

Моделирование проектов

Владимир Либерзон, РМР
Директор по развитию
Спайдер Проджект

Модель проекта

- Хорошая модель проекта должна полностью отражать реальность, иначе ее нельзя использовать для планирования проекта и оценок “что если” для принятия обоснованных управленческих решений.
- Отражение реальности означает, что:
 - Свойства операций включают всю ту информацию, которую используют люди при планировании и управлении
 - Ресурсные данные включают всю ту информацию, которую используют люди при планировании проектов
 - Ресурсы назначаются так, как это делают люди
 - Стоимость назначается так же, как это делают люди

Расписание проекта

- Когда ресурсы проекта не ограничены, Метод Критического Пути легко составляет наилучшее расписание проекта.
- Но МКП не учитывает ограничений проекта по ресурсам, поставкам материалов и финансированию.
- При наличии таких ограничений поиск наилучшего расписания является сложнейшей задачей, которая не имеет однозначного математического решения, которое можно найти за приемлемое время.

Расписание проекта

- Пакеты управления проектами используют различные эвристические алгоритмы для составления расписаний с учетом ограниченности ресурсов проекта и расписания, которые они составляют для тех же самых проектов, существенно отличаются.
- Кроме того, у разных пакетов различные возможности по моделированию тех ситуаций, что встречаются в реальности, и, соответственно, по созданию моделей, которые можно использовать для оценки и принятия управленческих решений.

Содержание презентации

- В этой презентации мы обсудим свойства операций, ресурсов и назначений ресурсов, а также ограничения проекта, которые следует моделировать, чтобы модель проекта отражала реальность, и те приемы и методы управления, которые используют люди, а также возможности известных пакетов по составлению расписаний проектов с учетом ресурсных ограничений.

Свойства операций

- Большинство операций проекта относятся к одному из следующих основных типов:
- **Длительность** – у операции этого типа длительность является исходной информацией и не зависит от ее объема работ
- **Производительность** – у операций этого типа исходной информацией является объем работ, а длительность определяется производительностью назначенных ресурсов
- **Гамак** – длительность определяется внешними событиями, операция длится от одного события до другого
- **Контрольное событие** – операция нулевой длительности, обычно отражающая значимое событие проекта

Свойства операций

- Стоимость и потребность в материалах может задаваться как:
 - Фиксированная (не зависит от объема и длительности)
 - За единицу объема
 - За единицу длительности (обычно за час)
- Календарь операции определяет периоды времени, когда она может выполняться
- Операции принадлежат к одному типу, если у них общие характеристики (стоимость и расход материалов на единицу объема, производительность назначенных ресурсов и т.п.)

Свойства ресурсов

- Ресурсы проекта делятся на два основных класса:
- **Возобновляемые** ресурсы, которые могут использоваться снова после того, как они выполнят работу на операции
- **Невозобновляемые**, которые расходуются на операциях, на которые были назначены (материалы), и не могут использоваться снова
- Свойства возобновляемых ресурсов включают:
 - Количество (возможно переменное)
 - Стоимость часа работы
 - Календарь
 - Потребление материалов за час работы

Свойства ресурсов

- Свойства невозобновляемых ресурсов (материалов) включают:
 - Единицу измерения
 - Стоимость за единицу (возможно переменную)
- У материалов нет специальных календарей
- Ресурсы (и возобновляемые, и невозобновляемые) могут производиться на операциях проекта (примеры: мобилизация возобновляемых ресурсов, поставки материалов) и расходоваться (выводиться из проекта для возобновляемых ресурсов)

Назначения ресурсов

- Ресурсы могут назначаться на исполнение операций по разному:
- Командные назначения означают, что назначенные ресурсы работают только вместе
- Независимые назначения означают, что ресурсы работают на операции независимо друг от друга и могут работать в разное время
- Через независимые назначения можно моделировать работу в несколько смен.

Назначения ресурсов

- Назначения могут быть **частичными**, когда ресурс занят на операции только часть своего рабочего времени. В этом случае остаток рабочего времени может быть использован на других работах.
- Назначения могут быть **переменными**, когда задается не определенное количество и загрузка ресурсов на операции, а диапазоны, то есть минимальные и максимальные количество и загрузка.
- **Производительность** ресурсов на назначениях определяет длительность операций типа производительность.

