

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

А.А.Нурмагамбетов, Ш.А.Джомартова, Т.Ж.Мазаков

Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Abstract. The article describes aspects of the implementation and application of computer algebra system (CAS), which occupies a new position among other systems, with additional benefits in its implementation in the learning process and use as the basis for the construction of the completed application and a tool to solve problems.

Keywords: of computer algebra system, algebraic expressions.

Аңдатпа. Мақалада оқу үдерісіне енгізілгенде, аяқталған қолданбалы өнімдердің негізі және есеп шығару құралы ретінде пайдаланған кезде қосымша артықшылықтары бар, басқа жүйелер арасында жаңа орын алатын аналитикалық есептеулер жүйесін жүзеге асыру және қолдану аспектілері сипатталады.

Кілттік сөздер: аналитикалық есептеу жүйелер, алгебралық өрнектер.

Аннотация. В статье описываются аспекты реализации и применения системы аналитических вычислений (CAV), которая занимает новое место среди других систем, имея дополнительные преимущества при её внедрении в учебный процесс и использовании как основы для построения завершённых приложений и инструмента решения задач.

Ключевые слова: системы аналитических вычислений, алгебраические выражения.

Системы аналитических вычислений (CAV) позволяют получать решения задач в символьном виде, автоматически производя все трудоемкие операции над алгебраическими объектами (выражениями, матрицами, рядами): вычисления, подстановки, упрощение, дифференцирование, интегрирование. В отличие от методов численного решения задач, такой способ является прямым, а не заменяет одну математическую модель другой, дает точные решения, а не приближенные, что позволяет получать принципиально новые результаты. Применение ЭВМ обеспечивает безошибочность и быстроту получения результатов, настраиваемость и расширяемость систем.

Поэтому теоретически с 50-х, а практически с конца 60-х разрабатываются первые системы аналитических вычислений. На рубеже 60-70-х появляются прикладные универсальные системы алгебраических вычислений [1,2,3], выросшие из экспериментальных разработок различных университетов. Их различия обусловлены первичной средой применения и/или разработки, выбранных инструментов реализации (как языка программирования, так и типа ЭВМ). К концу 80-х широко распространяются персональные ЭВМ и новые концепции реализации программных комплексов, что привело к адаптации старых и появлению новых CAV. В настоящее время они реализуют все основные процедуры работы над алгебраическими объектами и предлагают множество более специализированных процедур и пакетов. Рассматривая положение с CAV в странах бывшего СССР, то следует остановиться на характеристиках следующих известных систем: Аналитик [2], Авто-Аналитик [1] и Эпсилон [4].

Аналитик - создан в 1969-71 гг в Киеве для ЭВМ МИР. Отличается развитостью встроенного языка программирования. Алгебраическими объектами являются: числа: целые, десятичные, рациональные; текст, векторы, переменные. Основным оператором является ПРИМЕНИТЬ с различными аргументами для проведения операций дифференцирования, упрощения, подстановки выражения в выражение, интегрирования и численных вычислений, при этом сохраняется форма входной информации. Аналитик был применен для решения задач анализа нелинейных резонансных цепей и многих других. Обновленный и написанный на Си АНАЛИТИК-91 может использоваться на ПК и унаследовал богатый инструментальный предыдущих разработок (АНАЛИТИК -71,-79). Все же синтаксис языка неудобен для обучения и избыточен для решения подавляющего большинства задач. Поэтому создание готовых прикладных программ на его основе весьма затруднено, к тому же возможности современного языка реализации при построении интерфейса не используются. Сомнительна эффективность его использования в школе. Эпсилон [4] - разрабатывался с 1966 года в Новосибирске и реализован для ЭВМ М-220, БЭСМ-6 и Минск-22. Создавался как "система автоматизации программирования задач символьной обработки" и является таким образом универсальным языком программирования для манипулирования данными на уровне ячеек памяти, слов и других структур описания данных. Авто-Аналитик

[1] - система аналитических вычислений для БЭСМ-6, написанная в 1971-72 гг. Имеет фортраноподобный входной язык и рассчитан на работу с самыми разнообразными задачами аналитических преобразований, так как имеет очень развитый аппарат операторов работы с выражениями. Наиболее широко используемыми системами зарубежом (а с распространением ПК с конца 80-х годов и в СССР) являются Reduce, Mathematica и Macsyma: Reduce [5] развивался с конца 60х годов, реализован на ЛИСПе и имеет удобный внутренний язык программирования сходный с Паскалем. Имеет все основные операции над алгебраическими выражениями, кроме того следующие расширения: - вычисления с символьными матрицами; - тензорные операции; интегрирование; - специальное расширение с процедурами для физики высоких энергий. Macsyma создана в 1970 году и включает такие операции как вычисление пределов, интегрирование, решение дифференциальных уравнений, работа с матрицами, рядами и обработка рациональных функций.

Таким образом, упомянутые САВ советских разработчиков являются серьезными разработками в области решения сложных прикладных задач, но часто отличаются высокой степенью интеграции с типом ЭВМ, на которых они реализованы. Аспекты взаимодействия систем с ЭВМ потеряли свою значимость в вопросах их построения, так как теперь это функции операционной системы. Их использование требует изучения встроенного языка программирования со множеством функциональностей. Но даже для получения сложного дифференциального уравнения в символьном виде, например, совершенно излишня их подавляющая часть, а достаточны только упрощение и дифференцирование без ограничений на сложность выражений. Такие же соображения следуют из места САВ в школах. Оптимальный (а не максимальный) набор возможностей системы вполне соответствует уровню решаемых с её помощью задач и уровню обучающей системы. Поэтому язык должен быть прост в изучении и достаточен для получения результатов непрограммистами.

