

УДК 303.732.4

***КОЛЛЕКТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРИ
ИЗУЧЕНИИ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Киселев В.В.

к.т.н., доцент,

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,

Москва, Россия

Аннотация

В статье рассматриваются подходы к организации коллективного взаимодействия при изучении сложных технических систем. Предложены методы декомпозиции системы и работы с подсистемами. Предложена общая схема коллективного взаимодействия и использования недоминируемых решений.

Ключевые слова: системный анализ, коллективное взаимодействие, человеко-машинные процедуры, декомпозиция, принятие решений.

***COLLECTIVE INTERACTION WHEN
STUDYING MODELS OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS***

Kiselev V. V.

Ph. D., associate Professor, Bauman

Moscow State Technical University,

Moscow, Russia

Annotation

The article discusses approaches to the organization of collective interaction in the study of complex technical systems. Methods of system decomposition and working

with subsystems are proposed. A General scheme of collective interaction and the use of non-dominant solutions is proposed.

Keywords: system analysis, collective interaction, human-machine procedures, decomposition, decision-making.

В современном инженерном образовании в большинстве случаев студенты изучают методы моделирования и методы работы с моделями отдельных подсистем сложной технической системы. Создание модели сложной технической системы требует участия специалистов в различных областях, а выбор оптимального варианта осуществляется на основании расчетов с использованием общей модели. Даже для упрощенных учебных моделей такой подход трудно использовать в учебном процессе из-за большой размерности задачи. Использование методов декомпозиции позволяет решать задачи для отдельных подсистем, размерность которых будет значительно меньше общей размерности задачи. Это позволяет использовать более детальные и более сложные модели подсистем.

Традиционной является следующая схема расчетов: создаются математические модели подсистем, которые реализуются в виде программных модулей. Программные модули соединяются в определенную структуру, которая позволяет вычислять значения глобального критерия эффективности для заданного вектора конструктивных переменных. Вместо традиционной схемы расчетов для сложных систем во многих случаях, когда критерий эффективности обладает определенными свойствами, можно произвести декомпозицию задачи. Для этого общая модель разбивается на подсистемы, представленные в виде программных модулей, с помощью которых можно вычислять значения агрегированных параметров. Агрегированные переменные часто являются локальными критериями эффективности подсистем. Задача выбора оптимального варианта подсистемы является многокритериальной. Специалист по данной подсистеме в процессе человеко-машинной процедуры исследует

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

множество недоминируемых вариантов подсистемы, выбирает лучшие и передает их лицу, принимающему решение (ЛПР), который оценивает значения глобального критерия эффективности и дает рекомендации специалистам подсистем по желаемым значениям недоминируемых вариантов. Данный процесс повторяется до тех пор, пока ЛПР не получит удовлетворительного варианта всей системы.

Здесь можно заметить, что при небольшом ухудшении значения глобального критерия эффективности, в некоторых случаях можно значительно улучшить характеристики подсистем.

Разработка математической модели сложной технической системы проводится по общей схеме, предложенной М. Месаровичем и Я. Такахарой [5]:

1. Словесное описание задачи.
2. Принципиальная схема.
3. Модель общей теории систем.
4. Детальная математическая модель.

На третьем этапе можно проводить декомпозицию задачи, выделять подсистемы и определять схемы их взаимодействия. На этом этапе формулируются основные аксиомы и свойства подсистем. Здесь формулируются основные критерии и агрегированные переменные.

В общей теории систем считается нецелесообразным начинать исследования с подробной математической модели до тех пор, как будут проверены основные гипотезы достигнуто более глубокое понимание работы системы.

В учебном процессе после проведения декомпозиции группой студентов, каждый из них получает подсистему для детального изучения предметной области и разработки необходимой математической модели. Общее руководство и постановку локальных целей осуществляет преподаватель.

Примером возможной задачи может служить модель космической системы. Глобальным критерием эффективности является стоимость системы,

подсистемами являются модели: аэродинамики, баллистики, двигательной установки и т.п.

Экономическим примером является задача распределения средств между предприятиями с целью получения максимальной прибыли. Подсистемами в данном случае являются модели отдельных предприятий.

В приведенных выше примерах целевые функции являются монотонно зависимыми от частных критериев подсистем. В первом примере увеличение стоимости подсистем приводит к увеличению стоимости всей системы. Во втором примере увеличение прибыли всех предприятий приводит к увеличению общей прибыли.

