УДК 338.425 JEL A10, B40

DOI: 10.17213/2312-6469-2021-3-72-82

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

© В.П. Бойко 2021

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Приведена систематизация методов и моделей оценки затрат на реализацию инновационных проектов с учетом таких параметров как база метода, этап проекта и виды используемых параметров. Выявлены предпосылки и области применения методов, а также недостатки и ограничения. Представлены результаты упорядочения методов и моделей с точки зрения ориентации на функции, процессы, продукты и проекты, а также видов проектов.

Ключевые слова: инновационные проекты, методы, модели, оценка затрат, систематизация

SYSTEMATIZATION OF METHODS AND MODELS FOR ESTIMATING COSTS FOR THE IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE PROJECTS

© V.P. Boyko 2021

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

The systematization of methods and models for estimating costs for the implementation of innovative projects is given, taking into account such parameters as the base of the method, the stage of the project and the types of parameters used. The prerequisites and areas of application of the methods, as well as disadvantages and limitations, are identified. The results of ordering methods and models are presented in terms of focus on functions, processes, products and projects, as well as types of projects.

Keywords: innovative projects, methods, models, cost estimation, systematization.

Введение

Оценка затрат на реализацию инновационных проектов представляет собой одну из наиболее сложных задач инновационного менеджмента. Зачастую на первоначальных стадиях имеется только концепция разработки,

и, как правило, недостаток статистических данных, необходимых для прогнозирования временных и стоимостных параметров проекта.

На этапе структурного планирования инновационного проекта формируется несколько планов, в том числе план по затратам. Чтобы составить такой план, необходимо оценить (спрогнозировать) затраты по всем фазам реализации инновационного проекта. Выбор метода и модели оценки затрат зависит от многих факторов: фаза реализации проекта, объем проекта, вид отрасли, уровень новизны, наличие аналогов, квалифицированных экспертов, статистических данных и т.д. Известные в теории и применяемые на практике методы и модели оценки затрат классифицированы по различным критериям. Разброс классификаций в значительной мере объясняется областью деятельности и опытом авторов публикаций по тематике управления инновационными проектами.

Цель статьи заключается в том, чтобы на основе анализа существующих классификаций предложить рекомендации по выбору методов и моделей оценки затрат и областей их применения с учетом наиболее значимых параметров, а также характеристик и сложившихся условий реализации инновационных проектов.

При дальнейшем описании методов и моделей будем исходить из следующего принятого в статье постулата: в рамках одного метода может быть несколько моделей, например, параметрические методы могут включать несколько разновидностей корреляционно-регрессионных моделей.

Исторический обзор методов и моделей оценки затрат на реализацию инновационных проектов

История проектного менеджмента насчитывает не одно десятилетие. К одному из первых крупных инновационных проектов прорывного характера можно отнести проект по созданию атомной бомбы, реализованный в в США в 40-е годы прошлого века. Затем после второй мировой войны были реализованы инновационные проекты в ракетно-космической сфере как в США, так и в СССР [6,14]. В 60-80 годы прошлого века наряду с развитием традиционных отраслей экономики активное развитие получила отрасль по производству компьютеров, а затем и программных продуктов. Как правило, новые технические устройства (Hardware – HW) и сложные программные продукты (Software – SW) создавались в рамках проектного менеджмента. Начиная с конца 80-х годов прошлого века количество проектов в области создания инновационных программных продуктов превалировало над проектами в области HW [12]. В настоящее время трудно найти вид деятельности где бы не применялся менеджмент проектов, поэтому результаты систематизация и выявления рекомендуемых областей применения моделей и методов оценки затрат представляет как научный, так и практический интерес.

Значительный рост числа объектов проектного менеджмента, а также складывающиеся тенденции по сокращению сроков вывода конкуренто-

способной продукции (услуг) на рынок, предполагают возрастание требований к точности оценки как временных, так и стоимостных компонент затрат на реализацию проектов.

В табл. 1 приведен краткий обзор наиболее распространенных методов оценки затрат с учетом следующих характеристик проектов:

- этап проекта, на котором производится оценка затрат;
- виды рассматриваемых параметров;
- методологическая основа (база) метода;
- год разработки и внедрения.

Принятые сокращения для базы методов:

МВК -метод взвешенных коэффициентов;

МА – метод аналогии;

МПС- метод процентных соотношений;

МПУ – метод параметрических уравнений;

МУС – метод удельных соотношений;

ММ – метод мультипликатора.

