

**Е.И. Громаков, Р. Рихтер**

### **ИНТЕГРИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АТМОСФЕРНО-ОПТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Рассматривается математическая формализация интегрированной компьютерной системы обеспечения НИР. В ней выделяются три основных цикла информационных потоков: научно-методический, проведение эксперимента, выполнение опытно-конструкторских работ.

Предлагаются базовые программно-технические средства интеграции процесса НИР. Определяются их предельные параметры.

По различным независимым экспертным оценкам в общем объеме трудовых затрат на подготовку и проведение научных исследований специалисты до 40% своего рабочего времени заняты вопросами поиска, обработки информации, ее приемом и передачей. Проведение научных расчетов и экспериментов сопровождается потоком данных, обрабатываемых посредством большого числа различных алгоритмов.

Возрастающее применение компьютерных средств, их совершенствование создают возможность реализации такой компьютерной технологии, когда большая часть информации появляется, хранится и циркулирует на машинных носителях и вся ее обработка на различных этапах производственного цикла осуществляется средствами вычислительной техники. Основным производственным циклом Института оптики атмосферы СО АН СССР (ИОА) и Национальной лаборатории распространения волн США (ЛРВ) является «Научно-методическая проработка – конструирование – эксперимент» (НКЭ). В условиях постоянного внимания общественности к результатам НИР и при ограничениях бюджетных ассигнований возникает потребность в сокращении времени цикла НКЭ, в широком использовании фронтальных, групповых методов ведения работ [1]. Поэтому первой проблемой при внедрении компьютерной технологии является разработка программно-технических средств интеграции основных этапов цикла НКЭ.

Вторым направлением работы должно быть исследование и совершенствование технологических условий, ускорение информационного обмена, создание дополнительных информационных связей между отдельными частями цикла НКЭ для быстрой и всесторонней интерпретации результатов НИР.

С точки зрения компьютерной науки атмосферно-оптические исследования характеризуются сложностью и многообразием математических моделей, высокой динамичностью изменения параметров до  $10^8$  байт/с, большим объемом баз данных с их приростом до  $10^{10}$  байт в год, большой пространственно-временной протяженностью исследований и многопараметрической взаимосвязью атмосферно-оптических и спектроскопических явлений. Структура производственного цикла НКЭ может быть представлена в виде, показанном на рис. 1. Здесь можно выделить три субцикла ( $i$ ) информационного обмена: научно-методическое изучение – 1-й, конструирование – 2-й и эксперимент – 3-й. Каждый субцикл представляет собой информационный поток преобразования и накопления данных. Тематическая обработка результатов НИР осуществляется центральными вычислительными средствами. При решении задач синтеза интегрированной компьютерной технологии удобно воспользоваться методологией абстрактной теории автоматов. Тогда структура компьютерной системы для научных исследований может быть описана в виде абстрактного автомата.

$$S = S(M, A, D), \quad (1)$$

где  $M$  – множество математических методов, лежащих в основе функционирования структуры ( $S$ );  $A$  – множество возможных алгоритмов реализации математических методов;  $D$  – базы данных, из которых синтезируется конечный продукт деятельности каждого субцикла и всего цикла НКЭ.

При таком формальном подходе решение научной проблемы ( $P_R$ ) сводится к следующему. В рамках научно-технических знаний существует множество структур каждого субцикла. Исходя из проблемы  $P_R$  для каждого субцикла определяются требования к решению его проблемы  $P_{Ri}^0$  ( $i = 1, 2, 3$ ).

В случае корректно поставленных требований (возможность решения  $P_{Ri}^0$ ) структура каждого субцикла  $S_i$  реализуется в виде (1) путем выбора трех параметров управления субциклами  $U_{1i}, U_{2i}, U_{3i}$ , осуществляющих процедуру выбора  $M_{Si} \in \{M_i\} \in \{M\}$ ,

$$A_{Si} \in \{A_i\} \in \{A\}, D_{Si} \in \{D_i\} \in \{D\};$$

$$U_{1i}(P_{Ri}) \sim \{M_i\} \rightarrow \{M_{Si}\};$$

$$U_{2i}(P_{Ri}) \sim \{A_i\} \rightarrow \{A_{Si}\};$$

$$U_{3i}(P_{Ri}) \sim \{D_i\} \rightarrow \{D_{Si}\},$$

где  $\sim$  — знак соответствия. Тем самым обеспечивается решение проблемы  $P_R$ . Если же требования к решению проблем  $P_{Ri}$  оказываются некорректными, то находятся такие структуры  $S_i$ , которые минимизируют  $|P_{Ri}^0 - P_{Ri}^s| = M_{in}$  и затем корректируются требования.

