

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ КОМПРОМИСС ВРЕМЯ-РЕСУРСЫ В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ МУЛЬТИПРОЕКТНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

Н.Н. Клеванский

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Россия, 117997, Саратов, Театральная пл. 1

E-mail: nklevansky@yandex.ru

Ключевые слова: мультипроектное планирование, заявка, действие, распределение ресурсов, правила приоритетов, схема формирования расписания, многокритериальное ранжирование, гипервекторное ранжирование., заявка, действие, распределение ресурсов, правила приоритетов, схема формирования расписания, многокритериальное ранжирование, гипервекторное ранжирование.

Аннотация: Менеджеры крупных мультипроектов сталкиваются с необходимостью принятия трудных решений по распределению ресурсов с минимизацией среднего потребления ресурсов каждым проектом и минимизацией времени выполнения всего множества проектов. В основе предлагаемой методологии нахождения компромисса «время-ресурсы» лежит двухстадийная схема мультипроектного планирования. Целью первой стадии является агрегирование проектов. Каждая агрегация определяется решением RACP-модели (RACP – resource availability cost problem задача определения стоимости доступных ресурсов). Решение RACP-модели для агрегирования проектов осуществляется в пределах критического пути проекта. Во второй стадии агрегации проектов используются для выравнивания потребляемых мультипроектом ресурсов в пределах задаваемого интервала расписания. Обе стадии мультипроектного планирования реализованы в среде СУБД и включают по две схемы генерации расписаний (SGS - schedule generation schemes). Первая схема связана с формированием начального календарного графика и его последующей оптимизации с помощью второй схемы. Каждая схема циклична, так как содержит две «жадные» эвристики в виде правил приоритетов. В каждом цикле результат работы первого правила схемы используется вторым правилом. В каждом правиле осуществляется выбор наиболее приемлемого критерия загруженности или равномерности с принятием некоторых решений. В операциях выбора применяются различные методы ранжирования теории принятия решений. В формировании календарных графиков использованы «жадная» идеология и концепции равномерности и загруженности. Представлены численные результаты гипервекторного ранжирования критериев загруженности проектов в мультипроектном планировании.

1. Введение

В задаче мультипроектного планирования решаются взаимосвязанные проблемы планирования, координации и управления параллельно выполняемыми различными проектами. Мультипроектное планирование является широко развивающейся областью научных исследований. Мультипроектное окружение является сутью ведения дел в большинстве производственных и обслуживающих компаний. Различные исследовате-

ли отмечают этот факт. Так, например, 84% компаний испанской Валенсии работают одновременно с различными проектами [1].

Для обеспечения эффективности менеджеры мультипроектов должны оптимизировать время выполнения и распределение ресурсов. Время выполнения, то есть длительность выполнения мультипроекта, является наиболее важной частью управления проектом. Распределение ресурсов – вторая важная задача в управлении пилотными проектами. Литературные обзоры показывают, что распределение ресурсов присутствует во многих научно-исследовательских отчетах по управлению уникальными проектами. Для мультипроектного планирования эта задача более комплексна. Таким образом, распределение ресурсов является одной из главных проблем мультипроектного планирования.

Время (длительность выполнения) и стоимость (ресурсные инвестиции) – две наиболее важные характеристики мультипроекта. Однако эти характеристики не являются независимыми друг от друга. Как правило, более быстрое завершение мультипроекта обычно требует увеличения ресурсных инвестиций. Для статических мультипроектов длительность и стоимость определяются как компромисс между ними перед началом фазы проектирования. Из-за важности длительности и стоимости мультипроекта эти величины должны быть определены максимально точно во время планирования. «Важной составляющей планирования проекта являются оценки времени и стоимости. План будет настолько точен, насколько точны оценки времени и стоимости» [2].

Главной целью данного исследования является помощь менеджерам мультипроектов в ускорении их проектов и распределении надлежащих объемов ресурсов, чтобы сделать это ускорение возможным. Определенная цель исследования состоит в создании и использовании математической модели, которая позволит оптимизировать стоимость мультипроекта при ускорении его реализации.

