

УДК 681.32

А.Р. ЕМАД, О.Е. ФЕДОРОВИЧ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

СИСТЕМНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МНОГОУРОВНЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Предложена многоуровневая система сетевого планирования государственной программы развития авиационной техники. Используя метод системного имитационного моделирования, построена событийная модель сетевого планирования. Внутренние механизмы планирования основаны на знаниеориентированных структурах.

системное моделирование планируемых работ проектов и программ, многоуровневое сетевое планирование, имитационное моделирование проектов и программ

Введение

При формировании и реализации сложных проектов Государственной программы развития авиационной техники (ГПРАТ) [1] большое внимание уделяется планированию работ исполнителей. В настоящее время известны и широко применяются такие методы сетевого планирования, как: сетевое планирование по методу критического пути СРМ (Critical Path Method), сети предшествования, метод анализа и оценки программ PERT (Program Evaluation and Review Technique), метод анализа и графической оценки GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) [2]. Все эти методы формируют план-графики выполнения работ, которые ориентированы на несложные проекты. Это обусловлено тем, что, во-первых, теряется наглядность представления и удобство работы с сетевым графиком при значительном усложнении проекта и, во-вторых, не учитываются все особенности, связанные с планированием крупномасштабных, сложных проектов и программ.

Постановка задачи

Сложные проекты ГПРАТ имеют целый ряд существенных отличий, которые резко усложняют задачу сетевого планирования:

- структура ГПРАТ имеет многоуровневое представление (программа, подпрограммы, планы и т.д.);
- такое же многоуровневое, иерархическое представление имеет и структура исполнителей;
- существуют зависимые программы по отдельным сложным образцам АТ (комплексам, системам), поэтому изменения и корректировка любой из зависимых программ существенно влияют на характеристики другой программы и ГПРАТ в целом;
- в ходе планирования и выполнения ГПРАТ могут изменяться приоритеты отдельных составляющих (динамические приоритеты);
- сложные условия начала и окончания отдельных выполняемых работ (разнообразные условия синхронизации работ);
- необходимость учета в сетевом планировании трех уровней планирования (долгосрочного, среднесрочного, годового) реализации ГПРАТ со своими временными шкалами и разной степенью детализации работ;
- многогранность задач планирования.

Кроме того, в ходе формирования и выполнения ГПРАТ возникают дополнительные задачи, связанные с уточнением и корректировкой состава исполнителей и структуры работ, а именно:

- ряд исполнителей работ в ходе планирования могут раскрываться более подробно (т.е. имеют

многоуровневое представление с произвольной глубиной раскрытия);

– из-за ограниченности выделяемых ресурсов, менее значимые программы, подпрограммы и работы могут приостанавливаться или даже ликвидироваться.

Все выше перечисленное приводит к тому, что классические подходы к сетевому планированию в том виде, как они были в свое время сформулированы в постановках задач и выполнены с помощью аналитических подходов, невозможно использовать в современных задачах управления сложными проектами ГПРАТ.

Метод решения

В основе предлагаемого подхода, учитывающего все перечисленные особенности, возникающие при планировании и управлении крупномасштабными проектами, лежит использование метода имитационного моделирования [3]. Принципиальное отличие и преимущество такого подхода заключается в том, что формирование сетевого плана-графика работ ГПРАТ осуществляется с учетом единого системного времени T , которое в зависимости от горизонта планирования может гибко изменять шкалу отсчета.

Использование системного имитационного моделирования [4] позволяет по исходным данным (последовательность выполнения работ сложного проекта, оценочная информация о длительности работ, объемах финансирования и исполнителях работ) получить:

- сведения о состоянии проекта в заданные моменты времени;
- прогнозировать длительность фактического выполнения каждой из работ и всего проекта в целом;
- фиксировать критические и «рисковые» операции, затягивание которых нарушает директивные сроки выполнения проекта;
- моменты начала и окончания работ (в случае, если была задана оценочная информация, то уход от директивных сроков, а в случае отсутствия априорной информации - ранние и поздние моменты начала и окончания той или иной работы);

– профили финансирования (план-графики затрат во времени);

– прогнозировать причины срыва (увеличения во времени) работ.

