 2^l$, где l — разрядность адреса.

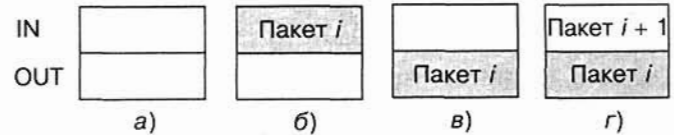
Будем полагать, что все сообщения имеют одинаковую длину, поэтому сообщение будем называть *пакетом*. Длительность передачи пакета по общему каналу принимается за единицу времени. В системе имеется синхронизация. Абонентам разрешается начинать передачу пакета только в моменты времени $t = 0, 1, 2, \dots$ (синхронный доступ). Единичный интервал времени $(t, t + 1)$ называется *окном t* . В системе имеется обратная связь, посредством которой каждый из абонентов узнает о состоянии общего канала. В каждом окне канал находится в одном из трех возможных состояний:

- 1) пустое окно Π (пакет не передавался, т. е. канал свободен);
- 2) успешная передача $У$ (передавался только один пакет);
- 3) конфликт K (одновременно передавались два и более пакетов).

Канал считается бесшумным, поэтому все абоненты к концу текущего окна получают достоверную информацию о ситуации в окне. Число пакетов, вступающих в конфликт, называется *кратностью конфликта*.

Каждый абонент имеет буфер, состоящий из двух ячеек памяти (рис.1, а), т. е. у абонента в любой момент времени t может находиться не более двух готовых для передачи пакетов. Пакеты могут поступать только в ячейки IN абонентов (рис. 1, б), а передаваться в канал только из ячеек OUT. В некоторый момент времени, который определяется алгоритмом доступа, происходит пересылка пакетов из ячеек IN в ячейки OUT (рис. 1, в) и выдача пакетов из ячеек OUT в канал. Ячейки IN освобождаются и могут принимать новые пакеты (рис. 1, г). Пакеты покидают ячейки OUT после успешной передачи. Алгоритм доступа для рассматриваемой модели будет определен ниже.

Опишем вероятностную модель поступления новых пакетов в ячейки IN абонентов (для $M = \infty$ данная модель описана в [3]). У каждого абонента имеется источник новых пакетов. Если в некотором окне у абонента свободна ячейка IN, то с вероятностью p у него может возникнуть новый па-



■ Рис. 1. Буфер абонента и его возможные состояния: а — ячейки свободны (буфер пуст); б — в ячейку IN поступил пакет с номером i ; в — пакет с номером i перешел из ячейки IN в ячейку OUT, ячейка IN освободилась; г — в ячейку IN поступил новый пакет с номером $i + 1$, пакет с номером i — в ячейке OUT

кет, который займет эту ячейку. С вероятностью $1 - p$ ячейка IN останется свободной. Описанные случайные события статистически независимы для разных абонентов.

Пусть величина $\mu^{(i)}$ описывает состояние ячейки IN i -го абонента: $\mu^{(i)} = 0$ — ячейка IN свободна, $\mu^{(i)} = 1$ — ячейка IN занята. Тогда вероятности событий, связанных с появлением новых пакетов в системе, могут быть заданы следующим образом:

$$\Pr\{\beta_t^{(i)} = 0 | \mu^{(i)} = 1\} = 1, \Pr\{\beta_t^{(i)} = 1 | \mu^{(i)} = 1\} = 0,$$

$$\Pr\{\beta_t^{(i)} = 0 | \mu^{(i)} = 0\} = 1 - p, \Pr\{\beta_t^{(i)} = 1 | \mu^{(i)} = 0\} = p,$$

где $\beta_t^{(i)}$ — число новых пакетов, появившихся у абонента с номером i в окне t , причем $\beta_t^{(i)} = \bar{0}, 1$. При этом

$$\Pr\left\{\beta_j = j \mid \sum_{i=1}^M \mu^{(i)} = M - l\right\} = C_j^l p^j (1 - p)^{l-j}, \quad (1)$$

где $\beta_j = \sum_{i=1}^M \beta_j^{(i)}$.

Обозначим через $V(s, j, l)$ вероятность того, что число новых пакетов, возникших на интервале заданной длины s , равно j , при условии, что свободны ячейки IN у l абонентов. Тогда, согласно (1), имеем:

$$V(1, j, l) = C_j^l p^j (1 - p)^{l-j}.$$

Используя данное выражение, можно определить $V(s, j, M)$ по следующей рекуррентной формуле:

$$V(s, j, M) = \sum_{i=0}^j V(1, i, M) V(s - 1, j - i, M - i). \quad (2)$$

Алгоритм доступа

В качестве алгоритма доступа рассмотрим модифицированный блокированный стек-алгоритм с использованием адресов абонентов при разрешении конфликтов. Отметим, что подобный стек-алгоритм, но использующий случайный выбор для разрешения конфликтов при $M = \infty$, исследован

в [3], а его инструкции впервые изложены в [8]. В работах [5, 6, 7] рассмотрены алгоритмы доступа с использованием номеров абонентов, но применительно к другой модели системы.

Под стеклом будем понимать виртуальное запоминающее устройство, состоящее из R ячеек, пронумерованных числами $0, 1, \dots, R-1$ (где $R = \lfloor \log_2 M \rfloor + 1$; $\lfloor \cdot \rfloor$ — целая часть числа), в каждой из которых в момент времени t могут одновременно находиться пакеты, принадлежащие различным абонентам, причем номер ячейки стека (указатель стека) для каждого пакета вычисляется отдельно в каждом окне в соответствии с инструкциями стек-алгоритма.

Введем следующие обозначения: $SP_i(t)$ — указатель стека i -го абонента в момент времени t ; $\eta(t) \in \{П, У, К\}$ — состояние канала в окне t ; $w_i(t)$ — состояние ячейки OUT i -го абонента ($w_i(t) = 0, 1$; при $w_i(t) = 1$ в ячейке OUT находится пакет, при $w_i(t) = 0$ — ячейка OUT свободна); $B(t) \in \{K, Y\}$ — переменная, в которой запоминается предыдущее состояние канала, кроме состояния «пусто», A_j — адрес i -го абонента; $j = n, n-1, \dots, 1$ — номер анализируемого бита в разряде адреса, где n — старший бит адреса. Будем считать, что если в момент времени t $SP_i(t) = 0$, то пакет от j -го абонента передается по каналу в окне t .

Инструкции стек-алгоритма

1. Если пакет появился у абонента в ячейке OUT в момент времени t , т. е. $w_i(t) = 1$, то $SP_i(t) = 0$, а $j = n$.
2. Если $SP_i(t) = 0$ и $\eta(t) = У$, то пакет покидает систему связи: $w_i(t+1) = 0$.
3. Если $SP_i(t) = 0$, $\eta(t) = К$, то $SP_i(t+1) = 1 - A_j(j)$, $\times B(t+1) = K$, $j = j - 1$.
4. Если $SP_i(t) = r$, $r \geq 1$, $\eta(t) = К$, то $SP_i(t+1) = r + 1$, $B(t+1) = K$.
Если $SP_i(t) = r$, $r \geq 1$, $\eta(t) = У$, то $SP_i(t+1) = r - 1$, $B(t+1) = У$.
Если $SP_i(t) = r$, $r \geq 1$, $\eta(t) = П$, $B(t) = У$, то $SP_i(t+1) = r - 1$, $B(t+1) = У$.
5. Если $SP_i(t) = 0$, $\eta(t) = П$, $B(t) = К$, то $SP_i(t+1) = 1 - A_j(j)$, $B(t+1) = K$, $j = j - 1$.
6. Если $SP_i(t) = r$, $r \geq 2$, $\eta(t) = П$, $B(t) = К$, то $SP_i(t+1) = r$, $B(t+1) = K$.

Работа системы со стек-алгоритмом происходит сеансами. Первый сеанс начинается в момент $t = 0$. Если сеанс начинается в момент t и окно t пустое или в нем передавался единственный пакет, то данный сеанс имеет длину 1 и заканчивается в момент времени $t + 1$. Следующий после него сеанс начинается в момент $t + 1$. Если сеанс длится одно пустое окно, то он называется *пустым*. В случае если t — момент начала очередного сеанса и в окне t происходит конфликт определенной кратности, то для определения момента окончания текущего сеанса и начала следующего

вводится метка сеанса. Сеанс заканчивается, если значение метки равно нулю. Следует отметить, что во время сеанса получают успешную передачу все пакеты, находящиеся у абонентов в ячейках OUT.

Обозначим через $h(t)$ значение метки сеанса в окне t . Все абоненты помимо определения значения указателя стека вычисляют метку сеанса в соответствии со следующими правилами.

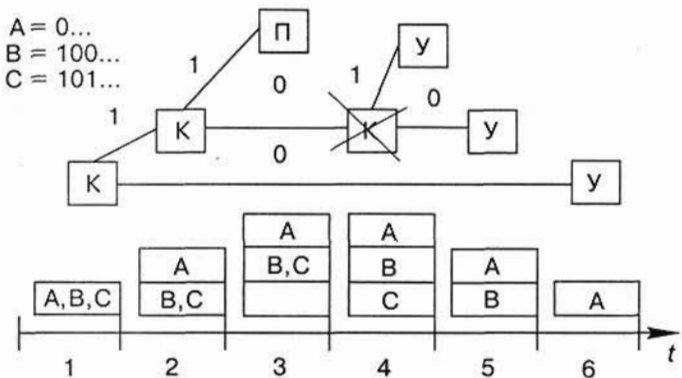
1. В начале первого окна сеанса t , $h(t) = 1$.
2. Если $h(t) = r$, $r \geq 1$, $\eta(t) = К$, то $h(t+1) = r + 1$.
Если $h(t) = r$, $r \geq 1$, $\eta(t) = У$, то $h(t+1) = r - 1$.
Если $h(t) = r$, $r \geq 1$, $\eta(t) = П$, $B(t) = У$, то $h(t+1) = r - 1$.
3. Если $h(t) = r$, $r \geq 2$, $\eta(t) = П$, $B(t) = К$, то $h(t+1) = h(t)$.

Если метка сеанса равна нулю, то в системе происходят следующие события.

1. Заканчивается очередной сеанс.
2. Если во время этого сеанса поступили пакеты в ячейки IN абонентов, то они переписываются в ячейки OUT.
3. Ячейки IN освобождаются.
4. Начинается следующий сеанс.

Если изложенный алгоритм описать в терминах [3], то каждому сеансу можно поставить во взаимно-однозначное соответствие граф в виде дерева. Вершинам дерева соответствуют окна сеанса. При этом корень дерева — первое окно сеанса, а концевые вершины дерева — окна с ситуациями «пусто» и «успех». Вид дерева полностью определяется номерами абонентов, которые к началу первого окна имели пакет в ячейке OUT. Пример интерпретации алгоритма в виде дерева разрешения конфликта представлен на рис. 2.

Для дальнейшего изложения положим, что корневая вершина дерева относится к ярусу с номером l . Если кратность конфликта в этой вершине ≥ 2 , то дерево разбивается на два поддерева, причем корневые вершины этих поддеревьев принадлежат к ярусу $l - 1$. Отметим, что дерево разрешения конфликта максимальной кратности M обязательно будет иметь M концевых вершин, принадлежащих к ярусу с номером 0.



■ Рис. 2. Представление улучшенного блокированного стек-алгоритма в виде дерева разрешения конфликта

Случайные процессы, описывающие поведение системы

Рассмотрим случайные процессы, описывающие вероятностное поведение системы с заданным алгоритмом доступа.

В предыдущем разделе было введено понятие сеанса. Считая, что первый сеанс возникает в момент времени $t = 0$, пронумеруем сеансы по порядку номерами 1, 2, ... и введем следующие обозначения: u — порядковый номер сеанса, ζ_u — момент возникновения u -го сеанса, θ_u — длина u -го сеанса, ξ_u — кратность u -го сеанса. Под кратностью сеанса ξ_u будем понимать кратность конфликта в первом окне сеанса u . Интервал времени от момента начала до момента окончания сеанса образует его длину. Сеанс кратности $\xi_u = 0$ представляет собой пустое окно. Сеанс кратности $\xi_u = 1$ длится одно окно, в течение которого пакет получает успешную передачу.

Используя принятые обозначения, имеем:

$$\theta_u = 1, \text{ если } \xi_u = 0 \text{ или } \xi_u = 1, \zeta_u = \sum_{i=1}^{u-1} \theta_i.$$

В силу свойства независимости процесса поступления новых пакетов последовательности ξ_u и θ_u являются однородными цепями Маркова с конечным числом состояний. При заданном u случайная величина ξ_u принимает значения из множества $\{0, 1, \dots, M\}$, а θ_u — из множества $\{1, 2, \dots, L\}$, где $L = 2M - 1$ — максимальная возможная длина сеанса (длина сеанса кратности M).

Определим переходные вероятности цепи ξ_u . Обозначим через $p_\theta(s|k)$ условную вероятность события $\{\theta_u = s | \xi_u = k\}$, заключающегося в том, что сеанс u кратности k длится s окон. При любых $u \geq 1, s \geq 1$ $p_\theta(s|k)$ не зависит от u и от θ_i и ξ_j при $i < u, j < u$, т. е.

$$\Pr\{\theta_u = s | \xi_u = k; \theta_i: i < u, \xi_j: j < u\} = \Pr\{\theta_u = s | \xi_u = k\} = p_\theta(s|k). \quad (3)$$

Введем следующее обозначение: $p_l(s|k)$ — условная вероятность события (сеанс кратности k длится s окон в вершине, соответствующей 2^l абонентам). Тогда, согласно дереву разрешения конфликта, имеем:

$$p_\theta(s|k) = p_{\log_2 M}(s|k). \quad (4)$$

Утверждение 1. Величины $p_l(s|k)$ можно вычислить, используя следующую рекуррентную формулу:

$$p_l(s|k) = \sum_{i=\max(1, k-2^{l-1})}^{\min(k, 2^{l-1})} \Psi_{k,l,i} \sum_{v=1}^{s-2} P_{l-1}(v|i) P_{l-1}(s-v-1|k-i) + \Psi_{k,l,0} P_{l-1}(s-1|k) \text{ при } k \geq 2, s \geq 3, l \geq 1, \quad (5)$$

где $\Psi_{k,l,i} = \frac{C_{2^l-1}^i C_{2^l-1}^{k-1-i}}{C_{2^l}^k}$.

$$p_l(1|0) = 1, p_l(1|1) = 1, p_l(2|i) = 0, i = 0, 2^l.$$

Доказательство утверждения основано на свойствах дерева разрешения конфликта. Множество, состоящее из k абонентов, вступающих в конфликт в корневой вершине дерева, разбивается на два подмножества. В первое подмножество попадает i абонентов, у которых первая цифра адреса равна 1, а $k-i$ абонентов образует второе подмножество (первая цифра адреса — 0). Коэффициент $\Psi_{k,l,i}$ показывает количество возможных вариантов выбора i из k абонентов в вершине, соответствующей 2^l абонентам. Индексы в первой сумме ограничивают минимальное и максимальное количество абонентов, попадающих в первое подмножество. Общее количество окон в поддеревьях яруса $l-1$, соответствующих выбранному подмножеству, равняется $s-1$. Второе слагаемое в формуле соответствует ситуации, присущей улучшенному алгоритму, когда все абоненты попадают во второе подмножество. В этом случае исключается корневая вершина поддерева яруса $l-1$, соответствующая второму подмножеству. Оставшееся количество вершин в этом поддереве — $(s-2)$. Так как в формуле всегда учитывается окно, соответствующее корневой вершине, то во втором слагаемом используется $P_{l-1}(s-1|k)$.

