

На правах рукописи



**Бахиркин Михаил Васильевич**

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ ЦИКЛА РАЗРАБОТКИ  
ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ**

Специальность 05.13.01

Системный анализ, управление и обработка информации  
(авиационная и ракетно-космическая техника)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Москва 2015 г.

Работа выполнена на кафедре «Вычислительная математика и программирование» Московского авиационного института (национального исследовательского университета)

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук, доцент,  
**Лукин Владимир Николаевич**

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
кандидат физико-математических наук,  
профессор, **Макаров-Землянский Николай  
Викулович**

доктор физико-математических наук,  
профессор, **Томилин Александр Николаевич**

Ведущая организация: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Защита состоится «10» марта 2016 года в 13 ч. 00 мин. на заседании Диссертационного совета Д 212.125.12 Московского авиационного института по адресу: 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское ш., д. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского авиационного института по адресу: 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское ш., д. 4.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г.

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское ш., д. 4, Ученый совет МАИ

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.12,

кандидат технических наук, доцент



Дарнопых В.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В проектно-ориентированных организациях ежегодно выполняется множество ИТ-проектов, однако успешно завершаются только часть из них. Решение о перспективе проекта базируется на качественных и количественных оценках затрат, времени выполнения и прогнозируемой выгоде, т.е. качество проекта имеет решающее значение на стадии его инициализации.

Успех создания программной системы (ПС) определяется балансом таких факторов, как методология, персонал, границы проекта, время разработки, критерии качества. Если в ходе выполнения проекта что-то меняется в худшую сторону, то необходимо варьировать указанные факторы, чтобы выправить положение. Численность разработчиков увеличивать нельзя как известно, это только ухудшает ситуацию. Переход на новую методологию предполагает ее освоение. Сокращение границ проекта может помочь лишь тогда, когда из него исключаются еще не начатые работы, лежащие на критическом пути в сетевом графике. Но к концу проекта все работы должны находиться в стадии значительной готовности, сэкономить можно лишь на тестировании, что приведет к провалу проекта. Остаётся два главных фактора: время разработки и качество. Чтобы завершить проект успешно, надо чем-то пожертвовать, но именно эти параметры и служат критериями успеха. Так перспективный проект становится неудачным. Часто компании берутся за проекты, связанные со значительными рисками, не учитывая репутационные потери, более того, руководители не проводят расчёты для оценки условий выполнимости проекта. В результате имеет место перерасход ресурсов, чтобы выполнить проект к заданному сроку, продукт проекта получается низкого качества, заказчик не удовлетворён. Корень зла кроется в неверной оценке длительности проектного цикла. Предложенный в работе метод позволяет улучшить процессы управления и принятия решений при создании ПС за счёт строгой алгоритмизации и применения динамической системы экспертных оценок.

**Цель работы.** Создание системы поддержки принятия решений (СППР) для прогнозирования цикла разработки ПС на основе предлагаемого в работе метода динамической оценки (ДО).

Поставленная цель достигается в результате решения следующих основных задач:

- ✓ системного анализа опыта в области проектирования и разработки ПС;
- ✓ сравнительного анализа и классификации существующих методов оценки разработки программ и программных систем;
- ✓ разработки нового метода динамической оценки временных показателей с учётом достоинств и недостатков существующих методов;
- ✓ создание алгоритмов и методики оценки временных показателей разработки программных систем;
- ✓ апобации полученных результатов в реальных проектах;

- ✓ создание базы экспертных оценок.

Теоретической основой исследования послужили работы отечественных учёных и зарубежных авторов, специалистов в области разработки программного обеспечения и систем поддержки принятия решений.

Наиболее значимые результаты исследований отражены в работах: DeMarco T., Lister T., Boehm B.W., Putnam L., Brooks F.P., Parkinson S.N., Fenton N.E., Pfleeger S.L., Shepperd M., Clark C. E., Архипенкова С.Я., Горбунова-Посадова М.М., Волобова А.Г., Зухба Р.Д., Куракина П.В., Малинецкого Г.Г., Махова С. А., Митина Н.А., Сорокина А.П., Торопыгина С.А. и других.

**Научная новизна** полученных результатов состоит в следующем:

- ✓ предложен метод динамической оценки, позволяющий существенно увеличить достоверность расчётов времени выполнения программных проектов;
- ✓ разработан алгоритм динамического оценивания программных систем (ДОПС), реализующий предложенный метод;
- ✓ с использованием нового алгоритма разработана методика формирования базы экспертных оценок, которая позволяет на основе выполненных проектов получить числовые характеристики временных оценок группы экспертов, с сохранением их в аналитической базе данных, которая в дальнейшем используется для прогнозирования сроков завершения проектов данного класса.

**Практическая значимость.**

- ✓ реализован метод динамической оценки сроков завершения ИТ-проектов, дающий 10% - 15%-ный эффект в организациях с высоким уровнем зрелости для крупных ИТ-проектов, в частности, использующих методологию RUP;
- ✓ получена аналитическая база экспертных оценок, послужившая основой “виртуального эксперта”: аналитический алгоритм, который позволяет многократно использовать оценки экспертов для прогнозирования времени выполнения проектов, имеющих схожие характеристики;
- ✓ разработана СППР, реализующая предложенный алгоритм.

