

*ЗГУРОВСКИЙ М.З.,
ПАВЛОВ А.А.,
МИСЮРА Е.Б.,
МЕЛЬНИКОВ О.В.*

МЕТОДЫ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Рассматривается алгоритмизация процесса принятия решений по выбору наилучшей альтернативы в блоке принятия решений, включенном в иерархическую модель планирования и управления сложными системами с сетевым представлением технологических процессов и ограниченными ресурсами.

The algorithm of decision making on selection the best alternative in the decision unit is considered. This unit is included to the hierarchical model of planning and control of complex systems with network representation of technological processes and limited resources.

Иерархическая модель планирования и управления сложными системами с сетевым представлением технологических процессов и ограниченными ресурсами

В [1, 2] представлена иерархическая модель планирования и управления сложными организационно-технологическими системами, состоящая из трех уровней (рис. 1): прогнозного, согласованного и точного планирования. В основу представленной модели планирования положен созданный на основе новой конструктивной теории математический аппарат решения труднорешаемых задач календарного планирования за критериями максимизации прибыли предприятий [1, 3].

В [4] указано, что возможность трехуровневой моделью планирования получать близкие к оптимальным расписания работ по различным критериям нельзя считать завершающим этапом планирования. Возникает задача выбора лицом, принимающим решение, наилучшей альтернативы в соответствии со слабо формализованной глобальной целью. Этот выбор осуществляется в блоке принятия решений, включенном в иерархическую модель (рис. 1).

В соответствии с трехуровневой моделью, построение распределения работ по ресурсам осуществляется в три этапа. Первый состоит в построении агрегированной модели. Если какие-либо работы выполняются в одном мультиресурсе в рамках одного захода в мультиресурс по одному заданию, то они агрегируются в одну агрегированную работу. Продолжительность выполнения агрегированной работы определяется ее критическим путем. Для каждого комплекса работ определяется критичес-

кий путь выполнения агрегированных работ. На основе агрегированной информации строится граф на критических путях заданий. Вершины полученного графа – это агрегированные работы, дуги отображают связи между мультиресурсами, регламентирующие технологию выполнения заданий.

Некоторые работы, принадлежащие разным заданиям, требуют выполнения в специализированных уникальных мультиресурсах, желательны в рамках одного захода в мультиресурс. В этом случае при выполнении некоторых условий, описанных ниже, формируется объединенная агрегированная работа, что на графе связности отображено общими вершинами. Для определения приоритетов заданий при построении согласованного плана выполнения заданий соответственно критериям оптимальности, важным является решение на первом уровне задачи «Минимизация суммарного взвешенного момента окончания выполнения заданий» (МВМ) для случая, когда весовые коэффициенты всех вершин графа связности, кроме конечных, равны нулю (см. [1]). В результате решения этой задачи формируется приоритетно-упорядоченная последовательность, определяющая очередность запуска агрегированных работ на выполнение.

Второй этап заключается в построении согласованного плана выполнения заданий с учетом указанных выше критериев оптимальности. Полученные на первом уровне приоритеты агрегированных работ служат дополнительной информацией, позволяющей



Рис. 1. Функциональная схема иерархической модели планирования и управления сложными системами

значительно повысить эффективность полученных решений. Полученный план проверяется на соответствие исходной агрегированной модели, при необходимости модель корректируется, после чего план выполнения заданий строится заново.

Построенные на втором уровне модели согласованные планы выполнения заданий по заданным критериям оптимальности передаются на блок принятия решений, в котором генерируется по различным критериям оптимальности в соответствии с поставленными требованиями целая серия возможных допустимых планов, отличающихся конкретным видом критерия, директивными сроками, весовыми коэффициентами, технологией реализации. В результате выбирается один план, передающийся на третий уровень системы для реализации. Если же план, удовлетворяющий поставленным требованиям, не получен, информация передается на первый уровень для коррекции: корректируются производственные ресурсы (мощности, материалы, рабочая сила), объемы выпускаемой продукции (состав портфеля заказов), меняются директивные сроки и т.д. Более подробное описание процедуры принятия решений приведено ниже.