Для $V(s, k, M)$, определенной в (2), можно записать:

$$V(s, k, M) = \Pr\{\xi_u = k | \theta_{u-1} = s; \theta_i: i < u-1, \xi_j: j < u\} = \Pr\{\xi_u = k | \theta_{u-1} = s\}. \quad (6)$$

Обозначим через p_{km} переходные вероятности марковской цепи ξ_u , т. е. $p_{km} = \Pr\{\xi_u = m | \xi_{u-1} = k\}$. Используя (3) и (5), имеем:

$$p_{km} = \sum_{s=1}^L \Pr\{\xi_u = m | \theta_{u-1} = s\} \Pr\{\theta_{u-1} = s | \xi_{u-1} = k\} = \sum_{s=1}^L V(s, m, M) p_\theta(s|k). \quad (7)$$

Если вероятность появления пакета у абонента в ячейке IN не равна 1, т. е. $\lambda < M$, то цепь эргодическая и стационарные вероятности $\pi_k = \lim_{u \rightarrow \infty} \Pr\{\xi_u = k\}$, учитывая (7), могут быть найдены из системы уравнений:

$$\sum_{k=0}^M \pi_k p_{km} = \pi_m, m = 0, 1, \dots, M, \quad (8)$$

$$\sum_{k=0}^M \pi_k = 1. \quad (9)$$

Из (8) и (9) определим среднюю кратность сеанса $K^{(1)}$:

$$K^{(1)} = \lim_{u \rightarrow \infty} M \xi_u = \sum_{k=0}^M k \pi_k. \quad (10)$$

Для стационарного распределения на парах случайных величин ξ_u (кратность сеанса с номером u) и θ_{u-1} (длина предыдущего сеанса) введем следующее обозначение:

$$\pi_k(s) = \lim_{u \rightarrow \infty} \Pr \{ \theta_{u-1} = s, \xi_u = k \}. \quad (11)$$

Непосредственно из определения случайных величин следует, что

$$\begin{aligned} & \Pr \{ \theta_{u-1} = s, \xi_u = k \} = \\ & = \Pr \{ \xi_u = k | \theta_{u-1} = s \} \sum_{i=0}^M \Pr \{ \theta_{u-1} = s | \xi_{u-1} = i \} \Pr \{ \xi_{u-1} = i \}. \end{aligned}$$

Учитывая предыдущее равенство и (11), получаем

$$\pi_k(s) = V(s, k, M) \sum_{i=0}^M p_{\theta}(s|i) \pi_i. \quad (12)$$

Определение и общее выражение для задержки

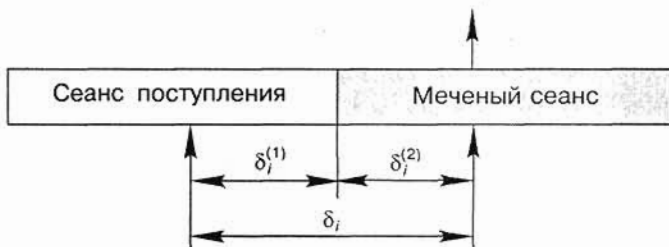
Задержкой передачи пакета называется время от момента его поступления в систему до момента его успешной передачи. Занумеруем числовой последовательностью все поступающие в систему пакеты и выделим из этой последовательности пакет с номером i . Этот пакет мы назовем *меченым* и найдем для него среднюю задержку.

Обозначим через δ_i случайную задержку передачи меченого пакета. Определим среднюю стационарную задержку передачи пакета равенством

$$D = \lim_{i \rightarrow \infty} M \delta_i. \quad (13)$$

Назовем сеанс, в котором поступил меченый пакет, *сеансом поступления*, а сеанс, в котором этот пакет получает успешную передачу, — *меченым сеансом*. В случайную величину δ_i входят две составляющие (рис. 3): $\delta_i^{(1)}$ — время от момента появления меченого пакета до момента окончания сеанса поступления и $\delta_i^{(2)}$ — время от момента начала меченого сеанса до момента успешной передачи меченого пакета, т. е.

$$\delta_i = \delta_i^{(1)} + \delta_i^{(2)}. \quad (14)$$



■ Рис. 3. Определение задержки меченого пакета

Если ввести в рассмотрение средние задержки для $\delta_i^{(1)}$ и $\delta_i^{(2)}$, то

$$D = \lim_{i \rightarrow \infty} M \delta_i^{(1)}, \quad D = \lim_{i \rightarrow \infty} M \delta_i^{(2)}, \quad D = D1 + D2. \quad (15)$$

Рассмотрим следующее событие: $A_{i,u} = \{ \text{меченый пакет (пакет с номером } i \text{), получил успешную передачу в сеансе с номером } u \} \}$. Введем обозначения: $\tilde{\pi}_k = \lim_{i \rightarrow \infty} \Pr \{ \xi_u = k, A_{i,u} \}$ — для стационарного распределения кратности меченого сеанса, $\tilde{\pi}_k(s) = \lim_{i \rightarrow \infty} \Pr \{ \theta_{u-1} = s, \xi_u = k, A_{i,u} \}$ — для совместного распределения кратности меченого сеанса и длины сеанса поступления, $\tilde{\pi}(s) = \lim_{i \rightarrow \infty} \Pr \{ \theta_{u-1} = s, A_{i,u} \}$ — для стационарного распределения длины сеанса поступления. Можно показать, что если марковская цепь ξ_u эргодична, то справедливы следующие равенства:

$$\begin{aligned} \tilde{\pi}_k &= \frac{k \pi_k}{K^{(1)}}, \\ \tilde{\pi}_k(s) &= \frac{k \pi_k(s)}{K^{(1)}}, \\ \tilde{\pi}(s) &= \sum_{k=1}^M \frac{k \pi_k(s)}{K^{(1)}}. \end{aligned} \quad (16)$$

Введем в рассмотрение следующую условную вероятность.

$P_{ent}(j|s) = \Pr \{ \text{меченый пакет поступил в окне с номером } j | \text{сеанс поступления длится } s \text{ окон} \}$. Данная вероятность не зависит от номера сеанса, в котором поступает меченый пакет. Так как по определению меченый пакет поступает в каком-то одном из s окон сеанса поступления (рис. 4), то согласно формуле Байеса имеем:

$$P_{ent}(j|s) = \frac{\rho(1-\rho)^{j-1}}{\sum_{m=1}^s \rho(1-\rho)^{m-1}}, \quad (17)$$

где $j = \overline{1, s}$.

Учитывая (16) и (17), получим выражение для $D1$:

$$D1 = \left(\sum_{s=1}^L \left(\sum_{j=1}^s (s-j) P_{ent}(j|s) \right) \tilde{\pi}(s) \right) + 1. \quad (18)$$



■ Рис. 4. Сеанс поступления

Среднюю задержку D_2 будем вычислять по следующей формуле:

$$D_2 = \sum_{k=1}^M d_k \bar{\pi}_k, \quad (19)$$

где d_k является условным средним временем выхода меченого пакета из конфликта при условии, что меченый сеанс имеет кратность k .

Время выхода — это время от момента начала меченого сеанса до момента успешной передачи меченого пакета. Обозначим через $d_{k,l}$ время выхода из конфликта кратности k в вершине, соответствующей 2^l абонентам. Согласно дереву разрешения конфликта,

$$d_k = d_{k, \log_2 M}.$$

Определить d_k можно по следующей рекуррентной формуле:

$$d_{k,l} = 1 + \sum_{i=\max(1, k-2^{l-1})}^{\min(k, 2^{l-1})} \Psi_{k,l,i} \left(\frac{i}{k} d_{i,l-1} + \frac{k-i}{k} d_{k-i,l-1} + \frac{k-i}{k} T_{i,l-1} \right) + \Psi_{k,l,0} d_{k,l-1}, \quad (20)$$

где $T_{i,l-1}$ — средняя длина сеанса кратности i в вершине, соответствующей 2^{l-1} абонентам, которую, в свою очередь, можно определить по рекуррентной формуле

$$T_{k,l} = 1 + \sum_{i=\max(1, k-2^{l-1})}^{\min(k, 2^{l-1})} \Psi_{k,l,i} (T_{i,l-1} + T_{k-i,l-1}) + \Psi_{k,l,0} T_{k,l-1}. \quad (21)$$

Доказать (20) и (21) можно аналогично утверждению 1 на основе свойств дерева разрешения конфликта. Используя (18) и (19), по формуле (15) определяем среднюю задержку передачи меченого пакета D .

Численные результаты

В этом разделе сформулируем последовательность действий для построения зависимости средней задержки от интенсивности $[D = f(\lambda)]$ в системе из M абонентов и приведем численные результаты расчета этой зависимости.

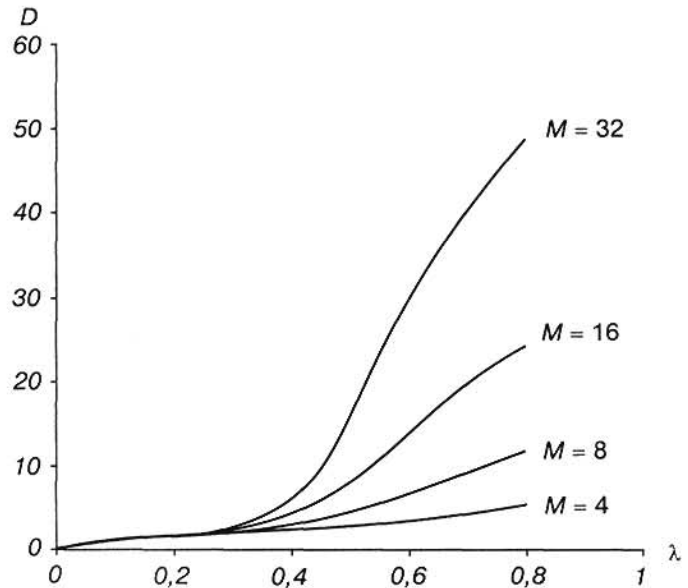
Процесс вычисления средней задержки состоит из следующих этапов.

1. Определение по рекуррентным формулам значений $p_\theta(s|k)$, согласно (4) и d_k , согласно (20).

2. Расчет переходных вероятностей $p_{k,m}$ цепи ξ_u по формуле (7) и далее, стационарного распределения π_k кратности сеанса из системы уравнений (8), (9).

3. Определение средней кратности сеанса $K^{(1)}$ [выражение (10)].

λ	$D_{(M=4)}$	$D_{(M=8)}$	$D_{(M=16)}$	$D_{(M=32)}$
0,1	1,158	1,215	1,255	1,282
0,2	1,374	1,539	1,677	1,783
0,3	1,679	2,072	2,484	2,894
0,4	2,111	2,982	4,23	6,089
0,5	2,704	4,498	8,03	15,82
0,6	3,469	6,72	14,115	30,109
0,7	4,369	9,292	19,95	40,86
0,8	5,314	11,625	24,289	48,854



■ Рис. 5. Зависимость средней задержки от интенсивности

4. Вычисление распределения кратности меченого сеанса $\bar{\pi}_k$ и распределения длины сеанса поступления $\bar{\pi}(s)$ [равенства (16)].

5. Расчет средних задержек D_1 и D_2 по формулам (18) и (19) соответственно, и вычисление результирующей средней задержки $D = D_1 + D_2$.

При выполнении расчетов при фиксированном M и различных интенсивностях входного потока величины d_k ($k=1, M$) и $p_\theta(s|k)$ ($k=0, M; s=1, L$) не зависят от λ и рассчитываются один раз.

Численные расчеты средней задержки выполнялись для рассмотренной выше модели при интенсивности входного потока λ от 0,1 до 0,8 с шагом 0,1 и $M = 4, 8, 16, 32$. Результаты расчетов приведены в таблице. Соответствующая графическая зависимость приведена на рис. 5.

Заключение

В данной работе предложена методика расчета точного значения средней задержки пакета для случая, когда число абонентов M является степенью двойки и в канале отсутствуют шумы. Если $2^{l-1} < M < 2^l$ для некоторого значения l , то задержки, точно вычисленные для систем с 2^{l-1} и 2^l аби-

нентами, являются соответственно нижней и верхней оценкой для средней задержки в системе. При низкой интенсивности входного потока, когда целесообразно использовать случайный множественный доступ, эти оценки достаточно близки (см. таблицу).

Результаты работы также могут быть обобщены на случай, когда в канале присутствуют шумы, приводящие к тому, что с некоторыми вероятностями ситуации «пустое окно» и «успешная передача» ошибочно могут восприниматься центральной станцией как конфликт.

Литература

1. **Ying Dar Lin.** On IEEE 802.14 Medium Access Control Protocol // IEEE Communications Surveys. Fourth Quarter. — 1998. — Vol. 1. — No. 1. — P. 2–10.
2. **Giuseppe Bianchi.** Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function // IEEE Journal On Selected Areas In Communications. — 2000. — Vol. 18. — No. 3. — P. 535–547.
3. **Цыбаков Б. С., Михайлов В. А.** Свободный синхронный доступ пакетов в широкополосный канал с обратной связью // Проблемы передачи информации. — 1978. — Т. 14. — № 4. — С. 32–59.
4. **Capetanakis J. I.** Tree Algorithms for Packet Broadcast Channels // IEEE Trans. Inform. Theory. — 1979. — V. 25. — № 5. — P. 505–515.
5. **Цыбаков Б. С., Файнгольд В. Б.** Блокированный стек-алгоритм СМД в сети с конечным числом станций // Проблемы передачи информации. — 1992. — Т. 28. — № 1. — С. 89–96.
6. **Цыбаков Б. С., Федорцов С. П.** Один алгоритм доступа станций в канал связи // Проблемы передачи информации. — 1992. — Т. 28. — № 1. — С. 97–111.
7. **Цыбаков Б. С., Федорцов С. П., Рылеева Н. А.** Множественный доступ с разрешением конфликтов при помощи номеров станций // Проблемы передачи информации. — 1992. — Т. 28. — № 3. — С. 27–39.
8. **Цыбаков Б. С., Введенская Н. Д.** Стек-алгоритм случайного множественного доступа // Проблемы передачи информации. — 1980. — Т. 16. — № 3. — С. 80–94.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЛИТЕХНИКА» ВЫПУСТИЛО В СВЕТ



Ерофеев А. А.

Теория автоматического управления: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Политехника, 2002. — 302 с.: ил.

Учебник соответствует программе курса лекций по теории автоматического управления для бакалавров. Содержит основные идеи и представления о классической и современной теории управления. Отражен образовательный стандарт курса в рамках концепции «модели—анализ—синтез». Изложение доведено до алгоритмических процедур и охватывает в едином плане теорию управления с ориентацией на многомерность — теорию всех типов систем (непрерывных, дискретных, в том числе и особых).

Учебник предназначен для студентов вузов, а также может быть полезен для инженеров и аспирантов.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЛИТЕХНИКА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ

Куприянов М. С., Матюшкин Б. Д.

Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Политехника, 2002. — 592 с.: ил.

Книга содержит три части. Первая часть «Процессоры цифровой обработки сигналов» посвящена архитектуре и особенностям организации DSP. Во второй части «Алгоритмы цифровой обработки сигналов» рассматриваются основы теории дискретных систем, методы анализа эффектов квантования сигналов при реализации алгоритмов обработки на DSP, базовые алгоритмы ЦОС и их реализация на DSP. Третья часть «Инструментальные средства проектирования систем ЦОС» содержит описание программных и аппаратных средств, используемых для решения задач проектирования и входящих в стартовый комплекс разработчика систем ЦОС. В приложении приведена система команд семейств DSP5600x и DSP5630x.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся проектированием систем ЦОС, а также студентов соответствующих специальностей технических университетов.



Пухальский Г. И.

Проектирование микропроцессорных систем: Учебное пособие для вузов. — СПб.: Политехника, 2001. — 544 с.: ил.

Изложены принципы работы микропроцессоров 8080, 8085, 8086/8088 и арифметического сопроцессора 8087. Подробно описаны программные методы ввода-вывода с кэшированием и без кэширования, по прерыванию и по прямому доступу к памяти. Приведено описание и применение БИС RAM, EPROM и FIFO различных зарубежных фирм а также интерфейсных БИС, разработанных фирмой Intel для аппаратной поддержки вышеперечисленных микропроцессоров. Рассмотрены методы обнаружения и исправления ошибок в оперативных запоминающих устройствах и приведены примеры их практической реализации.

Сизиков В. С.

Математические методы обработки результатов измерений: Учебник для вузов. — СПб.: Политехника, 2001. — 240 с.: ил.

Изложен ряд обратных прикладных задач: томографии, реконструкции изображений, спектроскопии, диагностики плазмы, обработки сигналов, биофизики, механики, редукции измерений к идеальному измерительному устройству (антенне, радиолокатору и т. д.) Дано физическое и математическое описание задач. Изложены некоторые сведения из линейной алгебры, метод наименьших квадратов Гаусса, метод псевдообратной матрицы Мура-Пенроуза, преобразования Фурье, Хартли и Лапласа, элементы теории обобщенных функций, корректность и некорректность по Адамару, интерполяция, сглаживание, аппроксимация, сплайн-функции, а также устойчивые методы решения уравнений.

Для студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников, специализирующихся по методам обработки результатов измерений.



Ляликов А. П.

Трактат об искусстве изобретать. — СПб.: Политехника, 2002. — 416 с.: ил.

В книге изложены основные аспекты — философский, исторический, психологический, системный и эвристический — важнейшей отрасли общечеловеческой культуры, которая является источником и основой бытия, личного и социального, — технического творчества.

Книга предназначена для широкого круга читателей: от учащихся и студентов до умудренных жизнью и размышлениями о ее сущности специалистов, собирающихся изобретать, уже изобретающих и даже совсем никогда и ничего не изобретавших.

УДК 615.235

ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕАНСА ГЕМОДИАЛИЗА ПО СПЕКТРАМ ЭКСТИНКЦИИ В УФ – ОБЛАСТИ СПЕКТРА

А. М. Василевский,

канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ)

Описана информационно-измерительная система, базирующаяся на спектрофотометрическом методе, для мониторинга процессов лечения методами экстракорпоральной детоксикации, в частности, гемодиализа. Приводятся основные характеристики многоканального спектроанализатора и блока обработки. Показана возможность применения разработанной системы для мониторинга и коррекции лечения диализными методами по спектрам экстинкции диализата в области длин волн 200–400 нм.

