

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО И ОПТИМИЗАЦИОННОГО МОДЕЛИЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Курилов А.Е., к.ф.-м.н., Рудникова Г.Г., Хоршев А.А.
Институт энергетических исследований РАН, РФ, Москва, info@eriras.ru

Тезисы доклада на Первой международной конференции
«Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2007)», 1-3 октября, 2007 г., Москва, Россия

Основные принципы применения средств математического программирования в задачах системной энергетики, сформулированные в 70-х годах прошлого столетия в трудах Л.Д. Мелентьева и А.А. Макарова, в дальнейшем неоднократно реализовывались в виде различных систем моделирования развития электроэнергетики. Из-за ограничений вычислительной техники основное внимание уделялось методам декомпозиции и построению иерархических систем моделей, с реализацией различных программных комплексов для разных классов решаемых задач.

Например, в 80-е годы в практике пятилетнего планирования использовалась линейная модель оптимизации топливно-энергетического комплекса (ТЭК) - в условно-динамической постановке и размерностью до 1500 × 500 (для 1-го года). Время, необходимое на подготовку исходных данных каждого варианта задачи ЛП (в категориях коэффициентов математической модели), расшифровку решений и подготовку соответствующих выходных документов (в категориях «натуральных» производственных и стоимостных показателей) исчислялось месяцами. Поэтому для формирования системы сбалансированных вариантов исходных данных для этой модели в ИНЭИ РАН была поставлена задача разработки имитационной системы формирования вариантов энергетических балансов в электроэнергетике, которая была реализована в виде стратифицированной имитационно-расчетной системы СтраТЭК. Одновременно в Сибирском энергетическом институте была реализована моделирующая система оптимизации ТЭК с использованием средств СУБД. Однако из-за некоторых технических проблем объединение этих двух систем имитационного и оптимизационного моделирования в единый комплекс завершилось неудачей. В дальнейшем в ИНЭИ существенная часть задач, связанная с прогнозированием и развитием электроэнергетики, решалась преимущественно средствами имитационно-расчетной системы СтраТЭК, в то время как использование оптимизационных подходов с начала 90-х годов в задачах полномасштабного моделирования электроэнергетики в целом практически прекратилось. В целом основные принципы построения системы СтраТЭК сохранили уникальность и актуальность и в настоящее время. Вторая версия системы была реализована средствами системы Pick, и затем неоднократно модифицировалась, но только средствами СУБД постреляционного типа – PC-Pick, Revelation, Advanced Revelation (в настоящее время планируется переход на новейшую версию СУБД этого направления – InterSystem Cache).

При моделировании электроэнергетики для решения задач прогнозирования и разработки возможных вариантов развития необходимым (а иногда и достаточным) условием является требование формирования некоторой системы топливно-энергетических балансов (мощности, энергии, топлива – по видам, территории, энергосистемам и др.). Формально это задачи класса математического программирования. В рассматриваемой имитационной системе эти подзадачи решаются различными итерационными и эвристическими методами, с привлечением локальных моделей и экспертных оценок, что является достаточно трудоемкой процедурой для достижения необходимой точности «сведения» топливно-энергетических балансов.

Поэтому необходимость привлечения средств математического программирования признавалась актуальной, и в ИНЭИ РАН проводились экспериментальные разработки моделирующих систем, ориентированных на использование средств математического программирования - на базе средств SAS OR; MS VB, Access и LPS-867; MS VBA, Excel и GLPK; языка LPL системы GNU и др. Некоторые из них успешно используются при решении ряда задач.