**Достоверность результатов.** Достоверность результатов исследования обеспечивается строгостью постановок и доказательств утверждений, корректным использованием математических моделей и стандартов, проверкой теоретических результатов реальной практической деятельностью.

**Апробация работы:** Результаты работы докладывались на следующих научных конференциях и семинарах:

- 1) XVIII Международная студенческая конференция-школа-семинар "Новые информационные технологии", 21 – 28 мая 2010 г. Судак, Крым;
- 2) Девятый Международный симпозиум «Интеллектуальные системы» (INTELS'2010), ВГУ, 28 июня – 2 июля 2010 г. Владимир;

- 3) XVII Международная конференция по Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2011), 25 – 31 мая 2011 г. Алушта;
- 4) Московская молодёжная научно-практическая конференция “Инновации в авиации и космонавтике – 2012”, 17 – 20 апреля 2012 , г. Москва;
- 5) IX Международная конференция по Неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2012), 25 – 31 мая 2012 г., Алушта;
- 6) XXI Международная студенческая школа-семинар "Новые информационные технологии", 20 – 26 мая 2013 г. Судак, Крым;
- 7) Научный семинар Института Системного Программирования РАН (31.01.2013);
- 8) Научный семинар МГППУ на факультете информационных технологий (23.05.2014).
- 9) Научный семинар Института Системного Программирования РАН (09.10.2014);
- 10) Научный семинар Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук (23.10.2014);
- 11) XIX Международная конференция по Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2015), 24 – 31 мая 2015 г. Алушта.

**Итого: 11 конференций и семинаров.**

**Публикации.** Результаты работы опубликованы в двенадцати печатных работах [1-12], в том числе четыре работы [1-4] в рекомендуемых изданиях, входящих в перечень ВАК.

**Структура и объем работы:** Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Общий объем работы – 114 страниц. Список литературы включает в себя 89 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы основные проблемы исследования, цели и задачи диссертационной работы.

**Первая глава** посвящена исследованию динамических характеристик процесса проектирования больших ПС, анализу причин их успешности и методов оценки.

На протяжении нескольких лет аналитическая группа Standish Group(SG) регулярно публикует исследования в области разработки программного обеспечения в Chaos Report, который известен как основной индикатор проблем в этой области.

Standish Group разбила проекты на 3 категории: успешный – проект завершён вовремя, в рамках бюджета с достижением всех заявленных первоначально функций; неудачный – проект завершён и работает, но разработан с превышением времени или бюджета, а также с меньшим количеством заявленных свойств и функций; провалившийся проект – отменен в течение жизненного цикла разработки (см. табл. 1).

Таблица 1. Анализ успешности проектов по SG (данные приведены в процентах)

Год	Успешные проекты	Неудачные проекты	Провалившиеся проекты
1994	16	53	31
1996	27	33	40
1998	26	46	28
2000	28	49	23
2004	29	53	18
2006	35	46	19
2008	32	44	24
2010	37	42	21
2012	39	43	18

Подход группы SG имеет следующие недостатки: расплывчатые и односторонние определения, искажение практической оценки и, как следствие, – бессмысленные данные. Определение успешности проекта недостоверно, так как базируется исключительно на случайной первоначальной оценке. Определения SG односторонние, так как не учитывают работу команды проекта с недогрузкой по времени и стоимости а также с перегрузкой по функциональности. Следование определениям SG искажает практические оценки, ведет к занижению функциональности, является причиной временных и стоимостных несоответствий. Завышение или занижение первоначальных оценок ведёт к получению недостоверных результатов.

Заметим, что использование фактора оценки качества (EQF), введённого DeMarco T., могло бы улучшить качество оценок.

Опрос более 100 отечественных компаний в 2013 году позволил выявить основные типовые проблемы российских организаций в области управления проектами: отсутствие актуальной общей картины проекта; задержки в ходе выполнения; отсутствие чётко распределённой ответственности.

Для внедрения системы управления проектами в практику работы российских организаций необходимо:

- 1) выбрать базовый стандарт (например, PMBoK);
- 2) в рамках стандарта создать или адаптировать методики оценивания успешности проектов;

3) выбрать ПО для управления проектами, обладающее следующими основными характеристиками:

- ✓ возможность создания иерархической структурой работ (ИСР);
- ✓ планирование взаимосвязанных событий;
- ✓ планирование и ведение расписания работ;
- ✓ назначение ресурсов на задачи проекта;
- ✓ расчёт времени, необходимого на решение каждой задачи;
- ✓ расчёт критического пути;
- ✓ сортировка задач по различным критериям;
- ✓ показ графика работ проекта в различных разрезах и видах диаграмм;
- ✓ управление портфелем проектов.

Наиболее подходящее в данный момент программное обеспечение - MS Project, Spider Project, Primavera. Из-за своей распространённости в качестве базового ПО выберем MS Project.

