

КОМПЛЕКС АЛГОРИТМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНИВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ИЗДЕЛИЯ

В. П. Морозов

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
199178, Санкт-Петербург, 14-я линия ВО, д. 39,
<morozov@iiias.spb.su>

УДК 519.686

В. П. Морозов. **Комплекс алгоритмических моделей оценивания характеристик проекта разработки программного изделия** // Труды СПИИРАН, Вып. 2, т. 2. — СПб.: Наука, 2005.

Аннотация. Определяются задачи, решаемые в ходе выполнения проекта разработки программного изделия с помощью математических моделей. Приводятся схемы технологического и информационного взаимодействия моделей. Определяются основные характеристики проекта. Дается описание моделей, входящих в комплекс (модели оценивания и отслеживания). — Библ. 10 назв.

UDC 519.686

V. P. Morozov. **Complex of algorithmic models for characteristics estimation of the software development project** // SPIIRAS Proceedings. Issue 2, vol. 2. — SPb.: Nauka, 2005.

Abstract. The problems, which are solved during project development performance of a program product by using of mathematical models, are defined. Diagrams of technological and information interaction between models are shown. The project basic characteristics are defined. The description of the models, which are included in a complex (evaluating and tracking models) is given. — Bibl. 10 items.

Среди проблем, возникающих в ходе управления проектами разработки программных изделий, одними из наиболее важных и сложных являются проблемы определения и отслеживания характеристик создаваемого проекта в ходе его выполнения. Необходимость использование соответствующих математических моделей ясно осознается специалистами [1–3]. На сегодняшний день в индустрии программного обеспечения между собой конкурирует около 50 поставщиков средств данных и услуг по оценке стоимости проекта и его характеристик [3], однако вопрос по-прежнему далек от окончательного разрешения.

Определим задачи, требующие использование математических моделей в ходе разработки программного изделия (ПИ).

Задача оценивания характеристик проекта. Как в начале проекта, так и в ходе его выполнения периодически возникает вопрос: выполним ли данный проект в заданные сроки при имеющихся ресурсах, или иными словами, возможно ли изготовить изделие, в рамках выбранной технологии, при имеющихся ресурсах в заданные сроки?

Задачу, ставящую в соответствие характеристики проекта срокам его выполнения, будем называть задачей оценивания характеристик проекта. Математическую модель, обеспечивающую ее решение — моделью оценивания. В качестве математической модели задачи оценивания может выступить, например, модель, представленная в виде функции, аналитические выражения которой, описывают отношения, связывающие характеристики проекта со сроком его завершения. Задача оценивания возникает в момент, когда появляются сомнения в возможности успешного завершения проекта.

Задача моделирования хода проекта. Важной предпосылкой успешности завершения проекта является предварительное моделирование хода его выполнения. Результат моделирования — план работ, связывающий воедино работы, сроки и требуемые ресурсы. Традиционно такая модель предстает в виде сетевого графика.

Задача моделирования хода проекта решается либо после определения характеристик проекта, либо в момент, когда возникает необходимость задания работ исполнителям.

Отметим, план, не учитывающий характеристики проекта, полученные в модели оценивания и несущие информацию об условиях его успешного завершения, вряд ли может оказаться успешным. Следовательно, для интеграции названных задач, переменные модели оценивания должны находить отражение в модели хода выполнения проекта (модели планирования).

Задача отслеживания хода выполнения проекта. В ходе выполнения проекта могут возникнуть различные отклонения, связанные как с неправильной оценкой характеристик проекта, так и с ошибками в планировании. Проверка соответствия хода реального проекта и его идеальной модели решается с помощью модели отслеживания. В задачи модели входят: прогноз характеристик проекта на основе данных о ходе его выполнения, оценка точности прогноза характеристик проекта на основе плановых и фактических значений. В силу специфики решаемых задач модель оценивания является динамической.