Назначения ресурсов

- Свойства назначений могут также включать стоимость назначения и потребление материалов ресурсами, которые могут быть заданы как **фиксированные, на единицу объема** или **на единицу времени работы**
- Еще одним способом назначения ресурсов является назначение **ролей**. Ресурсы могут выполнить ту же роль, если они способны выполнить операцию определенного типа, хотя и с разной производительностью
- Автоматический выбор и назначение ресурсов, способных выполнить назначенные роли, в процессе расчета расписания называется **skill scheduling**

Взаимосвязи операций

- Обычные связи типа FS, SS, FF и SF связывают начальные и конечные точки операций зависимостями типа Не Раньше Чем.
- Зависимости SS и FF означают, что операции могут выполняться параллельно, но, возможно, с некоторым сдвигом во времени и пространстве. То есть исполнение следующей операции может начинаться после того, как на предшествующей выполнен определенный объем. Этот объем мы называем **объемной задержкой**.
- **Временная задержка** определяет интервал времени между событиями начала и завершения взаимосвязанных операций.

Взаимосвязи операций

- **Временная задержка** определяет интервал времени между событиями начала и завершения взаимосвязанных операций.
- Временные задержки обычно используются для операций типа длительность и у временной задержки может быть собственный календарь.
- В некоторых моделях полезно использовать зависимости между определенными точками взаимосвязанных операций типа 50% объема предшествующей операции должно быть выполнено до выполнения 20% последующей. Такие зависимости мы называем связями с двойной задержкой.

Условные сети

- В реальной жизни состав работ проекта может зависеть от многих причин. Так, например, если проект опаздывает больше, чем на определенное количество дней, либо произойдет некоторое рисковое событие, могут быть задействованы дополнительные ресурсы или использоваться другая технология.
- В таких проектах полезно использовать **условные сети**, в которых вручную или автоматически выбирается тот или иной способ дальнейшей реализации проекта.

Условные сети

- К сожалению большинство пакетов не моделируют:
 - Объемы операций
 - Потребление материалов возобновляемыми ресурсами
 - Производительность ресурсов
 - Автоматический выбор ресурсов по ролям
 - Единичные расценки и нормы расхода материалов
 - Сменную работу
 - Переменную загрузку ресурсов
 - Объемные задержки
 - Условные сети и многое другое

Оптимизация расписаний

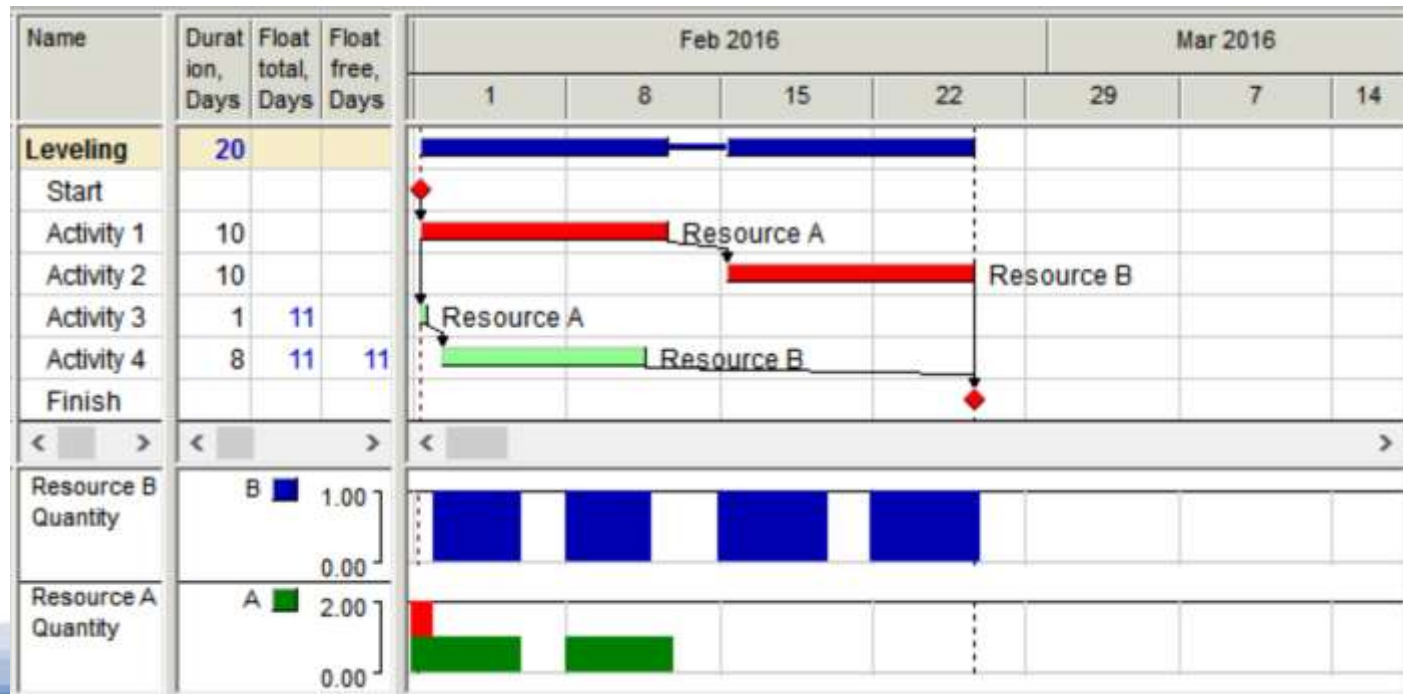
- В управлении проектами считается, что более короткое расписание, удовлетворяющее всем ограничениям, является наилучшим.
- Преимущества раннего завершения включают:
 - Экономии затрат за счет снижения накладных расходов
 - Экономии затрат за счет оптимального использования ресурсов
 - Скорейший возврат инвестиций
 - Больше удовлетворение клиента
- Пакет, который составляет более короткие расписания, может сэкономить огромные затраты для своих пользователей