**В первой главе** проведён анализ существующих методов и метрик оценки программных проектов. Выявлены принципиальные недостатки, не позволяющие адекватно оценивать время выполнения больших программных проектов:

- модели и методы, основанные на прямом или косвенном подсчёте тысяч строк исходного кода;
- методы, основанные на расчёте функциональных точек;
- метод DeMarco T.;
- экспертные оценки.

Таким образом, подтверждается актуальность разработки метода, позволяющего снизить или исключить недостатки перечисленных методов.

**Во второй главе** предложена формализация метода динамической оценки МДО. По проведённому в первой главе анализу сформированы требования к методу:

- ✓ применимость на практике;
- ✓ время и точность оценки должны удовлетворять требованиям оперативного управления;
- ✓ независимость от объёма программных проектов и выбранных методологий управления ими;
- ✓ гибкий учёт экспертной оценки;
- ✓ “прозрачность” для руководства;

- ✓ учёт достоинств и недостатков существующих моделей и методов.

Исходя из анализа, проведённого в первой главе, за основу метода выберем следующие подходы и средства реализации:

- ✓ методику PERT для первого шага алгоритма;
- ✓ принцип Wideband Delphi для построения методики оценки;
- ✓ конус неопределённости (методика оценки, предложенная Boehm В.В.) и EQF фактор для анализа распределения оценок эксперта.
- ✓ MS Project в качестве базового программного обеспечения;
- ✓ алгоритм ДОПС;
- ✓ программную надстройку над MS Project, для реализации алгоритма оценки.

В главе собраны и проанализированы данные экспертных оценок по шести программным проектам (или их отдельным законченным фазам) в которых автор выступал в различных ролях от эксперта и технолога до руководителя проекта. (см. табл. 2).

Таблица 2. Характеристики длительности проектов

№	Продолжительность ( фактически раб. дней)	Количество оценок за весь проект	Количество экспертов всего
1	256	98	4
2	198	102	3
3	427	101	8
4	987	603	47
5	571	389	29
6	158	248	12

#### По результатам проектов:

- 1) построим конус неопределённости для каждого проекта и эксперта (см. рис.1), который позволяет оценить отклонение оценки эксперта от ожидаемого;
- 2) методом максимального правдоподобия найдём оценки математического ожидания и стандартного отклонения  $\mu$  и  $\sigma$  ;
- 3) построим эмпирическую функцию распределения, логнормальное распределение и бета-распределение оценок экспертов по проектам (см. рис. 2).



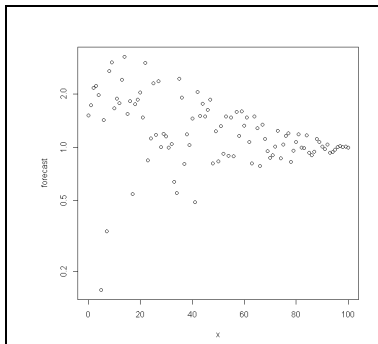


Рис 1. Проект 3,  
 $K_T$  эксперта А

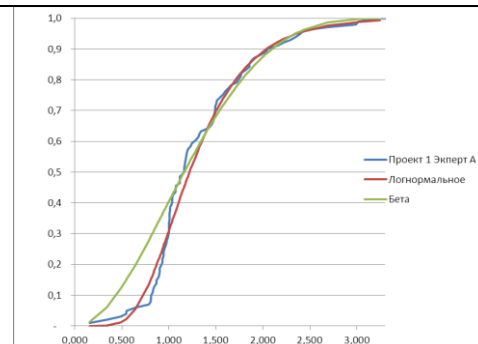


Рис 2. Функция распределения Проект 3,  
Эксперт А

Программный проект будем называть *крупным*, если оценочное время его выполнения более одного года при количестве исполнителей более 20 человек.

Крупный программный проект будем называть *определённым* в рамках метода динамической оценки, если он выполняется в организации с высоким уровнем зрелости (3 и выше по шкале СММ), с использованием итеративных моделей разработки.

В работе проведено исследование эмпирического распределения оценок экспертов с использованием критерия согласия Pearson К. и Колмогорова-Смирнова.

**Утверждение:** эмпирическое распределение  $F^*(K_T)$  выполненных экспертом оценок времени фаз определённого программного проекта ближе к логнормальному распределению, чем к бета-распределению.

### Построение модели управления проектом

Управление проектом можно представить в виде автоматизированной системы, в которой рутинные процессы сбора и анализа информации выполняются автоматически, но управляет всей системой руководитель проекта, который принимает решения.

Структурная схема системы управления проектом представлена следующим образом:

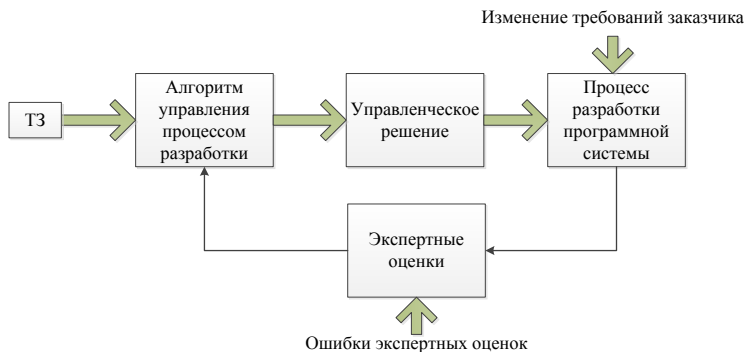


Рис 3. Структурная схема системы управления

Вводятся основные понятия и определения:

**Эксперт** – специалист, член рабочей группы проекта или команды заказчика, привлекаемый для оценок состояния процесса разработки в целях определения текущего состояния, сроков, качества и стоимости работ внутри проекта.