2. Обзор сопутствующих исследований

Многие исследователи работали над проблемами, связанными с ускорением проектов и распределением ресурсов. Mohring R. H. был первым, кто в 1984 г. рассмотрел проблему требуемых ресурсов в управлении проектом [3]. Он определил две важные задачи в управлении проектом. Первая задача определена как задача недостаточности ресурсов с целью оптимизации, связанной с нахождением наименьшей длительности проекта при заданных объемах ресурсов. Вторая задача, связанная с определением наименьшей стоимости требуемых ресурсов при заданной длительности проекта, которая определена как задача недостаточного времени.

Предложен эффективный алгоритм оптимизации [4], основанный на итеративных решениях задачи управления проектом с помощью алгоритма ветвей и границ [5]. Поиск осуществляется с помощью так называемых точек разграничения всех возможных комбинаций доступных ресурсов. Для задачи RASP предложен алгоритм двух нижних границ с использованием релаксации по Лагранжу и метода генерации столбцов [6]. Для определения предельного значения длительности выполнения проекта предложена эвристика, увеличивающая доступность ресурсов использованием включения заявок работ при самых ранних стартах, а также при самых поздних [7]. Предложенная мультистартовая эвристика использована для проектов, длительность работ которых заранее неизвестна. Для мультипроектов, в которых отдельные проекты связаны отношениями предшествования, предложен двухстадийный подход [8]. Целью первой стадии является определение проектов как «макро-работ» с различными режимами, каждый из которых определяется решением математической модели для проекта в пределах заданного

бюджета, обеспечивающего завершение проекта. Авторы предполагают, что ряд возможных бюджетных ограничений для проекта может быть идентифицирован как «макрорежимы» для проекта. Сеть из отдельных проектов сформирована с использованием «макро-работ» с различными режимами, выраженных как задача планирования проекта с ограниченными многорежимными ресурсами, целевой функцией которой является максимизация чистой приведенной стоимости. Решение этой задачи обеспечивает необходимые времена начала и окончания проектов а также общие объемы возобновляемых и невозобновляемых ресурсов, которые проект может использовать в установленном интервале расписания. Вторая стадия подхода использует эту информацию для детального планирования отдельных проектов с минимизацией длительности выполнения при заданных объемах возобновляемых и невозобновляемых ресурсов. Еще одна математическая модель предложена для использования в фазах планирования и организации мультипроектных программ [9]. Модель оптимизирует затраты на завершение группы связанных проектов, ускоряя реализацию целой программы, чтобы сэкономить время. Подход для определения потребностей проектов в ресурсах в мультипроектном окружении связан с грубосокращенным планированием мощностей (rough-cut capacity planning – RCCP). Два варианта задачи RCCP определены в соответствии с проблемой недостаточных ресурсов и проблемой недостаточного времени [3] как задачи ведомых ресурсов и ведомого времени [10]. Авторы предлагают линейную программу для решения последней задачи – задачи ведомого времени для RCCP. В исследовании компромисса между задачей уменьшения продолжительности выполнения задачи и потреблением ресурсов привело автора к предположению, что более эффективно рассматривать компромисс между временем и потребляемыми ресурсами, чем компромисс между временем и затратами на выполнение задачи [11]. Компромисс между временем выполнения и стоимостью выполнения задач является агрегацией стоимости людских ресурсов и прочих затрат. Эта модель использует различные компромиссы между временем и ресурсами для каждого типа действующих ресурсов. Однако модель не определяет объемы ресурсов.

Политика управления различными ресурсами для мультипроектного планирования названа задачей назначения ресурсов (RDP - Resource Dedication Problem). Задача RDP определена как оптимальное назначение ресурсов различным проектам в заданных пределах ресурсов и минимизация предопределенной целевой функции [12].

3. Методология

Для мультипроектного планирования предлагается подход с двумя стадиями. Первая стадия подхода связана с агрегированием всех проектов. То есть их будущим использованием как «макро-работ». Каждая агрегация определяется решением RACP-модели проекта в пределах его критического пути [14]. Во второй стадии подхода агрегации проектов используются для выравнивания уровня потребляемых ресурсов в мультипроектном планировании для заданного интервала расписания (длительности выполнения мультипроекта) [15].

Обе стадии используют PR-эвристики [16]. Все PR-эвристики применяются в SGS. Различают последовательные SGS и параллельные SGS [17]. В последовательных SGS приоритет каждой работы рассчитывается один раз перед началом SGS-алгоритма, тогда как в параллельных SGS приоритеты динамически переопределяются а в случае необходимости на каждом шаге. В предлагаемом подходе используются параллельные SGS.