Оптимизация расписаний

- Эвристики расчета расписаний основываются на некоторых правилах, которые определяют какие из операций, нуждающихся в дефицитном ресурсе, выполнять в первую очередь, а какие откладывать.
- Одни пакеты используют единственную эвристику, другие позволяют пользователю выбрать эвристику из списка, третьи используют сложные итеративные процессы для поиска наилучшего расписания.
- В результате они составляют разные расписания для тех же самых проектов и планировщики должны анализировать предложенные расписания на предмет потенциального улучшения.

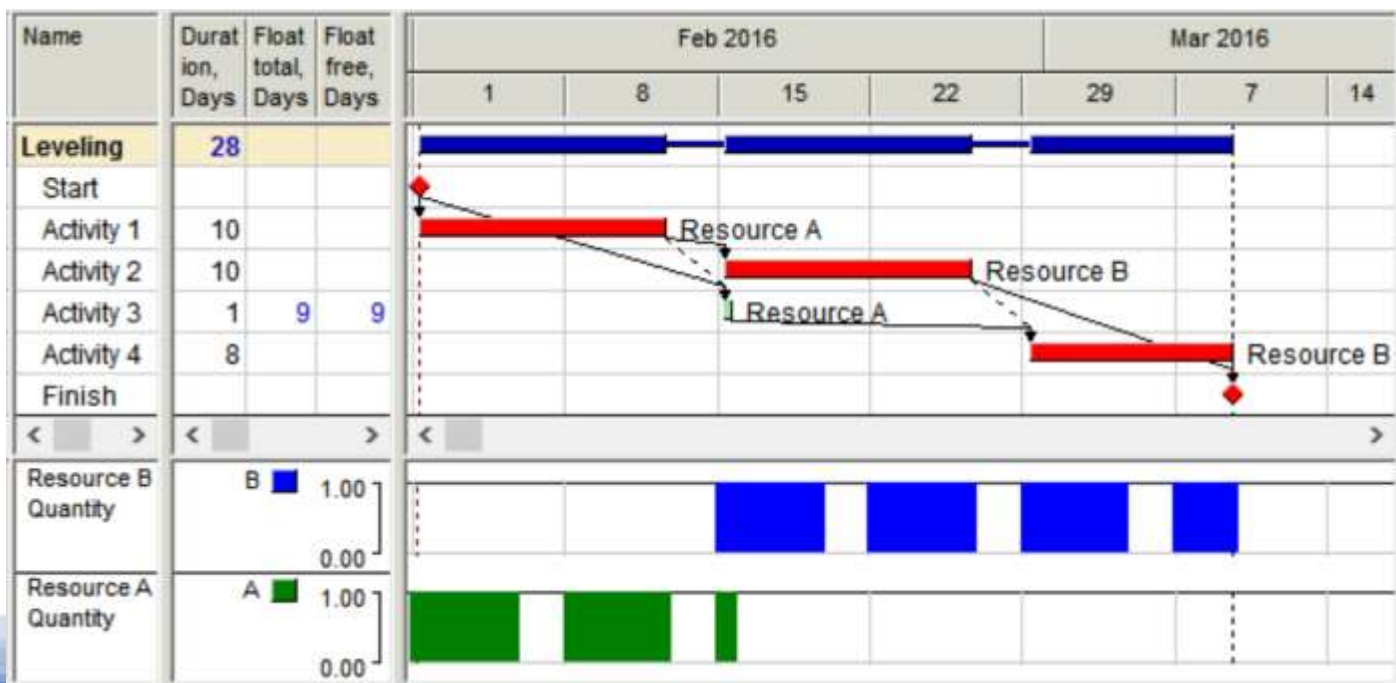
Оптимизация расписаний

- Давайте рассмотрим простой пример, представленный ниже. Это расписание составлено методом критического пути и ресурс А перегружен. Критический путь образуют операции 1 и 2, у операций 3 и 4 полный резерв составляет 11 дней, но расписание нежизненное и должно быть пересмотрено.



