

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Александров А.Г.*, Степанов М.Ф.**, Михайлова Л.С.***

*Институт проблем управления РАН, alex7@ipu.rssi.ru

**Саратовский государственный технический университет, mfs@sstu.ru

*** Электростальский политехнический институт, lsmixx@rambler.ru

Создание многофункциональной системы ГАММА-3 направлено на решение комплексной проблемы автоматизации решения задач исследования и проектирования сложных систем произвольной физической природы.

Используемые методы автоматизации синтеза закона управления систем автоматического управления (САУ) и анализа функционирования синтезированной САУ, как правило, традиционны - проектные процедуры реализуются в виде программ для ЭВМ. Созданные и используемые в настоящее время средства автоматизации решения задач синтеза закона управления САУ и анализа функционирования синтезированной САУ весьма разнообразны как по классам решаемых задач, так и по методам организации вычислительного процесса. В целом речь идет, по существу, об автоматизации решения задач теории автоматического управления (ТАУ). В настоящее время проектирование сложных систем управления для промышленности (которые во многих случаях могут быть охарактеризованы как многомерные и нелинейные), все еще базируется на методе проб и ошибок. Систематическое проектирование САУ осуществляют лишь несколько доступных инструментов автоматизации проектирования систем управления, которые разрабатывались для академической среды. Из зарубежных систем к ним относятся, например, MATLAB, MATRIXx, KEDDC, MathCad и др. В иностранной литературе, направление, к которому они относятся, называется Computer Aided Control Systems Design (CACSD), что в отечественной литературе соответствует термину "Системы Анализа и Синтеза систем автоматического управления" (САС САУ). Эти системы используются главным образом как средства разработки и отладки новых методов управления, обеспечивая исследователям высокую степень свободы.

В проектировании промышленных регуляторов должны, однако, быть решены сложные инженерные задачи управления многомерными многосвязными объектами управления. В академических САС САУ такие задачи проектирования сводят к сложным математическим моделям и к использованию мощных теоретических методов проектирования регуляторов, которые, однако, могут быть поняты и использованы только академическими экспертами в области автоматического управления - даже если САС САУ снабжена тщательной системой пользовательских руководств. Кроме того, большинство пользовательских интерфейсов академических САС САУ было предназначено для проведения обширных испытаний различных алгоритмов и методов, но не для эффективного решения комплексных, но, однако, стандартных инженерных задач проектирования регуляторов. Поэтому для решения своей задачи пользователь, как правило, должен самостоятельно написать на входном языке САС САУ программу для решения своей конкретной задачи, используя достаточно широкое множество стандартных функций для решения типовых математических задач. Это существенно снижает эффективность труда разработчика

САУ, вынуждая его выполнять несвойственные функции, да к тому же быть еще программистом достаточно высокой квалификации.

Среди отечественных систем, в которых была предпринята попытка реализовать средства автоматизации деятельности инженера наиболее разработаны системы MBTU [1], ГАММА [2][3], "ИНСТРУМЕНТ-3м-И" [4]. Система MBTU является аналогом SIMULINK. В системе MBTU также реализованы отдельные функции идентификации и синтеза САУ. Система ГАММА изначально разрабатывалась как средство работы инженеров. В ней реализованы пакеты расширения для разработки алгоритмов управления САУ. Однако средства для создания пакетов расширения достаточно ограничены (упрощенный язык ИНСТРУМЕНТ для создания пакетов расширения, небольшое количество математических функций, отсутствие командного окна, аналогичного MATLAB).

В свете разработанной в [4] концепции решателей задач ТАУ все существующие средства автоматизации решения задач ТАУ относятся к двум категориям: детерминированные (Д-решатели) и интеллектуальные (И-решатели). Первые из них могут решать лишь известные им задачи, для которых в системе имеются планы их решения, представленные в той или иной форме. Вторые способны решать также и новые для них задачи, для которых на основе имеющихся в системе знаний автоматически строится план решения задачи (последовательность действий), выполнение которого приводит к результату ее решения. Практически все существующие средства как отечественные, так и зарубежные относятся к категории Д-решателей. В Концепция И-решателей задач ТАУ реализована лишь в системах "ЕИ-решатель на базе ПИНС", "ИНСТРУМЕНТ-3м-И", "МИССАУ" [6]. Их использование в ряде вузов показало высокую эффективность предлагаемого подхода. С другой стороны, использование средств вычислительной техники в контуре управления САУ, существенное улучшение ее технических характеристик позволяет решать задачи синтеза закона управления непосредственно в процессе управления заданным объектом. Однако в ходе функционирования изменяется не только объект управления, точная модель которого чаще всего неизвестна, но и среда функционирования, а также и требования цели управления. Поэтому динамически изменяется и постановка задачи синтеза закона управления. Традиционные средства автоматизации построения закона управления, построенные на концепции Д-решателей не могут справиться с такой ситуацией. Только И-решатели способны построить адекватный закон управления в изменяющихся условиях.