Information and measuring system is described that is based on spectrophotometric method to monitor processes of extracorporeal detoxification methods treatment, in particular, hemodialysis; main characteristics of multi-channel spectroanalyzer and procession block are given. A possibility to apply the elaborated system to monitor and correct treatment by dialysis methods according to dialyzate extinction spectra in 200–400 nm waves length.

В современной медицине широкое распространение получили лечебные мероприятия, в ходе которых жидкие биологические среды организма подвергаются специальной обработке (экстракорпорально или интрокорпорально) с целью коррекции их состава и удаления токсинов. В число подобных лечебных мероприятий входит гемодиализ — один из методов лечения хронической почечной недостаточности для поддержания нормальной работы организма. Основной целью процесса гемодиализа является выведение продуктов метаболизма, задерживающихся в организме из-за тяжелых заболеваний почек [1].

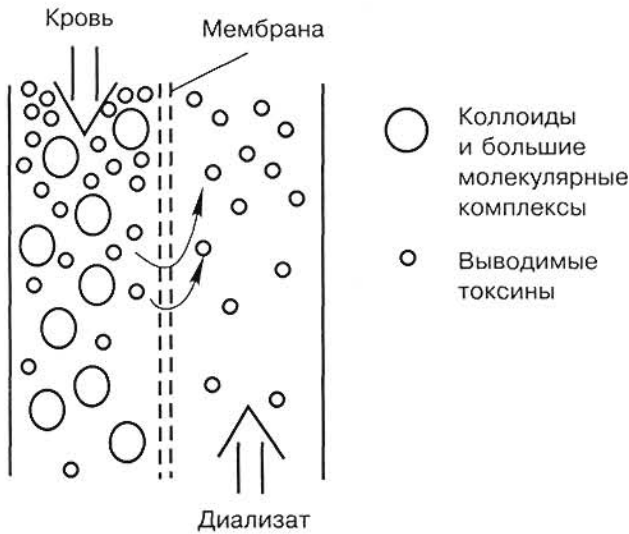
Почка при нормальной деятельности выполняет эту функцию путем фильтрации и диализа в клубочках и специфической работы клеток канальцев. Искусственная почка заменяет функцию клубочков за счет выведения скопившихся в крови токсических веществ путем фильтрации и диализа через полупроницаемую мембрану (рис. 1).

Поскольку мембрана непроницаема для коллоидов крови и больших молекулярных комплексов, то проникать через нее могут только вода, кристаллоиды, азотистые шлаки и низкомолекулярные токсины.

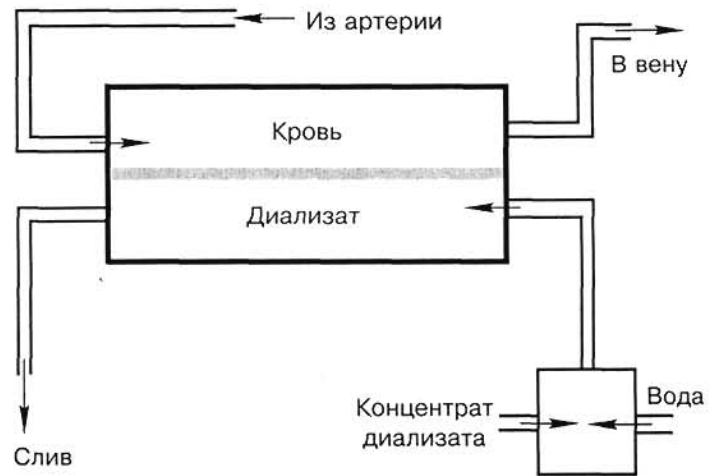
В процессе гемодиализа кровь больного, поступающая в аппарат, за которыми закрепилось название «Искусственная почка», протекает по одной стороне мембраны, тогда как с другой стороны ее находится диализирующая жидкость, содержащая кристаллоиды (рис. 2).

Успех и безопасность данной процедуры зависит от эффективности контроля, который осуществляется путем анализа состава диализата до и после окончания сеанса гемодиализа.

Для оценки эффективности сеанса гемодиализа существует несколько критериев, позволяющих оценить время, необходимое для проведения сеанса, достаточного для практически полного выведения продуктов метаболизма из организма. Такие критерии разрабатываются на основе многочисленных подборов по результатам анализов и позволяют рассчитать длительность процедуры гемодиализа для конкретного человека с учетом его индивидуальных характеристик. Диализные индексы не дают достоверного представления о количестве выведенных веществ и в этом случае необходимо периодически проводить расчет концентраций выводимых веществ в начале и в конце сеанса гемодиализа. В настоящее время это



■ Рис. 1. Механизм диализного очищения крови



■ Рис. 2. Принцип работы аппарата «Искусственная почка»

делается с помощью биохимического анализа, причем каждое вещество определяется самостоятельно, в среднем время обработки одной пробы составляет 4–5 мин. Таким образом, контроль процесса гемодиализа затруднен, а коррекция в ходе процедуры практически невозможна.

Мониторинг процесса гемодиализа может быть реализован методом спектрального анализа, который позволяет осуществлять количественный анализ химического состава пробы по спектрам экстинкции. В основе спектрофотометрического метода лежит закон Бугера—Ламберта—Бера, согласно которому ослабление параллельного пучка монохроматического света в среде описывается выражением:

$$I_{\lambda} = I_{\lambda}^0 \exp(-k_{\lambda}^0 \cdot d) = I_{\lambda}^0 \exp(-\epsilon_{\lambda} \cdot C \cdot d), \quad (1)$$

где I_{λ}^0 — интенсивность падающего монохроматического света; I_{λ} — интенсивность прошедшего монохроматического света; d — толщина слоя; k_{λ}^0 — спектральный коэффициент экстинкции; ϵ_{λ} — молярный (удельный) коэффициент экстинкции вещества ответственного за поглощение; C — концентрация поглотителя в исследуемой среде.

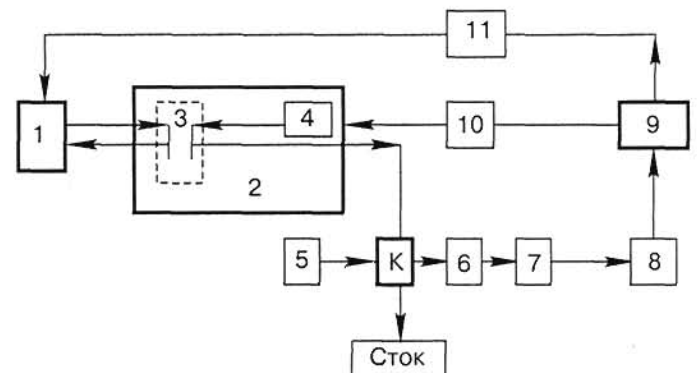
Современные спектральные приборы позволяют регистрировать спектры исследуемых объектов одновременно по многим точкам достаточно широкого интервала длин волн. При этом скорость регистрации может составлять несколько десятков спектров в секунду, что дает возможность исследовать динамику процессов с высоким временным разрешением. Соединение такой аппаратуры с персональной ЭВМ позволяет управлять протеканием этих процессов [2].

Спектрофотометрический метод положен в основу информационно-измерительной системы мониторинга сеанса гемодиализа. Объектом анализа служит диализная жидкость (диализат) выходящей магистрали аппарата «Искусственная почка». Блок-схема системы представлена на рис. 3.

Полосы поглощения большинства хромофоров, ответственных за селективное поглощение сложных органических молекул, лежат в области 200–400 нм. Поэтому наиболее информативной при исследовании электронных спектров поглощения жидких биологических сред является ультрафиолетовая область спектра [3].

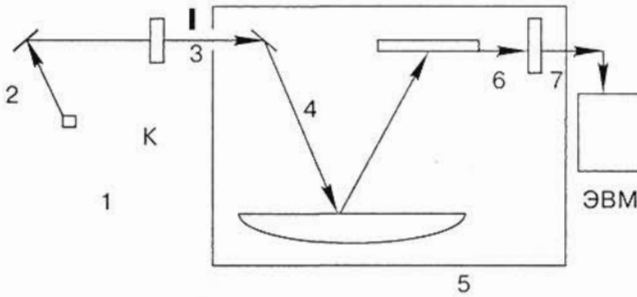
Исходя из этих предпосылок, автором был разработан многоканальный спектроанализатор для спектральной области 200–400 нм.

Структурная схема спектроанализатора представлена на рис. 4 и включает источник излучения, дифракционный полихроматор на вогнутой дифракционной решетке, многоканальный линейный фотоприемник с зарядовой связью и блок сопряжения с ЭВМ.



■ Рис. 3. Блок-схема информационно-измерительной системы мониторинга процедуры гемодиализа:

- 1 — пациент; 2 — аппарат «Искусственная почка»; 3 — диализатор; 4 — система подготовки раствора; 5 — источник излучения; К — проточная кювета с исследуемой средой; 6 — приемно-регистрирующая система многоканального спектроанализатора; 7 — блок обработки; 8 — ЭВМ; 9 — информация, представляемая врачу; 10 — коррекция режима работы аппарата «Искусственная почка»; 11 — коррекция назначения лекарственных препаратов пациенту



■ Рис. 4. Структурная схема спектроанализатора:

1 — источник излучения (дейтериевая лампа); 2, 4 — зеркала; К — кювета с раствором; 3 — заслонка; 5 — дифракционная решетка; 6 — матрица фотоприемников; 7 — блок управления и обработки

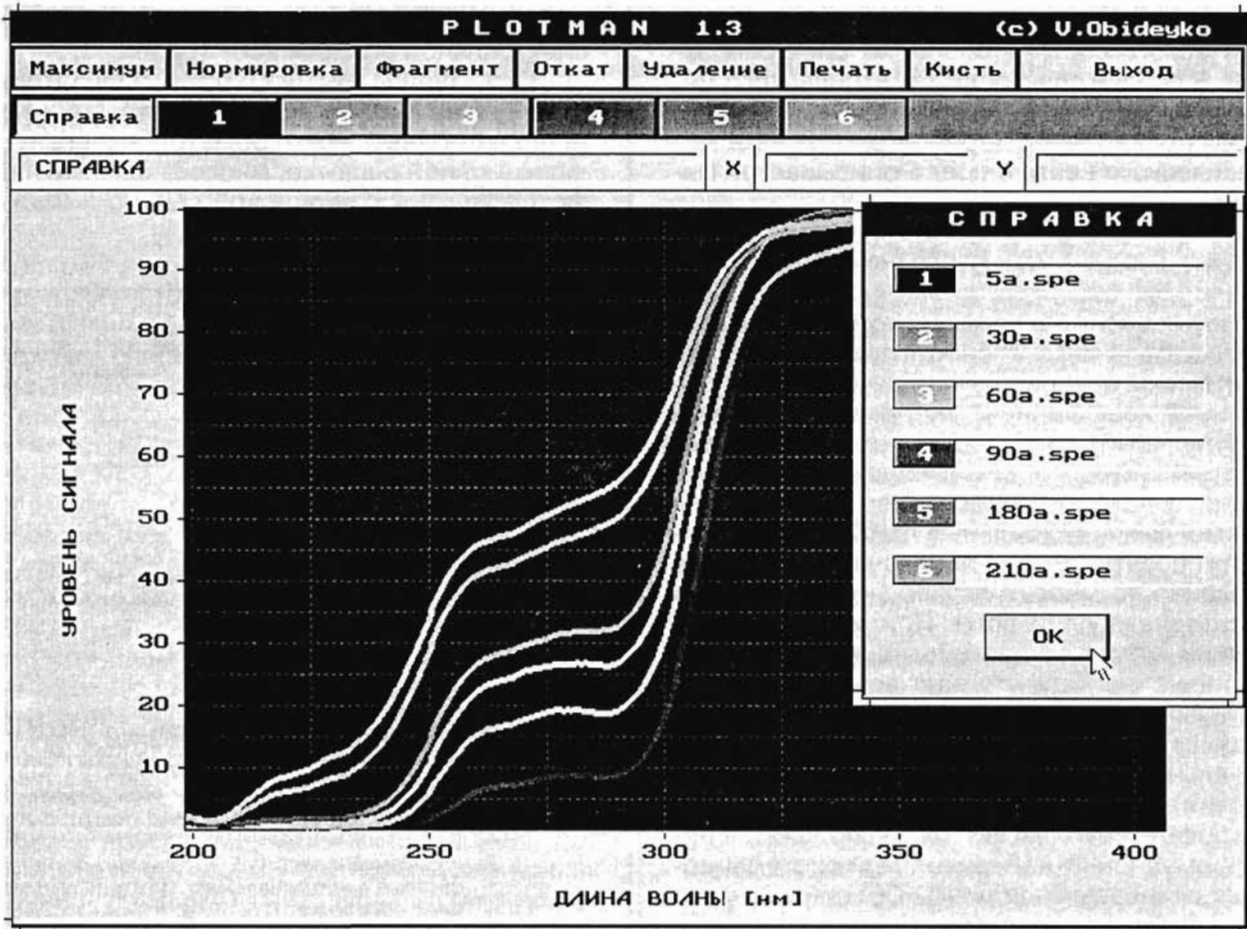
Основные технические характеристики прибора

Спектральная область	200–400 нм
Разрешение	0,5–1,0 нм
Число каналов	512
Время регистрации одного спектра	8 мс
Пороговая чувствительность	Не хуже 5000 фотонов/канал
Время экспозиции	от 8 мс до 1,0 с
Совокупный динамический диапазон	1 000 000
Количество повторения циклов	1–1000
Питание от сети	220 В, 50/60 Гц

Управление режимами работы полихроматора осуществляется с пульта ЭВМ. Кювета с исследуемой жидкостью устанавливается перед входной щелью полихроматора. Толщина кюветы 5 мм, материал — кварц. Прибор проградуирован по линиям излучения He—Ne лампы.

Разработанная система была подключена к выходной магистрали аппарата «Искусственная почка» фирмы Fresenius в Городском центре гемокоррекции. На рис. 5 приведены спектрограммы динамики пропускания диализата в ходе одного из сеансов, на котором в окне «Справка» цифрами указано время (мин) с момента начала сеанса. Чистый диализат прозрачен (пропускание на уровне 100 %) в исследуемой спектральной области. Изменение пропускания диализата по ходу сеанса свидетельствует о снижении концентрации выводимых из крови компонентов.

Поскольку основными токсическими компонентами, выводимыми



■ Рис. 5. Спектры пропускания диализата в ходе сеанса гемодиализа (больной М.)

мыми через полупроницаемую мембрану, являются креатинин, мочевины, мочевая кислота, фосфаты и другие низкомолекулярные вещества, предварительно была исследована каждая из данных компонент. Были приготовлены растворы каждого компонента определенной концентрации. Спектры пропускания для каждого раствора определялись по сравнению с дистиллированной водой. Данные исследования показали, что полосы поглощения многих компонент в значительной степени перекрываются и имеют идентичный характер. Построенные зависимости оптической плотности от концентрации свидетельствуют об отклонении от линейного закона даже при низких концентрациях. В связи с этим, применение традиционных методов расчета концентрации компонент смеси на одной или нескольких длинах волн, о которых упоминалось ранее, не дает приемлемых результатов. Кроме этого, сопоставление данных биохимического анализа, спектрограмм чистых компонент определенной концентрации и спектрограмм диализного раствора показывает, что некоторое количество исследуемых компонент диализата находится в связанном состоянии и не участвует в процессе взаимодействия с проходящим излучением [4].

Расширить диапазон измеряемых концентраций и учесть наблюдаемую экспериментально нелинейность зависимости оптической плотности от концентрации, обусловленную взаимодействием молекул для отдельного компонента, можно, если воспользоваться разложением функции $k_{\lambda}^0 = f(C)$ в ряд Тейлора и определить составляющие первого и второго порядка, ограничившись точностью ~1%:

$$k_{\lambda}^i = A_{1,\lambda} C_i + A_{2,\lambda} C_i^2, \quad (2)$$

где $A_{1,\lambda}$ и $A_{2,\lambda}$ — спектральные коэффициенты разложения первого и второго порядка; C_i — концентрация компонента в приготовленном растворе; $i = 1, \dots, n$ — порядковый номер спектра раствора с данной концентрацией.