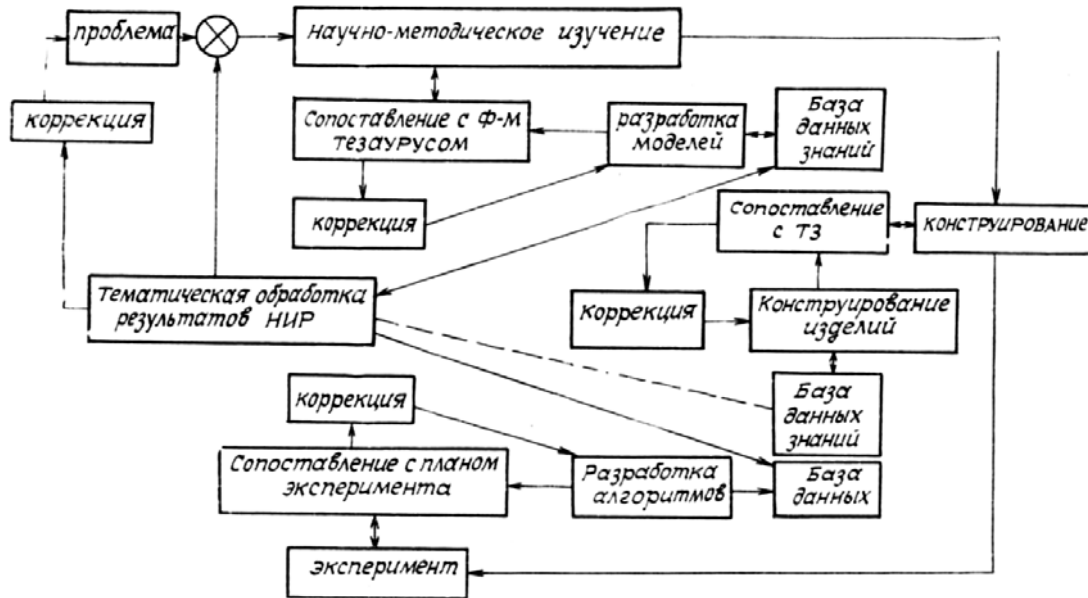


Рис. 1

Приведенное математическое описание работы каждого субцикла обмена информацией позволяет:

- 1) сформулировать требования к техническому и программному обеспечению, ускоряющим НИР;
- 2) установить дополнительные и информационные связи между основными исполнителями НИР.

Действительно, основным режимом работы каждого из субциклов является перебор по тому или иному плану множеств алгоритмов и математических методов при обработке данных и, следовательно, для ускорения проведения НИР необходимо не только улучшить технические параметры отдельных средств вычислительной техники, но и изменить организацию информационного обмена, обеспечить «сквозной» обмен информацией на машинных носителях в цикле НКЭ.

Интегрированная компьютерная технология проведения НИР наиболее просто реализуется в среде одноименных ЭВМ. Такими ЭВМ могут быть, например, IBM PC — совместимые рабочие станции с набором интегрированных инструментальных средств, обеспечивающих профессиональные работы теоретиков, инженеров и экспериментаторов. Объединение рабочих станций в цикле НКЭ может быть осуществлено локальной вычислительной сетью.

Рабочая станция теоретика (WST) в ИОА и ЛРВ предназначена для обеспечения компьютерными услугами исследователя в области атмосферной оптики и спектроскопии и позволяет:

1. Проводить компьютерные расчеты, моделирование, обработку больших массивов данных в интерактивном режиме.
2. Работать как в локальной вычислительной сети научного учреждения, так и в режиме удаленного терминала более мощных центральных компьютерных средств.
3. Подготавливать итоговые и промежуточные научные документы в виде статей, отчетов, слайдов и т. д.
4. Обеспечивать долговременное хранение данных на твердых носителях информации (в архивах).
5. Наблюдать научные данные в различных формах их представления.

