

Моделирование проектов

Владимир Либерзон
Директор по развитию
Спайдер Проджект
v.liberzon@gmail.com



Модель проекта

- Под моделью проекта понимается не модель объекта проекта, а модель его процессов, используемая для разработки и оптимизации плана его реализации и анализа исполнения.
- Модель проекта – это инструмент руководителя для принятия обоснованных управленческих решений.
- Хорошая модель должна уметь составить близкий к оптимальному график его реализации с учетом всех имеющихся ограничений, проанализировать риски проекта и определить необходимые резервы, обеспечивающие достаточную надежность достижения директивных показателей, ответить на любые вопросы «что если» и провести техническую диагностику качества самой себя.

Модель проекта

- Модель проекта должна учитывать все то, что учитывают люди при принятии управленческих решений. Иначе ей просто не будут доверять и использовать как управленческий инструмент.
- Диаграмма Гантта, Сетевая диаграмма, Циклограмма, двух и трехмерные представления графиков – это различные виды представления результатов расчета расписания проекта в модели проекта.
- В этой презентации мы кратко опишем из каких объектов состоит модель проекта, какие свойства этих объектов нужно уметь моделировать, какие результаты моделирования могут быть получены.

Операции

- Большинство операций проекта относятся к одному из следующих основных типов:
- **Длительность** – у операций 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

Операции

- **Основные характеристики операции:**
- объем работ, длительность, стоимость (фиксированная, в час или за единицу объема), приоритет, потребность в материалах (фиксированная, в час или на единицу объема), календарь операции и временные ограничения, назначенные ресурсы, можно ли прерывать исполнение операции и перебрасывать ресурсы на более приоритетные работы (если да, то на сколько времени), нужно ли выполнять операцию непрерывно или можно частично выполнить в один день и продолжить на следующий, можно ли удлинить исполнение работы за счет меньшей загрузки назначенных ресурсов для оптимизации графика работ, исполнять ли работу как можно скорее или отодвинуть как можно дальше, а также **тип** операции (об этом позднее особо).

Ресурсы

- 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, тип ресурса
- **Свойства материалов:**
 - единица измерения, стоимость за единицу (возможно переменная)

Мультиресурсы и Роли ресурсов

- Работы часто выполняются определенными бригадами ресурсов и удобно назначать не индивидуальные ресурсы, а сразу всю бригаду. При этом состав бригады можно в любой момент изменить, и это изменение отразится сразу на всех ее назначениях. В Спайдере такие группы ресурсов названы **мультиресурсами**.
- Кроме того, можно составить списки ресурсов, имеющих определенные квалификации, и назначать на исполнение работы не конкретные ресурсы, а определенные квалификации (**роли**). В процессе расчета расписания проекта программа может автоматически выбрать какие ресурсы, обладающие назначенными квалификациями, на каких работах использовать, чтобы оптимизировать график исполнения проекта.

Назначения ресурсов

- Ресурсы могут назначаться на исполнение операций по разному:
- **Командные назначения** означают, что назначенные ресурсы (роли, мультиресурсы) могут работать только вместе
- **Независимые назначения** означают, что ресурсы могут работать на операции независимо друг от друга и в разное время. Через независимые назначения можно моделировать работу в несколько смен.
- Назначения могут быть **частичными**, когда ресурс занят на операции только часть своего рабочего времени. В этом случае остаток рабочего времени может быть параллельно использован на других работах.

Назначения ресурсов

- Назначения могут быть **переменными**, когда задается не определенное количество и загрузка ресурсов на операции, а диапазоны, то есть минимальное и максимальное количество и загрузка.
- **Производительность** ресурсов на назначениях определяет длительность операций типа производительность.
- Свойства назначений могут также включать стоимость назначения и потребление материалов ресурсами, которые могут быть заданы как фиксированные, на единицу объема или за единицу времени работы

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** часто 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 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.

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.
- В Спайдере для моделирования условных сетей используется специальный тип операций, называемый **Переключателем**. У Переключателя два положения – если да, то запускается одна ветка графика, если нет, то другая. Положения могут выбираться вручную, либо могут быть заданы условия, по которым положение Переключателя будет выбираться автоматически.