Таким образом, обе стадии подхода базируются на двух параллельных SGS и критериях требуемых ресурсов. Каждая SGS использует два PR. В первой SGS множество заявок трансформируется в начальное решение (расписание) с использованием правил приоритетов, обеспечивающих равномерность потребления ресурсов. Начальные расписания, получаемые алгоритмом первой SGS, оптимизируются во второй SGS. Оптимизация начальных расписаний базируется на критерии равномерности потребляемых ресурсов. В качестве Критерия принято среднеквадратичное отклонение от среднего уровня потребляемых ресурсов. Вторые SGS обеих стадий обеспечивают многокритериальный компромисс между временем выполнения и потребляемыми ресурсами.

Предлагается следующая методология Планирование оптимального отношения между длительностью выполнения мультипроекта и объемом требуемых ресурсов состоит в следующем:

- 1) Агрегирование всех проектов;
- 2) Установление интервала задаваемых длительностей выполнения мультипроекта;
- 3) Мультипроектное планирование для установленных интервалов расписания;
- 4) Принятие решения о нужной длительности выполнения мультипроекта и возможных объемах требуемых ресурсов.

4. Результаты численного применения

Для численного эксперимента были использованы случайно выбранные 15 проектов PSPLib [19]. В каждом проекте присутствует 30 работ, потребляющих 4 типа ресурсов.

Рис. 1 и 2 представляют результаты первой стадии предлагаемой методологии. На рисунках представлена агрегация одного из проектов. Слева находятся диаграммы Ганта работ проекта. Работы критического пути окрашены красным цветом. Представлены также интервалы возможных размещений работ. Справа от диаграмм Ганта показано потактовое потребление каждого из четырех ресурсов. Цифрами показаны максимальные значения потактового потребления ресурса. Вторые цифры показывают величины среднеквадратичного отклонения в % от средних значений.

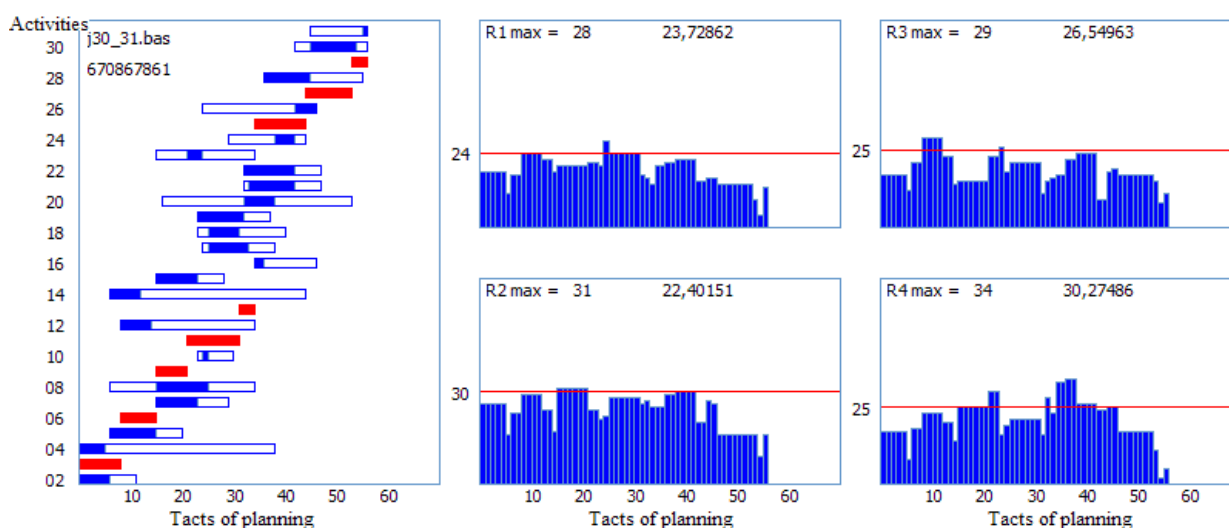


Рис. 1. Начальная агрегация проекта.

На второй стадии методологии осуществлено мультипроектное планирование для следующих интервалов расписания 80, 85, . . . 160 тактов планирования.