Современные программно-технические средства позволяют уже в настоящее время реализовать на их основе персональные усилители мыслительных способностей «*Personal Intelligence-Amplifier*» [7]. Эти способности могут быть реализованы на станциях, которые обеспечивают возможность хранения  $10^9 - 10^{13}$  бит информации, воспроизводят информацию со скоростью порядка  $10^8$  байт/с, обладают возможностью обмена с пользователем видеообразами. Техническими средствами, позволяющими реализовать вышеприведенные характеристики, являются: внешняя память, например на основе оп-

тических дисков, многопроцессорная архитектура компьютера, например, в виде «Гиперкуба» фирмы «INTEL» [11], цветной графический монитор с разрешением порядка 1024×1024 точек.

В основе программных средств WST должны быть:

- 1) программные средства искусственного интеллекта, например система поддержки решения (DSS);
- 2) интегрированные видеопредставления для научных данных — технология IVE (Integrated visualisation Environment);
- 3) интегрированная программно-техническая среда работы в вычислительных сетях как локального типа, так и национального и международного класса.

Анализ и выбор программных средств DSS в задачах атмосферной оптики был проведен в [2]. Основными выводами этого исследования являются:

1. DSS задач атмосферной оптики требует специального ПО, основой которого является программная структура в виде иерархического дерева экспертных систем.
2. Организация информационных массивов должна осуществляться в виде системы распределенных разнородных баз данных.
3. Обработка данных должна осуществляться многопроцессорной ЭВМ.

Интегрированное компьютерное видеопредставление атмосферно-оптических данных обеспечивает решение двух задач: ускорение обмена информацией с пользователем и интеллектуальное усиление научных методов исследований.

В своей основе оно представляет собой интерактивный режим работы с данными путем использования видеосредств и простого языка общения. Наиболее перспективным для решения задач атмосферной оптики является программный комплекс PV = WAVE [3]. Последний позволяет производить визуальный анализ данных (VDA), математические и статистические операции с графическим выводом результатов на экран в векторном и (или) растровом режимах в двумерном и многомерном виде (рис. 2).

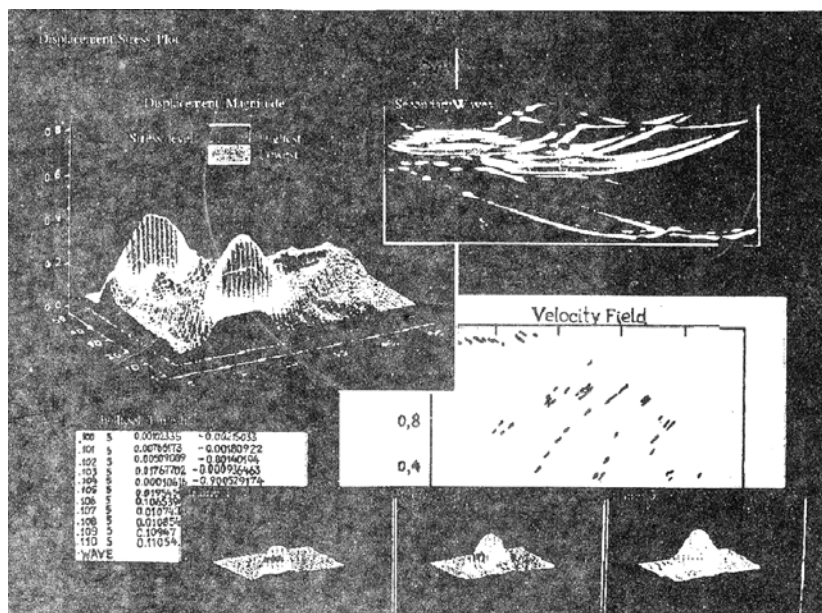


Рис. 2

При проведении теоретических расчетов и моделировании целесообразно использовать математические интегрированные системы типа MACSYMA (аналитические расчеты), MATHLAB, а также специализированные программные комплексы типа LARA, АТЛАС и др. Пакет программ LARA [8] позволяет проводить оперативные расчеты коэффициентов молекулярного и аэрозольного ослабления, а также функций пропускания для наклонных и горизонтальных атмосферных трасс при работе с источниками квазиомонохроматического узкополосного и широкополосного оптического излучения.