Задача отслеживания регулярно решается в ходе выполнения проекта. Период между решениями задачи определяется продолжительностью и размером проекта. Очевидно, что модель оценивания сможет решать поставленные перед ней задачи, если она будет информационно согласована с моделями, описанными ранее.

Тесная взаимосвязь рассмотренных задач, позволяет ставить вопрос о целесообразности интеграции названных моделей в единый комплекс.

Технологическое взаимодействие моделей в ходе выполнения проекта разработки ПИ представлено на рис. 1.

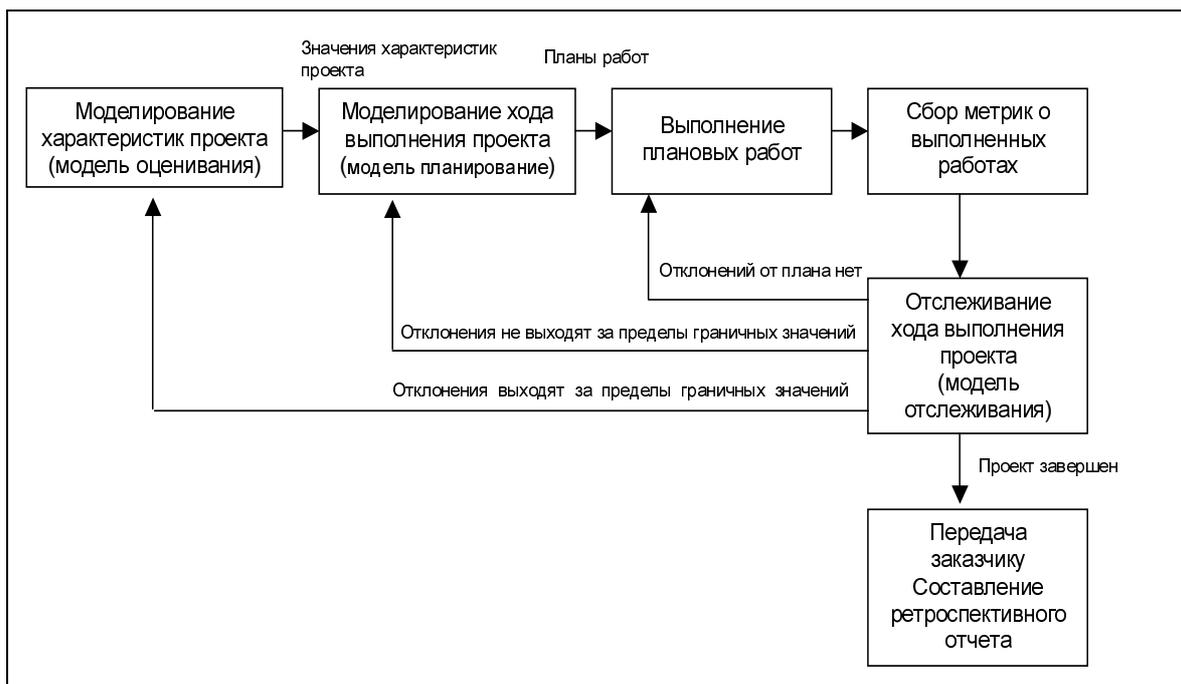


Рис.1. Схема технологического взаимодействия моделей в ходе выполнения проекта.

Как видно из рис. 1, работа над проектом начинается с решения вопроса о принципиальной реализуемости проекта при имеющихся ресурсах (модель оценивания).

Далее, с учетом полученных характеристик, моделируется ход проекта и разрабатывается план (модель планирования), который доводится до исполнителей.