Принятые сокращения для этапов проекта:

I – итеративно по всем этапам проекта;

D – на этапе реализации;

S – этап составления спецификации;

G – на этапе укрупненного проектирования.

Принятые сокращения по видам рассматриваемых параметров:

Q – количественные;

Qu – качественные;

Таблица 1 Обзор методов оценки затрат

Название метода	Год	База метода	Этап	Виды
и модели			проекта	параметров
FUNCTION	1981	MA, MBK	I	Q, Qu, T, P
POINT				
COCOMO	1981	МВК, МПУ	D	Q, Qu, T, P
SLIM	1974	МПУ	D, G, S	Q, P
BOEING	1977	МП, ММ	D, G	Q, P
ARON	1969	ММ, МПС	D	Q, Qu, T, P
SURBOC	1978	МВК , МПС	D, S	Q, Qu, P
IBM-	1968	МВК , МПС	S	Q, P
FAKTORMETHODE				
PRICE	1984-1985	МПУ	G, I	Q, Qu,T
ZKP METHODE	1980	МВК , МПС	G, S	Q, T, P
DATA BANK	1981-1984	MA	G	Q, Qu, T, P
METHODE				

Источник: составлено авторами на основе [9,11,12,13].

Т – сроки реализации проекта;

Р – результативность (производительность).

Рассмотрим подробнее приведенные в таблице методы и модели.

Метод Function Point был разработан в корпорации IBM Альбрехтом Алланом в Нью-Йорке и с октября 1981 г. был внедрен в Германии в филиале IBM [12]. Основная идея метода состоит в том, что затраты на реализацию проекта зависят от двух составляющих: степень сложности и объема программного продукта. Эти составляющие оцениваются на основе суммы так называемых «функциональных точек (параметров) – function points». Метод применяется итеративно на всех фазах реализации проекта и охватывает количественные, качественные и временные параметры проекта, а также учитывает планируемую результативность. Пример модели определения трудоемкости проекта по созданию мобильного приложения, построенной на основе метода Function Point, приведен в работе [4].

Преимущество метода состоит в том, что он позволяет разрабатывать модели и производить оценку затрат на самых ранних стадиях развития проекта и не зависит от технологической платформы.

Метод СОСОМО (Constructive Cost Model) базируется на результатах исследования около 60 проектов в области создания Software, реализованных в США [9]. Он относится к классу параметрических методов в основе построения которых лежит регрессионный анализ. Модели в виде уравнений регрессии включает 15 параметров с соответствующими коэффициентами, которые отражают весомость каждого из параметров. Эти параметры отражают: атрибуты разрабатываемого продукта (3 параметра), атрибуты компьютера (4 параметра), атрибуты персонала (5 параметров) и атрибуты проекта (3 параметра).

В первоначальной версии метода СОСОМО процесс создания программного продукта разбивался на 5 фаз. Также проекты классифицировались по трем группам сложности: простые проекты, средние по сложности проекты и комплексные крупные проекты. Каждая группа сложности имела в параметрической степенной модели свои константы. В качестве базовой величины для расчета затрат в методе СОСОМО применяется единица измерения объема программы Kloc (kilolines of code – тысяч строк кода). Метод позволяет рассчитывать три основных показателя затрат:

- затраты на разработку проекта в человеко-месяцах;
- затраты на разработку в стоимостном выражении;
- временные затраты в месяцах.

Более подробно описание параметров и численный пример приведены в работе [9, с.208-209]. Метод СОСОМО целесообразно применять на стадии реализации проекта, то есть после его структурирования и детализации.

Метод SLIM (Software – Lifecycle-Management) разработан Лоуренсом Патменом (Putman) и опубликован в середине 70-х годов прошлого века на основе анализа около 200 проектов по разработке Software. Автор метода рассматривал жизненный цикл разработки в целом, не вдаваясь в детали отдельных компонентов проекта. Так как метод не нуждается в четком структурировании проекта, то его можно применять на ранних стадиях. В этом состоит его существенное преимущество. Однако это преимущество порождает существенный недостаток: низкая точность полученного результата.

В методе BOEING, предназначенном для оценки затрат на разработку программного продукта, учитываются различные факторы результативности (производительности), задаваемые в требованиях на разработку. Полученный результат по затратам делиться в процентном отношении по фазам реализации проекта. Метод позволяет посредством корректирующих факторов оценить затраты с учетом специфики проектов.