Автоматизированная система АТЛАС [9] обеспечивает хранение, систематизацию и оперативный доступ к спектроскопической информации, производит селекцию разнородных данных, экстраполирует данные по параметрам спектральных линий на экспериментально неисследованные диапазоны со статистически достоверной оценкой точности.

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) в цикле НКЭ решает не только задачи обмена файлами между компьютерами пользователей, электронной почты, коллективного использования дорогих периферийных устройств, но и главную задачу — организацию коллективного использования баз данных большим числом пользователей. Одной из наиболее существенных проблем является необходимость хранения ее системного обеспечения в оперативной памяти (RAM) рабочих станций. Поэтому при ее реализации на основе недорогих адаптеров связи пользователи часто ощущают острую нехватку

ку RAM, например (3+SHARE). В ЛРВ в качестве основной сети используется ETHERNET с протоколом связи TSP/IP. В ИОА наиболее предпочтительным по технико-экономическим показателям будет ЛВС типа ARCNET. Наиболее перспективным сетевым обеспечением при этом является система «3+OPEN», реализуемая на основе OS-2. При использовании популярной MSDOS для многопользовательских приложений с помощью программы LAN MANAGER достигается многозадачный режим любого персонального компьютера, совместимого с IBM PC.

Рабочая станция экспериментатора предназначена для компьютерных измерений данных, их регистрации и обработки с целью выявления особенностей природных явлений научного характера. Обычно она реализуется в виде совокупности программно-технических модулей процессорной обработки, оцифровки и управления данными.

В настоящее время в техническом плане развиваются два архитектурных решения: измерительный компьютер, технология PCI (Personal Computer for Instrumentation) и измерительная рабочая станция (технология VXI) [6]. PCI-комплекс представляет собой PC компьютер с набором плат, выполненных в стандартах PC, ISA, EISA, MCA, и набора измерительных приборов со средствами стандарта IEEE-488.

VXI-устройство реализуется на основе набора плат CPU, сигнальных специализированных и арифметических процессоров, периферийных компьютерных средств, отдельных модулей оцифровки данных и (или) функционально законченных одноплатных измерительных приборов в Евроконструктиве с объединительными шинами VME и VXI. Для атмосферно-оптических исследований возможно применение обеих технологий. Однако для проведения комплексных экспериментов в полигонных условиях работы, благодаря лучшей помехозащищенности, более предпочтительна технология VXI.

При получении эмпирических данных, при разработке моделей и проведении исследований на основе известных моделей со значениями параметров, рассчитанными по экспериментальным данным, различают разовые и типовые эксперименты. Их системный процесс базируется на последовательной трансформации с помощью формальных и эвристических методов информационных полей как априорных, так и апостериорных данных. Поэтому оказывается удобным использовать в процессе регистрации и обработки данных интерактивные программные системы, взаимодействующие с данными, формируемыми в виде электронных таблиц, т. е. *Spreadsheet* – технологию.

Наиболее известной интегрированной системой обработки результатов измерений с такой технологией является система Data Analysis and Digital Signal Processing (DADiSP) [4], работающая в окружении MS-DOS на IBM PC компьютерах, поддерживающие режим работы Protected Mode. DADiSP позволяет создавать до 100 экранов, в которых можно получить результаты работы более 200 различных алгоритмов: сигнальную арифметику, Фурье анализ, корреляционный анализ, цифровую фильтрацию, спектральный анализ и многие другие. Пользователь может наблюдать на экране монитора действие любого алгоритма, либо создавать свой собственный вариант обработки (рис. 3).