Из описанного выше нового возможного места САВ в учебном заведении можно сформулировать следующие наиболее общие требования к реализуемому ядру системы:

- 1) должна реализовывать все основные функциональности САВ:
 - проверка на соответствие формальному синтаксису входных данных;
 - вычисление числовых выражений;
 - упрощение любых выражений;
 - подстановка выражения в выражение;
 - вывод выражения;
 - дифференцирование выражения;
 - интегрирование частных случаев;
- 2) включать операции над наиболее необходимыми алгебраическими объектами: матрицами и рядами;
- 3) не иметь ограничений на сложность алгебраических объектов;
- 4) иметь логичную структуру для эффективного использования как средства программирования;
- 5) использовать в полной мере современные инструменты и идеи реализации программных комплексов;
- 6) являться модифицируемой и открытой.

В соответствии с новой ролью системы аналитических вычислений в качестве средства программирования работы с алгебраическими объектами и получения всех результатов в символьном виде, реализовано ядро системы аналитических вычислений на языке программирования 3-го поколения ТурбоПаскаль в виде библиотеки или модуля подпрограмм. Этот модуль является совокупностью функций и структур данных. Включая данный модуль в своё приложение, пользователь или разработчик может использовать все описанные функции и структуры данных, плюс развитые технологии построения интуитивного интерфейса и ввода/вывода языка реализации, реализовывать новые процедуры или переписывать уже написанные подпроцедуры (тем самым расширяя или улучшая исходное ядро). В ядре реализованы следующие базовые функции для работы с алгебраическими выражениями любой сложности (теоретически ограничения накладываются только объемом доступной оперативной памяти) и удовлетворяющими контекстно-независимой грамматике алгебраических выражений:

- процедура разбора входной строки текста, описывающего алгебраическое выражение и выявление лексических ошибок (процедура сканер);
- процедура построения дерева выражения по входной строке и выявление синтаксических ошибок (синтаксический разбор);
- процедура вычисления числового выражения, вычисление с подстановкой значений переменных, частичное вычисление и выявление ошибок вычисления (переполнение, ошибка аргумента функции, деление на ноль и т.п.);
- процедура раскрытия скобок;
- процедура приведения подобных членов и упрощения выражения;
- процедуры нескольких видов подстановок одного выражения в другое и проверка цикличности подстановки;
- процедура дифференцирования выражения по нескольким переменным;
- процедура интегрирования в частных случаях.

Предоставляется основной тип данных - динамическое бинарное, представляющее выражение. Вершины являются записью с переменной длиной и содержат код объекта и сам объект выражения: число, переменная, операция, функция, матрица. Дерево является динамической и иерархичной структурой - в процессе работы многие алгоритмы изменяют его. Основные дополнительные структуры: - Таблица (массив) встроенных функций и их кодов; - Глобальная таблица переменных с их именами, множеством переменных от которых они зависят, и их значения; Система разработана в соответствии со следующими требованиями: - отсутствие каких-либо ограничений со стороны структур данных или алгоритмов на длину и сложность всех алгебраических объектов: выражений, матриц и рядов - за счет использования

только динамических структур памяти; - гибкость и открытость системы для введения или замены структур данных или алгоритмов - за счет тщательного разделения по модулям и отдельным процедурам; - максимальная удобность работы с ядром системы через процедуры интерфейса для быстрого построения готовых приложений - за счет продуманных профилей процедур и скрытости/защищенности структур данных и деталей алгоритмов (инкапсуляция);

На основе ядра реализованы несколько готовых программ как для практического использования, так и в качестве примеров быстрого и эффективного построения завершенных приложений. Первая: программа-интерпретатор работы с алгебраическими объектами. Пользователю предоставляется простой язык манипулирования переменными, выражениями, матрицами и рядами. Ввод, интерпретация и вывод последовательности операторов языка происходит с экрана или из файла. Пользователь присваивает переменным значения и далее производит над ними операции с помощью операторов языка. Результаты всех операций сохраняются в других или тех же переменных для дальнейшей работы. Интерпретатор предназначен для пользователей не знакомых с системами аналитических вычислений, и/или желающих получить быстрые результаты без программирования; Вторая: тестирование знаний по алгебре. Генерируя в процессе теста или считывая готовые наборы заданий эта программа решает их и сравнивает свои решения с вводом тестируемого. Вся информация сохраняется и предоставляется для анализа проведенного теста. Многочисленные параметры позволяют настроить сложность и диапазон заданий по тестируемой теме; Третья: программа получения и решения уравнений динамики роботов в символьном виде. Пользователь задает только те параметры, которые он считает определенными, остальные система заменяет переменными. Далее в полученных уравнениях и решении пользователь может подставлять конкретные значения обобщенных координат и др. параметров для вычисления обобщенных сил. Вычисляются все промежуточные матрицы, уравнения энергий и т.д.

Список литературы

- [1] Арайс Е.А., Сибиряков Г.В. Авто-аналитик.- Новосибирск: Изд-во НГУ, 1973. - 284с.
- [2] Глушков В.М., Бондарчук В.Г., Гринченко Т.А. Аналитик - алгоритмический язык для описания процессов с использованием аналитических преобразований // Кибернетика - 1971. - № 3. - С. 102-134.
- [3] Эпсилон - система автоматизации решения задач символьной обработки. Отв. ред. Ершов А.П. - Новосибирск, Наука, 1972. - 130 с.
- [4] Языки и автоматы. Сборник переводов под ред. Маслова А.Н., Стоцкого Э.Д.- М., Мир, 1975.- 360 с.
- [5] Rayna, Gerhard. REDUCE : software for algebraic computation . - New York : Springer -Verlag, 1987. - 329 p.