Метод ARON назван в честь его разработчика, который представил доклад на конференции НАТО по системному проектированию программных продуктов в 1969 г. [8]. Согласно его методу, затраты на программирование зависят от задаваемых показателей результативности программирования и длительности проекта. Если программный продукт состоит из нескольких частей различной сложности, то происходит корректировка расчета путем умножения степени сложности на соответствующий коэффициент. Следует отметить, что применение метода для оценки затрат на научно-исследовательские проекты не бесспорно, так как трудно выявить показатели результативности.

Метод IBM-FAKTORMETHODE относится к классу методов взвешенных коэффициентов, рассчитываемых по каждому фактору. Это позволяет рассчитывать затраты на реализацию проекта посредством учета влияния каждого фактора. Первоначально метод разрабатывался и применялся для оценки затрат на проекты в сфере программного обеспечения. Рассматривались 5 факторов, и затраты сначала оценивались в человеко-днях, а затем переводились в стоимостные единицы. Метод целесообразно применять уже на стадии составления спецификации проекта. В настоящее время метод применяется не только для разработки Software, но и Hardware [9]. Основной недостаток всех весовых (факторных)методов заключается в том, что они не работают на ранних стадиях проекта. Необходимо сначала полностью сформировать структуру проекта, а затем применять метод. Кроме того, при назначение весов в модели для каждого фактора присутствует элемент субъективности, что может привести к результату с низкой достоверностью.

Метод SURBOC назван по имени автора-разработчика, опубликовавшего описание метода в 1978 г. [15]. Следует отметить, что данный метод представляет собой расширенную версию IBM-FAKTORMETHODE, позволяющую оценивать затраты на более ранних стадиях спецификации,

то есть еще на стадии спецификации. Если метод IBM-FAKTOR-METHODE в большей степени ориентирован на функционал, то метод SURBOC на проект.

Метод ZKP (Zeit-Kosten-Planung — время-затраты-планирование) относится к группе методов взвешенных коэффициентов и ориентирован как и метод IBM в большей степени на функционал. Предпосылкой применения метода выступает наличие детализованной концепции разрабатываемого продукта, а также четко прописанный набор элементов создаваемого программного продукта.

Название метода «DATA BANK METHODE» раскрывает его основную суть: метод предполагает описание параметров завершенных проектов в архитектуре информационно-поисковой системы. Метод относится к классу сравнительных. Завершенные проекты систематизируются по следующим признакам: класс (вид) проекта; задачи проекта; данные проекта; данные проекта; влияющие величины. Например, признак «класс (вид) проекта» может быть сформулирован следующим образом: инновационная разработка, модификация существующей, редизайн и т.д. Данные проекта могут включать информацию о длительности реализации и затратах, числе занятых сотрудников и т.д.

Метод PRICE (Programmed Review of Information for Costing and Evaluation) был разработан американской компанией Radio Corporation of America(RSA) и опубликован в начале 80-х годов прошлого века[14]. Применяется для оценки затрат на разработки в самых различных отраслях. Метод PRICE относится к классу параметрических методов, реализуемых в алгоритмической форме и учитывающих как количественные, так и качественные параметры проектов. Следует отметить, что метод PRICE был применен при расчете временных и стоимостных параметров одного из наиболее амбициозных проектов в области ракетно-космической техники: ракета-самолет « SpaceLiner» [14,16]

В настоящее время разработано целое семейство моделей, построенных на основе метода PRICE (см. табл. 2).

Модель True H создана на основе метода PRICE и призвана поддерживать расчет затрат на разработку компонент HW, в частности, отдельных узлов, подсистем и т.п., а также затрат на интеграцию SW в систему.

Модель True S также разработана на основе метода PRICE и поддерживает расчет затрат на SW и контроллинг проектов.

Модель True IT поддерживает процессы оценки поставленных целей, затрат и результатов в IT-проектах. Способствует снижению рисков в области IT-менеджмента.

Примеры применения различных моделей PRICE в различных областях деятельности приведены в работах [5,6, 9,14].

Таблица 2 Семейство моделей PRICE

Обозначение	Область применения
PRICE H	Разработка и производство Hardware
PRICE HL	Расчет затрат по всему жизненному циклу Hardware
PRICE S	Разработка Software
PRICE SL	Расчет затрат по всему жизненному циклу Software
PRICE M	Разработка и производство микрочипов (изделия микро-
	электроники)
True H	Расчет затрат на Hardware и контроллинг проектов
True S	Расчет затрат на Software и контроллинг проектов
True IT	Планирование IT и контроллинг проектов

Источник: составлено авторами на основе [9, 14]

Представляет интересен опыт DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency – агентство перспективных оборонных исследовательских проектов США) при оценке временных и стоимостных затрат на реализацию инновационных проектов. В практике оценки DARPA важное место отводится двум методам [1]:

- интервальная оценка трудоемкости и стоимости;
- анализ стоимости жизненного цикла.

