



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

**по результатам подготовленной
научно-квалификационной работы (диссертации)**

Марон Максим Аркадьевич

**Направление подготовки 02.06.01 Компьютерные и информационные
науки**

Профиль (направленность) программы 05.13.18

Аспирантская школа по компьютерным наукам

Аспирант _____/Марон М.А./

Научный руководитель _____/Акопов А.С. /

Директор Аспирантской школы по компьютерным наукам _____/Объедков С.А./

Москва, 2018 год

Актуальность темы.

В современных быстро меняющейся бизнес – среде непрерывно возрастает роль проектного управления в деятельности компаний. Требования к продукту, получаемому при реализации проекта, будут соблюдены тогда и только тогда, когда все работы проекта выполнены правильно. При выполнении любой работы проекта может возникнуть ошибка, то есть отклонение от установленных требований. Если ошибки в работах будут выявлены только этапе проверки соответствия конечного продукта установленным требованиям, то потребуется много времени для их локализации. Сроки проекта могут оказаться сорванными.

Для парирования данного риска необходимо предусмотреть контрольные точки, в которых будут выполнены промежуточные проверки. Проблема разработки моделей, методов и алгоритмов управления динамикой сложных проектов путём осуществления проверок в рационально выбранных контрольных точках является актуальной. Её решение является темой данного диссертационного исследования.

Целесообразной является стратегия своевременного обнаружения ошибок в работах проекта, при которой каждая из работ проверяется на соответствие важнейшим параметрам (частичная проверка), а полные проверки осуществляются после некоторых работ – контрольных точек, выбираемых при планировании проекта.

Цель и задачи исследования

Объектом исследования являются проекты.

Предметом исследования является выбор контрольных точек для своевременного обнаружения ошибок в работах проекта.

Целью исследования является разработка методов выбора наборов контрольных точек для своевременного обнаружения ошибок в работах проекта.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

1. Разработать диагностическую модель проекта. Эта модель должна давать возможность установить связь между ошибками в работах и результатами проверок.
2. Разработать математическую модель возникновения ошибок в работах, которая позволит рассчитывать вероятности ошибок.
3. Предложить критерии для сравнения вариантов расстановки контрольных точек, в зависимости того, как потери от задержки окончания проекта, вызванной ошибками в работах, зависят от времени восстановления правильности его выполнения.
4. Разработать методы определения наборов контрольных точек в соответствии с предложенными критериями и экспериментально оценить их эффективность, если это будут эвристические, а не регулярные методы - гарантирующие нахождение оптимума.
5. Разработать алгоритмы и программное обеспечение для экспериментальной проверки эффективности предложенных методов и их практического применения к расстановке контрольных точек в реальных проектах.

Степень разработанности темы исследования.

Рассмотрим проект, в результате которого создаётся уникальный продукт. Этот продукт должен отвечать установленным требованиям [ГОСТ Р ИСО 21500, 2014; PMBoK, 2013; GAAPS, 2006; OGC 2009]. Все требования к продукту будут соблюдены тогда и только тогда, когда все работы проекта выполнены правильно. Однако, при выполнении любой

работы проекта может возникнуть ошибка, то есть отклонение от установленных требований. Проверка соответствия конечного продукта установленным требованиям является обязательным этапом реализации проекта. Если ошибки в работах будут выявлены только на этом этапе, то потребуется много времени для их локализации, то есть обнаружения работ, выполненных неправильно. На практике, подобная ситуация, практически неизбежно приводит к срыву сроков завершения проекта и соответствующим материальным потерям. Поэтому необходимо осуществлять проверки правильности выполнения работ в ходе выполнения проекта. Если осуществлять для **каждой** работы проверку соответствия результата **всем** установленным требованиям и исправлять ошибки, то будет гарантировано соответствие конечного продукта проекта всем установленным требованиям, но при этом сроки проекта и его стоимость могут увеличиться до недопустимых значений. Выполнение полной проверки только тогда, когда конечный продукт получен, и полная проверка всех работ в процессе выполнения проекта это два крайних варианта. Первый из них оставляет риск срыва сроков проекта при условии возникновения ошибок в работах, а второй неизбежно значительно увеличивает длительность проекта.

Вместе с тем существует более рациональная стратегия обнаружения ошибок в работах проекта, основанная на том, что работы проекта связаны не только связями, определяющими порядок их выполнения во времени, но и результатами. Поясним это на простейшем примере. Допустим, что две работы проекта – А и В связаны зависимостью «окончание – начало». Работа А имеет один результат, который используется в работе В для получения её результата. Достаточно провести полную проверку результата работы В, чтобы в случае положительного результата сделать вывод, что обе работы выполнены правильно, а в случае отрицательного результата проверки сделать вывод, что как минимум одна ошибка имеет место. Целесообразной является стратегия своевременного обнаружения ошибок в работах проекта, при которой каждая из работ проверяется на соответствие важнейшим

параметрам (частичная проверка), а полные проверки осуществляются после некоторых работ, выбираемых при планировании проекта. Набор работ, являющихся объектами полных проверок, будем в дальнейшем называть набором контрольных точек проекта.