Оптимизация расписаний

- Наиболее распространенная эвристика выравнивания ресурсов присваивает максимальные приоритеты операциям с минимальным полным резервом в расписании, составленном методом критического пути.
- Используя это правило получим следующее расписание:



Оптимизация расписаний

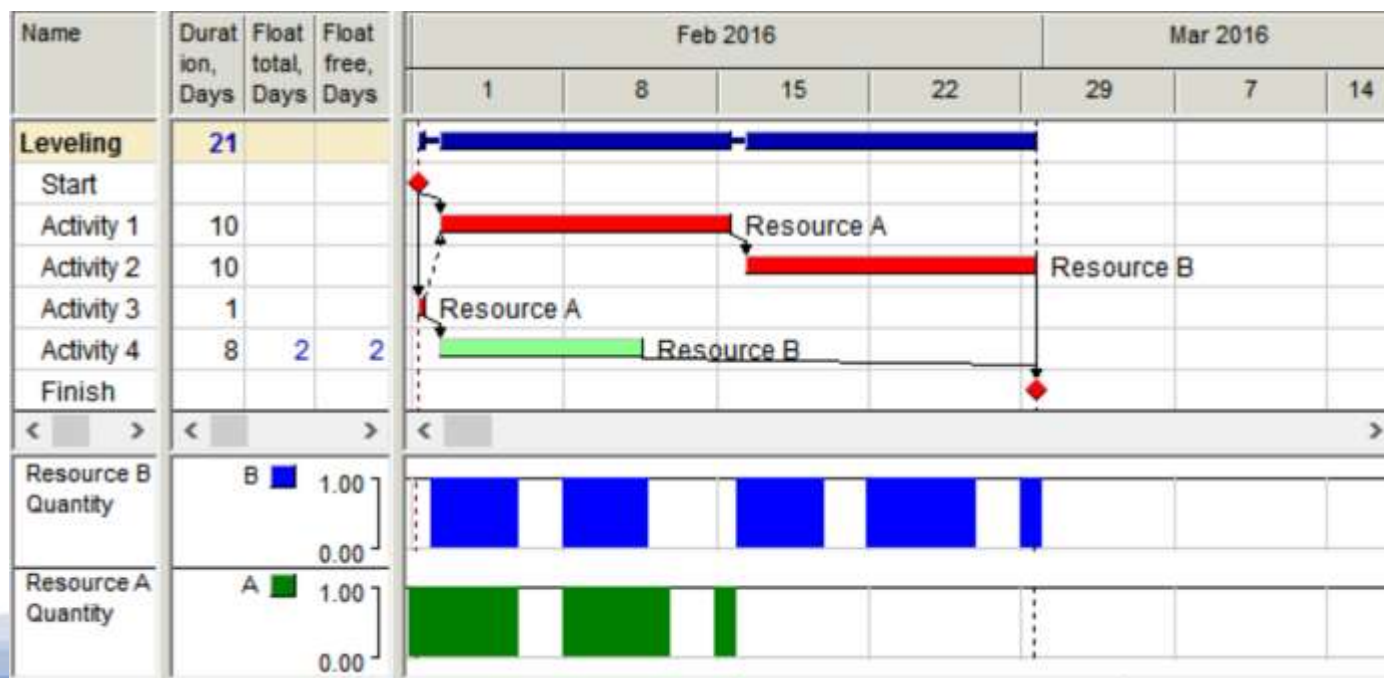
- Резервы операций в расписании должны определяться в результате прямого и обратного прохода с учетом всех имеющихся ограничений.
- Цепочка операций с наименьшим полным резервом (обычно нулевым) называется Ресурсным Критическим Путем или Критической Цепью.
- В нашем примере это операции 1, 2 и 4 (и конечно контрольные события начала и завершения проекта).
- Если ресурсы не ограничены, Ресурсный Критический Путь и обычный Критический Путь совпадают. То есть обычный Критический Путь это частный случай Ресурсного Критического Пути.