Основное преимущество применения системного имитационного моделирования в задаче сетевого планирования – возможность быстрого пересчета сетевого графика для рационального перераспределения менеджером проекта ресурсов, анализа и контроля сроков выполнения работ.

При создании системы планирования ГПРАТ были решены следующие задачи:

- разработана стратегия имитационного моделирования ГПРАТ на основе дальнейшего развития классических методов и средств имитационного моделирования;
- определена идеология формирования системной модели планирования на основе знаниеориентированных структур;
- определен набор функций для новой системы сетевого планирования;
- разработана программная модель;
- разработаны средства визуального редактирования структуры проектов и формирования модели.

Внутренний механизм системного имитационного моделирования основывается на событийном принципе. При событийном моделировании сложных планов выделяют узловые моменты динамики в виде основных событий проекта. Каждое событие выполняется мгновенно во времени, модельное время затрачивается только на переход от события к событию. Реализация событий во времени напоминает цепную реакцию: при отработке любого события проекта планируется одно или несколько последующих (будущих) событий. Для этого организуется список будущих событий проекта. Событийное моделирование обладает наибольшей гибкостью для описания сложных многоуровневых моделей и включает:

- список будущих событий проекта (упорядоченный по времени список событий, происходящих в системе);

- список исполнителей в виде устройств имитационной модели (устройство может иметь n каналов);
- список очередей (с каждым устройством связывается очередь);
- генератор заявок (обычно, моделирование проводится один раз, но в случае, если исходные данные (например, длительность работы) заданы случайными законами распределения, то моделирование проводится многократно).

В системе выделены два основных события, связанных с работами проекта: E_{nj} и E_{kj} – события начала выполнения и окончания j -й работы.

Одним из основных моментов при моделировании сетевого графика проекта являются условия синхронизации выполнения работ. Как начало, так и окончание любой j -й работы проекта определяются множествами условий синхронизации S_{nj} и S_{kj} :

$$S_{nj} = \{P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jv}\}, S_{kj} = \{I_{j1}, I_{j2}, \dots, I_{jw}\}.$$

При этом возможны следующие варианты:

- работа не может начать выполняться до тех пор, пока все предыдущие работы проекта, связанные с ней, не выполняются (классическое условие синхронизации);
- работа начинает выполняться при выполнении определенного числа предыдущих работ;
- ряд дополнительных условий синхронизации и ограничения выполнения работы («не позже чем...», «не раньше чем...», «так, как только возможно», «должна завершиться...», «должна начаться...»).

В ходе имитационного моделирования сетевого графика ГПРАТ происходит накопление следующих статистических данных:

1) **результаты по ГПРАТ в целом**: сроки выполнения программ, отдельных проектов и ГПРАТ; суммарное время работы отдельных исполнителей ГПРАТ; загруженность отдельных исполнителей; список проектов, которые не уложились в директивные сроки; требуемый профиль финансирования программ и проектов;

2) **результаты по работе отдельных исполнителей**: суммарное время работы по каждому проекту и по всем проектам; возможные очереди работ; количество обслуженных работ; количество работ прошедших через очередь; среднее время ожидания работы в очереди к исполнителю; средняя и максимальная длины очереди работ к исполнителю.

Первоначально структура проекта ГПРАТ задается в виде ненаправленного многоуровневого графа G_{SIS} , в котором представлена многоуровневая детализация создаваемого сложного технического комплекса (системы) АТ [3].

Для ГПРАТ имеем «лес» графов-проектов $G_{ПП} = U_{G_{SIS}}$.

Далее головной менеджер ГПРАТ формирует многоуровневый состав исполнителей в виде множества министерств, департаментов, головных организаций и организаций исполнителей – B_{ISP} (рис. 1).

Путем отображения $B_{ISP} \Rightarrow G_{SIS}$ формируется граф многоуровневой организационной структуры выполнения проекта ГПРАТ – G_{ISP} .

Исходя из существующих нормативных документов и ГОСТов к стадиям и этапам создаваемых образцов ГПРАТ, а также учитывая этапы жизненного цикла АТ, формируется последовательно-параллельная структура выполняемых работ – P_{RAB} , увязанная с организационной структурой исполнителей проекта G_{ISP} .