**Экспертное оценивание** – процесс получения оценки задачи на основе различных мнений экспертов для последующего принятия управленческого решения.

**Пакет работ** – элемент работ проекта, находящийся на самом низком уровне каждого ответвления ИСР. Обозначим пакет работ через  $P_i$ , длительность пакета работ –  $TP_i$ , где  $i$  – номер пакета.

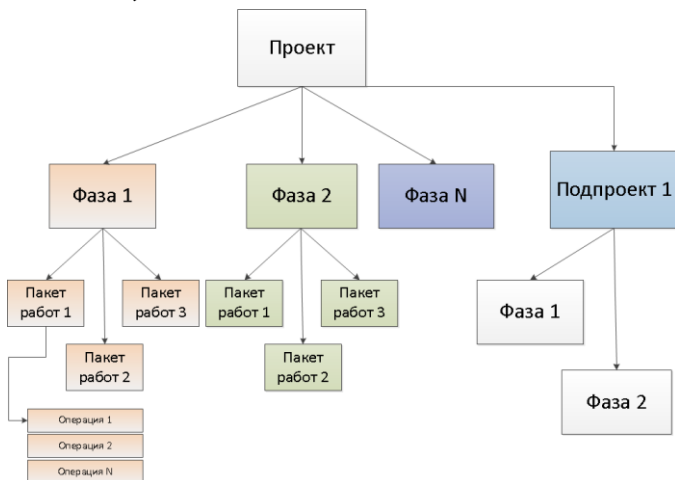


Рис 4. Структура проекта.

**Фаза проекта** - Ряд логически связанных операций проекта, завершающихся достижением основных результатов. Фаза проекта состоит из пакетов работ. Обозначим множество фаз проекта через  $F = \{F_1, \dots, F_N\}$ , где  $N$  – количество фаз проекта.

**Активная фаза проекта** – фаза проекта, внутри которой существует хотя бы один выполняемый пакет работ  $P_i$ . В противном случае фаза **неактивна**. Обозначим активную фазу проекта через  $FA_m$ , неактивную через  $FP_m$ , где  $m$  – номер фазы. Соответственно, длительности фаз обозначим  $TFA_m$  и  $TFP_m$ .

**Обозначим:**

1)  $\{V_1, V_2, \dots, V_k\}$  – множество экспертов проекта;

2)  $\alpha_{m,P_i,k}$  – коэффициент доверия в пакете работ  $i$  фазы  $m$ , для эксперта  $V_k$ , причём  $\sum_{k=1}^N \alpha_{m,P_i,k} = 1, i = const$ ;

3)  $Y_{i,k} = (V_k, \alpha_{m,P_i,k})$  – уникальная пара для пакета работ  $i$ ;

4) время выполнения пакета работ  $i$  по методу PERT через  $P_{Ti} = \frac{A_i + B_i + 4 * M_i}{6}$  (1)

5)  $\hat{t}_{m,P_i,k}$  – экспертная оценка времени выполнения пакета работ  $i$  эксперта  $k$  фазы  $m$ .

6) длительности фазы  $m$  в момент времени  $t$ , где  $H$  – количество выполненных работ внутри фазы  $m$ .  $G$  – общее количество работ внутри фазы  $m$  через

$$Z_m(t) = \sum_{i=1}^H TP_i + \sum_{k=1}^{G-H} \alpha_{m,P_i,k} \times \hat{t}_{m,P_i,k} \quad (2);$$

7) длительность критического пути, где  $t$  – произвольный момент времени,  $t \in (t_c, +\infty)$ ,  $t_c$  – время старта проекта, через  $T = T(t)$ .

**Утверждение:** Если  $t_c$  – время старта проекта, то в момент времени  $t$  длительность критического пути может быть найдена следующим образом:

1)  $t \leq t_c$

$$T(t) = \sum_{m=1}^N TFP_m(\hat{t}_m, \hat{d}_m), \text{ где}$$

$\hat{t}_m$  – оценочное время начала фазы  $m$  по методу PERT, стоящей на критическом пути;

$\hat{d}_m$  – оценочная длительность фазы  $m$  по методу PERT, стоящей на критическом пути,  $\hat{d}_m = \sum_i^W Pt_i$ , где  $W$  – количество неактивных пакетов работ фазы  $i$ ;

$Pt_i$  – длительность пакетов работ внутри фазы  $m$ .