Для расчета спектральных коэффициентов $A_{1,\lambda}$ и $A_{2,\lambda}$ необ-

ходимо приготовить растворы с известной концентрацией и измерить спектральный показатель поглощения $k_{i,\lambda}$ для каждой пробы. Для случая $i = 4$ можно записать систему уравнений:

$$\begin{cases} k_{1,\lambda} = A_{1,\lambda} C_1 + A_{2,\lambda} C_1^2 \\ k_{2,\lambda} = A_{1,\lambda} C_2 + A_{2,\lambda} C_2^2 \\ k_{3,\lambda} = A_{1,\lambda} C_3 + A_{2,\lambda} C_3^2 \\ k_{4,\lambda} = A_{1,\lambda} C_4 + A_{2,\lambda} C_4^2 \end{cases} \quad (3)$$

и определить коэффициенты $A_{1,\lambda}$ и $A_{2,\lambda}$ одним из статистических методов, например, методом наименьших квадратов. Согласно этому методу оставляются следующие матрицы:

$$C = \begin{bmatrix} C_1 & C_1^2 \\ C_2 & C_2^2 \\ C_3 & C_3^2 \\ C_4 & C_4^2 \end{bmatrix} \rightarrow A_{\lambda} = \begin{bmatrix} A_{1,\lambda} \\ A_{2,\lambda} \end{bmatrix} \rightarrow k_{\lambda} = \begin{bmatrix} k_{1,\lambda} \\ k_{2,\lambda} \\ k_{3,\lambda} \\ k_{4,\lambda} \end{bmatrix},$$

и решается уравнение вида $C \cdot \vec{A}_{\lambda} = \vec{k}_{\lambda}$.

Алгоритм решения по методу наименьших квадратов может быть записан как

$$\begin{aligned} C \vec{A}_{\lambda} = \vec{k}_{\lambda} &\Leftrightarrow C C \vec{A}_{\lambda} = C \vec{k}_{\lambda} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow (C C)^{-1} (C C) \vec{A}_{\lambda} &= (C C)^{-1} C \vec{k}_{\lambda} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \vec{A}_{\lambda} &= (C C)^{-1} C \vec{k}_{\lambda}, \end{aligned}$$

где для рассматриваемого случая выполнены следующие преобразования:

$$C C = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ C_1^2 & C_2^2 & C_3^2 & C_4^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C_1 & C_1^2 \\ C_2 & C_2^2 \\ C_3 & C_3^2 \\ C_4 & C_4^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i C_i^2 & \sum_i C_i^3 \\ \sum_i C_i^3 & \sum_i C_i^4 \end{bmatrix};$$

$$(C C)^{-1} = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 \\ b_2 & b_3 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{\sum_i C_i^2} + \frac{(\sum_i C_i^3)^2}{(\sum_i C_i^2)^2 \left(\sum_i C_i^4 - \frac{(\sum_i C_i^3)^2}{\sum_i C_i^2} \right)} & \frac{-(\sum_i C_i^3)}{(\sum_i C_i^2) \left(\sum_i C_i^4 - \frac{(\sum_i C_i^3)^2}{\sum_i C_i^2} \right)} \\ \frac{-(\sum_i C_i^3)}{(\sum_i C_i^2) \left(\sum_i C_i^4 - \frac{(\sum_i C_i^3)^2}{\sum_i C_i^2} \right)} & \frac{1}{\sum_i C_i^4 - \frac{(\sum_i C_i^3)^2}{\sum_i C_i^2}} \end{bmatrix}$$

$$(C C)^{-1} C = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 \\ b_2 & b_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ C_1^2 & C_2^2 & C_3^2 & C_4^2 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} b_1C_1 + b_2C_1^2 & b_1C_2 + b_2C_2^2 & b_1C_3 + b_2C_3^2 & b_1C_4 + b_2C_4^2 \\ b_2C_1 + b_3C_1^2 & b_2C_2 + b_3C_2^2 & b_2C_3 + b_3C_3^2 & b_2C_4 + b_3C_4^2 \end{bmatrix}$$

$$\vec{A} = (C \cdot C)^{-1} C \cdot \vec{k}_\lambda =$$

$$= \begin{bmatrix} k_{1,\lambda}(b_1C_1 + b_2C_1^2) + k_{2,\lambda}(b_1C_2 + b_2C_2^2) + \\ + k_{3,\lambda}(b_1C_3 + b_2C_3^2) + k_{4,\lambda}(b_1C_4 + b_2C_4^2) \\ k_{1,\lambda}(b_2C_1 + b_3C_1^2) + k_{2,\lambda}(b_2C_2 + b_3C_2^2) + \\ + k_{3,\lambda}(b_2C_3 + b_3C_3^2) + k_{4,\lambda}(b_2C_4 + b_3C_4^2) \end{bmatrix}$$

Характерной особенностью предлагаемой методики является возможность рассчитать коэффициенты $A_{1,\lambda}$ и $A_{2,\lambda}$ для любого компонента в широком диапазоне концентраций во всей анализируемой спектральной области.

Разработанный алгоритм был применен для моделирования спектрального поглощения растворов креатинина, мочевины, мочевой кислоты и растворов других жидких биологических сред.

Кроме этого, рассматриваемая методика позволяет вычислить концентрацию анализируемого компонента в растворе в пределах диапазона концентраций, использованных при вычислении коэффициентов разложения.

По результатам достаточно обширных исследований спектров диализата в процессе сеансов гемодиализа был определен вид корреляционных характеристик и разработана оригинальная методика определения уремических токсинов в диализном растворе. Анализ корреляционных характеристик показал, что вид спектральных характеристик поглощения диализата в значительной степени определяется присутствием в нем мочевой кислоты, нуклеиновых кислот, креатинина и среднемoleкулярных пептидов. В зависимости от соотношения этих компонентов в диализате спектрограммы условно можно разделить на четыре группы. Методика определения концентрации уремических токсинов в диализате потребовала уточнения корреляционных характеристик для каждой из этих групп.

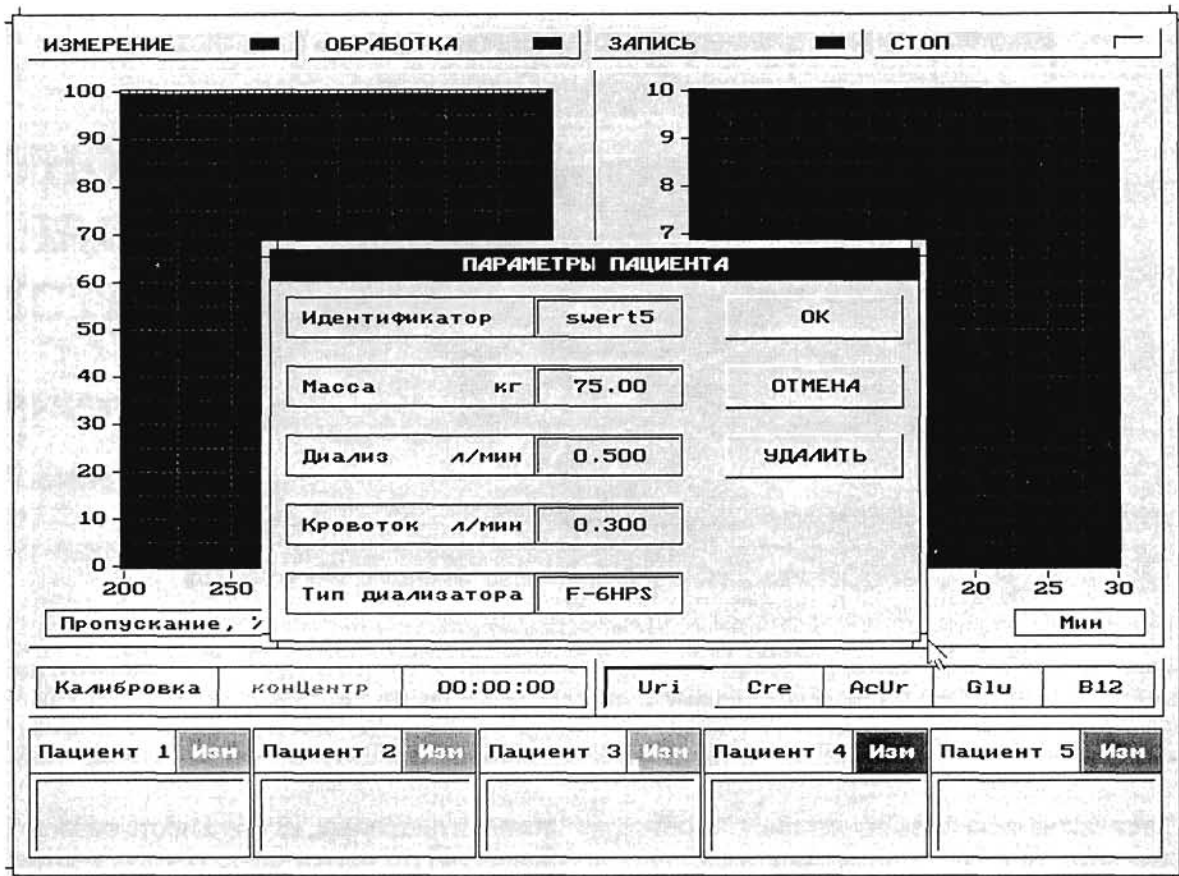
Проведенные исследования позволили разработать пакет программ обработки спектрограмм с целью расчета концентрации наиболее информативных компонент: мочевой кислоты, креатинина, мочевины и нуклеиновых кислот и, в некоторых случаях, глюкозы. Вначале идентифицируется принадлежность предъявленного для обработки спектра к одной из групп, затем по информационным признакам и корреляционным характеристикам по методу наименьших квадратов рассчитываются концентрации анализируемых компонентов. Расчет проводится в пределах спектрального интервала 200–380 нм, причем коротковолновая и длинноволновая границы зависят от уровня поглощения и индивидуальны для каждой компоненты. На заключительном этапе определяется коэффициент подобия рассчитанного и предъявленного спектров и принимается решение о степени достоверности выполненных расчетов.

Диапазон измеряемых концентраций составляет: по креатинину — 0,02–0,35 ммоль/л, по мочеине — 0,5–12,5 ммоль/л, по мочевой кислоте — 0,01–0,2 ммоль/л. Чувствительность прибора к изменению концентрации по креатинину — 0,005 ммоль/л, по мочеине — 0,1 ммоль/л, по мочевой кислоте — 0,005 ммоль/л. Погрешность измерений по креатинину — 0,01 ммоль/л, по мочеине — 0,2 ммоль/л, по мочевой кислоте — 0,01 ммоль/л.

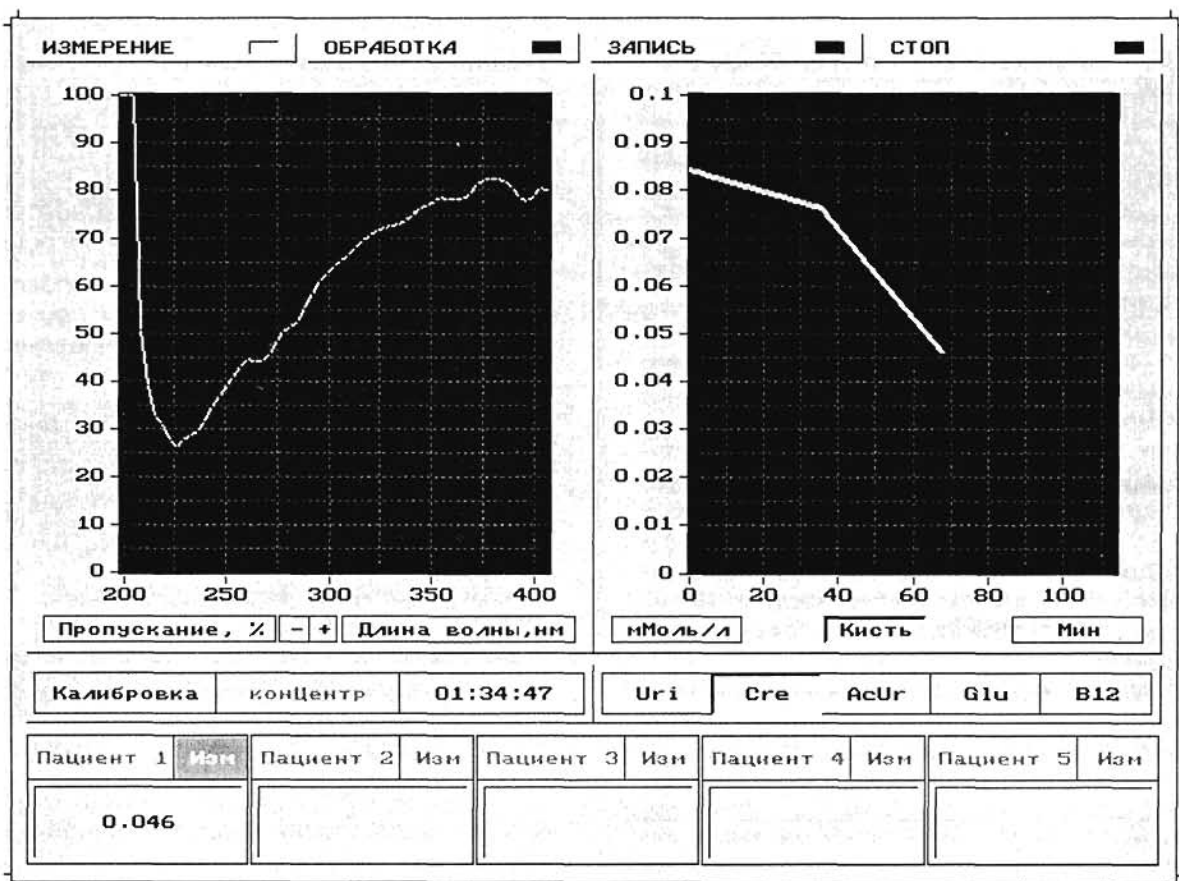
Разработанная методика была использована при создании аппаратно-вычислительного комплекса для мониторинга процесса гемодиализа. Вид экрана монитора перед началом сеанса представлен на рис. 6.

Работа может проводиться как в автоматическом, так и в ручном режиме. Предварительно заполняется карта больного, указывается тип диализатора, скорость потока крови и диализата, длительность процедуры и интервал измерений. В ручном режиме одновременно могут исследоваться пять больных с произвольным интервалом измерений. Затем проводится калибровка спектроанализатора, при этом в память ЭВМ вводится уровень фонового и 100 % сигналов, устанавливается длительность экспозиции и число выборок усреднения. После заполнения карты по запросу о начале сеанса система переключается в режим мониторинга. В этом режиме на экране монитора отображается спектрограмма диализата, протекающего в данный момент времени через кювету и текущее время анализа. В моменты времени, установленные в параметрах анализа, система отключается для расчета концентрации анализируемых компонентов. По окончании расчетов (в зависимости от типа ЭВМ от 1 до 3 мин) в нижней части экрана появляются числовые значения рассчитанных концентраций для каждой компоненты и для каждого больного. Одновременно в правом верхнем окне строится график временных зависимостей динамики концентрации по каждой компоненте, или, по желанию, объем выведения токсических метаболитов на данный момент для каждого больного. Параллельно записываются файлы параметров анализа, спектрограммы каждого измерения, файлы рассчитанных концентраций и объема выведения на момент измерения, и приведенный к единице массы больного объем выведенных в ходе сеанса токсинов в ммоль/кг. Вид экрана в процессе мониторинга представлен на рис. 7.

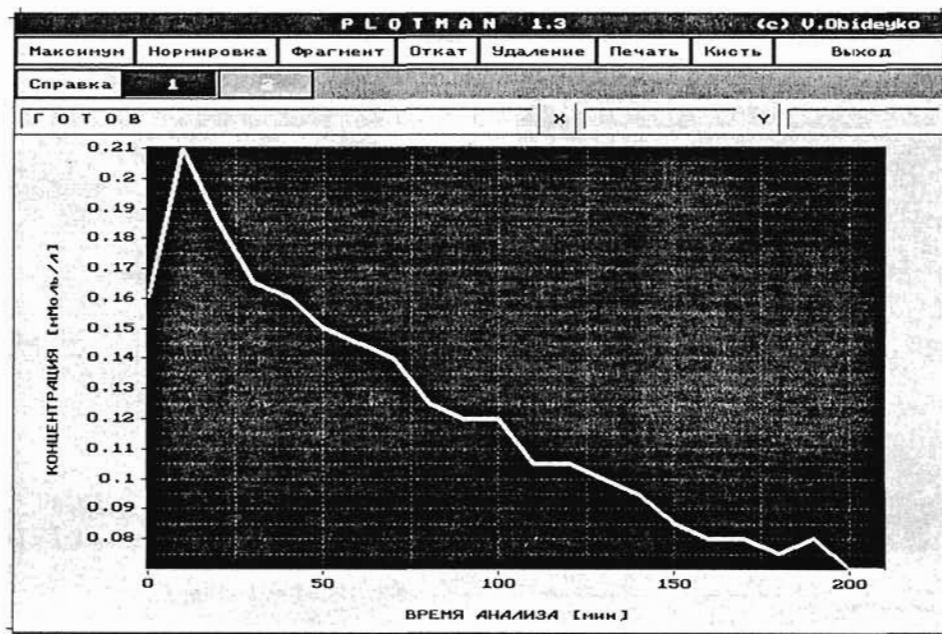
В ходе мониторинга, продолжающегося несколько часов, возможны изменения уровня фонового излучения и 100 % сигнала, обусловленные временной нестабильностью источника излучения и приемно-регистрирующего тракта. В связи с этим в приборе предусмотрено проведение промежуточных калибровок.