Оптимизация расписаний

- Резервы операций и Ресурсный Критический Путь зависят от применяемых эвристик, как и само составленное расписание.
- Если программа позволяет использовать несколько эвристик, то имеет смысл попробовать разные и выбрать такую, которая составляет наилучшее расписание.
- Если же программа сама оптимизирует расписание, то результат оказывается лучше применения любой простой эвристики, поскольку компьютер переберет больше вариантов, чем способен человек, и к тому же алгоритмы более совершенны.

Оптимизация расписаний

- Операции могут быть критическими в одном расписании и иметь полные резервы в другом, как, например, в оптимальном расписании для нашего проекта, представленном ниже.
- На это нужно обратить внимание планировщикам, использующим разные пакеты, и обменивающимися своими моделями.



Оптимизация расписаний

- Требования к моделированию зависят от природы проектов, зрелости планирования и других факторов.
- Но в любом случае люди могут ожидать, что их программы управления проектами создают хорошие расписания для их проектов.
- Сравнительный анализ возможностей популярных пакетов по составлению расписаний исполнения работ может помочь выбрать наилучшее решение и понять насколько вероятно составленное конкретным пакетом расписание может быть улучшено.

Тестирование пакетов

- Алгоритмы выравнивания ресурсов Microsoft® Project®, Oracle Primavera P6 и Spider Project не так давно были протестированы в Голландии на совокупности тестовых проектов.
- Эти тестовые проекты были выбраны из следующих соображений:
- Кто угодно может проверить результаты тестирования
- Те же проекты можно использовать для тестирования других пакетов, умеющих выравнивать ресурсы
- Выбор проектов должен быть абсолютно независимым

Тестирование пакетов

- Исходя из этих соображений были выбраны проекты из Resource-Constrained Project Scheduling Problems (RCPSP) библиотеки Project Scheduling Problem Library – PSPLIB, разработанной Техническим Университетом Мюнхена.
- Библиотека содержит наборы проектов для тестирования алгоритмов ресурсного планирования. Проекты очень простые – связи только FS, назначения ресурсов только командные со 100% загрузкой, одинаковый для всех календарь и т.д.
- Во всех тестах не допускались разрывы операций

Тестирование пакетов

- Библиотека PSLIB содержит 2040 проектов, включая:
- 480 состоящих из 30 задач и использующих 4 ресурса (j120 series)
- 480 состоящих из 60 задач и использующих 4 ресурса (j90 series)
- 480 состоящих из 90 задач и использующих 4 ресурса ((j60 series)
- 480 состоящих из 120 задач и использующих 4 ресурса (j30 series)
- Были выбраны 25 наиболее интересных (10 состоящих из 120 задач, 5 состоящих из 90 задач, 5 состоящих из 60 задач, 5 состоящих из 30 задач).
- Наиболее интересными сочли те проекты, у которых максимальное отношение длительности после выравнивания к длительности, рассчитанной МКП.

Тестирование пакетов

- Расписания отобранных 25 проектов были рассчитаны, используя 3 популярные пакета управления проектами и различные версии Microsoft Project.
- Конкретно следующие версии были использованы:
 - Spider Project 11.03.155
 - Primavera P6 v 15.1
 - Microsoft Project 2007, Microsoft Project 20010, Microsoft Project 2013, Microsoft Project 2016.
- Планировалось также включить в тестирование Asta PowerProject, но оказалось, что Asta не умеет работать с командными назначениями ресурсов и вообще не может составить расписания пакетов из PSLIB.