Процедуры третьего уровня позволяют в соответствии с полученным планом для агрегированных работ построить распределение работ по ресурсам (так называемое точное планирование). На этом уровне решаются задачи по критериям оптимизации как для одного, так и для параллельных приборов [1].

Алгоритмизация процесса принятия решений

В блоке принятия решений процесс принятия решений разделен на два этапа. На этапе 1 формируются допустимые планы выполнения работ, на этапе 2 выбирается один из них, который и реализуется в течение планового периода.

Этап 1.

На основе результатов прогноза рыночной конъюнктуры, сформированного портфеля заказов, используя взаимосвязанные модели первого и второго уровня трехуровневой модели планирования, реализуются допустимые планы выполнения работ, каждый из которых может быть принят к реализации в

плановом періоді. При цьому можуть бути використані наступні можливості алгоритмічного забезпечення першого і другого рівня.

1) Допустимі плани виконання робіт генеруються з допомогою взаємопов'язаних моделей першого і другого рівня (плани виконання агрегированих робіт мультиресурсами) для того, щоб на етапі 2 процесу прийняття рішень максимально облегчити експерту отримання оцінки гарантованого виконання в задані терміни порівнюваних планів.

2) Критерій 1 [1] дозволяє будувати план виконання робіт, не прив'язуючись до конкретного замовника, орієнтуючись тільки на прогнозовану ринкову кон'юнктуру.

3) Критерій 3 [1] є змішаним: поряд з конкретними замовниками може реалізовуватися продукція, не прив'язана до конкретного споживача.

4) На етапі 1 значення критеріїв 4, 5, 7 [1] інтерпретуються як зменшення прибутку, якщо пропозиції замовників обмежені по термінам не можуть бути виконані виробничою програмою. Після остаточного узгодження з замовниками обмежень по термінам (вони можуть бути новими, і їм відповідає менший прибуток), штрафи за їх реальне невиконання по плану виконання робіт, обраному на етапі 2, можуть бути суттєво більшими.

5) Якщо генеруються плани виконання робіт за критеріями 2–7 [1] реалізують недостатню прогнозовану прибуток, або не повністю задовольняють обмеженням (не всі закінчують роботи можуть бути виконані точно в термін), аналізується можливість збільшення ресурсів системи, можливі зміни мережної технології, і відповідний план виконання робіт генерується знову.

б) С точністю до процедури зміни ресурсів і мережної технології процес генерації допустимих планів виконання робіт є повністю детермінованим і однозначно заданим взаємопов'язаними моделями трірівневої системи планування.

Етап 2.

З множини допустимих планів виконання робіт вибирається один, який і буде реалізований в плановому періоді. Здавалося б, очевидне рішення – вибирається той план, якому відповідає максимальна очікувана прибуток, – тим не менше, є невірним.

Справа в тому, що якщо плановий період є продовжувальним (одиниця вимірювання не менше місяця), то на величину реальної прибутку від реалізації допустимого плану виконання робіт впливає така кількість неформалізованих або принципово невимірних наперед факторів (частина з яких сформульована нижче), що задача вибору кращого плану виконання робіт з сгенерованого множини допустимих представляє собою проблему, сформульовану і ефективно розв'язану в [5, 6, 7, 8]. Насправді, враховуючи, що планувана прибуток від реалізації будь-якого допустимого плану виконання робіт є допустимою, необхідно вибрати той з них, у якого ризик від суттєвого зменшення плануваної прибутку є мінімальним. Сформульована задача вибору найкращої альтернативи з достатньо великої кількості альтернатив (генерація великої кількості допустимих планів виконання робіт не вимагає значительних ресурсів) в відповідності з неформалізованою глобальною метою. Її пропонується розв'язувати з допомогою модифікованого методу аналізу ієрархій Саати. Основною складністю, суттєво впливаю-