По мере выполнения работ собираются метрики, которые наряду плановыми показателями становятся объектом исследования модели отслеживания. По результатам анализа возможны следующие варианты развития событий:

- Проект завершен.
- Проект не завершен. Отклонений от плана не обнаружено. Выполнение проекта идет далее в соответствии с имеющимся планом.
- Проект не завершен. Обнаружено отклонение от плана, значения характеристик проекта не выходят за пределы граничных значений. С помощью модели планирования, осуществляется коррекция состава и сроков работ.
- Проект не завершен. Обнаружено отклонение от плана, значения характеристик проекта выходят за пределы граничных значений. С помощью модели оценки характеристик определяется возможность успешного завершения проекта в новых условиях. Если успешное завершение проекта возможно лишь при новых значениях характеристик, с помощью модели планирования, осуществляется коррекция состава и сроков работ.

Таблица 1. Перечень основных характеристик проекта, используемых в комплексе моделей

№	Наименование характеристики	Примечания
1	Стоимость проекта	—
2	Время создания проекта	—
3	Ординарное качество создаваемого программного изделия	Качество изделия, обеспечиваемое технологией процесса, принятого в организации
4	Требуемое качество создаваемого программного изделия	Качество изделия, требуемое заказчиком, но не реализуемое имеющейся технологией, т.е. требующее от организации приложения дополнительных усилий
5	Повторное использование на фазах жизненного цикла	При планировании, проектировании, развитии и системном тестировании
6	Численность разработчиков	—
7	Средняя заработная плата сотрудника	—
8	Стоимость создания рабочего места	—
9	Стоимость эксплуатации рабочего места	—
10	Трудоемкость нахождения и исправления ошибки	«Отклонение» - любая неправильность в совокупности принятых характеристик объекта, ухудшающая какое-либо его свойство. «Ошибка» - отклонение, обнаруженное на той же фазе жизненного цикла разработки, где оно и возникло
11	Трудоемкость нахождения и исправления дефекта	«Дефект» — отклонение, допущенное на одной из предшествующих его обнаружению фаз разработки изделия.
12	Доля дефектов в ликвидируемых отклонениях	—
13	Объем создаваемого программного изделия	—
14	Трудоемкость создания изделия, отнесенная единице кода	—

Определим характеристики проекта, являющиеся общими для всех моделей рассматриваемого комплекса. В отличие от характеристик, связанных с отдельными моделями, будем называть их основными характеристиками проекта. Перечень основных характеристик проекта приведен в таблице 1.

Предлагаемое множество характеристик сформировано в результате анализа работ [1–5], а также в процессе создания моделей оценивания и отслеживания. Критериями отбора служили: простота, объективность, измеримость, трудность неправильной интерпретации; возможность автоматизированного сбора; возрастание точности на протяжении жизненного цикла изделия [3].

Окончательный вид множества основных характеристик проекта будет получен после завершения работ по созданию модели планирования.

На рис. 2 представлена схема информационного взаимодействия моделей комплекса в ходе выполнения проекта.