Тестирование пакетов

- При тестировании ставилась цель получить наилучшее расписание, которое пакет мог составить автоматически.
- Для Microsoft Project не было иного выбора, кроме использования стандартного алгоритма выравнивания.
- Oracle Primavera P6 тоже тестировалась для стандартного алгоритма выравнивания, но P6 дополнительно позволяет пользователям выбрать другие приоритеты.
- Trautmann и Baumann тестировали 196 комбинаций приоритетов P6 и рекомендовали использовать “Лучший из трех” алгоритм для Primavera software.

Тестирование пакетов

- Они рекомендовали составить три графика, используя 3 правила приоритетов (А, В, С) и выбрать лучший:
- Правило А: late start (1st), late finish (2nd)
- Правило В: late finish (1st), duration (2nd)
- Правило С: free float (1st), late start (2nd)
- Хотя авторы считают, что менять приоритеты вручную в поиске лучшего расписания это что-то среднее между автоматическим и ручным выравниванием, это выглядит практичным, поскольку количество правил невелико.
- Так что Р6 также тестировалось и по подходу “лучшее из трех правил”.

Тестирование пакетов

- Spider Project также предоставляет возможность использовать различные приоритеты, но в этом нет необходимости так как инструмент включает алгоритм Оптимизация Плюс, используя который пакет ищет наилучшее расписание автоматически.
- Microsoft Project 2013 и 2016 показали абсолютно одинаковые результаты. Поскольку большинство пользователей использует последние версии, сравнение проводилось именно с ними.
- Но предыдущие версии Проджекта показали другие результаты и мы обсудим сложившуюся тенденцию.

Тестирование пакетов

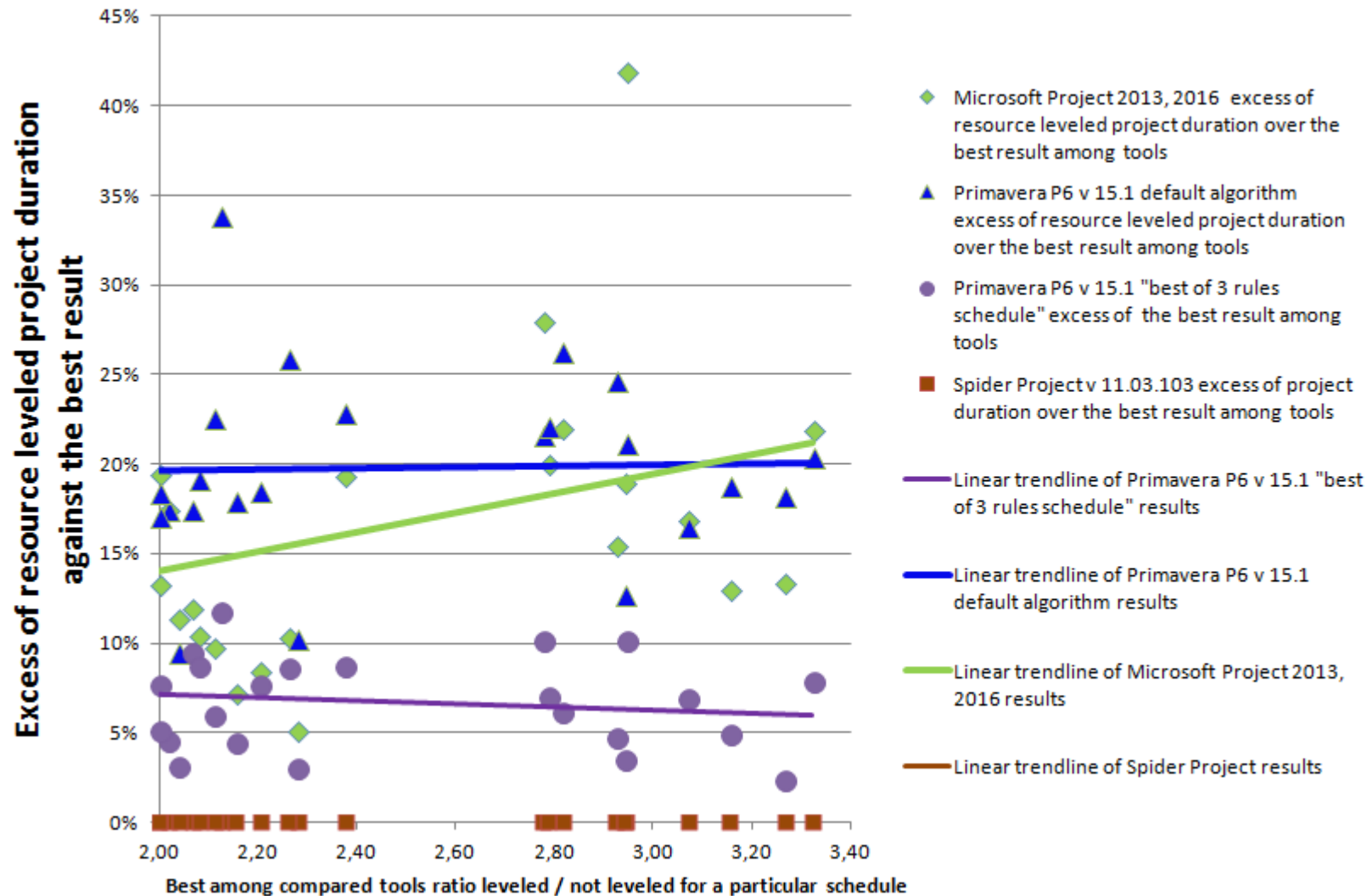
- Для сравнения результатов выравнивания была выбрана следующая интегральная метрика, которая представляется наиболее интересной для пользователей:
- Среднее отношение (длительности расписания после и до выравнивания)
- Среднее превышение длительности составленного расписания по сравнению с наилучшим, полученным любым из сравниваемых пакетов,
- Процент проектов, в которых пакет составил самое короткое расписание и занял второе, третье или четвертое место.