Задачи моделирования электроэнергетики в целом как крупномасштабной системы предъявляют особые требования к инструментальным средствам формирования математических моделей – в первую очередь по размерностям, операционным возможностям и информационном обеспечении. Содержательная постановка решаемых задач и информационная технология их

решения приводится в докладе Ф.В. Веселова и др. этой конференции. В настоящее время в ИНЭИ на базе инструментальных средств имитационной системы создана (и с начала 2006г. успешно эксплуатируется) моделирующая система ЛП, позволяющая достаточно оперативно формировать варианты искомым оптимизационных моделей. Размерность этих практических задач ЛП в динамической постановке и для 10-15 точек горизонта планирования (до 2015г. в годовом разрезе и далее до 2030г. через 5 лет) – 200-350 тыс. переменных, 100-150 тыс. уравнений и неравенств, 1-2 млн. ненулевых элементов матрицы ограничений. Потенциально в дальнейшем возможно увеличение размерностей в 2-3 раза.

Настоящий доклад посвящен обсуждению некоторых основных принципов построения этого комплекса и информационной технологии его использования;

- объединение средств имитационного и оптимизационного моделирования на основе однотипных (по структуре и средствам доступа) баз исходных данных (категорий «натуральных» производственных, стоимостных и финансовых показателей моделируемых объектов);

- унифицированный способ представления всех данных (всех уровней агрегирования, как исходных, так и результирующих) и тем самым унифицированные средства доступа к данным и средства программирования обрабатывающих алгоритмов;

- максимальная автоматизация средств программирования прикладных программ (на основе специального препроцессора языка программирования);

- алгоритмический способ расчета коэффициентов математических моделей – в виде программных модулей (методов) для соответствующих классов моделируемых объектов, что позволяет в принципе реализовать любые необходимые постановки математических моделей ЛП;

- автоматическое формирование таблиц специальной базы данных вариантов фрагментов формируемых моделей ЛП (в виде локальных баз данных коэффициентов и «правых частей» фрагментов формируемых задач и соответствующих им фрагментов входного файла пакета оптимизации – в формате MPS free или fixed); количество и размеры фрагментов, а также и принцип разбиений задач на эти фрагменты не лимитируется (пересечения допускаются); возможны различные разбиения: по производственному, территориальному признаку и т.п.;

- автоматическое формирование некоторых частей задачи ЛП – уравнений динамической связи, формирование ограничений в виде равенств или неравенств и т.п.;

- автоматическая поддержка словарной подсистемы – для каждого нового кода переменной или ограничения, поступающего из модуля формирования коэффициентов, и удовлетворяющему одному из множества предварительно заданных шаблонов – формирование наименования, адресных ссылок, служебных кодов связей и прочих атрибутов, необходимых в дальнейшем для формирования выходных документов;

- «сборка» задач ЛП в формате входных данных пакета оптимизации по заданному подмножеству готовых фрагментов или их вариантов, в соответствии с заданными приоритетами этих вариантов. Это быстрая операция – несколько минут работы ПК. Поэтому при проведении серий вариантных расчетов или при частичной коррекции модели обычно необходимо переформирование только части модели (фрагментов);

- расшифровка решений (отчетов пакета оптимизации) и подготовка необходимых данных для экспорта в базу данных имитационной системы или в MS Excel и Access – для формирования выходных документов и отчетов. Этим обеспечивается передача данных в другие системы института и внешних организаций, а также сравнение результатов решений задачи с использованием имитационной и оптимизационной моделей - и тем самым верификация введенных данных, используемых алгоритмов и программ этих систем.

Отдельные операции процедур решения задач выполнены в виде отдельных приложений и могут выполняться как на одной ПК, так и на разных ПК в локальной сети. Допустимо использование любого оптимизатора, поддерживающего стандарт входных данных MPS и требуемую размерность решаемых задач. В основном очень успешно используется оптимизатор **GLPK** (отв. разработчик – А.О.Махорин) пакета **LPL Free Package** операционной системы **GNU, Free Software Foundation** (Фонд Свободного Программного Обеспечения). Время решения рассматриваемых задач средствами GLPK – 10-40 мин. в режиме presolve до нескольких часов в режиме стандартного симплекса (если необходимо получить полный отчет постоптимизационного анализа).