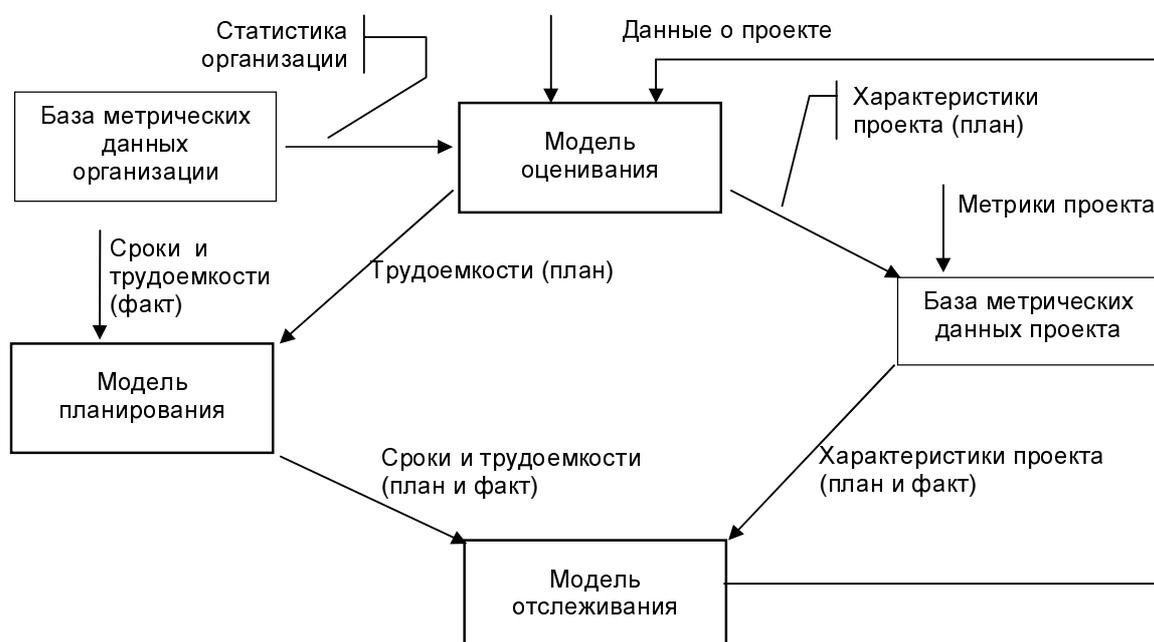


Рис.2. Схема информационного взаимодействия моделей в ходе выполнения проекта.

Как видно из рис. 2, информационное взаимодействие моделей в ходе работы над проектом обеспечивается наличием баз метрических данных проекта и организации.

База метрических данных организации служит для модели оценивания источником информации о параметрах выбранного процесса и возможных характеристиках изделия-аналога (3, 7–12, 14 — здесь и далее в скобках приводятся номера характеристик в таблице 1). Вместе с оригинальными данными о проекте (4–6, 13) эта информация является исходной для начала работы модели оценивания. В ходе модельных экспериментов пользователь определяет характеристики проекта, обеспечивающие его успешное выполнение, т.е. в заданные сроки, с требуемым качеством, в пределах выделенного бюджета. Результаты работы модели используются далее в качестве «эталонных» значений при планировании (трудоемкости фаз, ликвидации отклонений) и отслеживании проекта (5–12).

База метрических данных проекта служит в качестве хранилища информации о плановых характеристиках и метриках проекта, собираемых в ходе его выполнения.

Моделирование хода выполнения проекта происходит на основе данных о трудоемкостях, сформированных моделью оценивания, и информации о распределении работ, сроках их выполнения и назначенных ресурсах, которую вводит пользователь. Информация о плановых и фактически выполненных работах (сроки, трудоемкости, потребленные ресурсы) хранится в базе модели (на схеме не показана).

Модель отслеживания использует для анализа плановую и фактическую информацию о характеристиках проекта (база данных проекта), а также информацию о ходе выполнения работ (база модели планирования). Данные о значениях характеристик проекта, полученные в модели оценивания на основании прогноза, могут служить в качестве исходных для модели оценивания.

По завершении проекта данные о фактических значениях основных характеристиках проекта помещаются в базу метрических данных организации.

При реализации моделей оценивания и отслеживания была использована методология алгоритмического моделирования, разрабатываемая в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) [6–9].

Преимуществом алгоритмических моделей, является концентрация в них накопленного опыта, повторяемость и объективность, то есть не подверженность влиянию таких факторов, как стремление к победе, желание лучше выглядеть в условиях конкуренции [1]. Кроме того, следует отметить доступность и естественность представления моделей для широкого круга пользователей экономистов, инженеров, экологов, управленцев [8].

Алгоритмическая модель оценивания — «агрегированная модель оценивания» подробно рассмотрена в работе [10]. В качестве языка описания модели использован язык алгоритмических сетей (ЯАС) [6].