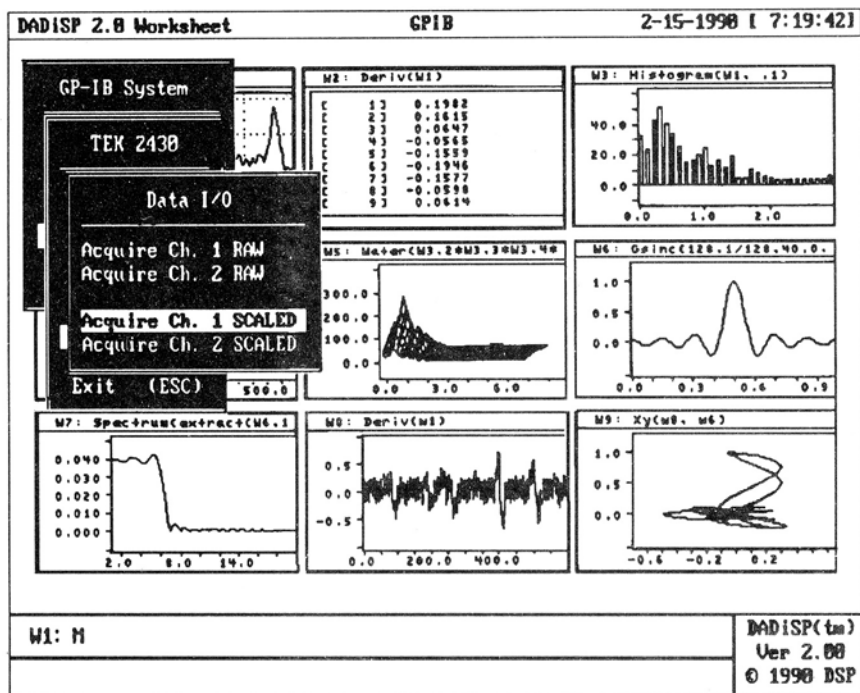


Рис. 3

Интегрированная система поддерживает работу измерителей с интерфейсом IEEE-488, позволяет готовить научные и технические документы. Удобным программным пакетом для экологического кон-

троля аэрозольным лидаром промышленной зоны является LIDAR, описанный в [10]. Он позволяет получать в различных дисплейных окнах двумерные карты и графики промышленных загрязнений атмосферы по высотам с разрешением в 20 м при использовании различных алгоритмов обработки результатов измерений (Рис. 4).