В дальнейшем, в ходе имитационного моделирования и с учетом системного времени T , из этой последовательности формируется сетевой график работ – SET_{SIS} .

Внутренний механизм системного имитационного моделирования основан на:

- создании фреймовых моделей ГПРАТ (проекта G_{SIS} , организационной структуры G_{ISP} , последовательно-параллельной структуры работ P_{RAB});

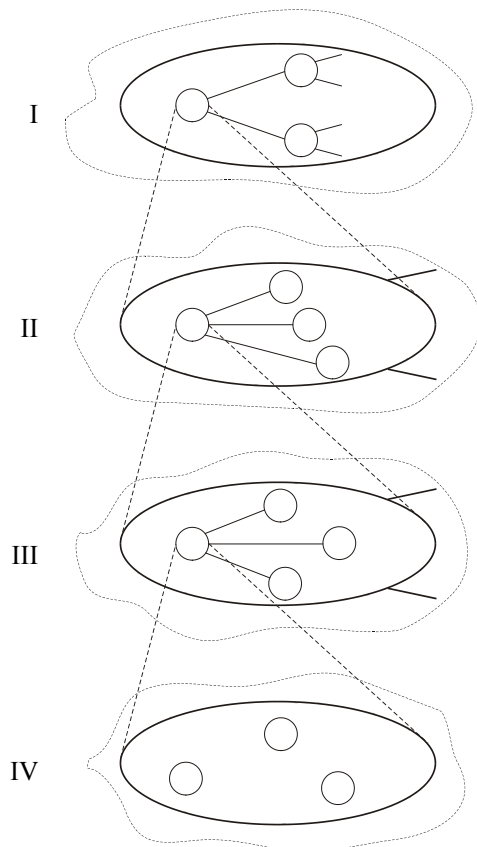


Рис. 1. Организационная структура ГПРАТ:
 I – уровень министерств ($q_{11} = 1$); II – уровень департаментов, комитетов и др. ($q_{11} = 1$);
 III – уровень головных исполнителей ($q_{111} = 1$);
 IV – уровень организаций-исполнителей

– событийном принципе выполнения работ, увязанном с ходом системного времени T ;

– активном использовании задаваемых условий синхронизации начала $-S_{nj}$ и окончания работ S_{kj} .

При раскрытии и моделировании отдельных работ вводится понятие вложенных структур $\{G_{SISj1, \dots, jQ}, G_{ISPK1, \dots, kL}, P_{RABe1, \dots, eV}\}$, где, например, $G_{ISPK1, \dots, kL}$ означает, что k -й головной исполнитель имеет многоуровневую структуру из L уровней. Наличие вложенности структур определяется по задаваемому признаку вложенности q_{jl} : 1 – для j -го узла присутствуют вложенные структуры нижних уровней; 0 – для j -го узла отсутствуют вложенные структуры нижних уровней.

Раскрытие вложенных структур осуществляется в ходе имитационного моделирования с учетом при-

знаков вложенности. В программной модели учтены следующие свойства: модель состоит из узлов (работ) и переходов, описывающих последовательность выполнения; присутствуют условия синхронизации; под реализацией сетевого графика понимается реализация определенной совокупности переходов и узлов, достаточной для достижения цели ГПРАТ.

Предложенный подход позволяет планировать выполнение ГПРАТ с учетом сложного состава программы и связей между отдельными проектами.

С помощью системного имитационного моделирования учитываются разнообразные временные аспекты ГПРАТ и различные условия синхронизации работ проектов.

Решена задача перепланирования, которая часто возникает на начальных этапах формирования и выполнения ГПРАТ.

Литература

1. Емад А.Р. Системный подход для обоснования и выбора направлений развития авиационной техники // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2005. – № 2 (10). – С. 140 – 146.
2. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Титов С.А. Управление проектами: Справочник для профессионалов. – М.: Высш. шк., 2001. – 875 с.
3. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
4. Федорович О.Е., Прохоров А.В., Бабынин Н.М. Системный логистический анализ и управление распределенными технологическими комплексами производства сложных наукоемких изделий машиностроения // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2002. – Вып. 28. – С. 33 – 38.

Поступила в редакцию 30.06.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.