Моделирование рисков

- К рискам относятся **события**, которые могут произойти с определенной вероятностью, и **неопределенности** значений показателей проекта.
- **Неопределенности** показателей обычно задаются диапазонами значений: оптимистической, наиболее вероятной и пессимистической оценками показателей. Они присущи большинству показателей проектов.
- **Рисковые события** могут быть связаны с работами проекта (проектные риски), но могут быть и внешними, от работ проекта не зависящими. Те и другие должны быть учтены в рискованной модели проекта.
- **Проектный риск** может быть следствием определенных операций гравфика и может кардинально изменить состав дальнейших работ. В Спайдере они моделируются специальными операциями, названных **триггерами**.

Моделирование рисков

- **Триггер** – это операция нулевой длительности, у которой есть вероятность того, что она произойдет. Если произойдет, то могут быть несколько последствий, каждое с определенной вероятностью. Последствие – это определенная ветка сетевой модели проекта, которая выбирается с соответствующей вероятностью (при этом остальные исходящие ветки отбрасываются) при моделировании рисков.
- Кроме того, могут быть **общие риски**, отражающиеся на всем проекте. Общие риски тоже имеют определенные вероятности, могут произойти в определенные интервалы времени, могут приводить к изменениям календарей, стоимостей, производительности ресурсов и т.д.
- Моделирование рисков проекта должно учитывать все риски и неопределенности, как и все ограничения проекта.

Справочники

- **Корпоративная система управления проектами** должна использовать единую систему кодирования типовых работ, ресурсов и материалов, а также подразумевает наличие корпоративных норм и стандартов, которые могут включать:
- **Единичные расценки** на операциях определенных **типов**,
- **Нормы расхода материалов** на единичных объемах **типовых** работ,
- **Составы бригад** на **типовых** назначениях ресурсов
- **Производительности ресурсов** на **типовых** назначениях, и т.д.
- Важно, чтобы модели всех проектов использовали созданные корпоративные справочники и библиотеку типовых фрагментов проектов.

Библиотека типовых фрагментов

- **Библиотека типовых фрагментов** это совокупность небольших проектов, описывающих выполнение типовых процессов, повторяющихся в разных проектах или в одном проекте организации.
- Такая библиотека может быть использована как совокупность готовых блоков, из которых можно быстро складывать модели проектов.
- Типовые фрагменты обычно разрабатываются для определенных объемов работ, при вставке фрагмента характеристики фрагментов автоматически корректируются в соответствии с объемом соответствующего фрагмента в реальном проекте.
- Использование справочников и типовых фрагментов делает создаваемые модели надежными и легко проверяемыми.

Ограничения проекта

- В проекте должны моделироваться не только расходы, но и доходы, расходы и поставки ресурсов и материалов, а также всевозможные ограничения, которые следует учитывать при планировании.
- К ограничениям проекта относятся:
 - доступные возобновляемые ресурсы,
 - доступные материалы и оборудование (график поставок),
 - доступные финансовые средства (график финансирования),
 - доступное пространство,
 - Календарные ограничения, ограничения на сроки начала и завершения отдельных работ

Качество модели

- Рекомендуется создавать **контрольные события (вехи)** графика, фиксирующие наступление основных событий и достижение основных результатов. В том числе события начала и завершения проекта. Если такие контрольные события созданы, то в качественном графике не должно быть операций, у которых нет предшествующих и последующих, за исключением контрольных событий.
- Продолжительность операций не должна превышать двух периодов анализа исполнения проекта. Возможные исключения – операции с объективно измеримыми объемами запланированных, выполненных и оставшихся работ.
- Задержки связей должны быть обоснованы
- На операции модели должны быть назначены ресурсы

Формирование модели

- Формирование модели проекта обычно начинается с создания **Иерархической Структуры Работ**, обычно это структура, описывающая иерархию результатов проекта.
- Однако можно и нужно создавать **параллельные иерархические структуры**, необходимые для планирования и анализа исполнения. Это могут быть группировки работ по ответственности, географии, процессам, контрактам и т.д.
- Нижний уровень ИСР часто соответствует типовым фрагментам. В таком случае они просто вставляются в модель с необходимой корректировкой объемов и длительностей операций фрагментов.

Формирование модели

- Модель проекта должна включать все необходимое для получения результатов проекта.
- Для обычного строительного проекта это получение разрешений, землеотвод, проектирование, закупки, мобилизация, строительство, пуско-наладочные работы и ввод объекта в эксплуатацию.
- Модель инвестиционного проекта должна дополнительно включать моделирование эксплуатации результатов проекта для определения его инвестиционной привлекательности и контроля получения ожидаемой прибыли.
- В больших проектах модель часто формируется различными участниками в соответствии со структурой ответственности.
- В любом случае это групповая работа, в которую вовлекаются все участники проекта, ответственные за планирование и реализацию составленных планов.