На рис. 3 и 4 представлены результаты планирования для одного из интервалов расписания. Вверху находится диаграмма Гантта для всех 15 проектов. Снизу находятся диаграммы потактового потребления каждого ресурса. Красная линия показывает уровень выделяемого ресурса. Цифры показывают максимальные значения потактового потребления ресурса. Вторая цифра показывает среднеквадратичное отклонение в % от средних значений

Рис. 5 представляет общие результаты 3-го пункта предлагаемой методологии. Диаграмма каждого ресурса содержит следующие обозначения: CRTS потактовое потребление ресурса; RMSD – значение среднеквадратичного отклонения; SDTP – длительность выполнения мультипроекта. Используя полученные результаты, менеджер может оптимизировать необходимое время и объемы потребляемых ресурсов.

Например, для представленного мультипроекта возможность потактового предоставления 1-го ресурса составляет 100 единиц. Для оставшихся трех ресурсов потребности составят 103, 108 и 106 единиц для каждого такта планирования. Длительность выполнения мультипроекта в этом случае составит 103 такта.

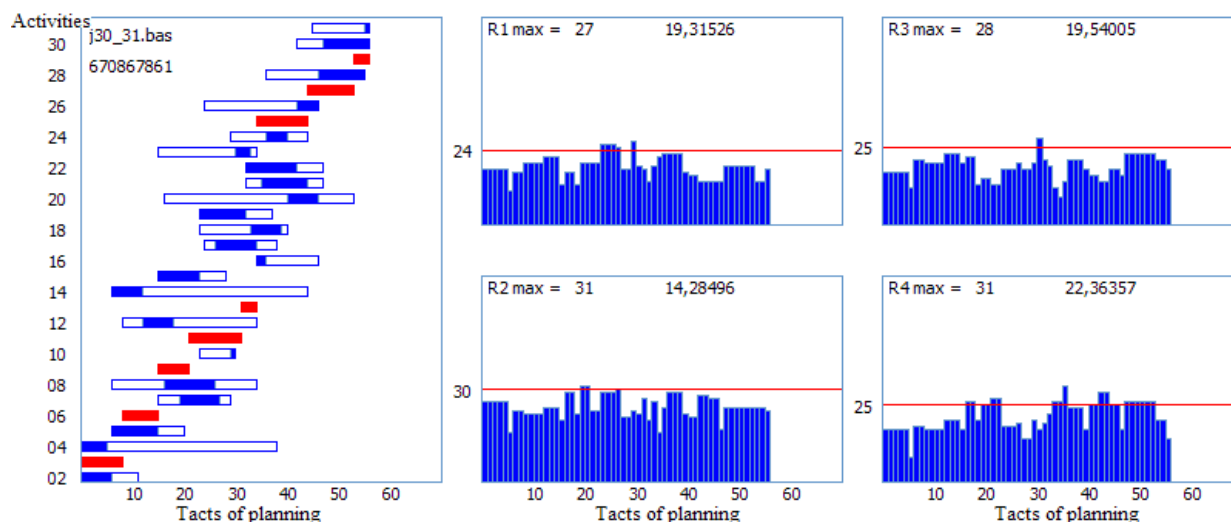


Рис. 2. Оптимизированная агрегация проекта.