■ Рис. 6. Вид экрана монитора и карты параметров анализа сеанса гемодиализа



■ Рис. 7. Вид экрана монитора в ходе сеанса



■ Рис. 8. Динамика концентрации креатинина в ходе мониторинга сеанса гемодиализа

На рис. 8 представлена временная зависимость концентрации креатинина, полученная в ходе одного из сеансов.

Заключение

Применение спектрофотометрического метода позволяет проводить мониторинг сеанса гемодиализа одновременно по нескольким метаболитам как для одного, так и для группы больных. По ходу мониторинга врач имеет возможность получать информацию о состоянии больного, об эффективности процедуры, проводить коррекцию лечения.

Информация, необходимая врачу для возможной коррекции сеанса, включает:

- концентрацию компонент в диализате на начало сеанса (этот параметр коррелирует с содержанием уремических токсинов в крови больного до сеанса гемодиализа);

- временной интервал, в течение которого концентрация данной компоненты в диализате снижается в 2 раза (характеристика скорости процесса диализа);

- время достижения уровня снижения концентрации данной компоненты в диализате в 5 раз (параметр, характеризующий эффективную длительность сеанса).

Руководствуясь этими данными, лечащий врач может изменить один из параметров процедуры в ходе сеанса (скорость кровотока, скорость про-

текания диализата, длительность сеанса), назначить больному дополнительно или отменить уже назначенные лекарственные препараты, а также изменить тип диализатора на следующий сеанс и рассчитать адекватность процедуры по любому из анализируемых компонентов.

Разработанная система прошла тестовые испытания и в течение двух лет используется в Городском центре гемокоррекции для мониторинга сеансов гемо- и перитонеального диализа.

Параллельный биохимический анализ контрольных проб диализата, проведенный стандартными методами и с помощью разработанной системы, показал, что относительная погрешность измерений не превышала 10 %.

Литература

1. Костюченко А. Л., Гуревич К. Я., Лыткин М. И. Интенсивная терапия послеоперационных осложнений. — СПб., 2000. — 575 с.
2. Василевский А. М., Корнилов Н. В. Устройство мониторинга жидких биологических сред. Пат. № 2161791, Россия, 1998.
3. Свердлова О. В. Электронные спектры в органической химии. — Л.: Химия, 1985. — 248 с.
4. Василевский А. М., Корнилов Н. В. Мониторинг диализной жидкости в процессе гемодиализа по спектрам экстинкции в ультрафиолетовой области спектра// Оптический журнал. — 1999. — Т. 66, № 8. — С. 24-27.

УДК 62-50

НАУЧНО – ИНФОРМАЦИОННЫЕ САЙТЫ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИКИ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

А. Л. Фрадков,

д-р техн. наук, профессор

Д. А. Томчин,

аспирант

Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург

Описаны возможности и приемы использования сети Интернет специалистами по автоматизации и системам управления. Приведены критерии оценки научно-информационных сайтов. Представлены результаты разработки научно-информационного сайта РУСИКОН (Российский архив по системам и управлению, www.rusyscon.ru), облегчающего специалистам работу с Интернет-ресурсами.

The ways of using Internet by system and control engineers are described. The criteria for evaluation of professional information sites are given. The development of the information site RUSYCON (Russian System and Control Archive, www.rusyscon.ru) is presented.

Введение

Новые информационные технологии, в том числе Интернет-технологии, все шире используются на всех этапах научной и инженерной деятельности. Особую роль Интернет-технологии играют в области автоматизации и управления, где Интернет используется не только как средство сбора и обмена информацией специалистов или какместилище распределенных корпоративных информационных баз, но и как средство реализации задач моделирования и управления [1, 2].

Тем не менее, многие специалисты еще недостаточно освоили современные Интернет-технологии и не используют их в повседневной работе даже для сбора информации. Трудности освоения навыков сбора и поиска информации в Интернете связаны, в первую очередь, с разбросанностью информации по Сети и высокой степенью «зашумленности» ее ненужными сведениями. Поэтому значительной популярностью, особенно у начинающих, пользуются путеводители по ресурсам Сети, так называемые порталы, где, кроме предметной информации, собрано и структурировано значительное число ссылок на ресурсы, полезные для работы в данной предметной области.

В области теории систем и управления к наиболее популярным ресурсам такого рода относятся Virtual Control Engineering Library [3], Control Theory and Engineering Links [4], NETLIB [5] и ряд других. Однако подобного путеводителя по рус-

скоязычным ресурсам до последнего времени не существовало.

В 1999 г. был запущен и до сих пор успешно функционирует информационный портал РУСИКОН — Российский архив по системам и управлению (www.rusyscon.ru), в котором уже собрано более 2000 ссылок как на англоязычные, так и на русскоязычные ресурсы. Страницы РУСИКОНа посещают ежемесячно 1300–1900 человек.

Цель настоящей статьи — дать представление о структуре, информационных возможностях и способах использования РУСИКОНа, а также о других Интернет-ресурсах, полезных для специалистов в области теории систем и управления.

Использование информационных сайтов в научной работе. Требования к информационным сайтам

Цикл научного исследования обычно включает ряд стандартных этапов: обзор состояния вопроса по выбранной теме исследований; установление контактов с ведущими специалистами в интересующей области; поиск партнеров и финансирования; апробация результатов; выступления на конференциях; публикация результатов в научном журнале, а затем, возможно, и в монографии. Использование Интернета меняет технологию научного процесса на каждом из перечисленных этапов, значительно ускоряя получение, накопление и распространение научных знаний.

Типовую технологию научной работы с Интернетом составляют:

- поиск сетевых ресурсов и публикаций на заданную тему по ключевым словам в поисковых системах и на сайтах библиотек, журналов и издательств;
- поиск и установление контактов со специалистами и организациями, где ведутся исследования по соответствующей тематике;
- поиск возможностей финансирования исследований на сайтах соответствующих организаций и фондов;
- по получении новых результатов проводится просмотр сайтов конференций для выбора подходящего способа апробации результатов и выбора научных журналов для их публикации. Отметим, что как подача материалов для публикации, так и переписка с редакциями и организаторами конференций в настоящее время, как правило, осуществляются в электронном виде, т. е. так же при помощи Интернета.

В силу трудностей поиска нужной информации в Интернете, важную роль играют сетевые информационные ресурсы (порталы, базы данных, архивы), выполняющие функции профессиональных путеводителей по Интернету, средств экспресс-публикации и общедоступных электронных библиотек [1]. Приведем некоторые общие сведения об информационных сайтах и критерии их оценки.

Информационный сайт — сайт, организованный как системное многоуровневое объединение различных ресурсов и сервисов, обычно организуемый по иерархическому признаку, связанному с определенной тематикой.

Все информационные сайты можно условно разделить на несколько групп:

- специализированные — узкой тематической направленности, посвященные определенной тематике;
- универсальные — общего характера, обобщающие различные темы;
- мегапорталы (Yahoo, Yandex, Rambler и т. д.), содержащие огромное количество ссылок на различные сайты и служащие для организации более удобного пребывания пользователя в Сети. Они содержат поисковые системы, ленты новостей, биржевые сводки, прогнозы погоды, т. е. все, что необходимо для ежедневного информационного обеспечения. Кроме того, некоторые мегапорталы предоставляют пользователям услуги электронной почты, сервисы для планирования времени, ведения баз данных адресов и дат, а также другие бесплатные приложения.

Информационные сайты требуют специального информационного дизайна [6], главное назначение которого — помогать пользователю воспринимать и усваивать некоторую информацию. Анализируя существующие проекты специализированных информационных сайтов, можно сформулировать следующие критерии оценки сайтов, из которых вытекают технологические рекомендации по созданию информационного веб-сайта [2, 6, 7, 8].

1. Сайт должен иметь удобную систему навигации, т. е. возможность перехода к любой странице

за 2–3 нажатия клавиши мыши, в противном случае пользователь может либо не найти интересующую его информацию, либо потерять интерес к данному сайту в целом.

2. Страницы должны иметь незначительный объем, так как существенная часть пользователей не располагает высокоскоростными каналами доступа. Оптимальный объем одной страницы — до 100 Кбайт (включая графическую информацию) [6].

3. Сайт должен привлекательно выглядеть во всех версиях веб-браузеров [6].

4. Информация о последних изменениях на сайте (новости сайта) должна помещаться на титульной странице сайта, либо должна быть ссылка на новости с титульной страницы сайта.

5. На каждой странице сайта должны, по возможности, присутствовать сервисные пользовательские службы (карта сайта, контактный e-mail, возможность поиска) [8].

6. При использовании программы Macromedia Flash и других необщепринятых веб-технологий для создания сайта необходимо сделать также и html-версию для тех пользователей, Интернет-браузер которых не поддерживает данную программу.

Существующие информационные сайты по системам и управлению

В настоящее время в сети Интернет существует достаточно много научно-информационных сайтов, относящихся к области систем управления. Среди них можно выделить следующие.

«Виртуальная инженерная библиотека по управлению» (Control Virtual Engineering Library) [3], которая содержит ссылки на крупнейшие конференции¹ (19); коллективы, работающие в области теории управления (260); профессиональные общества (30); журналы (34); информационные службы (18); коммерческие организации (78) и др. (9). Итого: 448 ссылок.

«Ресурсы по теории и технике управления» (Control Theory and Engineering Links) [4] — раздел научно-информационного сайта «Theorem.Net», поддерживаемого университетом штата Теннесси, США. В список ресурсов входят он-лайн-книги (5), аннотации и оглавления книг (30), коллективы (209), программное обеспечение (5), информационные сервисы (28), организации (21), журналы (28), списки конференций (9). Итого: 335 ссылок.

Сетевая база данных Netlib [5] содержит математическое программное обеспечение, статьи и календарь конференций по теории систем, вычислений и смежным областям математики (282 ссылки).

Кроме того, много полезных ссылок содержится на сайтах крупных организаций (IEEE — Институт инженеров по электротехнике и электронике [9], IFAC — Международная федерация по автома-

¹ Здесь и далее — цифры даны по состоянию на 1 июля 2002 г.

тическому управлению [10] и т. д.), сайтах университетов, журналов (см. например, EJC — Европейский журнал по управлению [11]), в каталогах поисковых систем (Yahoo, Altavista), а также на личных сайтах некоторых специалистов (см. например, сайты Э. Сонтага [12], В. В. Цветкова [13]).

Большинство существующих сайтов, однако, недостаточны для российских ученых и инженеров, так как они практически не содержат информации о российских ресурсах. Среди немногих русскоязычных информационных сайтов можно выделить информационную систему RSCI.ru, содержащую базу данных российских научных руководителей и молодых ученых; Интернет-выставку «Инновации»; ссылки на грантообразующие организации и фонды, конференции, электронные библиотеки, журналы, научные общества, а также службу «Информаг» [14], содержащую информационные бюллетени, оглавления и аннотации научных журналов, электронные журналы и газеты и др.

Различные российские научно-информационные ресурсы направлены либо на технические науки в целом (см. например, информационные системы RSCI.ru, Инфомаг, научную сеть Nature.ru, каталоги поисковых систем Яндекс, Рамблер, Лист.Ру, Апорт и др.), либо на более узкие области (например, сайты «Неразрушающий контроль в России» [15], «Нечеткая логика, нечеткие системы и мягкие вычисления» [16], «Промышленная автоматизация в России» [17] и т. п.).

Российский архив по системам и управлению (РУСИКОН)

Для того, чтобы удовлетворить потребность в путеводителях по русскоязычным ресурсам в области автоматизации и систем управления, в лаборатории «Управление сложными системами» Института проблем машиноведения РАН при поддержке Санкт-Петербургской группы Российского национального комитета по автоматическому управлению в 1999 году был разработан сайт РУСИКОН — Российский архив по системам и управлению.

Сайт размещен по адресу <http://www.rusycon.ru> и содержит сведения, полезные для научных сотрудников, преподавателей и инженеров в области автоматизации, теории систем и теории управления, а также в смежных областях прикладной математики, механики, информатики. Главной задачей архива РУСИКОН является помощь специалистам в предметных областях теории систем и теории автоматического управления по использованию веб-ресурсов в их профессиональной деятельности. Сведения представлены на русском и английском языках и регулярно обновляются и дополняются.

Опишем структуру сайта РУСИКОН [18]. Каждая страница архива РУСИКОН содержит выпадающее меню, размещенное в верхней части страницы. Таким образом, пользователь может перейти с любой страницы сайта на любую другую без загрузки промежуточных страниц, т. е. за один щелчок мыши. Меню одновременно выполняет функ-

цию карты сайта. Поддерживаются страницы новостей на русском и английском языках. Архив регулярно пополняется (1–2 раза в месяц), раз в 2–3 месяца производится проверка корректности существующих ссылок. Главное меню, позволяющее удобно классифицировать разноплановую полезную информацию, разработано на языке JavaScript и содержит следующие разделы.

Раздел «Специалисты». Представлена информация о российских и зарубежных специалистах, коллективах и вакансиях в области теории систем и теории управления. Раздел состоит из подразделов: «Действительные члены РАН»; «Члены-корреспонденты РАН¹»; «Специалисты Москвы»; «Специалисты Санкт-Петербурга»; «Специалисты других регионов России»; «Российские коллективы»; «Зарубежные специалисты и коллективы»; «Вакансии». Первоначальный список специалистов был составлен на основе информации из базы данных ОПММПУ РАН и списков участников крупнейших конференций по системам и теории управления, проведенных в России в 1997–2000 гг., впоследствии список многократно дополнялся и корректировался. Архив содержит информацию примерно о 600 российских специалистах и ссылки на крупнейшие зарубежные базы данных о специалистах. На страницах архива помещено приглашение к специалистам давать информацию о себе для помещения в базу данных. Первоначально планировалось, что такой способ пополнения базы данных станет основным, по аналогии с зарубежными базами данных, которые активно пополняются молодыми исследователями, хорошо понимающими, как важно для карьеры позиционирование себя среди активной части специалистов. К сожалению, в РУСИКОНе этот канал пока работает недостаточно интенсивно.

Раздел «Организации» содержит информацию о российских и зарубежных организациях и фондах и состоит из подразделов:

- Российские организации и фонды;
- Зарубежные организации и фонды;
- Российские научно-исследовательские институты и технические вузы;
- Российские предприятия.

Всего архив содержит ссылки на сайты около 500 организаций. Список российских организаций и фондов содержит ссылки не только на федеральные и общероссийские, но и на региональные организации и фонды. Список зарубежных организаций и фондов содержит ссылки как на крупнейшие международные организации, так и на научные организации отдельных стран, активно сотрудничающие с Россией и предоставляющие гранты российским ученым (ИНТАС — Международная ассоциация по содействию сотрудничеству с учены-

¹ В настоящее время представлена информация о действительных членах и членах-корреспондентах бывшего Отделения проблем машиностроения, механики и процессов управления РАН. Ведется работа по расширению базы данных.

ми из новых независимых государств бывшего Советского Союза [19], Королевское общество Великобритании [20] и др.). Подраздел «Российские научно-исследовательские институты и технические вузы» содержит ссылки на научно-исследовательские институты, специализирующиеся в области теории систем и управления и смежных областях математики, механики, информатики, прикладной физики. Представлен полный список российских технических вузов, имеющих серверы (включая некоторые неофициальные серверы, часто весьма информативные и удобные в работе). В список российских предприятий входят предприятия, занимающиеся разработкой оборудования и программного обеспечения для систем автоматизации и управления.

Раздел «Конференции и выставки» состоит из подразделов:

- Конференции в России;
- Конференции за рубежом;
- Выставки.

Зарубежные конференции в области теории систем и управления обычно проводятся под эгидой одного или нескольких международных обществ, на сайтах которых представлен календарь планируемых конференций на несколько лет вперед. Сайты конференций начинают функционировать за 1–2 года до конференции и содержат всю полезную для участников и потенциальных участников информацию. Конференции, проводящиеся в России, обычно проходят под эгидой институтов/университетов и располагаются на сайтах соответствующих институтов/университетов. К сожалению, довольно часто информация о российских конференциях ограничивается лишь размещением информационных писем, появляется на сайтах со значительным опозданием или не появляется вообще.

Архив содержит ссылки на списки конференций крупнейших международных организаций в данной предметной области IEEE [9], IFAC [10], SIAM (Society of Industrial and Applied Mathematics) — Общество промышленной и прикладной математики и др.), а также ссылки непосредственно на крупные международные конференции. Информация о российских конференциях регулярно пополняется при просмотре сайтов институтов и университетов. Обычно архив содержит информацию о 50–70 предстоящих конференциях и семинарах в области теории систем и автоматического управления и смежных областях. Сохраняются ссылки на сайты прошедших конференций, часто содержащие отчеты об их работе и другую полезную информацию. Подраздел «Выставки» содержит ссылки на крупнейшие международные и русскоязычные базы данных по выставкам, а также на сайты российских выставочных компаний и объединений.