В основу агрегированной модели оценивания [10] положены следующие положения [5]:

- В течение жизненного цикла разработки на каждой ее фазе разработчики совершают ошибки в своей работе. Количество таких ошибок в течение жизненного цикла не зависит от сложности изделия и определяется размером создаваемого программного изделия, а также плотностью ошибок в изделии, соответствующей уровню процесса, принятого в организации (ординарное качество продукта).
- Часть ошибок выявляется и исправляется на той же фазе, на которой они допущены, а часть переходит на последующие фазы и превращаются в дефекты.
- В модели жизненного цикла разработки программного изделия, выделена отдельная фаза системного тестирования, которая выполняется в независимой группе тестировщиков.
- На фазе системного тестирования обнаруживается и передается в проектную группу для устранения такое количество дефектов, которое обеспечивает после их устранения наличие в поставляемом ПИ необнаруженных дефектов не более чем определено допустимой плотностью дефектов в изделии требуемого качества.

Время разработки программного изделия в агрегированной модели складывается из трех основных составляющих: времени, затрачиваемого на созда-

ние изделия ординарного качества, соответствующего технологическим возможностям процесса разработки ПО в организации, времени, затрачиваемого на достижение качества, превышающего ординарное (требуемое качество), и времени необходимого для проведения системного тестирования изделия.

Исходной величиной, в значительной мере определяющей расчет всех остальных переменных модели, является объем создаваемого изделия. Определяется на основании экспертных оценок.

Время, затрачиваемое на создание изделия ординарного качества. На основании объема разрабатываемого изделия и трудоемкости создания единицы продукции определяется трудоемкость работ по созданию ПИ с ординарным качеством. Далее на основании численности разработчиков и трудоемкости работ по созданию изделия с учетом сложности предстоящих работ определяется их продолжительность. При этом учитывается нелинейный характер зависимости ускорения работ от числа разработчиков. Определяется продолжительность фаз жизненного цикла разработки. Учитывается сокращение продолжительности каждой фазы за счет повторного использования уже готовой продукции и определяется окончательная продолжительность работ по созданию изделия с ординарным качеством.

Время, затрачиваемое на достижение требуемого качества. На основании объема разрабатываемого изделия и требуемого сокращения плотности поставленных дефектов определяется количество отклонений, которые необходимо уничтожить для достижения заданного качества изделия. Определяется количество отклонений, которые необходимо уничтожить на каждой фазе жизненного цикла разработки. Учитывается возможное сокращение появления отклонений за счет повторного использования. Так как трудоемкость поиска и уничтожения ошибок и дефектов существенно различается, отдельно определяется время необходимое на поиск и ликвидацию ошибок, и время необходимое на поиск и ликвидацию дефектов. Сумма полученных значений определяет искомое время.

Время, затрачиваемое на системное тестирование. Продолжительность фазы системного тестирования составляет не менее 30% от общего времени, затрачиваемого на проект.

Стоимость разрабатываемого изделия определяется на основании фактического времени его разработки, а также таких показателей как средняя заработная плата сотрудника за неделю, стоимость создания и эксплуатации рабочего места, доля налогов и накладных расходов в стоимости проекта.

Основные характеристики проекта, используемые в модели: объем создаваемого ПИ и коэффициент сложности, ординарное и требуемое качество создаваемого ПИ, трудоемкость создания изделия, отнесенная единице кода, численность разработчиков, повторное использование на фазах жизненного цикла, трудоемкость нахождения и исправления ошибки и дефекта, средняя заработная плата сотрудника, стоимость создания и эксплуатации рабочего места и т.д.

Основные характеристики проекта, определяемые в модели: стоимость проекта, время создания проекта.

Всего агрегированная модель оценивания содержит более 80 переменных.

Алгоритмическая модель отслеживания — «динамическая модель отслеживания». В качестве языка описания модели использован язык алгоритмических сетей (ЯАС) [6].