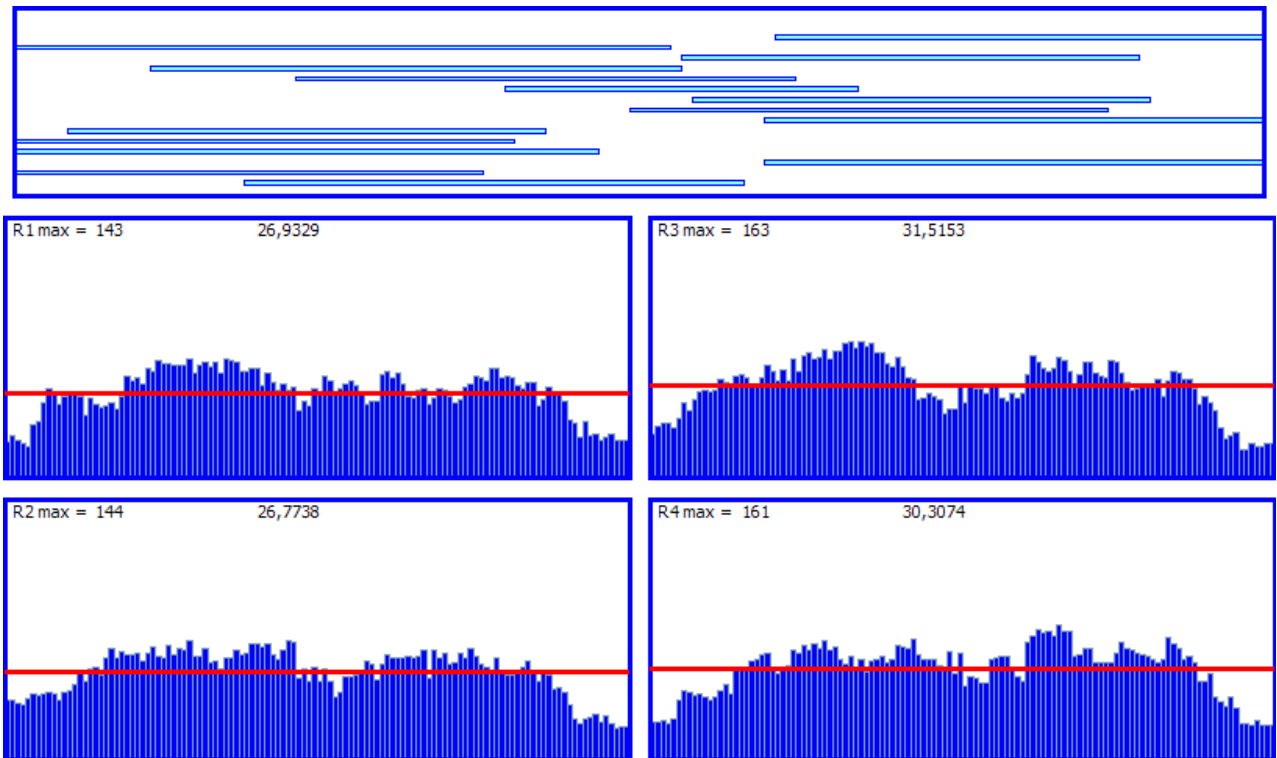


Рис. 3. Начальный календарный график мультипроекта.