Для каждого крупного проекта существует огромное количество возможных наборов контрольных точек. Так, если в проекте n работ и решено создать m контрольных точек, то число возможных наборов контрольных точек равно числу сочетаний C_n^m . Процесс контроля правильности выполнения работ и локализации ошибок уместно назвать диагностикой проекта. Рациональный выбор контрольных точек является одной из важнейших задач такой диагностики. Возникновение ошибок при выполнении работ является риском. Локализация ошибок с помощью контрольных точек является одним из методов снижения влияния риска возникновения ошибок в работах на результаты проекта. Отказ от промежуточного контроля является принятием риска. Возникает вопрос сколько должно быть контрольных точек и как их выбрать для того, чтобы снижение последствий реализации риска позднего обнаружения ошибок в работах проекта было выгоднее его принятия.

Работы, посвящённые управлению проектами, не дают ответа на вопрос о том, как и в каком количестве выбирать контрольные точки в проектах. Под диагностикой проектов в существующей литературе по управлению проектами понимается в первую очередь определение показателей, позволяющих установить, что произошло отклонение от базового плана, требующее перепланирования или принятие других управленческих решений. [Джаафари А., Джабари Н., 2018; Матяш И. В., 2013].

Значительную роль в решении этих вопросов играют работы Аньшина В. М., Богданова В. В., Джаафари А., Ильина В. В., Товба А. С., Царькова И. Н., Ципеса Г. Л., De Marco A., Thakurta R.

Расчёт стандартных показателей отклонения по стоимости и времени реализован в MS – Project и других программах управления проектами,

которые можно считать CASE – средствами, соответствующими PMBoK [Чатфилд К., Джонсон Д., 2013; Трофимов В. В. и др., 2006; Vialore B., 2010]. Близкими по целям к таким работам являются статьи, посвящённые устойчивости проектов. В них предложены показатели, методы и алгоритмы, позволяющие определить момент, когда в проекте произошли уже столь серьёзные отклонения, что он не может быть выполнен с заданными ограничениями по времени и стоимости [Аньшин В. М., 2013; Ананьин В. И., 2005, Зуйков К. А. , 2012; Ильина О., 2012; Cioffi D.F., 2006; De Marco A., Briccarello D., Rafele C., 2009; Herroelen W., Leus R., 2004; Leus R., Herroelen W., 2004; Sakka O., Barki H., Côté L., 2016].

Другим направлением исследований, которые следует проанализировать на возможность применения, предложенных в них методов, для решения рассматриваемой проблемы, являются работы, посвящённые обеспечению качества в проектах [ИСО/ТО 10006:1997; Ильин В. В., 2006; Фатрелл Р, Шафер Д., Шафер Л, 2003; Лесных В. В., Литвин Ю. В., 2013; Thakurta R., 2013]. Вопросам снижения вероятностей рисков вообще и ошибок, при выполнении проектов, в частности [Кравченко Т. К., 2013; Соколов М. Ю., Маслова С. В., 2013; Воробьева О. А., 2012; Swartz S.M., 2008], посвящено значительно больше работ, чем проблеме снижения последствий их реализации. Это связано с тем, что для снижения вероятностей рисков применяются, в первую очередь, организационные меры, а вопросы менеджмента являются доминирующими в работах по управлению проектами [Башмачникова Е. В., Абрамова Л. А., 2013; Трухановский О. М., 2012; Богданов В., 2016; Володин С. В., 2013; Гуреева Е. В., Недовесов М. В., 2012; Рудакова А. А., 2012].

Вместе с тем имеются чёткие рекомендации по снижению вероятности возникновения ошибок в работах для особо ответственных проектов. Это пооперационный контроль. Для проектов разработки программных продуктов разработана методология объектно-ориентированного программирования, которая существенно упрощает локализацию ошибок с

помощью контрольных точек. Здесь необходимо особо отметить работы Авдошина С. М., Крука Е. А., Липаева В. В.

Наиболее полно вопросы проверки правильности функционирования технических и программных систем, а также вопросы локализации неисправностей решаются в науке, названной технической диагностикой. Здесь основополагающими являются работы Пархоменко П. П. и его учеников.

Несмотря на наличие явной аналогии между функциональной моделью непрерывной технической системы и сетевым графиком проекты и технические системы являются принципиально различными объектами диагноза. Анализ возможности применения к проектам методов оптимизации процесса поиска неисправностей показал следующее. В наибольшей степени методы оптимизации развиты в технической диагностике применительно к задаче построения оптимальных условных алгоритмов поиска неисправностей. Построению оптимальных алгоритмов поиска неисправностей посвящены работы Карибского В. В., Пархоменко П. П., Согомоняна Е. С., Халчева В. Ф. Из регулярных математических методов оптимизации для построения оптимальных условных алгоритмов поиска неисправностям применяются метод динамического программирования и метод ветвей и границ. При современном уровне развития вычислительной техники регулярные методы не могут гарантировать построение оптимального алгоритма поиска неисправностей для технических систем, в которых число возможных неисправностей больше, чем 25 – 30.

Построение оптимального набора контрольных точек является ещё более сложной задачей, которая проработана значительно слабее. В известной степени это связано с тем, что в первую очередь развивалась техническая диагностика дискретных устройств и соответственно методы построения тестов.

Проведенный анализ степени разработанности темы исследования позволил сделать следующие выводы.