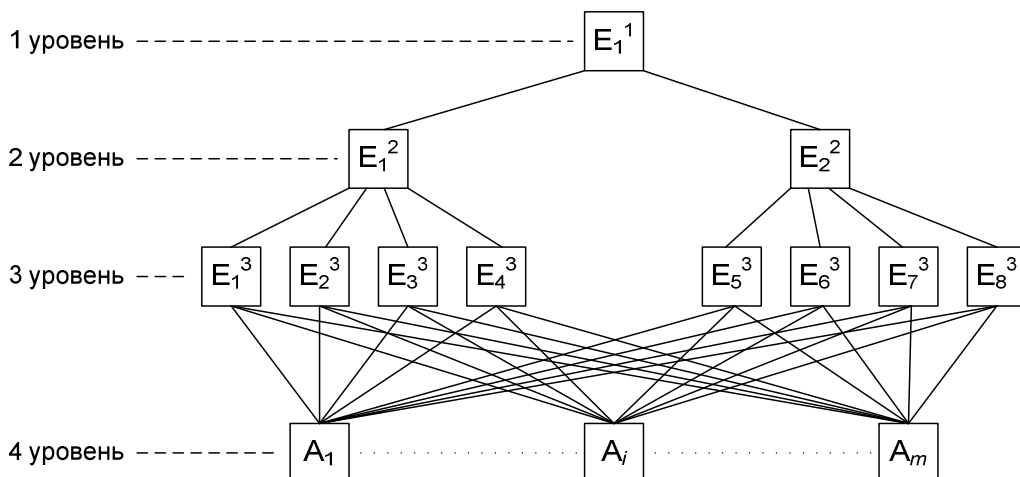


Рис. 2. Дерево ієрархій

щей на эффективность использования метода анализа иерархий и его модификации является построение дерева иерархии, адекватного рассматриваемой задаче.

Очевидно, что каждой конкретной системе планирования соответствует свое собственное дерево иерархий. Однако можно предложить (см. рис 2) инвариантное дерево иерархий, которое может быть использовано для решения реальных задач либо быть хорошей основой для построения индивидуального дерева иерархий.

Локальные вклады критериев $E_1^3 \dots E_4^3$ в критерий E_2^2 равны нулю.

Локальные вклады критериев $E_5^3 \dots E_8^3$ в критерий E_1^2 равны нулю.

Таким образом, дерево иерархий соответствует формальному представлению (см. раздел 7.1). E_1^1 – глобальная цель – найти допустимый рабочий план с минимальным риском существенного уменьшения планируемой прибыли.

E_1^2 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли для плана в случае его успешного выполнения.

E_2^2 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в случае срыва заданных ограничений по срокам.

E_1^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в силу ухудшения рыночной конъюнктуры, как следствие возможного локального (глобального) финансового кризиса.

E_2^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в силу возможного появления в планируемом периоде на рынке конкурентно эффективных альтернатив.

E_3^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в силу резкого увеличения затрат на выполнение допустимого плана, зависящих от возможной реализации ряда (определенных типом системы планирования) факторов, оценка которых не поддается детерминированному прогнозу.

E_4^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного изменения в худшую сторону финансовой стабильности заказчика (заказчиков).

E_5^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от неправильной оценки

ресурсных, трудовых, наукоемких затрат для выполнения допустимого плана. Фактор является существенным, когда допустимый план включает в себя выпуск качественно новой продукции.

E_6^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного несоответствия качества исходной продукции (полуфабрикатов, комплектующих изделий и т. д.) стандартам, влияющих на значение показателей качества выпускаемой продукции, что может привести к увеличению сроков выпуска результирующей продукции.

E_7^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного срыва запланированных сроков поставщиками.

E_8^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного ухудшения на плановом периоде функционирования системы ее финансового состояния, что может привести к срыву допустимых сроков плана выполнения работ.

Элементы матриц парных сравнений на четвертом уровне иерархии $\gamma_{ij}, i, j = \overline{1, m} (i \neq j)$ интерпретируются следующим образом: во сколько раз степень риска существенного изменения прибыли у допустимого плана выполнения работ A_i выше, чем у допустимого плана выполнения работ A_j как следствие возможной реализации условий, определяющих критерий $E_e^3, e = \overline{1, 8}$.

Элементы матриц парных сравнений на третьем уровне иерархий $\gamma_{ij}, i, j = \overline{1, 4} (i \neq j)$ интерпретируются следующим образом: во сколько раз вклад критерия E_i^3 весомей вклада критерия E_j^3 в критерий E_1^2 (либо в критерий E_2^2) с точки зрения существенного уменьшения планируемой прибыли.