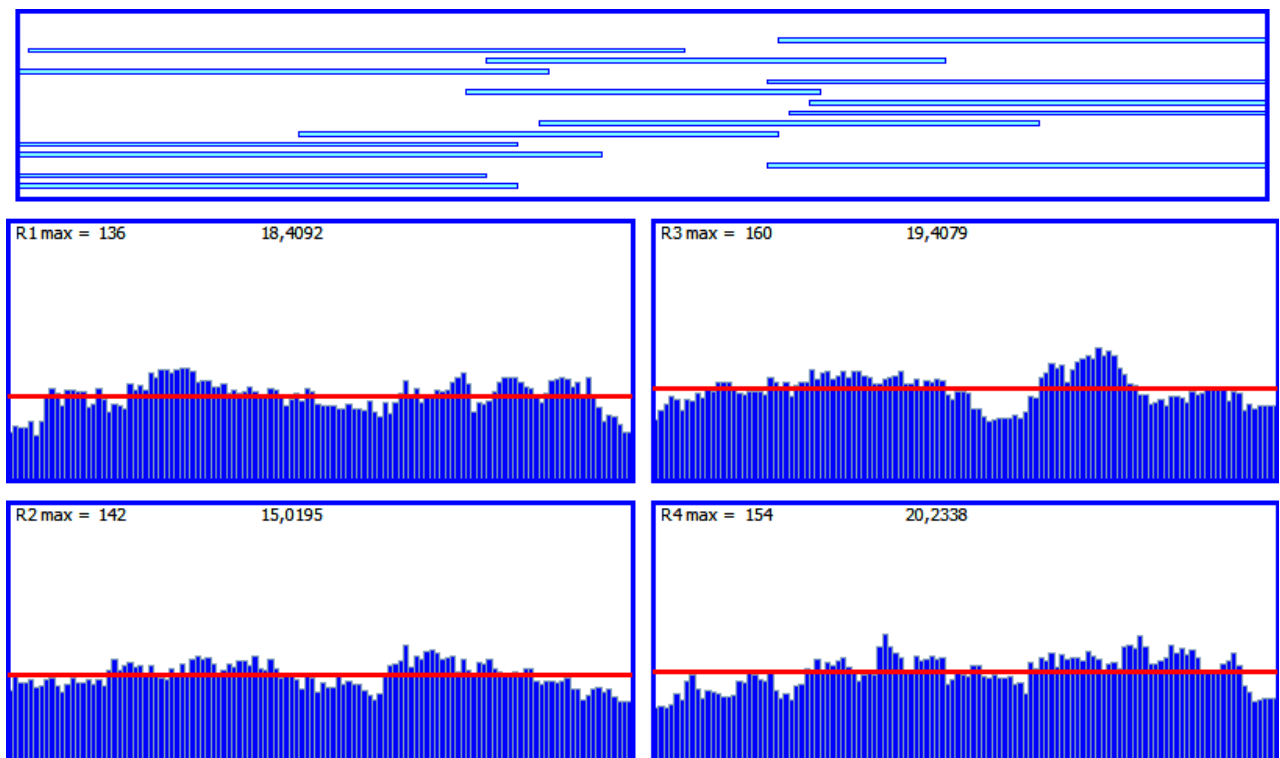


Рис. 4. Оптимизированный календарный график мультипроекта.

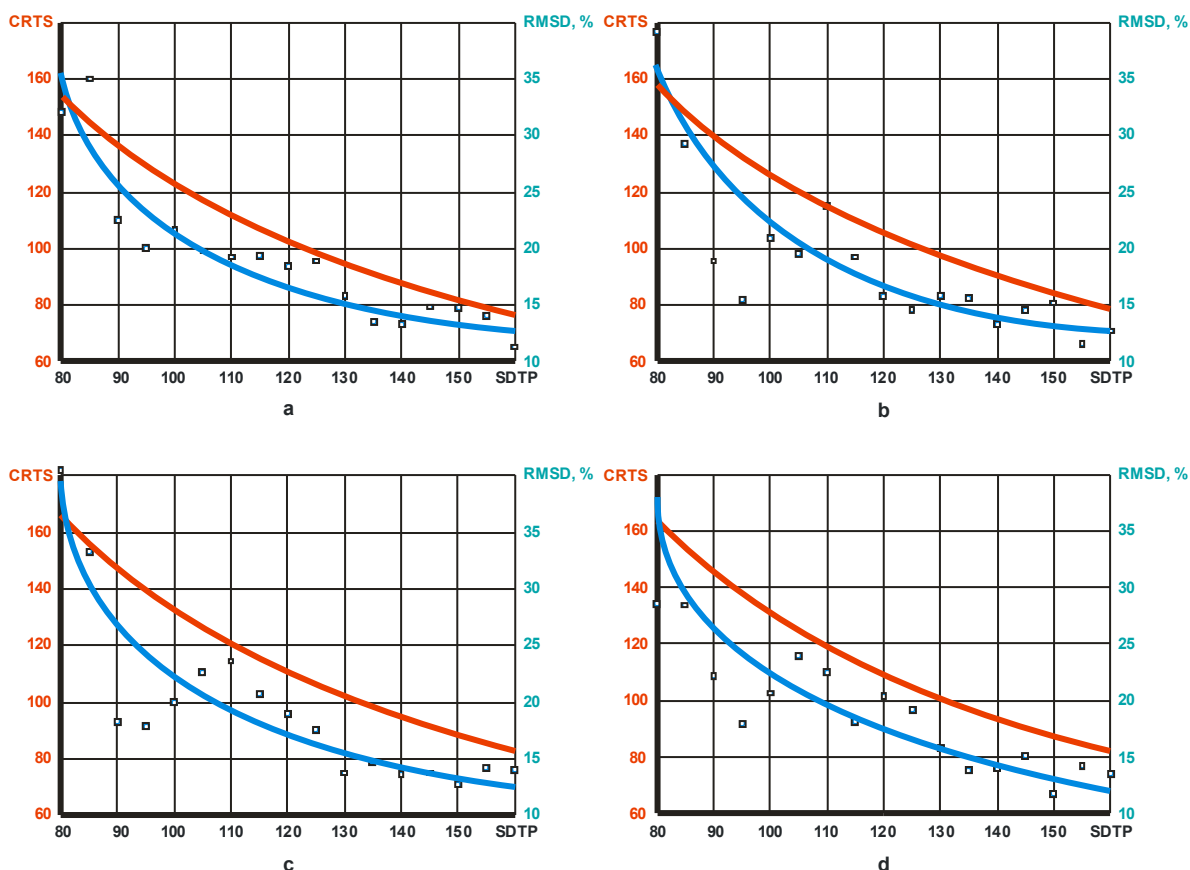


Рис. 5. Результаты 3-го пункта методологии:
 a – 1^й ресурс; b – 2^й ресурс; c – 3^й ресурс; d – 4^й ресурс

5. Заключение

Распределение ресурсов является трудным выбором для мультипроектного менеджмента. Предлагаемая методология позволит существенно снизить трудозатраты на этапе планирования мультипроекта

Кроме этого, визуализации агрегаций проектов расширяют когнитивность визуализаций расписаний [20].