1. Работы, посвящённые управлению проектами, не дают ответа на вопрос о том, как и в каком количестве выбирать контрольные точки в проектах. Под диагностикой проектов в существующей литературе по управлению проектами понимается в первую очередь определение показателей, позволяющих установить, что произошло отклонение от базового плана, требующее перепланирования или принятие других управленческих решений. Вместе с тем имеются чёткие рекомендации по снижению вероятности возникновения ошибок в работах для особо ответственных проектов. Это пооперационный контроль, а для проектов разработки программных продуктов - методология объектно-ориентированного программирования, которая существенно упрощает локализацию ошибок с помощью контрольных точек.
2. Наиболее полно вопросы проверки правильности функционирования технических и программных систем, а также вопросы локализации неисправностей решаются в науке, названной технической диагностикой.
3. Несмотря на наличие явной аналогии между функциональной моделью технической системы и сетевым графиком проекта с позиции диагностики проекты и технические системы являются принципиально различными объектами диагноза. Это различие особо значимо для проектов с работами сильно – связанными по результатам (ПССР), в которых работа не может считаться выполненной правильно, если неправильно выполнена хотя – бы одна из работ ей предшествующих.
4. Каждому варианту расстановки контрольных точек при каждой ошибке соответствует своя длительность восстановления правильности выполнения проекта. В силу этого, время восстановления правильности выполнения проекта при возникновении ошибок является случайной величиной значения, которой при каждом конкретном наборе контрольных точек зависит от того, какие работы будут выполнены с ошибками.

5. При выборе целевой функции для сравнения различных вариантов расстановки контрольных точек необходимо учитывать вид зависимости потерь от времени задержки реализации проекта.
6. Для особо ответственных проектов, как правило, зависимость потерь от времени задержки реализации проекта является нелинейной. Требуется предложить представительную целевую функцию, позволяющую сравнивать варианты расстановки контрольных точек и в этом сложном случае.
7. Для обычных проектов нередко можно считать, что потери линейно связаны с временем задержки реализации проекта. Тогда, среднее значение времени восстановления правильности выполнения проекта является, подходящей целевой функцией для сравнения вариантов расстановки контрольных точек. Проблема состоит в том, что для вычисления среднего надо уметь определять вероятности ошибок в работах проекта не прибегая к статистическим методам, которые нельзя применить из-за основного свойства проекта – уникальности. Необходимо разработать математическую модель возникновения ошибок в проектах.
8. В наибольшей степени методы оптимизации развиты в технической диагностике применительно к задаче построения оптимальных условных алгоритмов поиска неисправностей. Из регулярных математических методов оптимизации для построения оптимальных условных алгоритмов поиска неисправностям применяются метод динамического программирования и метод ветвей и границ.
9. При современном уровне развития вычислительной техники регулярные методы не могут гарантировать построение оптимального алгоритма поиска неисправностей для технических систем, в которых число возможных неисправностей больше, чем 25 – 30. Невозможность использовать регулярные методы для построения алгоритмов поиска неисправностей в реальных сложных технических системах привела к развитию эвристических подходов к построению таких алгоритмов.

Наиболее логически обоснованным из них явился информационный подход Джонсона, получивший название «критерий Джонсона». Главным недостатком критерия Джонсона явилась несоразмерность величин, стоящих в числителе и знаменателе. Шкала изменения информации является логарифмической. Шкала изменения времени линейная. В результате небольшие различия во времени выполнения сравниваемых проверок оказываются доминирующим фактором, даже при их существенно различной информативности. В силу этого критерий Джонсона является неустойчивым к неизбежным на практике малым ошибкам в определении времени проверок.

10. Математическая постановка задачи построения оптимального дополнительного набора контрольных точек в литературе по технической диагностике отсутствует. Не выбрана целевая функция для сравнения вариантов. Соответственно не идёт речь и о применении регулярных методов оптимизации. Вместе с тем имеются работы, в которых для построения дополнительного набора контрольных точек, применён эвристический подход подобный критерию Джонсона. Оценка его эффективности не приведена.

11. Учитывая особенности проектов, как объектов диагноза, можно отметить следующее. Предположение о наличии единственной неисправности, основанное, в числе прочего, на предположении о независимых дефектах, делает методы, предложенные в работах по определению, так называемого, рационального дополнительного набора контрольных точек, не применимыми к проектам с работами сильно – связанными по результатам (ПССР), которые являются основным типом проектов, рассматриваемых в данной диссертации. Кроме того, принятые методы расчёта вероятностей неисправностей элементов технических систем невозможно использовать для расчёта вероятностей ошибок в работах проекта.

На основании этого были поставлены задачи диссертационного исследования, приведенные выше.

Основные результаты исследования и положения, выносимые на защиту

В ходе выполнения исследования получены следующие новые научные результаты.