2)  $t \geq t_c$

$$T(t) = \sum_{m=1}^N TFP_m(t, \hat{d}_m) + \sum_{m=1}^N TFA_m(t, \hat{d}_m), \text{ где функции}$$

$TFP_m(t, \hat{d}_m)$  и  $TFA_m(t, \hat{d}_m)$  определяются следующим образом:

$$TFP_m(t, \hat{d}_m) = \begin{cases} \hat{d}_m, & t < \hat{t}_m \\ 0, & t \geq \hat{t}_m \end{cases} \quad TFA_m(t, \hat{d}_m) = \begin{cases} \hat{d}_m, & t = \hat{t}_m \\ Z_m(t), & t \geq \hat{t}_m \\ 0, & t < \hat{t}_m \end{cases} \quad (3),$$

### Алгоритм оценивания

#### **1. Этап предварительного анализа.**

1.1. Разработать иерархическую структуру работ;

1.2. Определить взаимосвязь операций, используя метод диаграмм предшествования;

1.3. Построить сетевую диаграмму.

1.4. Разбить проект на фазы  $\{F_1, F_2, \dots, F_N\}$ , каждую фазу разбить на пакеты работ  $P_i$ .

## 2. Определение количества предполагаемых экспертов.

2.1. Для каждого пакета работ  $P_i$  фазы  $m$  определить количество предполагаемых экспертов  $V_{m,i}$ .

## 3. Начальный этап оценки проекта.

Найти:

3.1. Длительности всех пакетов работ  $Pt_i$  проекта по формуле (1).

3.2. Критический путь.

3.3. Оценку длительности критического пути проекта по формуле (3)

3.4. Плавающее или резервное время, критическую деятельность, время ввода, время запаздывания, резерв времени.

Шаги 3.1-3.4, в отличие от оценки методом PERT, модифицированы формулой (2), которая позволяет учесть не только мнение руководителя проекта, но и суммарное мнение экспертов.

## 4. Начало работ по проекту

4.1. Детализировать активную фазу проекта  $FA_m$  на элементарные пакеты работ  $P_i$

4.2. Для каждого пакета работ  $P_i$  фазы  $m$  оценить длительности  $\hat{t}_{m,P_i,k}$  для каждого эксперта.

4.3. Для первого завершённого пакета работ (все работы внутри пакета закончены) активной фазы  $FA_m$  рассчитать коэффициент  $K=F/A$  (отношение прогнозного значения оценок эксперта к фактической длительности).

4.4. Построить график зависимости  $K$  от процента продвижения пакета работ.

4.5. Для каждого эксперта  $k$  в пакете работ  $P_i$  фазы  $m$ , рассчитать фактор оценки качества  $EQF_{m,P_i,k}$ .

4.6. На основе полученных данных, переопределить значение весовых коэффициентов доверия экспертов  $\alpha_{m,P_i,k}$  для пакета работ  $P_{i+1}$  фазы  $m$  как отношение

$$\alpha_{m,P_{i+1},k} = \frac{EQF_{m,P_i,k}}{\sum_{k=1}^{V_{m,i}} EQF_{m,P_i,k}}$$

4.7. На основе полученных коэффициентов  $\alpha_{m,P_{i+1},k}$ , определить оценку длительности критического пути проекта по формуле (3).

4.8. Разместить полученную информацию в базу экспертных оценок.

Для каждого завершённого пакета работ  $P_i$  фазы  $m$  сохранить параметры для базы знаний:  $Y_{i,k} = (V_k, \alpha_{i,k}), \alpha_{m,P_i,k}, EQF_{m,P_i,k}$

#### 5. Повторить шаги с 4.2 по 4.8 для всех оставшихся фаз.

**Во второй главе** диссертации доказана теорема о конечности предложенного алгоритма.

**Теорема.** *Алгоритм ДОПС оценивания времени цикла разработки по методу ДО конечен.*

На основе алгоритма ДОПС предложена методика формирования базы экспертных оценок, которая позволяет на основе выполненных проектов получить числовые характеристики временных оценок различных экспертов, сохранить их в аналитической базе данных, которая в дальнейшем может быть использована для выполнения предварительного прогноза для проектов подобного класса.

**В третьей главе** приводятся результаты применения предложенного метода на ряде крупных проектов в гражданской авиации и ИТ - сфере.

#### Приведём описание проанализированных проектов.

#### **1) Проект 1 - комплекс полунатурного моделирования интегрированных систем управления воздушным движением**

Цели создания комплекса:

- отработка и исследования функционального взаимодействия пилотов и бортовой авионики, диспетчеров и средств автоматизации управления воздушным движением при решении задач наблюдения и самолётовождения в сложных условиях;
- отработка перспективных функциональных возможностей борта в части наблюдения и самолётовождения, связанных с делегированием ответственности на борт;
- оценка эффективности применения новых бортовых средств и возможностей CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management);

#### **2) Проект 2 - комплекс имитационного моделирования движения воздушных судов и наземных транспортных средств на поверхности аэродрома**

Цели создания комплекса:

- имитация наземного движения воздушных судов и наземных транспортных средств для отработки перспективных функций системы управления наземным движением и контролем;
- отработка и исследования взаимодействия пилотов и бортовой авионики, наземных служб и диспетчеров, средств автоматизации управления движением на поверхности аэродрома при решении задач наблюдения и самолётовождения в сложных условиях;
- создание электронной карты аэродрома на основе аэродромной картографической базы данных.