Задача моделирования

- Задача моделирования проекта состоит в составлении оптимального графика его реализации с учетом всех имеющихся ограничений и определения надежных директивных показателей, имеющих достаточную вероятность своего достижения.
- Математически это NP-полная задача дискретного программирования, до сих пор не имеющая алгоритмов своего точного решения за разумное время. Поэтому используются различные эвристики для поиска близкого к оптимальному решения.
- Эвристики, используемые разными программами, отличаются и поэтому отличаются и графики тех же проектов, составляемые этими программами.
- В управлении проектами обычно самое короткое расписание обеспечивает и самую низкую стоимость работ. Поэтому считается, что самое короткое расписание дает и самую низкую стоимость проекта.

Тестирование алгоритмов выравнивания

- Тестирование расписаний, составленных различными популярными программами управления проектами, для проектов, помещенных в раздел Resource-Constrained Project Scheduling Problems (RCPSP) библиотеки Project Scheduling Problem Library – PSPLIB, разработанной Техническим Университетом Мюнхена, показало абсолютное преимущество алгоритмов, использованных в Spider Project.
- Библиотека PSPLIB 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, прерывания операций не допускались и т.д.
- В 100% тестов Spider Project составлял более короткое расписание.
- Тестирование проводилось Евгением Зориным в Нидерландах. Результаты тестирования были опубликованы на planningplanet.com и представлены на Construction CPM Conference.

Тестирование алгоритмов выравнивания

- Oracle Primavera P6 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.
- Они рекомендовали составить три графика, используя 3 правила приоритетов (A, B, C) и выбрать лучший:
 - Правило A: late start (1st), late finish (2nd)
 - Правило B: late finish (1st), duration (2nd)
 - Правило C: free float (1st), late start (2nd)
- Так что P6 также тестировалось и по подходу “лучшее из трех правил”.

Результаты тестирования алгоритмов выравнивания ресурсов

- Итоговая статистика результатов тестирования программ управления проектами

0	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

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.
- Ручное выравнивание сложный и трудоемкий процесс. Если пытаться получить наилучшее расписание, приходится оценивать много сценариев «что если» и все же шансов найти наилучшее решение немного просто потому, что люди способны сравнить ограниченное количество вариантов.
- 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.

Моделирование стоимости

- Важно моделировать не только сроки, но и стоимости проектов.
- И здесь важно моделировать не просто стоимость, но и ее составляющие, структурировав стоимость по статьям затрат и доходов. Как пример: фонд оплаты труда, стоимость материалов, стоимость механизмов, накладные расходы и т.д.
- Поэтому все стоимостные оценки операций, ресурсов, материалов и назначений ресурсов должны быть разложены по статьям затрат.
- Кроме того, в проектах могут быть параллельные бюджеты, такие как себестоимость, сметная стоимость, контрактная стоимость и т.д. Потому в модели могут быть параллельные оценки стоимости тех же элементов проекта.
- Кроме затрат нужно моделировать и доходы (оплаты) для планирования и анализа движения денег в проекте.

Моделирование стоимости

- В международных проектах важно моделировать мультивалютность затрат и доходов, с возможностью приведения денежных потоков к любой используемой валюте.
- В длительных проектах важно моделировать дисконтирование затрат и доходов, учитывать инфляцию и прогнозы изменения стоимости ресурсов и материалов проекта во времени.
- Важно учитывать при моделировании проекта ограничения по финансированию работ, как и ограничения по поставкам материалов и оборудования.
- Стоимость всегда является одной из важнейших составляющих интегрального критерия успешности проекта.

Временные резервы операций

- Если модель проекта создана и просчитана (определен график реализации и бюджет проекта), то определяются не только сроки выполнения работ, но и резервы времени на исполнение этих операций.
- К таким резервам относятся полный резерв, свободный резерв, драг, флексы начала и окончания операции, а также супер резерв.
- Эти показатели помогают определить приоритетные операции при исполнении проекта и вырабатывать оптимальные корректирующие воздействия при исполнении проекта.
- **Полный резерв** показывает на какой промежуток рабочего времени можно отложить исполнение операции при сохранении срока завершения проекта в целом.
- **Свободный резерв** показывает на какой промежуток рабочего времени можно отложить исполнение операции без необходимости откладывать какие-либо последующие работы.