1. Впервые предложена диагностическая модель проекта (ДМП). Она позволяет представить соответствие между результатами проверок и возможными ошибками в работах в виде таблицы возможных ошибок (ТВО) проекта, для построения которой можно использовать методы, разработанные в теории графов. Используя ДМП, можно легко решить задачу определения минимального полного набора проверок, необходимого и достаточного для контроля правильности выполнения проекта. Она является основой для решения поставленной задачи определения наборов контрольных точек в
2. Впервые разработана математическая модель возникновения ошибок в работах проекта. Модель соответствует реальностям процесса возникновения ошибок если: ошибки возникают независимо друг от друга; при реализации проекта не допускается ослабления контроля качества выполнения работ, даже по мере приближения запланированных сроков его окончания; к недобросовестным исполнителям своевременно применяются меры воздействия, заставляющие их соблюдать установленные требования; нет оснований предполагать, что одни исполнители работают лучше других. С помощью предложенной модели можно рассчитать вероятности не только для одиночных ошибок, но и для любой их комбинации. Предложена и модель расчёта вероятностей ошибок для особо ответственных проектов (ООП). В этом частном, но исключительно важно случае, выбор варианта расстановки контрольных

точек уместно проводить в предположении о наличии ошибки в одной работе проекта.

3. Впервые предложен критерий для сравнения наборов контрольных точек в ООП, для случая, когда потери от задержки проекта нелинейно зависят от времени восстановления правильности выполнения проекта.
4. Впервые предложены методы выбора контрольных точек в ООП. Методы используют предложенные автором: диагностическую модель проекта (ДМП) и модель для расчёта вероятностей ошибок в ООП. Методы не являются регулярными, но их научной базой является теория информации К. Шеннона, применение которой даёт хорошие результаты при планировании экспериментов, а проверки в контрольных точках являются именно экспериментами, выполняемыми в целях диагностирования проекта.
5. Метод последовательного условного выбора контрольных точек в ООП и модифицированный метод последовательного условного выбора контрольных точек в ООП существенно используют особенность проекта, как объекта диагноза, связанную с тем, что проверки осуществляются в ходе его реализации. Эти методы не имеют аналогов в работах по технической диагностике. Метод последовательного безусловного выбора контрольных точек в ООП имеет аналог в технической диагностике. Однако он не просто перенесён автором на проекты – выведена формула для быстрого вычисления количества информации, получаемой при каждом сравниваемом наборе контрольных точек. Полученная формула позволяет ясно выразить, что даёт установка контрольных точек в проекте в информационном аспекте. Изначально методы были разработаны автором в стандартном предположении, что состав работ проекта неизменен. Затем, результаты были распространены на мульти-сценарные проекты, состав работ которых может измениться в ходе реализации.
6. Методы являются эвристическими, именно поэтому предложен не один метод, а комплекс методов, совместное применение которых с

последующим выбором наилучшего по предложенному автором минимаксному критерию, позволяет получить вариант более близкий к оптимальному.

7. Впервые предложен метод определения количества и мест расположения контрольных точек, который можно применить к большинству типовых проектов. В нём учитывается как возможность наличия ошибок в нескольких работах, так и затраты времени на выполнения операций контроля. Метод не имеет аналогов в работах по технической диагностике. Он опирается на впервые предложенные автором математические модели:
 - проекта как объекта диагноза;
 - возникновения ошибок в работах проекта.
8. Разработан программный комплекс, реализующий предложенные методы для реальных проектов. Кроме того, данный комплекс позволяет проводить испытания методов и «комплекса» для оценки эффективности.
9. Проведен эксперимент, направленный на оценку эффективности каждого из предложенных методов и «комплекса». Результаты эксперимента показали о целесообразности использования всех трех методов в составе «комплекса», кроме того, высокую эффективность самого комплекса которая не изменяется с ростом числа работ в проекте.

На защиту выносятся следующие положения:

- диагностическая модель проекта
- математическая модель возникновения ошибок в проектах
- критерий сравнения наборов контрольных точек в проектах
- методы расстановки контрольных точек в особо ответственных проектах
- метод расстановки контрольных точек в мульти сценарном проекте
- метод расстановки контрольных точек в проекте, допускающем появления множества ошибок.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость определяется тем, что впервые предложен регулярный подход к решению проблемы поиска ошибок в работах проекта. Разработанная модель возникновения ошибок в проекте, основанная на предположении о простейшем потоке ошибок, может быть дополнена на случаи, когда нарушается стационарность потока ошибок по мере приближения окончания проекта, а также на случай, когда возникает последствие. Предложенные методы выбора контрольных точек могут быть обобщены на случаи, когда результаты проверок не являются абсолютно достоверными. Практическая значимость состоит в том, что руководителю проекта даётся реальный инструмент для определения необходимого числа и мест проведения промежуточных проверок с целью своевременного обнаружения ошибок в работах проекта.

Апробация результатов исследования

По результатам работы сделаны следующие основные доклады:

- At the 12th Annual International Corporate Responsibility Research Conference, on theme «Stability of realization of strategic initiatives for ensuring corporate responsibility». Istanbul 2016.
- на международной ежегодной научно-практической конференции «НОВОЕ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ» на тему «Метод поддержки принятия решения о проведении контроля при выполнении проекта». МЕИЭФиП. Москва 2017г.

Всего по теме диссертации сделано 8 докладов на научных конференциях, из них 6 на международных конференциях.

Основные результаты опубликованы в работах

- Maron M.A. Diagnostics of Projects // European Research Studies Journal. 2018. Vol. 21. No. 1. P. 18-30. (Scopus, квартиль Q3).