Представленные комплексы являются сложными техническими системами управления сверхвысокой размерности, включающие различные программно-реализуемые имитационные модели. Их уникальность заключается в интеграции имитационных моделей с макетами автоматизированных рабочих мест и аппаратурой, а также в практическом отсутствии подобных отечественных универсальных комплексов, предназначенных для решения разноплановых исследовательских задач.

### **3) Проект 3 - внедрение автоматизированного решения customer value management (CVM)**

CVM – проект первого внедрения в РФ автоматизированного решения для моделирования и управления кампаниями на основе ПО IBM Unica и SPSS.

Цели проекта внедрения:

- реализация основного и дополнительного контура системы;
- построение витрины данных ПО IBM Unica и SPSS на основе корпоративного информационного хранилища;
- настройка и интеграция ПО IBM Unica и SPSS с витриной данных;
- реализации исторических снимков атрибутов;
- настройка и интеграция с внешними системами и каналами коммуникации;
- создание витрины для построения отчётов.

### **4) Проект 4 - разработка и внедрение системы дистанционного банковского обслуживания в российском банке**

Цели проекта:

- разработка интерфейса собственной системы дистанционного банковского обслуживания (ДБО) клиентов;
- интеграция системы с внутренними учётными комплексами банка;
- разработка хранилища данных;
- создание витрины для построения отчётов.

- настройка и интеграция с внешними системами и каналами коммуникации;
- 5) Проект 5 - разработка и внедрение нового канала доступа к системе дистанционного банковского обслуживания “мобильный банк” для устройств на операционных системах iOS, Android, Windows Phone**

Цели проекта:

- разработка интерфейса системы для различных мобильных операционных систем;
- интеграция системы с системой ДБО и внутренними учётными комплексами банка;
- настройка и интеграция с внешними системами и каналами коммуникации;

**6) Проект 6 - внедрение специализированного модуля оптимизации “Contact Optimization”**

Внедрение специализированного модуля оптимизации “Contact Optimization”— проект первого внедрения в РФ автоматизированного решения для математической оптимизации и управления коммуникациями на основе ПО IBM Contact Optimization.

Цели проекта внедрения:

- построение витрины данных ПО IBM Contact Optimization на основе корпоративного информационного хранилища;
- разработка предсказательных модели в связке клиент-канал-предложение;
- настройка и интеграция модулей ПО IBM: Unica, SPSS, Contact Optimization;
- настройка и интеграция с внешними системами и каналами коммуникации;
- создание витрины для построения отчётов.

Приведём прикладной пример работы алгоритма для проекта CVM.

Проект был признан успешным, завершён раньше объявленного срока с достижением всех заявленных первоначально функций.

Рассмотрим сценарий применения метода.

В табл. 3 в столбце А приводится процент продвижения работ, находящихся на критическом пути проекта; В, С, D содержат значения EQF экспертов; F, G, H - содержат значения коэффициентов доверия экспертов; I,G,K – прогнозы экспертов; L – расчёт длительности согласно методу; P – относительное отклонение длительности критического пути.



Таблица 3. Результаты работы алгоритма для проекта CVM

A	B	C	D	F	G	H	I	G	K	L	P
100										427	0,00%
95	0,1696	0,2183	0,1910	0,2930	0,3771	0,3300	418	401	448	420	-1,69%
90	0,1600	0,2058	0,1474	0,3119	0,4010	0,2872	369	420	471	426	-0,34%
85	0,1813	0,2036	0,2504	0,2854	0,3205	0,3941	388	441	477	437	2,36%
80	0,2125	0,1856	0,2431	0,3313	0,2895	0,3791	402	461	359	403	-5,55%
75	0,1884	0,1747	0,2218	0,3221	0,2987	0,3792	507	503	393	463	8,51%
70	0,1995	0,1519	0,2096	0,3556	0,2709	0,3736	425	584	411	461	7,89%
65	0,2028	0,1404	0,2027	0,3715	0,2571	0,3713	372	623	420	451	5,70%
60	0,2053	0,1313	0,1998	0,3827	0,2448	0,3725	288	655	425	424	-0,72%
55	0,1994	0,1164	0,1935	0,3915	0,2285	0,3800	246	790	441	418	-2,13%
50	0,2352	0,0969	0,1894	0,4510	0,1858	0,3632	246	895	450	434	1,54%
45	0,2325	0,0881	0,1809	0,4636	0,1756	0,3608	204	1008	491	416	-2,69%
40	0,2740	0,0770	0,1631	0,5329	0,1498	0,3173	161	1107	537	414	-2,99%
35	0,2734	0,0730	0,1519	0,5486	0,1465	0,3048	161	1228	575	446	4,56%
30	0,2449	0,0665	0,1399	0,5427	0,1473	0,3100	159	1283	610	474	11,12%
25	0,2139	0,0608	0,1350	0,5220	0,1485	0,3295	116	1427	663	536	25,50%
20	0,1568	0,0569	0,1189	0,4715	0,1712	0,3573	117	1198	753	536	25,52%
15	0,1547	0,0639	0,1039	0,4798	0,1980	0,3222	112	1492	889	628	46,99%
10	0,1314	0,0551	0,0769	0,4988	0,2093	0,2919	108	1305	1134	841	96,84%
5	0,1608	0,0681	0,0696	0,3300	0,3300	0,3300	115	918	1361	790	85,02%