Нормированные локальные веса ω_1, ω_2 при значениях $E_i^2(A_i)$ и $E_2^2(A_i)$ (см. раздел 7.1), окончательно реализуют интегральный вес альтернативы A_i :

$E_1^1(A_i) = \omega_1 E_1^2(A_i) + \omega_2 E_2^2(A_i), \quad i = \overline{1, m}$, веса $\omega_1, \omega_2 \geq 0$ непосредственно определяются экспертным путем. Можно лишь указать очевидную тенденцию: чем стабильнее финансовое состояние самой системы и эконо-

мики в целом, тем больше ω_2 по сравнению ω_1 (в предположении, что фактором появления на рынке конкурентно эффективной продукции можно пренебречь) – если план выполнения работ реализован, то риск от существенного уменьшения планируемой прибыли тем меньше, чем больше финансовая стабильность.

Наименьший риск существенного уменьшения планируемой прибыли имеют те планы выполнения работ, у которых результирующий вес $E_1^1(A_i)$ является наименьшим.

Пусть достоверно (статистически достоверно) найдены все результирующие веса альтернатив $E_1^1(A_i)$, $i = \overline{1, m}$ (эмпирические матрицы парных сравнений хорошо обусловлены, если используется метод анализа иерархий либо выполняются условия получения эффективного решения при использовании модификаций метода анализа иерархий, изложенные в главе 7). Тогда процесс принятия решений реализуется следующим образом:

1) Если допустимый план выполнения работ с минимальным результирующим весом имеет максимальную плановую (прогнозируемую) прибыль, – он и выбирается к исполнению.

2) Если имеется совокупность допустимых планов выполнения работ, для каждого из которых результирующий вес допустимо не отличается от минимального, то выбирается тот план выполнения работ, которому соответствует максимальная планируемая прибыль.

Общий случай.

а) Учитывая, что у всех планов выполнения работ планируемая прибыль является допустимой, выбирается та, которой соответствует минимальный результирующий вес.

б) Получение результирующих весов существенно упрощает лицу, принимающему решение (ЛПР) найти компромисс между желанием получить максимальную прибыль и возможностью понести существенные финансовые потери.

Таким образом, подводя итоги, можно утверждать, что хотя использование метода анализа иерархий и его модификаций не является единственной возможностью обоснованного выбора плана выполнения работ из множества допустимых в условиях неопределенности, тем не менее, и его реализация является не только допустимым, но и эффективным способом решения поставленной задачи.

Список литературы

- 1 Павлов А.А., Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении.– К.: Техника.– 2002.– 344 с.
- 2 Общая модель и методы иерархического планирования функционирования сложных организационно-производственных систем с ограниченными ресурсами / А.А. Павлов, Е.Б. Мисюра, О.В.Мельников, Сераржи Али Рухани // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2005.– №4.– С.7-24
- 3 Конвей Р.В., Максвелл У.Л. Теория расписаний.– М.: Наука, 1975.– 359 с.
- 4 Згуровский М.З., Павлов А.А. Иерархическое планирование в системах, имеющих сетевое представление технологических процессов и ограниченные ресурсы, как задача принятия решений // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2009.– №49. (в печати)
- 5 Математические модели оптимизации для обоснования и нахождения весов объектов по неоднородным матрицам парных сравнений / А.А. Павлов, В.И. Кут // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2007.– №3.– С.28-37
- 6 Павлов А.А., Лищук Е.И., Кут В.И. Многокритериальный выбор в задаче обработки данных матрицы парных сравнений // Вісник НТУУ “КПІ”. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. К.: “ВЕК+”, 2007.– №46.– С.84-88
- 7 Математические модели оптимизации для обоснования и нахождения весов объектов в методе парных сравнений / А.А. Павлов, Е.И. Лищук, В.И. Кут // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2007.– №2.– С.13-21
- 8 Павлов А.А., Иванова А.А., Зигура Р.А. Метод группового учёта аргументов и анализа иерархий (МГУАиАИ) в задачах принятия решений // Вісник НТУУ “КПІ”. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. К.: “ВЕК+”, 2007.– №47.– С.205-214