Раздел «Публикации» содержит информацию о газетах, журналах, книгах, издательствах, библиотеках и он-лайн-магазинах. Раздел состоит из подразделов:

Российские журналы (в том числе электронные) (48 ссылок);

Зарубежные журналы (в том числе электронные) (38);

Газеты (4);

Новые книги на русском языке (78);

Книги российских авторов, изданные за рубежом (77);

Издательства (41);

Библиотеки (8);

Он-лайн-магазины (9).

Всего раздел содержит более 300 ссылок.

Раздел «Другие полезные сайты» состоит из подразделов:

Базы данных по системам и управлению;

Информационные сайты по науке и технике;

Книжная полка;

Учебные материалы;

Онлайн-эксперименты;

Нелинейная динамика и хаос.

Всего в разделе около 80 ссылок. В подраздел «Базы данных по системам и управлению» вошли ссылки на другие сайты, содержащие множество ссылок в данной предметной области или более узких областях. Подраздел «Информационные сайты по науке и технике» содержит ссылки на универсальные научно-технические сайты, имеющие ссылки на многие области науки и техники. На «Книжной полке» представлены наиболее интересные, с точки зрения разработчиков сайта, публикации (книги и статьи), находящиеся в свободном доступе в Интернете. «Учебные материалы» — коллекция ссылок на учебные материалы в области систем, автоматике, управления, синергетики, а также на сайты, помогающие научиться использованию наиболее распространенных математических пакетов в научной деятельности. Подраздел «Он-лайн-эксперименты» включает ссылки на сайты, содержащие интерактивные эксперименты и виртуальные лабораторные работы в области теории управления. Для проведения он-лайн-экспериментов обычно не требуется установка дополнительного программного обеспечения. Большинство представленных сайтов содержит по несколько экспериментов и некоторый теоретический материал, что позволяет отнести их к виртуальным лабораториям.

«Электронный журнал „Русикон“». Электронный журнал предоставляет возможность электронной экспресс-публикации научных работ в области теории систем и теории управления. Как публикация, так и доступ к опубликованным материалам, бесплатны. В журнале публикуются материалы, представленные на русском или английском языке с аннотацией на обоих языках. В соответствии с традициями электронных архивов (см., например, крупнейший архив научных публикаций Лос-Аламосской национальной лаборатории США <http://www.arXiv.org>), рецензирование представляемых материалов заменяется их редакционным просмотром, что позволяет осуществлять быструю публикацию материалов дискуссионного характера.

Заключение

В статье описаны возможности использования сети Интернет специалистами по теории систем и управления, а также научно-информационный сайт РУСИКОН, облегчающий специалистам работу с ресурсами Сети. По разветвленности структуры и количеству ссылок на информационные ресурсы архив РУСИКОН существенно превосходит аналогичные зарубежные сайты и может быть отнесен к категории информационных порталов [21].

К сожалению, активность российских специалистов в использовании профессиональных Интернет-ресурсов в настоящее время еще невысока. В отличие от зарубежных коллег российские спе-

циалисты не спешат подавать информацию о себе и о своих исследовательских группах, проводимых семинарах, конференциях и др. В то же время, при правильном использовании Интернет предоставляет широкие возможности для научной рекламы, повышения уровня мероприятий и престижа коллективов и научных школ.

Хочется надеяться, что данная публикация заинтересует специалистов, преподавателей и учащихся и поможет оценить преимущества активного сотрудничества с архивом РУСИКОН. В свою очередь, использование архива РУСИКОН и других научно-информационных сайтов повысит эффективность использования сети Интернет в профессиональной деятельности.

Литература

1. **Фрадков А. Л., Никифоров В. О.** Интернет-технологии научной работы. Труды 2-й научно-технической конференции молодых ученых по навигации и управлению движением. — СПб.: Изд-во ЦНИИ «Электроприбор», 2000. См. также: Электронный журнал РУСИКОН, 24.10.2000 (www.rusicon.ru/journal).
2. **Томчин Д. А., Фрадков А. Л.** Создание проблемно-ориентированного научно-информационного сайта на примере сетевого архива по системам и управлению // В кн.: Технологии информационного общества — Интернет и современное общество. Материалы всероссийской объединенной конференции, Санкт-Петербург, 20–23 ноября 2001 г. — С. 66–68.
3. **Virtual Control Engineering Library.** http://www-control.eng.cam.ac.uk/extras/Virtual_Library/Control_VL.html
4. **Control Theory and Engineering Links.** <http://www.theorem.net/control.html>
5. **NETLIB.** <http://www.netlib.org/>
6. **Кирсанов Д.** Веб-дизайн. СПб.: Символ-Плюс, 1999.
7. **Нильсен Я.** Веб-дизайн. СПб.: Символ-Плюс, 2001.
8. **Круг С.** Веб-дизайн или «не заставляйте меня думать!». — СПб.: Символ-Плюс, 2001.
9. **Institute of Electrical and Electronical Engineers.** <http://www.ieee.org>
10. **International Federation of Automatic Control.** <http://158.42.53.29:8080/index.htm>
11. **European Journal of Control.** <http://www-ejc.ensieg.inpg.fr/>
12. **Сайт профессора Э. Сонтара.** <http://www.math.rutgers.edu/~sontag/>
13. **«Автоматика и роботехника».** <http://home.polarcom.ru/vtstv/>
14. **Служба «Инфомаг».** <http://www.infomag.ru>
15. **Сервер «Неразрушающий контроль в России»** <http://www.ndt.ru>
16. **Сервер «Нечеткая логика, нечеткие системы и мягкие вычисления».** <http://fuzzy.newmail.ru>
17. **Информационный портал «Промышленная автоматизация в России».** <http://www.industrial-auto.ru/>
18. **Томчин Д. А.** Разработка экспериментальных версий сетевых ресурсов для исследования и проектирования систем управления // В кн.: «Навигация и управление движением». Материалы 3-й конференции молодых ученых, Санкт-Петербург, 2001. — С. 140–145.
19. **INTAS.** <http://www.ib.be/intas/>
20. **The Royal Society — The UK National Academy of Science.** <http://www.royalsoc.ac.uk/>
21. **Шаталова Н.** Новостройки Рунета // «Поиск». — 2002. — № 15(673). — С. 7.

У НАС БЫЛА ВЕЛИКАЯ ЭПОХА!

Недавно я был на совещании в Нижегородском государственном университете им. Н. И. Лобачевского и в одном из выступлений тридцатипятилетнего докладчика из Новосибирского Академгородка услышал словосочетание «комбинаторные схемы», которое резануло слух.

Моя реплика о том, что в советской литературе по теории автоматов такие схемы всегда назывались не «комбинаторными», а «комбинационными», не заставила себя долго ждать, как, впрочем, и ответ докладчика: «Советскую литературу по этой тематике не читал, а применяю англоязычные руководства для пользователей».

Такой ответ меня, естественно, возмутил, так как у нас в стране в этой области была Великая эпоха, а даже уже не очень молодые люди не знают об этом и, самое главное, похоже, и знать не хотят, так как это их никуда не приближает.

Указанный ответ меня не удивил, так как я в последнее время общался с большим числом очень сильных молодых программистов из различных организаций и ни один из них не знал, что в нашей стране уже более 25 лет Академия наук выпускает журнал «Программирование», который выходит также на английском языке под названием «Programming and Computer Software» (годовая подписка этого не очень толстого журнала стоит \$ 1292 за шесть номеров и \$ 1550 при их совместном приобретении вместе с электронной версией). Полное отсутствие интереса к авторитетному (иначе за него не платили бы на Западе такие деньги) в мире профессионального программирования журналу, видимо, связано с его теоретической направленностью, которая, похоже, «продвинутым» программистам мало интересна. А ведь и в области программирования в Советском Союзе, как будет показано ниже, была Великая эпоха, тесно связанная с такой же эпохой в теории автоматов.

Никаких воспоминаний я писать не собирался (да и, видимо, еще рано, правда, завтра может быть поздно — как кто-то сказал: «Где я, а где завтра?»), но сказанное выше подействовало, и я решил написать про Гавриловские школы и про то, что происходило рядом с ними.

Что такое Гавриловские школы?

Это Школа по теории релейных устройств и конечных автоматов, носящая сейчас имя члена-корреспондента АН СССР Михаила Александровича Гаврилова (1903–1979), который в течение многих лет работал в Институте проблем управления (Институт автоматики и телемеханики) АН СССР (Москва) и который внес определяющий вклад в становление прикладной теории автоматов в нашей стране и в объединение вокруг этой теории людей, многие из которых стали друзьями на всю жизнь.

Гавриловские школы — это уникальное явление, не имеющее аналогов в современной миро-

вой науке. Ни в одной области науки, ни в одной стране мира нет Школы, которая существовала бы уже более сорока лет, причем заседания Школы проходили и проходят не в одном месте, а в различных городах.

Из Школы М. А. Гаврилова выделился ряд других школ: по диагностике, по однородным структурам, по автоматизации проектирования.

За это время через Школу прошли сотни людей, некоторых из которых я по памяти перечислю ниже. Я не могу перечислить всех, так как стал заниматься автоматами только с 1971 г., да и на школах бывал не так часто, но, видимо, являюсь последним, поступившим в Школу при МАГе (Михаиле Александровиче Гаврилове), и, к сожалению, дело идет к тому, что могу стать последним, кто ее закончит, так как «одних уж нет, а те далече». Тем более, что и журнал «Автоматика и телемеханика», базирующийся в Институте проблем управления, перестает быть «оплотом» этого научного направления, так как перестает принимать статьи по логическому синтезу, считая в настоящее время эту область не научной, а технологической. Хотя, как говорил С. В. Яблонский, «если наука не спекулятивна, она не устареет».

Теория релейных устройств начала развиваться в мире с пионерской работы В. И. Шестакова (1907–1987) «Некоторые математические методы конструирования и упрощения двухполюсных схем класса А», выполненной в 1934–1935 гг. на физическом факультете Московского государственного университета. В 1938 г. по этой работе была защищена кандидатская диссертация. В этом же году К. Э. Шеннон (1917–2001) опубликовал аналогичную работу «Символический анализ релейных и переключательных схем», которая имела огромное влияние на развитие этого направления науки в мире. Третьим, сделавшим аналогичное открытие, был японец А. Накашима.

А ведь до Шестакова в Казани работал И. И. Жегалкин, опередивший лет на тридцать американцев Рида и Миллера, работу которого 1924 г. на русском языке я видел в 1995 г. в США на конференции по ситуационному управлению (предложеному Д. А. Поспеловым) в руках у военного-ученого из Пентагона, занимавшегося NP-трудными задачами. Он неожиданно нашел меня по Интернету и вновь проявил интерес к исследованиям в области полиномов Жегалкина. Кстати, отметим, что первой задачей, для которой была доказана ее NP-полнота, является задача «Выполнимость булевой формулы», а все остальные задачи этого класса могут быть сведены к ней.

Отметим также, что задолго до Жегалкина в Казани работал П. С. Порецкий, одна из основополагающих работ которого по математической логике датируется 1884 г., а на возможность использования алгебры логики при построении релейных схем

впервые указал петербургский физик П. С. Эренфест (1910 г.). К числу авторов первых в мире работ по проектированию релейных схем следует отнести наших соотечественников А. Кутти и М. Цымбалистого (1928 г.).

После работ В. И. Шестакова в этой области науки в СССР наступила эпоха М. А. Гаврилова, которая могла (если бы не было борьбы с кибернетикой, железного занавеса и других характерных для нас прелестей) превратиться в его эпоху во всем мире, тем более, что К. Э. Шеннон от работ в этой области весьма скоро отошел.

М. А. Гаврилов начинал свою научную деятельность с практических работ по телемеханике, в которой релейные устройства строились эвристически. Он пришел к выводу, что этот класс устройств может быть синтезирован с помощью формализованных методов, про которые написал и выпустил первую в мире монографию (Гаврилов М. А. Теория релейноконтактных схем. М.: Изд-во АН СССР, 1950).

Однако путь МАГа в этом направлении не был усыпан розами. Так, докторскую диссертацию по этой тематике он смог защитить только в 1946 г., и только благодаря усилиям философа С. А. Яновской, которая смогла убедить «окружающих», что применение булевой алгебры при синтезе схем не является идеализмом и не противоречит марксизму-ленинизму. Да, и в Академию наук он был избран сравнительно поздно (1963 г.). Интересно, что про МАГа (что редко бывает применительно к ученым, особенно при их жизни) написана художественная книга — Юрий Вебер «Когда приходит ответ», изданная, по-моему, в «Детгизе»! Это вам не покемоны и телепузики. Эта книга в дальнейшем была переиздана в издательстве «Художественная литература» в серии «Пути в неизвестное».

После выхода в 1950 г. книги М. А. Гаврилова началось!!!

Г. Н. Поваров (с которым я переписывался еще сравнительно недавно) в 50-х годах публикует до защиты кандидатской диссертации (доктором он, к сожалению, почему-то не стал, но зато стал классиком) с десятков статей в «Докладах Академии наук» (вспомните, какого уровня публикации в большинстве случаев встречаются в нынешних диссертациях, особенно кандидатских, по Computer Science).

П. П. Пархоменко в 1956 году на Всемирной выставке в Брюсселе получает Золотую медаль за машину для минимизации релейных схем.

Я пишу не историю, а лишь «рефлексию», и потому перехожу к перечислению участников Школы, о которых я помню или знаю. Школьники разбиты на классы по имени своего Учителя или по территориальному принципу.

Ученики М. А. Гаврилова — О. П. Кузнецов, В. Д. Казаков, Ю. Л. Томфельд, Б. Л. Тимофеев, В. М. Остиану, В. Ф. Ляхович, В. В. Девятков, Е. И. Пупырев, А. А. Амбарцумян, А. И. Потехин, С. А. Степаненко, Л. Г. Бивол, А. Н. Малевич, Е. Н. Запольских, А. Б. Чичковский, В. И. Липатников, С. А. Искра, Л. А. Ивченков, Л. А. Шоломов, А. Я. Макаревский,

Л. Б. Шипилина, А. В. Марковский, Л. А. Вольвовский, А. К. Григорян, В. Ш. Окуджава, Б. А. Лаговиер, И. Э. Воклер, М. Я. Золотаревская, Е. И. Галактионова, Е. А. Гребенюк, С. Б. Котляр и др.

Ученики В. М. Глушкова, создавшего методологию синтеза цифровых автоматов и решившего общенную пятаю проблему Гильберта (Институт кибернетики, Киев) — Ю. В. Капитонова, А. А. Летичевский, Г. Е. Цетлин, А. А. Стогний, З. Л. Рабинович, Ю. Л. Иваськив, В. Н. Коваль, А. Н. Чеботарев, Л. В. Мацевитый, В. П. Деркач, Е. Л. Денисенко, Н. С. Чайка, В. Г. Алексеенко, А. Т. Мищенко, С. С. Гореховский, В. Г. Боднарчук, Э. И. Комухаев, В. В. Литвинов и др.

Ученики И. В. Прангишвили (Институт проблем управления) — В. В. Игнатушенко, В. Д. Малюгин, Е. В. Бабишева, Н. А. Абрамова, М. А. Ускач, В. М. Вишневский, И. Л. Медведев, Г. Г. Стецюра, А. В. Вейц, В. Г. Чачанидзе, Г. Г. Асатиани, Т. Д. Абуладзе, И. П. Егоров, И. А. Степановская, И. В. Сперанская, Г. М. Попова, О. Г. Смородинова, А. А. Чудин, Э. Г. Прохорова, В. К. Быховский, Д. В. Певцов, В. В. Соколов, М. А. Зуенков и др.

Ученики В. Г. Лазарева (Институт проблем передачи информации, Москва) — Е. И. Пийль, В. Ф. Дьяченко, Г. Г. Саввин, В. А. Гармаш, О. Ф. Наумчук (Сергеева), Г. В. Крейнин, В. М. Исьянов, Э. Б. Ершова, В. А. Ершов, Т. Л. Майстрова, О. Н. Иванова, Е. Н. Турута, В. М. Ченцов, А. В. Бутрименко, В. Г. Черняев, А. Г. Савельев, И. Д. Сейфула, В. Н. Донианц, А. И. Фирсов, Ф. И. Пепинов, Е. А. Кондратьева, Е. П. Сопруненко, Н. Я. Паршенков, А. В. Соловьев, Г. В. Богданова, Л. Н. Зорева и др.

Ученики В. И. Варшавского (Ленинград) — Л. Я. Розенблюм, Б. Л. Овсиевич, И. Н. Боголюбов, И. П. Воронцова, В. А. Песчанский, В. Б. Маратовский, Н. А. Стародубцев, Б. С. Цирлин, А. В. Кондратьев, М. А. Кишеневский, А. Р. Таубин, А. Г. Астановский, Р. Л. Финкельштейн, А. В. Яковлев.

Ученики А. Д. Закровского (Томский государственный университет, Институт технической кибернетики, Минск) — А. Е. Янковская, Ю. В. Поттосин, В. Г. Новоселов, В. Ф. Ротко, Н. Р. Торопов, Г. П. Агибалов, Н. В. Евтушенко, Л. Д. Черемисинова, П. Н. Бибило, Б. Н. Шнейдер, В. К. Василенок и др.