- Maron M.A. The choice of control points of projects taking into account possible change of structure of works // Business Informatics. 2016. No. 2 (36). P. 57–62 (Перечень ВАК. Белый список НИУ ВШЭ).
- Марон А. И. Марон М. А. Информационный подход к организации контроля проектов. // Бизнес-Информатика, 2012, №4(22), с. 47-53 (Перечень ВАК. Белый список НИУ ВШЭ).

Всего по теме диссертации опубликовано 12 работ. Из них 5 работ в журналах, входящих в перечень ВАК.

Список использованных источников и литературы

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide 5th edition. 2013. Pennsylvania, Project Management Institute, 589 p.
2. Aleskerov F., Chistyakov V., Kalyagin V. The threshold aggregation // ECONOMICS LETTERS, 2010, № 2, Т. 107, p. 261-262.
3. Andrew T. Pro C# and the .Net 4.5 Framework. 6 ed. - Apress, 2012, -1600p.
4. Perkins B., Hammer J, Reid J, Beginning C# 7 Programming with Visual Studio 2017. Paperback 2018 -912p.
5. Biafore B. Microsoft Project 2010: The Missing Manual. O'reilly Media, inc., 2010, 770p.
6. Cioffi D.F. Completing projects according to plans: an earned-value improvement index // J. Oper. Res. Soc. 2006. Т. 57. № 3. С. 290–295.
7. Coombs C.R. When planned IS/IT project benefits are not realized: a study of inhibitors and facilitators to benefits realization // Int. J. Proj. Manag. 2015. Т. 33. № 2. С. 363–379.
8. Davis R. Business Process Modeling with ARIS. A Practical Guide. 2004. London, Springer. 531 p.
9. De Marco A., Briccarello D., Rafele C. Cost and schedule monitoring of industrial building projects: case study // J. Constr. Eng. Manag. 2009. Т. 135. № 9. С. 853–862.

10. Futrell, R., Shafer, D., Shafer, L. 2002. Quality Software Project Management - 1st Edition. Prentice Hall, 1125 p.
11. GAPPS (2006) A Framework for Performance Based Competency Standards for Global Level 1 and 2 Project Managers. Sydney: Global Alliance for Project Performance Standards. 2006. 47 p.
12. Herroelen W., Leus R. Robust and reactive project scheduling: a review and classification of procedures // Int. J. Prod. Res. 2004a. T. 42. № 8. C. 1599–1620.
13. Herroelen W., Leus R. The construction of stable project baseline schedules // Eur. J. Oper. Res. 2004b. T. 156. № 3. C. 550–565.
14. Iain D. Craig. The Interpretation of object-oriented programming languages// Springer.2nd edition (November 9, 2001) - 290p
15. Jahangirian M. и др. Simulation in manufacturing and business: A review // Eur. J. Oper. Res. 2010. T. 203. № 1. C. 1–13.
16. Jaynes E. T. Probability Theory: The Logic of Science. (2003) Cambridge: Cambridge University Press.
17. Johnson B. Professional Visual Studio 2017, John Wiley & Sons,2017.- 864p.
18. Jonson R. An information theory approach to diagnostic //Proc. 6-th National Symposium on Reliability and Quality Control, 1960, pp.102-109.
19. Kelton W., Sadowski R. Simulation with ARENA (Sixth edition). – NY: McGraw Hill Education, 2015.
20. Leus R., Herroelen W. 2004. Stability and resource allocation in project planning // IIEE Trans. T. 36. № 7. pp. 667–682
21. Lyneis J.M.,Cooper K.G.,Els S.A. 2001.Strategic management of complex projects:a case study using system dynamics // Syst. Dyn. Rev. T. 17. № 3. pp. 237–260
22. Maron M. A. The choice of control points of projects taking into account possible change of structure of works // Business Informatics. 2016, 2 (36), 57 - 61.

23. Maron M. A. Diagnostics of Projects // European Research Studies Journal. 2018. Vol. 21. No. 1. P. 18-30.
24. OGC. Managing Successful Projects with PRINCE2. : The Stationery Office, 2009. 342 с.
25. Pritsker A.A.B. The precedence GERT user's manual. Lafayette, IN: Pritsker & Associates, 1974.
26. Pritsker A.A.B., Happ W.W. GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. Part 1. Fundamentals // Journal of Industrial Engineering. 1966. Vol. 17. No. 5. P. 267-274.
27. Pritsker A.A.B., Whitehouse G.E. GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. Part 2. Applications // Journal of Industrial Engineering. 1966. Vol. 17. No. 5. P. 293-301.
28. Sakka O., Barki H., Côté L. 2016. Relationship between the interactive use of control systems and the project performance: The moderating effect of uncertainty and equivocality // Int. J. Proj. Manag. T. 34. № 3. pp. 508–522
29. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal, 1948, Vol. 27, p. 379—423.
30. Swartz S.M. Managerial perceptions of project stability // Proj. Manag. J. 2008. T. 39. № 4. C. 17–32.
31. Taylor H. 2006. Risk management and problem resolution strategies for IT projects: prescription and practice // Proj. Manag. Q. T. 37. № 5. p. 49.
32. Thakurta R. Impact of Scope Creep on Software Project Quality. // Vilakshan XIMB J. Manag. 2013. T. 10. № 1.
33. Williams T. and others. 1995. The Effects of Design Changes and Delays on Project Costs // J. Oper. Res. Soc. T. 46. № 7. p. 809
34. Авдошин С. М., Песоцкая Е. Ю. Информационные технологии управления рисками программных проектов // Информационные технологии. 2008. № 11. С. 13-18.