Рассмотрим сценарий применения метода:

- оценка проекта велась предложенным методом ДО. Получены следующие результаты (см. табл. 3). Несмотря на неравномерность оценок экспертов, алгоритм позволил перераспределить значения весовых коэффициентов доверия экспертов в зависимости от качества оценки на предыдущем этапе;
- после выполнения 35%-40% работ, находящихся на критическом пути, на основе предложенного алгоритма был сделан вывод о первоначально завышенных сроках выполнения проекта;
- использование метода позволило правильно оценить эксперта и команду в целом, что дало возможность принимать верные управленческие решения;
- благодаря повышению точности оценки на 18,80% (в отличие от метода PERT), была достигнута экономия в 72 рабочих дней, это позволило достичь

экономии более 22 миллионов рублей, что составляет примерно 8% стоимости всего проекта;

- на основе данного проекта сформирована база экспертных оценок, которую можно использовать при реализации схожих проектов в качестве виртуального эксперта или для повышения точности оценки.

Приведём результаты использования метода в описанных выше проектах (данные в рабочих днях) (табл. 4.)

Таблица 4. Результаты использования метода

Название проекта	Длительность проекта согласно методу PERT	Метод ДО	Фактическая длительность	Повышение точности оценки
Проект 1	217	247	256	12,14%
Проект 2	154	181	198	14,91%
Проект 3	499	420	427	18,80%
Проект 4	743	829	987	10,37%
Проект 5	439	528	571	16,85%
Проект 6	125	147	158	14,96%

По результатам исследований, проведённых в третьей главе, делаем вывод об эффективности применения предложенного метода МДО для крупных определённых программных проектов (длительность выполнения более одного года при количестве исполнителей более 20 человек) для организаций с высоким уровнем зрелости (3 и выше по шкале СММ).

**В четвертой главе** рассмотрена возможность применения метода оценки применительно к различным методологиям разработки и уровням зрелости предприятия.

Так как разработка ПО постоянно усложняется, у любой организации встает вопрос о возможности разработки требуемого продукта. Тем самым возникает необходимость в определении четкого набора критериев, которые позволяют качественно и количественно оценить уровень зрелости организации и вероятность её успеха при создании ПО.

Функциональные показатели характеризуют свойства, которые определяют функциональную пригодность ПО для удовлетворения заданных потребностей. К основным функциональным показателям принято относить следующие характеристики процесса разработки ПО:

- 1) качество разработки бизнес - требований;
- 2) утверждённая архитектура проекта;
- 3) качество разработки функциональных требований;
- 4) качество программного кода;
- 5) функциональные и архитектурные прототипы;
- 6) глубина и полнота тестирования.

Все перечисленные процессы и характеристики включаются в более общее понятие – методологию разработки ПО. Следование выбранной методологии в совокупности с уровнем зрелости организации, в конечном итоге определяет качество разработки программного обеспечения.

**В четвертой главе** проведён анализ возможности использования метода ДО к различным методологиям разработки ПО. Результаты анализа приведены в таблице 5. В ней по строкам приведены уровни зрелости предприятия, а по столбцам – методологии разработки. Знак “+” означает возможность применения предложенного метода оценки, знак “-” – невозможность.

Таблица 5. Возможность применения метода оценки применительно к методологиям разработки и уровням зрелости предприятия

Уровень зрелости	Последовательные модели		Спиральная модель	Итеративные модели		Гибкие методологии	
	Каскадная	V-образная		RUP	MSF	XP	SCRUM
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-
3	+	+	+	+	+	-	-
4	+	+	+	+	+	-	-
5	+	+	+	+	+	-	-

Результаты анализа показывают возможность применения метода в условиях различных методологий проектирования:

- в последовательных моделях предложенный метод повышает первоначальную точность оценки благодаря использованию агрегированного мнения экспертов о фазах проекта, но дальнейшего увеличения точности оценки не произойдёт;
- использование итеративных моделей позволяет получить реализацию наиболее важных функций в ходе нескольких первых итераций. В случае изменения требований со стороны заказчика предложенный метод повышает точность последующих прогнозов за счёт накопления знаний на предыдущих фазах.
- в итеративных моделях основные проектные риски находят своё решение на первых итерациях, использование предложенного метода позволяет снизить их благодаря возможности гибкого учёта мнения экспертов;
- гибкие методологии применимы только в команде опытных, профессиональных разработчиков, которая не может быть разбита на несколько частей. Размер эффективной команды ограничен сверху (10-15 человек), это противоречит основным положениям, заложенным в предложенный метод.