Список литературы

1. Lova, A., Maroto C., Tormos P. A multi criteria heuristic method to improve resource allocation in multi-project scheduling // European Journal of Operational Research. 2000. Vol. 127. P. 408-424.
2. Adeli H., Karim A. Construction Scheduling, Cost Optimization, and Management: A New Model Based on Neurocomputing and Object Technologies, London, UK: Spon Press, 2001.
3. Mohring R.H. Minimizing costs of resource requirements in project networks subject to a fixed completion time // Operations Research. 1984. Vol. 32. P. 89-120.
4. Demeulemeester E. Minimizing resource availability costs in time-limited project networks // Management Science. 1995. Vol. 41. P. 1590-1598.
5. Demeulemeester E., Herroelen W. A branch-and-bound procedure for the multiple resource-constrained project scheduling problem // Management Science. 1992. Vol. 21. P. 944-955.
6. Drexl A., Kimms A. Optimization guided lower and upper bounds for the resource investment problem // Journal of the Operational Research Society. 2001. Vol. 2. P. 340-351.

7. Yamashita D.S., Armentano V.A., Laguna M. Robust optimization models for project scheduling with resource availability cost // *Journal of Scheduling*. 2007. Vol. 10. P. 67-76.
8. Speranza M.G., Vercellis C. Hierarchical models for multi-project planning and scheduling // *European Journal of Operational Research*. 1993. Vol. 64. P. 312-325.
9. Kane H., Tissier A. A resource allocation model for multi-project management // *Proc. of MOSIM '12. 9^e conférence internationale de modélisation, optimisation et simulation, Bordeaux, France*. 2012.
10. Gademann N., Schutten M. Linear programming based heuristics for project capacity planning // *IE Transactions*. 2004. Vol. 37. P. 153-165.
11. Azondekon S. A way to deal with time/resource trade-off problem // *Fifth International Conference of the International Research Network on Organizing by Project (IRNOP V)*. Renesse, The Netherlands. 2002.
12. Besikci U., Bilge U., Ulusoy G. Resource dedication problem in a multi-project environment // *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2013. Vol. 25, No. 1. P. 206-229.
13. Van Peteghem V., Vanhoucke M. Heuristic methods for the resource availability cost problem. In: Schwindt C., Zimmermann J. (Eds.) *Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 1. International Handbooks on Information Systems*. Springer, 2015.
14. Клеванский Н.Н., Красников А.А.. Алгоритмы агрегирования проектов // *Фундаментальные исследования*. 2016. Т. 2, № 3. С. 482-486.
15. Клеванский Н.Н., Красников А.А.. Алгоритмы формирования расписаний для сетевых структур заявок/работ // *Современные наукоемкие технологии*. 2016. Т. 4, № 3. С. 495-500.
16. Browning T.R., Yassine A.A. Resource-constrained multi-project scheduling: priority rule performance revisited // *International Journal of Production Economics*. 2010. Vol. 126, No. 2. P. 212-228.
17. Voctor F.F. Some efficient multi-heuristic procedures for resource-constrained project scheduling // *European Journal of Operational Research*. 1990. Vol. 49, No. 1. P. 3-13.
18. Клеванский Н.Н., Ткачев С.И., Красников А.А. Гипервекторное ранжирование в мультипроектном планировании // *Фундаментальные исследования*. 2017. Т. 5. С. 30-34.
19. Kolish R., Sprecher A. PSPLIB - A project scheduling library // *European Journal of Operational Research*. 1996. Vol. 96. P. 205-216.
20. Klevanskiy N.N., Antipov M.A., Krasnikov A.A. Cognitive aspects of timetable visualization: support decision making // *Procedia Computer Science*. 2017. Vol. 103. P. 94-99.