Для решения задач с монотонными критериями эффективности были разработаны методы декомпозиции, приведенные в работе [3]. В данной работе процесс проектирования, в том числе создание и исследование математической модели сложной технической системы рассматривается как процесс принятия решений группой проектировщиков и разбивается на три этапа: “внешнее проектирование”, “формирование облика технической системы”, “внутреннее проектирование”. Детально рассматривается этап “формирования облика” на котором проводится декомпозиция. Предполагается, что глобальный критерий эффективности желательно максимизировать. Проводится декомпозиция модели, для каждой подсистемы выделяются агрегированные переменные, которые являются локальными критериями эффективности подсистемы. Здесь декомпозиция проводится таким образом, что глобальный критерий эффективности является монотонной функцией от агрегированных переменных. Далее для каждой подсистемы находится множество Парето-оптимальных решений и оптимальное значение глобального критерия ищется на этом множестве.

Данный подход позволяет одновременно решать несколько задач небольшой размерности, значительно сократить количество рассматриваемых вариантов и общее время решения задачи поиска оптимального варианта.

В работах [1,2] для решения задачи декомпозиции предлагается использовать значительно более широкое понятие, чем оптимальность по Парето – понятие Λ -оптимальности. Глобальный критерий эффективности должен быть Λ -монотонной функцией на множестве допустимых значений. В работе приведены формальные условия декомпозиции. Во многих случаях возможна неформальная декомпозиция, которая проводится на основе качественного анализа. Общая схема коллективного взаимодействия выглядит следующим образом:

1. Преподаватель формулирует глобальный критерий эффективности для выбранной сложной технической системы, требования по точности и детализации модели. В данной работе преподаватель является ЛПР и координирует все виды работ.
 2. Группа студентов выделяет агрегированные переменные, проверяет условие Λ -монотонности глобального критерия по выделенным переменным и проводит декомпозицию задачи.
 3. Каждый студент получает для исследования подсистему, разрабатывает соответствующую математическую модель и программный модуль, учитывая полученные ранее требования по точности и детализации.
 4. Далее студенты создают (в некоторых случаях используют готовые) человеко-машинные процедуры поиска Λ -оптимальных решений на основе результатов, полученных в работах [1,4,6,7,8,9].
 5. Множество допустимых вариантов каждой подсистемы исследуется в процессе человеко-машинной процедуры с целью получения Λ -оптимальных вариантов, среди которых ответственный за подсистему выбирает лучшие и передает их значения ЛПР.
 6. ЛПР анализирует полученные значения, вычисляет значения глобального критерия эффективности. Если полученные результаты, по его мнению, достаточно хороши, то процедура останавливается, если нет, то ЛПР формирует
- Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

желаемые значения агрегированных переменных для подсистем и осуществляется переход к шагу 5.

Предложенный в статье подход позволяет во многих случаях значительно уменьшить размерность задачи и сократить время вычислений. Поскольку ЛПР и разработчики подсистем рассматривают только недоминируемые варианты, то время анализа этих вариантов сокращается. В процессе анализа ЛПР и разработчики подсистем используют опыт, интуицию и предметные знания, компьютер используется для выполнения рутинных вычислительных операций и передачи информации. Данный подход дает возможность в сжатые сроки учебного процесса изучать модели действительно сложных систем.

Библиографический список:

1. Киселев В.В. Использование Парето и Λ -оптимальности при решении некоторых классов задач оптимального управления //Вестник финансового университета. - 2016. - №4.
2. Киселев В.В., Гончаренко В.М. Математическое моделирование социально-экономических процессов. - М.: КНОРУС, 2020.
3. Краснощёков П.С., Морозов В.В., В.В. Фёдоров. Декомпозиция в задачах проектирования //Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. - 1979. - №2.
4. Краснощёков П.С. Оптимизация в автоматизированном проектировании. - М.: МАКС Пресс, 2018.
5. Месарович М., Такхара Я. Общая теория систем: математические основы. - М.: МИР, 1978.
6. Морозов В.В, Сухарев А.Г., Федоров В.В. Исследование операций в задачах и упражнениях. - М.: URSS, 2009.
7. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. - М.: Физматлит, 2007.

8. Цурков В.И. Декомпозиция в задачах большой размерности. - М.: Наука, 1981.
9. Tzeng G.H., Wang H.F., Wen U.P., Yu P.L. Multiple Criteria Decision Making. N.Y.: Springer, 2011.

Оригинальность 95%