Исследование, проведённое в четвертой главе, даёт возможность проектной организации, находящейся на определённом уровне зрелости (3 и выше) выбрать методологию, которая даст наибольшую точность оценки при использовании предложенного в диссертационной работе метода МДО.

**В заключении** приводятся основные результаты диссертационной работы.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основным итогом диссертационной работы является создание метода, алгоритма и системы поддержки принятия решений для прогнозирования длительности цикла процессов разработки программных систем, что выразилось в достижении следующих научных и прикладных результатов.

**1. Метод динамической оценки**, дающий 10% - 15% эффект в повышении точности оценки времени выполнения программных проектов в организациях с высоким уровнем зрелости для крупных ИТ-проектов, использующих итеративные модели разработки, в частности, RUP.

**2. Алгоритм ДОПС**, реализующий предложенный метод.

**3. Методика формирования базы экспертных оценок**, позволяющая на основе выполненных проектов получить числовые характеристики оценок длительности проектного цикла от различных экспертов, сохранить их в аналитической базе данных, которая в дальнейшем может быть использована для выполнения предварительного прогноза для проектов подобного класса.

**4. Разработана СППР на основе предложенного алгоритма.** Данная СППР позволяет поддержать независимую работу экспертов по проектам и автоматизировать процесс сбора и анализа экспертных оценок: агрегировать данные, получаемые от экспертов; строить конус неопределённости для каждого эксперта внутри фазы проекта; переопределять значения весовых коэффициентов для каждого эксперта; накапливать данные для базы знаний; возвращать данные в MS Project и производить оценку длительности критического пути проекта; отображать список всех доступных проектов; содержит краткое описание каждого проекта; состав участников команды проекта с их текущей нагрузкой; позволяет руководителю проекта отслеживать ход работы над проектом; обеспечивает ролевой доступ.

**5. Создана и собрана аналитическая база экспертных оценок** на основе шести крупных успешно завершённых программных проектов. Полученная аналитическая база экспертных оценок используется в качестве основы «виртуального эксперта».

### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

#### Публикации в журналах перечня ВАК

1. Бахиркин М.В. Предпосылки создания методологии разработки ИТ-проектов в Государственных научно - исследовательских институтах // Научный Вестник МГТУ ГА 2012, Москва 2012г, №184(10), с 136-139.

2. Бахиркин М.В., Зинченко А.С.. Квантификация качества ИТ прогнозов для анализа прогнозируемых данных // Вестник Московского Авиационного Института 2012, т.19, №4, МАИ, 2012, с 181-185.

3. Бахиркин М.В., Зинченко А.С., Кирпичников А.П., Лукин В.Н., Ткаченко Д.П. Модель динамической оценки стоимостных, временных и функциональных показателей процесса проектирования и разработки программ и программных

систем// Вестник Казанского технологического университета. 2014, т.17, №7, с 284-289.

4. Бахиркин М.В., Канадин В.Н., Христофоров Г.Ю. Использование специализированного комплекса SCADe для разработки программного обеспечения бортовой функции поддержки принятия решений// Научный Вестник МГТУ ГА, Москва, 2011, №169 (7), с 107-110.

#### **Публикации в других изданиях**

5. Бахиркин М.В. Создание методологии для разработки малых и средних проектов// Материалы VIII Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2010), 25 - 31 мая 2010 г. Алушта. –М: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010, с.554-556.

6. Бахиркин М.В. Создание методологии для разработки малых и средних проектов. // "Новые информационные технологии". Тезисы докладов XVIII Международной студенческой школы-семинара - М.: МИЭМ, 2010.– с.94, 21 – 28 мая 2010 г.

7. Бахиркин М.В., Христофоров Г.Ю. Использование технологии SCADe для разработки программного обеспечения бортовой функции поддержки принятия решений. // Девятый Международный симпозиум «Интеллектуальные системы» (INTELS'2010), 28 июня – 2 июля 2010 года. г. Владимир, с.252-255.

8. Бахиркин М.В. Анализ успешности проектов проводимых в государственных научно-исследовательских институтах.//Материалы XVI международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам(ВМСППС'2011), 25-31 мая 2010г., Алушта. –М: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2011, с.180-183.

9. Бахиркин М.В., Зинченко А.С. Квантификация качества IT прогнозов для анализа прогнозируемых данных.// Сборник тезисов и докладов московской молодёжной научно-практической конференция “Инновации в авиации и космонавтике – 2012”, 17 – 20 апреля 2012 г. Москва с.235-236.

10. Бахиркин М.В. Квантификация качества IT-прогнозов.// Материалы VIII Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2012), 25 - 31 мая 2010 г. Алушта. –М: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010, с.589-591.

11. Бахиркин М.В., Лукин В.Н. Проверим алгеброй гармонию // "Новые информационные технологии". Тезисы докладов XXI Международной студенческой школы-семинара, Судак, Крым.– М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013.– с.45-53, 21 – 26 мая 2013 г.

12. Бахиркин М.В., Лукин В.Н. Метод динамической оценки временных показателей процесса проектирования и разработки программ и программных систем. //Материалы XIX международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам(ВМСППС'2015), 23-31 мая 2015г., Алушта. –М: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2015, с.157-159.