Результаты тестирования

- Итоговая статистика результатов тестирования пакетов

	Microsoft Project	Spider Project	Primavera P6 Default	Primavera P6 Best of 3 rules
Отношение выравненной и невыравненной длительности	2,88	2,46	2,95	2,62
Среднее превышение длительности по отношению к самой короткой длительности	16,48%	0,00%	19,78%	7%
% самых коротких расписаний	0	100	0	0
% расписаний со второй длительностью	4	0	0	100
% расписаний с третьей длительностью	64	0	36	0
% расписаний с четвертой длительностью	32	0	64	0

Результаты тестирования



Результаты тестирования

- Во всех 25 случаях Spider Project составил самое короткое расписание
- В 24 случаях при использовании лучшего из 3-х правил P6 составил более короткое расписание, чем Microsoft Project. В одном случае длительности были одинаковы.
- Алгоритм по умолчанию Microsoft Project в среднем составляет лучшие расписания, чем алгоритм по умолчанию P6, но не всегда.
- Пользователям Oracle Primavera P6 рекомендуется использовать “лучшее из трех” правило, которое позволяет значительно улучшить расписание проекта по сравнению с расписанием по умолчанию.

Результаты тестирования

- Во всех 25 случаях Spider Project составил самое короткое расписание
- В 24 случаях при использовании лучшего из 3-х правил P6 составил более короткое расписание, чем Microsoft Project. В одном случае длительности были одинаковы.
- Алгоритм по умолчанию Microsoft Project в среднем составляет лучшие расписания, чем алгоритм по умолчанию P6, но не всегда.
- Пользователям Oracle Primavera P6 рекомендуется использовать “лучшее из трех” правило, которое позволяет значительно улучшить расписание проекта по сравнению с расписанием по умолчанию.

Результаты тестирования MS Project

- Результаты тестирования различных версий Microsoft Project показало растущую деградацию алгоритмов выравнивания ресурсов от версии 2007 к версии 2013/2016.

Обобщенная статистика	MSP 2007	MSP 2010	MSP 2013 & 2016
Среднее отношение после и до выравнивания	2,78	2,81	2,88
Среднее превышение длительности по отношению к самой короткой длительности	0,77%	1,65%	3,95%
% самых коротких расписаний	60	36	16
% расписаний со второй длительностью	20	52	32
% расписаний с третьей длительностью	20	12	52

Ручное выравнивание

- Если планировщик не удовлетворен составленным расписанием, он может попробовать улучшить его вручную. Это может быть сделано, задавая приоритеты операций, добавляя фиктивные взаимосвязи или искусственные ограничения типа Начало не раньше чем.
- Но когда проект не очень маленький и использует много ограниченных ресурсов ручное выравнивание сложный процесс, отнимающий много времени. Если пытаться получить наилучшее расписание, придется оценивать много сценариев “что если” и все же шансов найти наилучшее решение немного просто потому, что люди способны сравнить ограниченное количество вариантов.