Ученики Э. А. Якубайтиса (Институт автоматизации и вычислительной техники, Рига) — Г. Ф. Фрицнович, А. Ю. Гобземис, В. П. Чапенко, В. Г. Горобец, А. Ф. Петренко, А. Л. Гуртовцев, А. Я. Калнберзинь, Э. Я. Гринберг, И. Г. Илзиня, И. Г. Лемберский, Э. Э. Ланге, Я. Я. Калниньш, А. Ю. Толмачева и др.

Ученики Д. А. Поспелова — В. Н. Захаров, В. Е. Хазацкий, В. Н. Вагин и др.

Ученики А. В. Каляева (Таганрогский радиотехнический институт) — А. Н. Мелехов, В. М. Курейчик, Л. С. Берштейн, Г. И. Иванов, Н. Г. Топольский, В. Ф. Гузик, О. Н. Пьявченко, В. В. Лисяк, В. И. Кодачигов, О. Б. Макаревич, Н. И. Витиска, Н. И. Денисенко, В. А. Калашников и др.

Ученики П. П. Пархоменко (Институт проблем управления) — В. Р. Горовой, В. В. Карибский,

Е. С. Согомонян, Г. П. Аксенова, В. Ф. Халчев, М. Ф. Каравай и др. Диагностикой, связанной с теорией автоматов, занимались также И. В. Коган и Д. М. Гробман.

Ученики В. П. Чистова (Институт математики, Свердловск) — В. П. Битюцкий, Н. В. Закурдаев, Н. В. Ковалин, И. А. Кононенко, И. О. Ситников, М. А. Гогина и др.

Перейдем к перечислению других «школьников».

Москва — М. Л. Цетлин, А. Д. Харкевич, Г. С. Поспелов, Р. Р. Варшамов, В. Н. Рогинский, А. А. Архангельская, В. И. Нейман, А. А. Таль, М. А. Айзерман, Л. И. Розеноэр, Л. А. Гусев, И. М. Смирнова, Э. А. Трахтенгерц, А. Н. Юрасов, Е. К. Войшвилло, Я. И. Меклер, В. В. Воржева, В. П. Диденко, В. И. Иванов, А. Д. Таланцев, Н. П. Васильева, Ю. Л. Сагалович, В. А. Горбатов, В. Л. Стефанюк, С. М. Доманицкий, В. И. Максимов, С. А. Юдицкий, А. А. Тагаевская, Т. К. Ефремова, Т. К. Берендс, И. Д. Заславский, Ю. А. Шрейдер, В. М. Озерной, Н. П. Редькин, М. Г. Миллерова, Н. Н. Иванов, В. В. Руднев, Г. И. Михайлов, А. М. Кукинов, М. И. Шамров, Ю. А. Попов, П. Е. Бочков, Ю. В. Голунков, Е. И. Гурвич, Е. А. Гурвиц, Е. Г. Дулепов, В. М. Карасик, В. Л. Белявский, А. Д. Казаков и др.

Ленинград — М. Г. Карповский, С. И. Баранов, О. Ф. Немолочнов, Г. Р. Фирдман, Б. Г. Питтель, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Ю. Г. Карпов, В. Л. Артюхов, Г. А. Копейкин, А. А. Шальто, В. Н. Кондратьев, Г. А. Кухарев, Э. С. Москалев, В. Л. Перчук, В. С. Дудкин, Л. Я. Лапкин, А. Н. Берлин, С. Д. Альтшуль, Г. И. Гильман, Г. В. Рог, Е. Д. Иохельсон, Г. С. Авсаркисян и др.

Киев — Е. Н. Вавилов, Г. П. Портной, Б. П. Егоров, Д. Б. Шишков, В. И. Карташев, С. П. Карташева, И. В. Сафонов и др.

Новосибирск — О. Л. Бандман, Э. В. Евреинов, Ю. Г. Косарев, Я. И. Фет, Л. И. Макаров, С. В. Макаров, В. П. Маркова, С. В. Пискунов, С. М. Ачасова, П. А. Анишев, А. И. Мишин, Б. А. Седристый, Ю. В. Мерекин, С. Н. Сергеев, Ю. Н. Корнеев, А. А. Койфман, В. А. Скоробогатов, В. Г. Хорошевский, И. В. Иловайский, А. И. Хрущев, В. И. Потапов, С. Г. Седухин и др.

Минск — А. Ш. Блох, В. И. Ладес, А. И. Павловский, В. А. Казущик, В. К. Пономаренко, Г. В. Неверов, А. В. Горелик, А. А. Уткин, В. А. Скляр, В. Н. Синев, В. П. Шмерко, С. Н. Янушкевич, Е. Н. Зайцева и др.

Ярославль — Ю. А. Маматов.

Новочеркасск — М. С. Мельников.

Пенза — В. И. Левин.

Рязань — А. П. Корячко.

Рига — И. Э. Страздинь, А. Н. Скляревич, В. Л. Белявский.

Донецк — А. А. Баркалов.

Владивосток — В. П. Май, Г. Р. Грейнер, Р. С. Гольдман, В. П. Чипулис, Л. И. Токмакова.

Саратов — А. М. Богомол, В. А. Твердохлебов, И. С. Грунский, А. С. Барашко, Д. В. Сперанский.

Кишинев — В. З. Кришталь, М. С. Булат.

Таллин — Б. Г. Тамм, Э. Х. Тыугу, Х. И. Тани, А. Э. Кээвалик.

Ужгород — Н. Н. Айзенберг.

Севастополь — Е. А. Бутаков, В. И. Островский, Фрунзе — В. В. Образцов, Ю. Н. Арсентьев, В. М. Копыленко, Т. Г. Базарбаева, З. И. Вострова.

Тбилиси — В. В. Чавчанидзе, А. Х. Гиоргадзе, Г. А. Ананиашвили, Г. С. Цирумидзе.

Баку — Р. Г. Фараджев, Ч. И. Аскеров, В. В. Гамидов.

Каунас — Л. Б. Абрайтис, Ф. Ф. Атстопас, Г. В. Жинтелис и др.

Ташкент — Д. А. Абдулаев, Д. Юнусов.

Харьков — В. А. Попов, И. Т. Скибенко, И. Г. Мокляк, А. В. Сычев, В. А. Мищенко, В. Д. Козюминский, А. Н. Семашко и др.

Тирасполь — В. С. Выхованец.

Отметим, что в области прикладной теории автоматов работало еще много других ученых, которые не перечислены выше, так как не принимали участия в работе Гавриловских школ. В это время активно работали С. А. Майоров, Г. И. Новиков, В. И. Скорубский, В. Б. Смолов, Д. В. Пузанков, Е. П. Балашов, Г. А. Петров, В. В. Барашенков, М. Б. Игнатъев, В. А. Торгашев, Л. Я. Кравцов, Б. П. Кузнецов, В. Ф. Мелехин, А. С. Смирнов и многие, многие другие.

Теорией вероятностных автоматов занимались: Р. Г. Бухараев, В. Г. Срагович, Г. Н. Церцвадзе, А. А. Лоренц, Ю. А. Флеров, М. К. Чирков, В. В. Новорусский и др.

Кроме исследований в области прикладной теории автоматов, в СССР сложилась школа математиков, занимавшихся теорией автоматов, которая в основном сформировалась в Институте прикладной математики АН СССР (Москва) и Московском государственном университете (МГУ) и оказала существенное влияние на прикладную теорию автоматов и специалистов, работавших в этой области.

Лидером этой школы по сей день является О. Б. Лупанов, автореферат кандидатской диссертации которого занимает чуть больше одной страницы (на защиту выносилось доказательство асимптотической оценки сложности реализации произвольной булевой функции контактными схемами; при этом верхняя оценка, полученная К. Э. Шенноном, уменьшалась в два раза), а не печатного листа, как это бывает обычно.

Автор имел честь однажды побеседовать с О. Б. Лупановым, и эта беседа запомнилась на всю жизнь. Она без предварительной договоренности началась в 22.15, а закончилась далеко за полночь. При этом один из крупнейших в области дискретной математики ученых мира, несмотря на то что видел меня первый раз в жизни (правда, моя первая книжка, которую я ему послал, стояла у него в шкафу), внимательно слушал и никуда, казалось бы, не торопился, а ведь дело было на Ленинских горах, зимой, в мороз, и ему еще необходимо было добраться домой, а, используя принятую выше терминологию, эта беседа его мало куда приближала.

Еще один интересный штрих. Я однажды сообщил об юбилее О. Б. Лупанова своему научному руководителю В. Л. Артюхову, который предположил, что Олегу Борисовичу восемьдесят лет, а не

всего пятьдесят, как было на самом деле, так как к тому времени Лупанов был широко известен уже долгие годы.

В эту школу входили также С. В. Яблонский, Ю. И. Журавлев, И. А. Чегис, Ю. Г. Потапов, Ю. Л. Васильев, А. Д. Коршунов, Р. В. Фрейвалд, В. В. Мартынюк, Г. А. Шестопап, Ю. Т. Медведев, В. И. Левенштейн, Г. П. Гаврилов, В. Б. Кудрявцев, С. В. Алешин, А. С. Подколзин, Н. А. Карпова, В. М. Храпченко, В. А. Буевич, А. А. Карацуба, М. И. Кратко, В. Н. Редько, А. В. Кузнецов, А. А. Сапоженко, Б. А. Субботовская и др.

Кроме того, в Москве в это время работали такие известные ученые в области дискретной математики и искусственного интеллекта, как А. С. Адян, В. А. Успенский, М. А. Кронрод, Г. М. Адельсон-Вельский и Е. М. Ландис, АВЛ-деревья которых изучают во всем мире в курсе теории алгоритмов, В. Л. Арлазаров, А. Усков, Л. Г. Хачиян, предложивший полиномиальный алгоритм в линейном программировании, Р. Х. Зарипов и др.

В Новосибирске в области теории автоматов и дискретной математики работали Б. А. Трахтенброт, Н. Е. Кобринский, Ю. Л. Ершов, А. В. Гладкий, В. А. Кузьмин, В. В. Глаголев, М. И. Кратко, Р. Е. Кричевский, В. А. Евстигнеев и др.

В этой области в Риге работал Я. М. Бардзинь, в Казани — Р. Г. Нигматуллин. В Ленинграде исследования по математической логике выполняли Н. А. Шанин, Ю. В. Матиясевич, решивший десятую проблему Гильберта, С. Ю. Маслов, А. О. Слисенко, Г. С. Цейтин, а по теории автоматов — Э. И. Нечипорук, А. Г. Лунц.

Исследования по теории автоматов проводились в СССР параллельно с созданием практического и теоретического программирования. В его становлении принимали участие такие ученые, как А. Л. Брудно, Ю. И. Янов, А. П. Ершов, В. П. Иванов (главный редактор журнала «Программирование»), М. Р. Шура-Бура, Р. И. Подловченко, О. С. Кулагина, С. С. Лавров, И. Б. Задыхайло, Э. З. Любимский, С. С. Камынин, Л. А. Калужнин, В. В. Мартынюк, Н. П. Трифонов, Е. А. Жоголев, В. Ф. Турчин, В. С. Штаркман, Е. Л. Ющенко, В. С. Королюк, В. Н. Агафонов, И. В. Поттосин, В. Н. Касьянов, В. А. Непомнящий, В. Е. Котов, В. К. Сабельфельд, А. С. Нариньяни, В. А. Вальковский и др.

Работы по теории автоматов и программированию косвенно и напрямую использовались при создании отечественной вычислительной техники, некоторые образцы которой (например, машины М-10 и БЭСМ-6) не уступали, а во многом и превосходили зарубежные аналоги. Это в первую очередь касалось закрытой тематики, так как в противном случае СССР не мог бы обеспечить оборонный паритет. Среди создателей отечественной вычислительной техники следует отметить таких выдающихся конструкторов, как С. А. Лебедев, И. С. Брук, Б. И. Рамеев (доктор технических наук без высшего образования), В. И. Бессонов, Г. П. Лопато, Ю. Я. Базилевский, Н. Я. Матюхин, Н. П. Брусенцов, Л. Н. Королев, М. А. Карцев, Н. Г. Бруе-

вич, Б. Н. Малиновский, Б. В. Бункин, В. С. Бурцев, В. А. Мельников, Б. А. Бабаян и др.

Теория автоматов, программирование и вычислительная техника развивались в рамках единого направления, названного Н. Винером «Кибернетика» (сегодня это «Информатика» или «Computer Science»), для которой также было характерно рассмотрение вопросов управления в живой природе, которым посвятили свои исследования такие ученые, как Н. В. Тимофеев-Ресовский, И. И. Шмальгаузен, А. Р. Лурия, В. С. Гурфинкель и многие другие.

Роль А. И. Берга, М. Г. Гаазе-Рапопорта, А. А. Дородницына, В. А. Котельникова, Б. В. Гнеденко, Н. П. Бусленко, Р. Л. Добрушина, М. М. Бонгарда, И. А. Полетаева, А. И. Китова, Н. А. Криницкого в становлении кибернетики в СССР трудно переоценить.

Многие из перечисленных выше специалистов являются крупными учеными мирового уровня, но кроме них развитию кибернетики в нашей стране помогали такие титаны науки, как А. Н. Колмогоров, Л. В. Канторович, М. В. Келдыш, М. А. Лаврентьев, С. Л. Соболев, П. С. Новиков, А. А. Марков (младший), И. М. Гельфанд, А. И. Мальцев, А. А. Ляпунов.

Несколько слов об Алексее Андреевиче Ляпунове (1911–1973), ученике Н. Н. Лузина, внесшем большой вклад в становление теоретического программирования в мире.

«Для студентов кафедры вычислительной математики МГУ в 1952/53 учебном году Алексеем Андреевичем был прочитан небольшой по количеству лекций (восемь!) курс под названием „Принципы программирования“. В процессе его чтения у лектора сформировалась система понятий, положенная в основу его операторного метода. Из него выросли затем и символические языки программирования, трансляторы (именуемые ранее программирующими программами) и теория схем программ. Алексей Андреевич начинал свой курс, когда программистов были единицы, а то немногие, что относилось к ЭВМ, было засекречено. Решению будущих фундаментальных проблем программирования очень помогло непосредственное знакомство Алексея Андреевича с первой отечественной вычислительной машиной, для чего ему пришлось съездить в Феофанию, что под Киевом: там она была создана под руководством С. А. Лебедева» (Р. И. Подловченко).

Кстати, как тесен мир: одно из книжных издательств попросило профессора МГУ Римму Ивановну Подловченко дать отзыв на план-проспект книги «Теория автоматов в программировании», написанный мною в соавторстве с Н. И. Туккелем.

«Переходя к обзору достижений А. А. Ляпунова, отметим прежде всего его работы по теории программирования. Уже в ранний период развития программирования были осознаны трудности в создании больших программ без предварительного составления подходящей блок-схемы в терминах достаточно крупных операций. В 1953 г. Алексей Андреевич предложил метод предварительного описания программ при помощи операторных схем, который был ориентирован на четкое выделение

основных операторов и на построение своеобразной алгебры преобразований программ. Этот метод благодаря алгебраической записи оказался значительно более удобным, чем применявшийся ранее метод блок-схем. Он стал основным средством автоматизации программирования и положен в основу развития идей советской школы программирования. В дальнейшем эти идеи углублялись и развивались как советскими (Ю. И. Янов, А. П. Ершов), так и зарубежными учеными. На этом пути было достигнуто лучшее понимание того, как можно преобразовывать схемы программ эквивалентным образом и оценивать получающуюся программу по виду ее логической схемы» (Б. А. Трахтенброт).

«IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers) как международное сообщество существует уже более 100 лет. В 1946 г. в нем было основано структурное подразделение — Computer Society, которое объединяет сотни тысяч профессионалов, работающих в области компьютерной науки и индустрии: информатики, программирования, производства вычислительной техники и компьютерного бизнеса. Самая престижная награда этого общества — медаль „Computer Pioneer“ — учреждена в 1981 г. Ее цель — признать и представить мировому сообществу тех выдающихся лиц, усилиями которых создавалась и развивалась сфера компьютерных технологий, при условии, что главный их вклад был сделан не менее, чем 15 лет назад. Среди 55 лауреатов этой почетной награды можно назвать таких классиков информатики, как Дж. Атанасов — за создание одной из первых электронных вычислительных машин, Н. Вирт — за разработку языка „Паскаль“, Дж. Маккарти и М. Минский — за работы в области искусственного интеллекта, Э. Кодд — за создание реляционной модели данных и др.

В этом списке (во многом из-за железного занавеса) не было советских ученых. В 1996 г., в пятидесятилетний юбилей своего образования, Общество приложило максимальные усилия, чтобы восстановить историческую справедливость, и наградило медалями «Computer Pioneer» В. М. Глушкова, С. А. Лебедева и А. А. Ляпунова — за заслуги в создании основ вычислительной техники и программирования» (Г. В. Короткевич).