35. Авдошин С. М., Песоцкая Е. Ю. Организационные риски при внедрении корпоративных систем и приложений // Качество. Инновации. Образование. 2015. № 3. С. 47-53.
36. Акопов А.С. Имитационное моделирование. М.: Юрайт, 2014. 389 с.
37. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. 2-е изд. М.: Физматлит, 2012. 342 с.
38. Ананьин В. И. Устойчивость управления IT-проектами в условиях неопределенности // Управление проектами. 2005, 1-2(1-2) - М.: ИД "Гребенников"-СОВНЕТ
39. Аньшин В. М. Управление проектами с учетом концепции устойчивого развития // Научные исследования. Российский журнал управления проектами. - 2013. - № 2. - С. 3-15.
40. Артемьев Д., Гергерт Т., Пономарёва Т. Стратегическое управление проектами: цели, этапы, инструменты // Проблемы теории и практики управления. - 2013. - № 3. - С. 106-115.
41. Бараш Л. Ю., Щур Л. Н. Генерация случайных чисел и параллельных потоков случайных чисел для расчетов Монте-Карло // Моделирование и анализ информационных систем. 2012. Т. 19. С. 145-162.
42. Баркалов С., Воропаев В. И., Секлетова Г. И. Математические основы управления проектами.- Москва: «Высшая школа», 2005,-423 с.
43. Башмачникова Е. В., Абрамова Л. А. Элементы формирования теории управления проектами // Вестник Поволжского государственного университета. Серия Экономика. - 2013. - № 2. - С. 125-133.
44. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Издательство иностранной литературы, 1960. 400 с.
45. Богданов В. Управление проектами. Корпоративная система - шаг за шагом. М: Иванов и Фербер, 2016. 240 с.
46. Босс В. Лекции по математике. Вероятность. Информация. Статистика. М.: URSS: Ленанд, 2015. 224 с.

47. Брейдо А. И., Овсяников В. А. Организация обслуживания железнодорожных устройств автоматики и связи. М.: Транспорт, 1983. 208 с.
48. Брускин С. Н., Дружаев А. А., Марон А. И., Марон М. А. Эффективные методы построения алгоритмов поиска неисправностей в информационных системах // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. № 2. С. 88-93
49. Вагнер Г. Основы исследования операций. Том 2. М.: Издательство "Мир", 1973. 488 с.
50. Васильев А. О, С#. Объектно-ориентированное программирование: Учебный курс. -СПБ.:ПИТЕР, 2012.-320с
51. Вентцель Е. С. Исследование операций. М.: Советское радио. 1972. С. 200-2006.
52. Володин С. В. Функционально-структурные особенности стратегического управления проектами // Российское предпринимательство. - 2013. - № 4. - С. 59-68.
53. Воробьева О. А. Кризисное управление в проектной деятельности // Менеджмент: теория и практика.2012. № 1/2.С. 110-114.
54. Воропаев В. И., Секлетова Г. И. Системный подход к управлению проектами и программами //Управление проектами и программами №3, 2005. 20-29 с.
55. Воскобойников Ю.,Задорожный А. Основы вычислений и программирования в пакете MathCAD PRIME. Санкт - Петербург: Лань, 2016.
56. Гнеденко Б., Беляев Ю., Соловьёв А. Математические методы в теории надёжности. М.: URSS, 2013.
57. ГОСТ Р ИСО 21500-2014 Руководство по проектному менеджменту. М.: Стандартиформ. 2015. 52с
58. Грачёв Н. Н. Способ контроля качества сборки блоков радиоэлектронных средств //Инновационные информационные технологии, 2013. № 2. Т. 2. С. 160-166.

59. Гриненко А. В., Нестеров В. В., Лабецкий В. Л. Автоматизированная обучающая система для дистанций сигнализации и связи // Автоматика, связь, информатика. 2001. № 11. С. 22–25.
60. Громов А.И., Фляйшман А., Шмидт В. Управление бизнес-процессами. Современные методы. – М: Юрайт, 2016, 368 с.
61. Гуреева Е. В., Недовесов М. В. Управление проектами. Стратегическое планирование // Системы управления и информационные технологии. - 2012. - № 2. - С. 95-98.
62. Гурин В. и др. Диагностика автоматизированного производства.- М.: Машиностроение. 2011. 600 с.
63. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. 5-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2006, 672 с.
64. Джаафари А., Джабари Н. Диагностика проекта как средство ускорения его реализации // Управление проектами и программами, № 2, 2008, с. 128-139.
65. Духин А.А. Теория информации. М.: Гелиос АРВ, 2007. 248 с.
66. Дмитренко И. Е., Сапожников В. В., Дьяков Д. В. Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. М.: Транспорт, 1994. 283 с.
67. Ефанов Д. В., Плеханов П. А. Обеспечение безопасности движения за счет технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Транспорт Урала, 2011. № 3. С. 44–48.
68. Ефанов Д. В. Построение оптимальных алгоритмов поиска неисправностей в технических объектах. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. 49с.
69. Зажигаев Л. С., Кишьян А. А., Романников Ю. И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. М.: Атомиздат, 1978. 232 с.