В основу динамической модели отслеживания положены следующие положения:

- критерием успешности проектного процесса является нахождение текущих и прогнозируемых значений характеристик проекта в некоторых заранее определенных границах (формируются с помощью модели оценивания);
- все характеристики проекта, использовавшиеся при моделировании условий его успешного завершения должны отслеживаться;
- структура модели определяется множеством характеристик, доступных для измерения и контроля в текущей фазе проекта. В таблице 2 приводятся основные характеристики проекта с указанием их доступности на различных фазах проектирования. Доступность характеристики в фазе соответствует знаку «+», недоступность — знаку «-».

Таблица 2. Доступность основных характеристик на различных фазах разработки изделия

Номер характеристики в таблице 1	Фазы разработки ПИ			
	Планирование и разработка требований	Проектирование	Развитие	Системное тестирование
1-10	+	+	+	+
11-12	-	+	+	+
13	-	-	+	+
14	-	-	-	+

Динамическая модель отслеживания представляет собой алгоритмическую сеть, описывающую 14 (по числу характеристик) функций, с помощью которых осуществляется прогноз значений основных характеристик до момента завершения проекта. В соответствии с табл.2, на фазе планирования и разработки требований в модели задействуются 10 функций (характеристики 1–10), на фазе проектирования к ним добавляются еще две функции (11–12), на фазах развития и тестирования еще по одной, соответственно 13 и 14.

Включение в функции операторов задержки, обеспечивает возможность пошагового анализа процесса. Шаг — регулярность анализа собранных в ходе выполнения проекта метрик, например, неделя.

Операторы max и min позволяют информировать пользователя только о ситуациях, когда значения характеристик выходят за допустимые пределы.

Всего динамическая модель отслеживания содержит более 250 переменных.

Агрегированная алгоритмическая модель оценивания реализована в программной среде MS Excel. Более ранняя версия модели - «модель накопления и уничтожения отклонений» [4, 5] реализована в автоматизированной системе советнике руководителя проекта разработки программных изделий АСС.

Динамическая модель отслеживания реализована в программной среде MS Excel.

Литература

- [1] Бозм Б. У. Инженерное проектирование программного обеспечения. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1985. — 512 с.
- [2] Брукс Ф. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы. Пер. с англ. СПб. Символ-Плюс, 1999. — 304 с.
- [3] Уокер Р. Управление проектами по созданию программного обеспечения. Унифицированный подход. Пер.с англ. М.: «ЛОРИ», 2002. — 424 с.
- [4] Баранов С. Н., Домарацкий А. Н., Ласточкин Н. К., Морозов В. П. Процесс разработки программных изделий. М: Наука, Физматлит, 2000. — 176 с.
- [5] Baranoff S., Domaratsky A., Lastochkin N., Morozov V. An automated system for software project planning. International Conference on Informatics and Control (ICI&C'97 June 9-13, 1997 St.Petersburg). Proceedings. Volume 2 of 3. St.Petersburg. SPIIRAS, 1997 — P.785–795 (1353с)
- [6] Иванищев В. В., Марлей В. Е., Морозов В. П. Система автоматизации моделирования САП-ФИР-Искра. Основы построения системы: Препринт №99 ЛИИАН. Л.:1989. —.63с.
- [7] Алгоритмическое моделирование: инструментальные средства и модели / Сб. Трудов под ред. Иванищева В. В. СПб: СПИИРАН, 1992. — 205 с.
- [8] Иванищев В. В., Марлей В. Е. Введение в теорию алгоритмических сетей. Санкт-Петербург. Изд-во СПбГТУ, 2000. — 179 с.
- [9] Морозов В. П. Программные системы, ориентированные на привлечение знаний экспертов в процессе решения задач. Программные продукты и системы, №1, 2001. — С. 33–35.
- [10] Морозов В. П. Оценивание характеристик проекта на основе алгоритмических моделей // VIII Санкт-Петербургская Международная Конференция “Региональная информатика-2002” (“РИ-2002”), Санкт-Петербург, 26–28 ноября 2002 года: Труды конференции. СПб., 2003. — С. 264–269.