Временные резервы операций

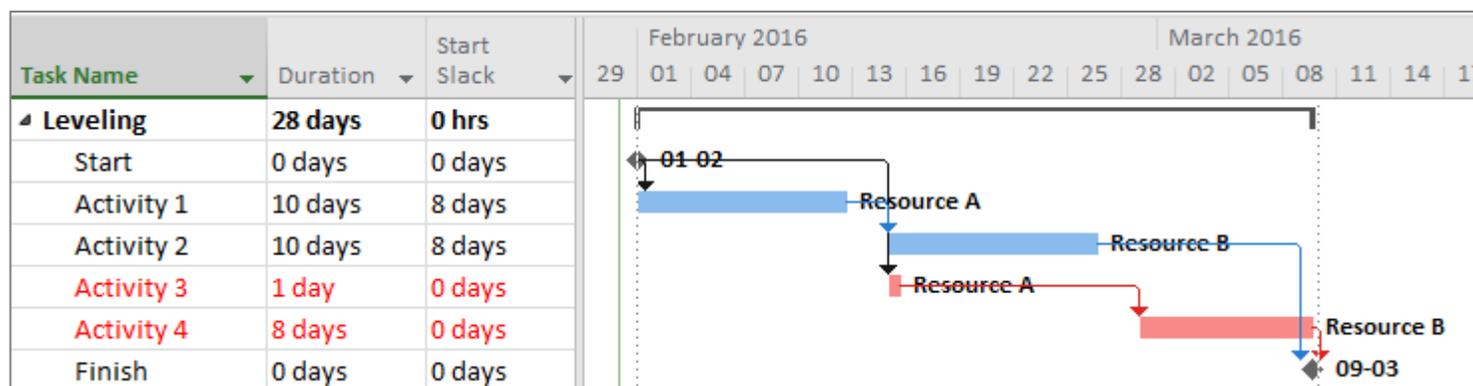
- **Драг** показывает на сколько можно сократить длительность критической операции, чтобы она перестала быть критической или ее длительность станет нулевой.
- **Старт Флекс** показывает на сколько можно увеличить длительность операции, не нарушая никаких ограничений и связей и не изменяя ее окончания.
- **Финиш Флекс** показывает на сколько можно увеличить длительность операции, не нарушая никаких ограничений и связей и не изменяя ее начала.
- **Супер Резерв** показывает на сколько можно увеличить длительность операции без изменения ее планового начала и общей длительности проекта.
- **Отрицательный резерв** – это промежуток рабочего времени между поздним окончанием операции в расписании, просчитанном назад с соблюдением всех директивных дат, и окончанием операции в расписании просчитанном вперед

Критические операции и Критический Путь

- Операции, у которых полный резерв равен нулю, называются **критическими**, а их цепочка от начала и до завершения проекта называется **Критическим путем**.
- Если в проекте не учитывались ресурсные ограничения, то Критический путь состоит из взаимосвязанных операций.
- В проектах с ресурсными ограничениями операции могут откладываться из-за того, что необходимые ресурсы заняты на других работах и критический путь может состоять из операций, не связанных логическими ограничениями. Такой критический путь называется **Ресурсным Критическим Путем** или **Критической Цепью**.
- Следует предупредить, что при наличии ресурсных ограничений MS Project и Oracle Primavera P6 вычисляют и показывают **неверные** значения временных резервов операций проекта. Это может вводить в заблуждение и приводить к неверным управленческим решениям с неприятными последствиями.

Пример: Расписание MS Project

- Пример расписания MS Project для простого проекта с ограниченными ресурсами:



- 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.



Другие темы

- У нас недостаточно времени для разбора моделирования рисков проектов. Это большая отдельная тема.
- Интересным могло бы быть обсуждение различных форм представления информации о проекте (диаграммы Гантта, сетевые диаграммы, двух и трехмерные представления графиков. циклограммы и т.д.).
- Другими важными темами для обсуждения могут быть Критерии успешности проекта, которые важны для оптимизации графиков и принимаемых управленческих решений, и методы анализа исполнения проекта для принятия обоснованных управленческих решений.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!