70. Златопольский Д.М, Программирование: типовые задачи, алгоритмы методы/2е изд. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.-223 с.
71. Зуйков К. А. Устойчивость проекта. Подход, основанный на системной динамике. // Управление проектами и программами. 2012. №3(31), С. 178 – 187.
72. Ильин В. В. Руководство качеством проектов. Практический опыт. М.: Вершина, 2006. 176 с.
73. Ильина О. Управление проектами: ориентация на устойчивое развитие // Проблемы теории и практики управления. - 2012. - № 1. - С. 106-112.
74. Ирзаев Г. Х. Исследование и моделирование информационных потоков конструкторско-технологических изменений на этапах освоения и серийного производства изделий // Организатор производства. - 2012. - № 1. - С. 131-135.
75. Исаев Д.В. Моделирование реализации проектов внедрения аналитических информационных систем // Аудит и финансовый анализ. 2014. № 6. С. 416–422.
76. ИСО/ТО 10006:1997 (Е). Менеджмент качества. Руководство качеством при управлении проектами. - М.,1997. - 39 с.
77. Казак А. Ю., Слепухина Ю. Э. Современные методы оценки проектных рисков: традиции и инновации // Вестник УРФУ. Серия Экономика и управление. - 2013. № 2. С. 13-26.
78. Карибский В. В., Пархоменко П. П., Согомонян Е. С., Халчев В. Ф. Основы технической диагностики: (Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза). М.: Энергия, 1976. 464с.
79. Каштанов В. А., Ивченко Г. И., Коваленко И. Н. Теория массового обслуживания. М. : Либроком, 2012.
80. Каштанов В. А., Медведев А. И. Теория надежности сложных систем / Рук.: В. А. Каштанов. М. : Физматлит, 2010.
81. Кирпичников А. Методы прикладной теории массового обслуживания. М.: URSS, 2018.

82. Ключев В. В. , Пархоменко П. П., Абрамчук В. Е. и др. Технические средства диагностирования: Справочник/ под общ. Ред. В. В. Ключева. — М.: Машиностроение, 1989. — 672 с
83. Кнут Д. Искусство программирования. Том 3. Сортировка и поиск, 2-е изд. М.: ООО"И.Д. Вильямс", 2017.-832с.
84. Коньшунова А. Ю. К вопросу о классификации проектов в проектном управлении // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. 2013. № 32. С. 171-178.
85. Копылова О. В. Анализ рисков в процессе управления проектами // Российское предпринимательство. 2013. № 11. С. 44-48.
86. Кравченко Т. К. Управление требованиями при реализации ИТ-проектов // Бизнес-информатика. - 2013. - № 3. - С. 63-71.
87. Крук Е. А., Овчинников А. Методы программирования и прикладные алгоритмы: учеб.пособие: в 3ч. СПб.:ГУАП. 2014.
88. Кудряшов Б. Д. Теория информации - Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2010. - 188 с
89. Кузьмин Е. А. Идентификация рисков в управлении проектами методом анализа балансов факторов и отклонений // Управление финансовыми рисками. 2012. № 3. С. 200-214.
90. Лесных В. В., Литвин Ю. В. Об оценке значимости выполнения работ проектов // Аудит и финансовый анализ. - 2013. - № 4. - С. 254-260.
91. Липаев В. В. Программная инженерия. Методологические основы. Учеб. М.: Гос. ун-т - Высшая школа экономики. - ТЕИС. 2006. 609 с.
92. Лисенков В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов. М: ВИНТИ РАН, 1999. 332 с.
93. Магомаева Л. Анализ и классификация всех методов управления рисками при управлении инновационными проектами // Предпринимательство. - 2013. - № 5. - С. 130-141

94. Макконнелл Стив, Совершенный код: [практическое руководство по разработке программного обеспечения : пер. с англ.] ,Русская редакция, 2010.-867с.
95. Маклаков С. В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite. М.: ДИАЛОГ - МИФИ, 2005. 432 с.
96. Малкин В.С. Техническая диагностика. СПб: Лань, 2008. 272 с.
97. Марон А. И., Марон М. А. Информационный подход к организации контроля проектов // Бизнес – информатика, - 2012.-№4. – с.54 – 60.
98. Марон А. И., Марон М. А. Оптимизация контроля в программных проектах разработки больших систем//Материалы XXXVIII Международной конференции «Информационные технологии в науке, социологии и бизнесе. IT+S&E' 10», Крым, Ялта-Гурзуф, 20-30 мая 2010. 46-48 с.
99. Марон М. А. Дискретно - событийная имитационная модель реализации проекта // Глава в книге: Труды ежегодной международной научно - практической конференции "Новое в науке и образовании". М.: МАКС - ПРЕСС, 2016. С.272-278.
100. Марон М. А. Определение размера репрезентативной выборки и ее реальное применение // В кн.: Статистические методы анализа экономики и общества: Тезисы докладов Межвузовской студенческой научно-практической конференции (13-14 мая 2010 г.). М.: Высшая школа экономики, 2010. С. 58-59.
101. Марон М. А. Снижение рисков проектов путем использования методов технической диагностики. Выпускная квалификационная работа магистра. М.: НИУ ВШЭ, 2014.
102. Марон М.А. Использование энтропийного подхода в диагностике программных проектов. Выпускная квалификационная работа бакалавра. М.: НИУ ВШЭ, 2012