В свете вышесказанного архитектура новой системы ГАММА-3 строится как развитие принципов, реализованных в системах ГАММА-2РС и ИНСТРУМЕНТ-3м-И.

Основу (ядро) системы составляют:

- Библиотека математических функций (элементарные функции, функции для работы с матрицами, векторами, полиномами);
- Собственный алгоритмический язык программирования ГАММА;
- Интеллектуальная подсистема автоматического планирования решений непроцедурно поставленных задач, базирующаяся на использовании планирующих искусственных нейронных сетей.

Функции могут быть вызваны как непосредственно в командном режиме при выполнении несложных расчетов, так и использоваться при написании программ на языке ГАММА.

Система предназначена для функционирования в распределённой вычислительной среде, но может использоваться и автономно.

Наличие библиотеки математических функций и собственного языка программирования позволяет реализовать универсальную систему, обеспечивающую автоматизацию программирования различных математических методов. Проблемная ориентация системы достигается за счет включения в ее состав пользовательских функций, автоматизирующих отдельные операции, входящие в состав процедур решения задач теории автоматического управления; введения в систему пакетов расширения, содержащий программы решения задач анализа, синтеза, идентификации, адаптивного управления; за счет соответствующего наполнения базы знаний системы.

В состав системы ГАММА-3 включаются пакеты расширения, каждый из которых представляет собой набор специальных программ – директив. Особенности директивы:

- Директива представляет собой законченную самодокументирующуюся программу, такую, что пользователь, не обладающий глубокими знаниями в теории автоматического управления, может с её помощью решить достаточно сложную задачу проектирования системы автоматического управления (САУ).
- Интерфейсы всех пакетов расширения и всех директив унифицированы, что значительно упрощает работу с системой. Ввод-вывод данных осуществляется на естественном языке (в виде векторов, матриц, дифференциальных уравнений и т.д.).
- Структурно директива состоит из трёх частей: интерфейса, который обеспечивает ввод исходных данных в естественном виде; расчётной части; операций вывода результатов работы в протокол решения задачи.
- Директивы представляют собой программу на языке ГАММА. Расчётная часть директивы состоит из операций вызова математических функций, входящих в ядро системы и функций, написанных на языке ГАММА.

Отличительной особенностью системы ГАММА-3 является разделение функций пользователей за счёт предоставления каждой категории пользователей собственного интерфейса к ресурсам системы. Можно выделить следующие категории пользователей системы:

- *Разработчики пакетов расширения* (научные работники, студенты вузов), которые используют систему для исследования и программной реализации различных методов решения инженерных задач. Они обладают хорошими знаниями теории и достаточными навыками в области программирования. Для них разработана *среда разработчика*, которая является средой разработки программ на языке ГАММА.
- *Пользователи-проектировщики*. Пользователи этой категории (инженеры), являясь специалистами в области проектирования конкретных систем, не обладают достаточно хорошими знаниями методов решения задач, кроме того, программная реализация этих методов не является их непосредственной задачей. Для таких пользователей создана *среда инженера*, которая предоставляет доступ к пакетам расширения системы, а также позволяет воспользоваться возможностью решения задач в непроцедурной постановке, используя интеллектуальные средства системы.
- *Эксперты* (научные работники). Они обладают глубокими знаниями теории и способны формализовать знания проблемной области. Для таких пользователей

создана *среда исследователя*, предоставляющая возможность пополнения базы знаний системы и проведения исследований способности планирующей подсистемы по решению новых задач.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-07-00200-а).

1. Козлов О.С., Кондаков Д.Е., Скворцов Л.М. и др. Программный комплекс "МВТУ" - современное средство автоматизированного исследования и проектирования систем управления // Труды II Международной конференции по проблемам управления. М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН. 2003.
2. Александров А.Г., Панин С.Ю. Система ГАММА-1РС для синтеза регуляторов многомерных систем // Автоматизация в промышленности, 2003, №3
3. Александров А.Г., Михайлова Л.С. , Исаков Р.В. Структура программного обеспечения для автоматизации разработки алгоритмов автоматического управления // А и Т, №4, 2005, стр. 176-184.
4. Степанов М.Ф. Автоматическое решение формализованных задач теории автоматического управления / М.Ф. Степанов. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2000. – 376 с.