Ручное выравнивание

- Но наиболее серьезные проблемы возникают при исполнении проекта. Обычно проекты исполняются не в полном соответствии с составленным планом и расписания приходится пересчитывать.
- При этом необходимо пересматривать ранее введенные искусственные зависимости и приоритеты и проводить ручное выравнивание снова и снова. Это слишком трудоемко, чтобы быть практичным.
- При ручном выравнивании мы рекомендуем использовать приоритеты операций, которые легче удалить и назначить вновь, а не искусственные связи и ограничения.

Стабилизация расписания

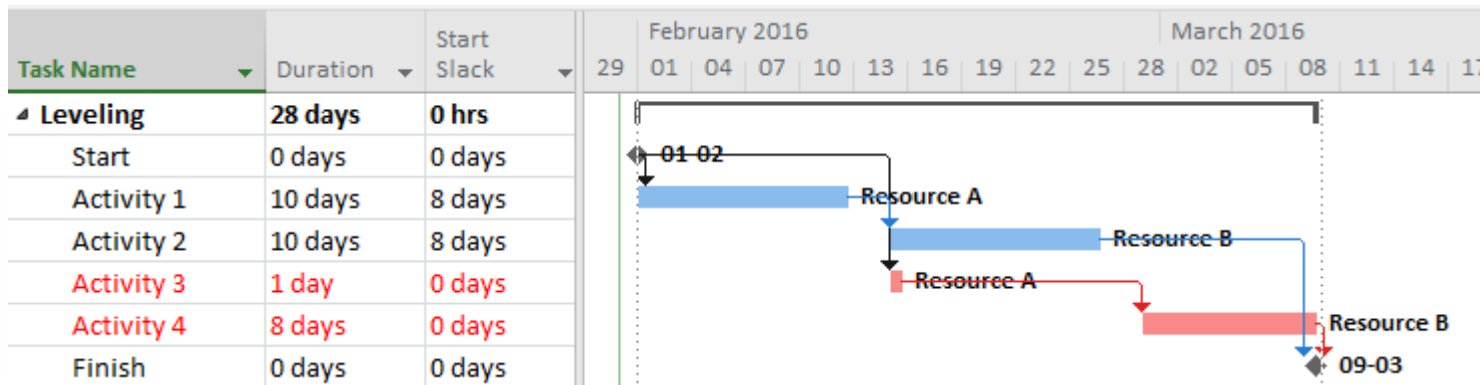
- Когда расписание составлено и утверждено, изменение порядка исполнения операций в процессе исполнения проекта может оказаться нежелательным.
- Но автоматическое выравнивание может кардинально изменить расписание оставшихся работ в связи с произошедшими изменениями (например после ввода учетной информации).
- Когда такие изменения нежелательны, необходимо иметь опцию стабилизации расписания при выравнивании ресурсов, чтобы исходный порядок выполнения операций оставался приоритетным.

Информация модели

- Модель проекта, разработанная с учетом ограниченности имеющихся ресурсов, должна снабжать планировщика всей той же информацией, что и в случае использования Метода Критического Пути.
- Эта информация должна включать полные и свободные резервы операций, ресурсный критический путь и т.д.
- К сожалению большинство пакетов рассчитывают их неверно и на просчитанные ими показатели нельзя полагаться.

Расписание MS Project

- Давайте, например, рассмотрим расписание, составленное для нашего примера пакетом MS Project:



- Вы можете заметить, что составленное расписание не оптимально, а полные резервы операций неверны.
- Операция 3 показана критической, хотя у нее 9-дневный свободный резерв, а у операций 1 и 2 показан 8-дневный полный резерв, хотя в этом расписании эти операции являются критическими.

Заключение

- Моделирование проектов может быть полезным только в случае, если модель проекта адекватно отражает логику и ограничения проекта и его ресурсов.
- Кроме того, важно, чтобы пакеты управления проектами были способны составить хорошие графики реализации проектов, иначе им не будут доверять.
- Настоящая презентация может помочь определиться со своими требованиями к пакетам управления проектами, а также с пониманием сильных и слабых сторон используемых инструментов.

Спасибо за внимание!

Если будут вопросы можете написать

E-mail: v.liberzon@gmail.com