В заключение отметим, что перечисленная выше «компания» была ничуть не слабее соответствующей западной, во многом создававшей «Computer Science». Просто нашим «немного» не повезло!

Кроме того, обидно, что становление теории автоматов и теории программирования происходило в доинтернетовскую эпоху, что практически исключает полученные в этих областях результаты из сферы интересов отечественной молодежи, для которой Интернет является чуть ли не единственным источником знаний. При этом отметим, что указанная тенденция еще охватила не весь мир. Так, например, библиотека Кембриджского универ-

ситета выписывает 55 000 журналов (!) и их, наверное, читают (Известия, 19.04.2002 г.).

И последнее. Часто можно слышать мнение, что в инфантилизме молодежи надо винить нас, в чем, видимо, есть доля правды. Однако в их инфантилизме я сильно сомневаюсь, так как большинство из них легко пройдут тест на его отсутствие: различат, что в качестве зарплаты им дали, например, 700 рублей, а не 700 долларов. Так что инфантилизм, если он у них и есть, то весьма избирательный.

Кстати, есть еще тест и «покруче»: «Миру перевернуться или мне чай без сахара пить?» (Ф. М. Достоевский).

Хочется верить, что если предыдущие поколения ученых в области информатики добились весьма многого, то и нынешняя молодежь, которая не менее талантлива, если захочет, может добиться еще большего. Стоит только захотеть, ведь не зря говорят, что «человек способен сделать все то, что он может, а еще и все то, что захочет».

И вновь наступит время, когда «Академия наук будет казаться какой-то недостижимой для простых смертных вершиной, простое пребывание на которой является чем-то невероятным» (Н. Я. Матюхин, студент, а в дальнейшем член-корреспондент АН СССР). Кстати, Российская Академия наук со времен Екатерины I была явлением уникальным, так как ни в одной стране мира нельзя было за деньги заниматься только наукой, не занимаясь, например, преподаванием. Это привело к крупной «утечке умов» из Западной Европы, и в Россию на долгие годы приехали работать Л. Эйлер (похоронен в Александро-Невской Лавре Санкт-Петербурга), Д. Бернулли, Х. Гольдбах и многие другие крупные ученые.

В заключение отметим, что цитаты, использованные в настоящей работе, заимствованы из книги «Очерки истории информатики в России» (редакторы-составители Д. А. Поспелов, Я. И. Фет), которая опубликована в 1998 году в Новосибирске (издательство ОИГГМ СО РАН) при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Кроме того, весьма полезны энциклопедический словарь «Информатика» (под редакцией Д. А. Поспелова), М.: Педагогика-Пресс, 1994 и формирующийся в настоящее время виртуальный музей вычислительной техники (www.computer-museum.ru), а также книги: Частиков А. П. Архитекторы компьютерного мира. СПб.: БХВ-Петербург, 2002; А. С. Кронрод. Беседы о программировании. М.: УРСС, 2002.

P. S. Автор будет признателен за предложения по корректировке этого материала [mailto:avrora@systems.com (для Шалыто)].

Д-р техн. наук, профессор
А. А. Шалыто

ТРЕТЬЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ПРИБОРОСТРОЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА» «ПЭБЧ-2002»

Санкт-Петербург

4–6 ноября 2002 г.

В работе конференции приняли участие ISA President — The Instrumentation, Systems and Automation Society — Piergiuseppe Zani, президент ISA Российской Санкт-Петербургской секции, ректор ГУАП — Оводенко А. А., представители Парламента РФ, представители Совета Министров Северных стран (Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия), руководители проектных, научно-исследовательских, инжиниринговых и финансовых организаций, ученые, инженеры и предприниматели России, стран дальнего и ближнего зарубежья, а также представители Правительств Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Всего в конференции приняло участие более 150 человек.

Конференция проводилась ГУАП, ISA Санкт-Петербургской Российской секцией в соответствии с решением 2-й конференции IENS'98 при поддержке Комитета по Науке и Высшей школе правительства Санкт-Петербурга и правительства Ленинградской области. Интернет-конференция проводилась серией сеансов связи с США, Германией, Италией, Канадой, ЮАР и др.

Во время конференции проводилась выставка приборов, в которой 15 предприятий представили 28 экспонатов. Особый интерес вызвали приборы института аналитического приборостроения РАН, предприятий ЗАО «Синтол», «Десмо» и ГУАП.

На конференции были представлены более 80 докладов, проведены два «круглых стола». Участники конференции — более 30 докторов и 60 кандидатов наук, в том числе 15 действительных членов и членов-корреспондентов академий наук. В конференции приняли участие представители более 60 различных предприятий, в том числе: «Электросила», НИИ «Командных приборов», ЦНИИ «Гранит», «Азимут», «Электротраumatика», «ТехПрибор», ЦНИИ «РТК», ООО «ЭКРОС», «Десмо» и др.

На конференции получила дальнейшее развитие концепция создания замкнутой системы управления «Природа-Техногеника», включающей: объект управления, предприятия, загрязняющие окружающую среду, аварийно-опасные техногенные и другие объекты; измерительные приборы, геодезические гидрометеорологические, медицинские, биологические; аналитико-обрабатывающие приборы и устройства; исполнительные приборы и устройства. Эта концепция была отражена в докладах Сольничева Р. И., Перовской Е. И., Колосова В. Г.

Фундаментальное изучение природной среды в Санкт-Петербургском регионе, представленное в докладе профессоров Богданова В. И., Коновалова А. С., Курбанова В. Г., показало принципиальные направления динамики природной среды в результате природных явлений и техногенной деятельности человека.

С большим интересом был заслушан доклад президента Международного общества Приборостроителей, ISA, Pier Giuseppe Zani по применению приборов в интересах экологии и безопасности. В докладе профессоры Кутузова О. И. и М. Хаддата (Сирия) были рассмотрены транспортные вопросы безопасности. На конференции впервые удалось объединить «прибористов» с «юристами» на круглом столе «Интеллектуальная собственность — правовая защита», а также «покупателей» и «производителей» на круглом столе «Информационные технологии в приборостроении».

В результате обсуждения участниками конференции принято решение конференции.

1. Считать Третью Международную конференцию «ПЭБЧ-2002» важным вкладом в дело улучшения экологической обстановки и безопасности Человека как в России, так и в странах дальнего и ближнего зарубежья.

2. Просить руководство ISA, Правительство Санкт-Петербурга, Правительство Ленинградской области, Государственный Комитет Российской Федерации по Науке и Технологическим и Министерство образования РФ подтвердить постоянное проведение таких конференций на базе ISA Санкт-Петербургской Российской секции 1 раз в 2 года, с оказанием финансовой и административной поддержки.

3. В соответствии с предложением ISA Президента Pier Giuseppe Zani проведение конференций ПЭБЧ целесообразно также проводить в других странах под эгидой ISA.

4. Организовать постоянно действующую рабочую группу на базе ГУАП с целью проведения работ по координации, анализу в области создания замкнутых систем управления «Природа-Техногеника» и подготовки конференций-выставок «ПЭБЧ».

5. Признавая особую актуальность направления «Утилизация пришедших в негодность вооружений, военной техники и отходов промышленности» направить усилия ряда предприятий, представленных конференцией «ПЭБЧ-2002» на создание мобильных, универсальных комплексов по утилизации военной техники и отходов промышленности.

6. При формировании программы следующей конференции расширить тематику и представительство РАН РФ, экологических и медицинских организаций, а также распространить опыт выездных заседаний конференций на базе предприятий, имеющих фундаментальную материально-техническую базу в области ПЭБЧ.

7. Актуальность проблемы разработки замкнутых систем управления «Природа-Техногеника» требует ускоренного создания аналитико-вычислительного комплекса на базе сети высокопроизводительных ЭВМ, аналитико-численных и логико-вероятностных методов моделирования и внедрения на их базе информационных технологий.

8. Оргкомитету конференции ПЭБЧ, руководству ISA Российской Санкт-Петербургской секции на основании решений и предложений конференции подготовить обращение к структурам власти федерального и регионального уровня об оказании целевой финансовой поддержки по решению актуальных проблем приборостроения в экологии и безопасности Человека, по изданию монографий, учебников и учебных пособий в этой области.

9. Учитывая активную роль Санкт-Петербурга, Ленинградской и Архангельской областей в создании средств безопасности человека и защиты окружающей среды просить руководство Санкт-Петербурга, Ленинградской и Архангельской областей предусмотреть в бюджете 2003-2004 гг. средства на финансирование работ по развитию ПЭБЧ в Северо-Западном регионе.

10. Оргкомитету конференции ПЭБЧ и руководству ISA Санкт-Петербургской Российской секции совместно активизировать работу по включению предложений конференции в различные фонды и центры поддержки науки и промышленного развития.

11. Конференция приветствует открытие постоянного представительства ISA в России на базе ГУАП.

12. Одобрить работу Оргкомитета конференции по проведению конференции и выразить благодарности руководителям Оргкомитета и его составу, ISA Российской Санкт-Петербургской секции и руководству ГУАП за проведение конференции на высоком уровне.

Решение принято единогласно на заключительном пленарном заседании конференции 6 ноября 2002 г.

Председатель Международного Оргкомитета конференции, профессор

Р. И. Сольничев

ТРЕТЬЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА

«МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКА В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ»

СТАТУС ШКОЛЫ

Международная научная школа «Моделирование и Анализ Безопасности и Риска в сложных системах» (МА БР-2003) проводится с 20 по 23 августа 2003 года в г. Санкт-Петербурге, Россия. Школу проводят Институт проблем машиноведения РАН, Институт информатики и автоматизации РАН, Институт проблем устойчивого развития Северо-Запада и СПбГУ экономики и финансов при поддержке РФФИ.

Заседания состоятся в ИПМАШ РАН. Предусмотрены выступления ведущих западных и российских ученых в области финансовых, технических и экологических рисков. Программа включает в себя пленарные и секционные доклады, демонстрацию Software.

Участникам представится возможность познакомиться с красивейшим городом мира - Санкт-Петербургом в год его 300-летнего юбилея. *Официальные языки: русский, английский.*

ЗАДАЧИ ШКОЛЫ

Рассмотрение методов и моделей для количественного измерения риска в сложных финансовых и социальных системах; рассмотрение методов и моделей для количественного измерения и анализа риска в сложных объектах техники (газо- и нефтедобыча и транспортировка, космос, авиация, морской флот, атомная энергетика и др.); обсуждение методов анализа и управления риском в эконометрике и технике; развитие междисциплинарных связей и обмен опытом между различными областями приложений теорий риска и эконометрики.

ТЕМАТИКА ШКОЛЫ

Темы для обсуждения акцентированы на проблемах анализа и управления риском. Предложены следующие темы для рассмотрения:

модели и методы теорий риска и эконометрики: сценарии и модели безопасности и риска; управление, риск и страхование; идентификация в задачах риска; анализ риска и управление риском; приложения теории риска; оценка техногенного и экологического риска; проблемы устойчивого развития; Software для оценки и анализа риска;

управление финансовыми рисками: рыночный риск; операционный риск; кредитный риск; логико-вероятностный VaR портфеля ценных бу-

маг; страхование и управление риском; нетрадиционные технологии управления рисками.

УЧАСТИЕ В ШКОЛЕ

Желающим участвовать в работе Школы, необходимо отправить по E-mail sol@sapr.ipme.ru автореферат доклада в формате Microsoft Word объемом не более одной страницы, в котором отражены актуальность, новизна и содержание доклада. На основе авторефератов производится отбор докладов. Авторам принятых докладов будут высланы правила оформления статьи для публикации в трудах Научной Школы МА БР-2003. Сайт Школы: <http://karassev.fromru.com/masr/masr2003.htm>

ПУБЛИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ

Представленные статьи планируется опубликовать в форме Трудов Школы при поддержке РФФИ. Сведения об участниках, спонсорах и программе школы будут размещены на указанном выше сайте.

СПОНСОРЫ

Приглашаются спонсоры для организации Школы и издания трудов. Спонсоры становятся почетными участниками школы. Информация о них размещается в материалах Школы. Спонсоры могут разместить свои логотипы в помещениях и на WebSite Школы.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ
МЕЖДУНАРОДНОГО
ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА

К. В. Фролов

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ
НАЦИОНАЛЬНОГО
ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

Е. Д. Соложенцев

АДРЕС ОРГКОМИТЕТА

Соложенцев Евгений Дмитриевич,
ИПМАШ РАН, Большой пр., 61, В.О.,
Санкт-Петербург, 199178, РОССИЯ
Тел.: 7(812)3214766; Факс: 7(812)3214771;
<http://www.ipme.ru/ipme/labs/iisad/sapr1.htm>

**КОНОВАЛОВ
Александр
Сергеевич**



Заведующий кафедрой управления и информатики в технических системах СПбГУАП. Заведующий лабораторией автоматизации института проблем машиноведения РАН. Окончил Ленинградский институт авиационного приборостроения в 1968 г. по специальности «Электрооборудование ракет и других летательных аппаратов». Кандидатскую диссертацию защитил в 1981 г., докторскую — в 1997 г. Автор более 120 научных публикаций. Области научных интересов: синтез нелинейных систем автоматического управления сложными объектами; системы искусственного интеллекта; системы автоматизированного проектирования.

**ШУМИЛОВ
Павел
Евгеньевич**



Аспирант кафедры управления и информатики в технических системах. Окончил Санкт-Петербургскую государственную академию аэрокосмического приборостроения в 1997 г. Автор 7 научных работ. Область научных интересов: нечеткая логика и интеллектуальное управление системами торможения транспортных средств.

**КОЛБАНЕВ
Михаил
Олегович**



Доцент СПб ГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, докторант кафедры «Информационные управляющие системы». Окончил СПб ГУТ в 1977 г. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 1987 г. Автор более 80 печатных научных и научно-методических работ. Область научных интересов — методы моделирования центров коммутации сетей связи.

**ИВАКИН
Ян
Альбертович**



Старший научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской Академии Наук. Окончил Военно-морской институт радиоэлектроники в 1994 г. по специальности «Автоматизированные системы управления». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 1997 г. Области научных интересов: объектно-ориентированное проектирование программных систем, математические методы системного анализа.

**ТЮРЛИКОВ
Андрей
Михайлович**



Доцент кафедры информационных систем СПбГУАП. Окончил Ленинградский институт авиационного приборостроения в 1980 г. по специальности «Информационные системы управления». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 1986 г. С 1987 г. на преподавательской работе. Автор около 50 публикаций. Области научных интересов: многоабонентные системы связи; системы дистанционного обучения; протоколы передачи данных в реальном масштабе времени.

**МАРКОВСКИЙ
Станислав
Георгиевич**



Старший преподаватель кафедры вычислительных машин и комплексов СПбГУАП. Окончил Ленинградский институт авиационного приборостроения в 1986 г. по специальности «Электронные вычислительные машины». Автор 7 научных публикаций. Области научных интересов: протоколы случайного множественного доступа, нетрадиционные архитектуры компьютеров.

**ВАСИЛЕВСКИЙ
Александр
Михайлович**



Доцент кафедры физической электроники и оптико-электронных приборов Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета. Закончил факультет электронной техники СПб ГЭТУ (ЛЭТИ) в 1962 г. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 1973 г., доцент с 1975 г. Автор более 90 научных работ. Соавтор книг «Оптическая электроника» (Л., Госэнергоатомиздат, 1990), «Невропатология контузионно-коммоционных повреждений мирного и военного времени» (СПб.: МОРСАР, 2000). Область научных интересов: оптико-электронные приборы и системы.

**ФРАДКОВ
Александр
Львович**



Заведующий лабораторией «Управление сложными системами» Института проблем машиноведения РАН. Области научных интересов: нелинейное и адаптивное управление в физико-технических системах, управление колебательными и хаотическими системами, математическое моделирование с приложениями к механическим системам, кибернетическая физика.

**ТОМЧИН
Дмитрий
Александрович**



Аспирант Института проблем машиноведения РАН. Окончил факультет электротехники и автоматизации СПбГЭТУ (ЛЭТИ) в 2000 г. Имеет 7 научных публикаций. Области научных интересов: мехатроника, Интернет-технологии.

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

Поступающие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование.

При наличии положительной рецензии статья редактируется и рассматривается редакционной коллегией. Принятая в печать статья направляется автору для согласования редакторских правок. После согласования автор представляет в редакцию окончательный вариант текста статьи, а также фотографию и краткое изложение сведений о себе.

Процедуры согласования текста статьи, предоставления фото (размером 3×4 см) и сведений об авторе могут осуществляться как непосредственно в редакции, так и по e-mail (электронный вариант фото в виде файла *.tif, *.jpg с разрешением 300 dpi).

При отклонении статьи редакция представляет автору мотивированное заключение и рецензию. При необходимости доработать статью — рецензию.

Редакция журнала напоминает, что ответственность за подбор, достоверность и точность фактов, экономико-статистических и технических показателей, собственных имен и прочих сведений, а также за то, что в материалах не содержится сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы публикуемых в журнале материалов и рекламодатели.