103. Матяш И. В. Диагностика проекта: анализ динамики уровня затрат // Известия Алтайского государственного университета, 2-2(78), 2013, с. 269-273.
104. Махтева И. П. Особенности методов и инструментов снижения рисков при управлении инновационными проектами в холдинге // Экономика и предпринимательство. - 2013. - № 1. - С. 467-472.
105. Михеев Р. Н., VBA и программирование в MS Office для пользователей.-СПб.:БХВ-Петербург, 2006.-384с.
106. Пархоменко П. П., Согомонян Е. С. Основы технической диагностики: (Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства). – М.: Энергия. 1981. 320 с.
107. Патрушева А. А. Технология использования системы управления проектами по разработке программного обеспечения // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2013. - № 5. - С. 185-189.
108. Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ.- М.: Транспорт,1994.
109. Песелис А. Управление рисками на предприятии в проектах разработки программного обеспечения // Предпринимательство. - 2012. - № 6. - С. 136-144.
110. Петракова В. А., Сомова А. С. Модели и алгоритмы решений в управлении проектом // Известия Южного федерального университета. Технические науки. - 2012. - № 5. - С. 122-127
111. Петросянц К. О., Самбурский Л. М., Харитонов И. А. Моделирование сбоев в КНИ/КНС КМОП-схемах с использованием универсальной SPICE-модели // В кн.: XVI Всероссийская научно-техническая конференция "Электроника, микро- и наноэлектроника": 3 - 7 июля 2017 года, г. Суздаль, Россия. М. : НИИСИ РАН, 2017. С. 53-54.
112. Рихтер Джеффри, CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке C#. СПб.: ПИТЕР, 2017.-896с.

113. Рудакова А. А. Сравнительный анализ традиционной методологии проектного управления и гибкого управления инновационными проектами // Экономика и предпринимательство. - 2012. - № 6. - С. 292-294
114. Сапожников Вл. В., Сапожников В. В. Основы технической диагностики - М.: Маршрут, 2004.
115. Соколов М. Ю., Маслова С. В. Управление рисками в проектах государственно-частного партнерства // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8, Менеджмент. - 2013. - № 4. - С. 100-124
116. Тебеньков А. Н. Оценка рисков в управлении проектами // Менеджмент: теория и практика. - 2012. - № 3/4. - С. 107-114
117. Терехова А. Е., Верба Н. Ю. Проблемы управления большими и сложными проектами // Вестник Университета (Государственный университет управления). - 2013. - №. 2. - С. 161-165
118. Тихоненко К. П., Меркушова Н.И. Инновации и управление проектами: исследование связей. // Проблемы современной экономики. - 2013. - № 16. - С. 59-63.
119. Толстяков В. С. Обнаружение и исправление ошибок в дискретных устройствах. М., Изд-во «Советское радио», 1972. - 288с.
120. Томорадзе И., Дмитрик А. Управление проектами как стадия процессного управления // Проблемы теории и практики управления. - 2013. - № 2. - С. 93-100
121. Трофимов В. В. и др. Управление проектами с PRIMAVERA. СПб, Издательство СПбГУЭФ, 2006. 216 с.
122. Трухановский О. М. Анализ исторического развития офисов управления проектами в современных инновационных компаниях // Экономика и предпринимательство. - 2012. - № 2. - С. 120-122.
123. Фатрелл Р, Шафер Д., Шафер Л. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат. Вильямс. 2003. 1125 с

124. Филипс Дж. Менеджмент IT-проектов. На пути от старта до финиша. М., 2005. - 375 с.
125. Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе. СПб.: Издательство СПбГУ, 1999.
126. Хемди А., Таха Исследование операций. М.: Вильямс, 2016. 912 с.
127. Царьков И. Н. Классификация математических моделей управления проектами // Научные исследования и разработки. Российский журнал управления проектами. 2015. Т. 4. № 1. С. 13-19
128. Ципес Г.Л., Товб А.С. Проекты и управление проектами в современных компаниях. М.: Олимп-Бизнес, 2009. 480 с.
129. Чатфилд К., Джонсон Д. Microsoft Project 2013. Шаг за шагом. М.: ЭКОМ Паблишерз., 2013, 672 с.
130. Черемных О. С., Черемных С. В. Стратегический корпоративный реинжиниринг: процессно-стоимостной подход к управлению бизнесом. – М. Финансы и статистика, 2005
131. Чернавский Д. С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. М.: Либроком, 2016. 302 с.
132. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Издательство иностранной литературы, 1963. 830 с.
133. Шишкин Е. В. Исследование операций. М.: Проспект, 2008 -208с.
134. Шишмарев В. Диагностика и надежность автоматизированных систем. - М.: Academia, 2013. 352 с.
135. Якимович Б. А., Коршунов А. И., Кузнецов А. П. Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур-стратегий производственных систем машиностроения. – Ижевск, Издательство ИжГТУ. 2007. 280с.