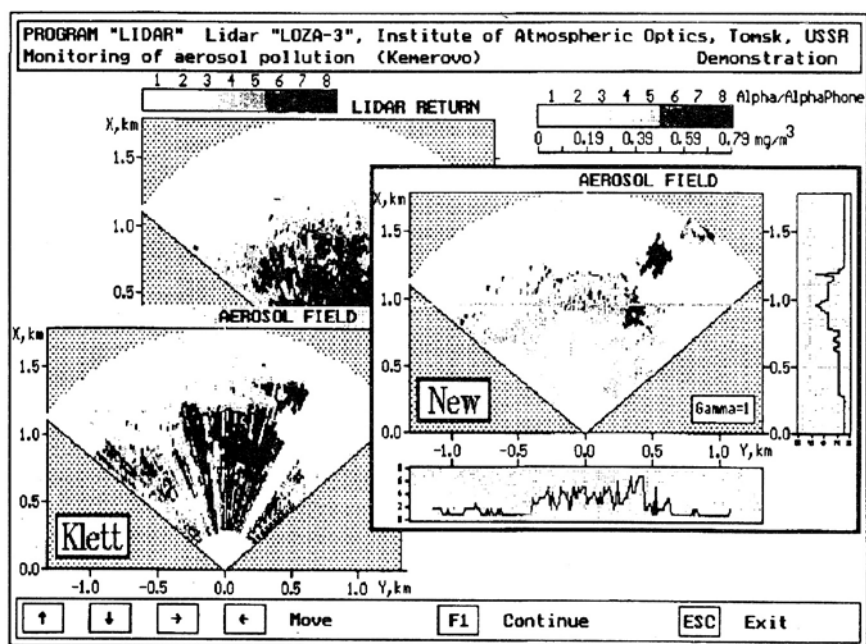


Рис. 4

Не менее важным является широкое применение графических программных пакетов типа GEM для управления экспериментом в реальном времени. Последнее является не только удобным для пользователя, но и экономически выгодным. Используя одноплатные измерительные приборы без лицевой панели управления и наблюдения, можно экономить на общей стоимости эксперимента. При этом на экране дисплея пользователь наблюдает лицевые панели приборов и управляет ими с помощью выносного пульта «Мышь». Посредством проверки данных на достоверность компьютер не позволяет ему совершить необдуманные действия и выдает на экран соответствующие сообщения. Как показала практика [5], время освоения возможностей приборов в этом случае минимизируется. Это обеспечивает концентрацию усилий специалиста на проблеме измерений, а не на обслуживании измерительных приборов. Рабочая станция инженера предназначена для проведения расчетных и проектных работ по атмосферно-оптическим исследованиям. Так как конструируемые приборы по этой проблеме обычно включают 4 части (оптический и механический каналы, блок процессорного управления-обработки и энергетический блок), то программное обеспечение должно иметь соответствующие части. Это — PCAD, AVTOCAD, OPTICAD, RAY TRACE или AUTO ROUTER ELECTRICAL.

Интегрированное программное обеспечение из этого ансамбля пакетов обеспечивает их стыковку между собой и использует единое периферийное оборудование (графопостроители, сканеры, дигитайзеры и т.д.). Требования к производительности ЭВМ здесь те же, что и для рабочей станции теоретика.

Центральный компьютер предназначен для углубленной тематической обработки данных в цикле НКЭ и поэтому в случае атмосферно-оптических исследований должен обладать высокой производительностью. В ЛРВ в качестве такого компьютера в настоящее время используется CRAY с доступом лаборатории через высокопроизводительную сеть INTER NET. Быстрая смена аппаратно-программных средств заставляет отказаться от дорогих вычислительных средств. Альтернативным решением может быть вычислительный комплекс из многих слабо связанных независимых процессоров, работающих одновременно над различными сегментами единой задачи, например, «Гиперкуб» фирмы «Intel» [11]. Он может последовательно наращиваться 32, 64 или 128 процессорами, связанными между собой прямыми каналами связи.

В заключение можно сказать, что использование интегрированных компьютерных систем в исследованиях по атмосферной оптике позволяет специалистам сосредоточить большее внимание на предмете исследований, усилить свои интеллектуальные возможности, а также создать условия для ускорения информационного обмена между участниками научных исследований и тем самым ускорить решение научных проблем.

1. Громаков Е. И., Калайда В. Т., Креков Г. М. // Методические проблемы научно-технического прогресса. Новосибирск: Наука, 1986. С. 54–65.

2. Калайда В. Т. //Оптика атмосферы. 1990. Т. 3. № 8. С. 787–800.
3. Warher J. //Visual Data Analysis into the '90s. Precision Visuals. Boulder, Colorado 80301, 1990. P. 1–5.
4. Data Analysis and Digital Signal Processing. DADiSP. — 488. Ver 2.00 DSP. Development Corporation. August. 1990.
5. Armin Preuss. //Elektronik. 1989. № 20. P. 102–110.
6. Sabin Wohlgemuth //Elektronik. 1989. № 20. P. 120–123.
7. Ashbu W. R. //Automata Studies Princeton Univ. Press, 1956. P. 215–234.
8. Комаров В.С., Мицель А.А., Михайлов С.А. и др. //Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. № 5. С. 84–89.
9. Войцеховская О.К., Зуев В.Е., Тютюрев В.Г. //Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. №3. С. 3–15.
10. Balin Ju.S., Kavk'анov S.I., Razenkov I.A. //15 International Laser Radar Conference Part 11, July 23–27, Tomsk. P. 92.
11. Asburru R., Trison G., Roth T. //Computer Designer. 1985. 24. № 11. P. 99–102, 104, 106–107.

Институт оптики атмосферы СО АН СССР,  
Томск

Поступила в редакцию  
4 декабря 1990 г.

**Е.И. Громakov, R. Richter. An Integrated Computer System for Opto-Atmospheric Investigation.**

A mathematical formalism of an integrated computer system for scientific research support is discussed. The formalisation uses a three-stage representation of the information flow, i. e., the scientific-methodological, experimental, and design stages. Some basic software tools useful for integrating the research process are suggested. Some limiting parameters of these tools are being determined.