На начальных стадиях реализации инновационного проекта затраты не могут быть определены дискретно. Их стохастическая природа обычно характеризуется вероятностными параметрами: наиболее вероятная оценка, пессимистическая и оптимистическая величина оценки.

Области применения методов и моделей оценки затрат

В процессе исследования были выявлены различные подходы к систематизации методов. Следует отметить, что эти подходы радикально не различаются. Отличия рассмотренных подходов к систематизации методов заключаются в различной полноте включения моделей в соответствующие группы методов.

Ниже представлена систематизация методов оценки затрат, полученная на основе анализа работ по управлению инновационными проектами в ракетно-космической сфере [1, 5, 10, 13, 14]. Укрупненно выделены следующие методы и модели оценки затрат:

- о**ценочные методы**: экспертное оценки, квалифицированное предположение, оценка порядка величин, эмпирические данные, метод аналогии;
- параметрические методы и модели: метод затраты-полезность, функционально-стоимостной анализ (ФСА), статистические корреляционно-регрессионные модели, методы и модели вероятностных расчетов, модели PRICE;

– д**етализированные методы:** анализ рабочих пакетов, анализ планов работ и спецификаций при организации производства и др.

В табл. 3 приведены примеры методов и моделей оценки затрат, области применения, а также выявленные недостатки и ограничения.

В литературе, посвященной проблематике управления проектами преимущественно с сфере разработки программных продуктов, принята следующая систематизация методов и моделей оценки затрат [9]:

• Алгоритмические методы:

- параметрические методы;
- метод взвешенных величин.

• Методы сравнения:

- методы аналогии;
- методы пропорций (отношений).

Таблица 3 Методы и модели оценки затрат, области применения, недостатки и ограничения

Методы и	Предпосылки	Области	Недостатки		
модели	применения	применения	и ограничения		
Оценочные	– наличие экспертов	– ранние стадии про-	– субъективность;		
методы	/опыта;	екта;	 неопределенный уро- 		
	– наличие аналогов;	 независимый кон- 	вень точности;		
	– укрупненное опи-	троль оценок;	– не рекомендуется		
	сание нового изде-	– укрупненная оценка	применять при перего-		
	лия	бюджета проекта;	ворах о цене проекти-		
		– ситуации неопреде-	руемых изделий		
		ленности и риска			
Парамет-	– наличие историче-	– сравнение концеп-	– экстраполяция дан-		
рические	ских данные;	тов(планов, про-	ных и моделей часто		
методы	возможность по-	грамм);	затруднительна (или		
и модели	строения регресси-	– планирование бюд-	невозможна);		
	онных зависимостей;	жетов;	– точность оценки со-		
	наличие связи	– оценка предложе-	мнительна		
	функций с затратами	ний;			
		 независимый кросс- 			
		контроль			
Детализи-	– детальные техни-	– проведение перего-	– дорого и затратно по		
рованные	ческие материалы;	воров по цене;	времени(не рекоменду-		
методы	– отчеты о работах	– ситуации с высоки-	ется на ранних стади-		
	(архив данных);	ми рисками реализа-	ях);		
	наличие специфи-	ции проектов	– малая гибкость;		
	кации;		– может привести к ро-		
	– наличие предло-		сту затрат (в случае		
	жения по ценам		очень детального ана-		
			лиза)		

Источник: составлено автором на основе [3, 5,10,13,14].

• Методы расчета показателей:

- мультипликативные методы;
- методы основанные на показателях результативности;
- метод процентных соотношений.

В табл. 4 приведен пример упорядочения методов и моделей оценки затрат на реализацию инновационных проектов с учетом ориентации на функцию, процесс, продукт и проект.

В табл. 5 представлены примеры областей применения методов и моделей оценки затрат в зависимости от видов проектов. Перечень моделей и методов, рассмотренных в данной таблице, взят из табл. 1. Описание сущности данных методов и моделей рассмотрено выше.

Принятые сокращения:

F – применим в полной мере;

(F) – частично применим;

(АF) – применим при соответствующей адаптации.

В таблице не приведены методы экспертных оценок: метод Дельфи, метод номинальной группы и т.д. В результате исследования выяснилось, что эти методы применимы для всех видов проектов, поэтому нет смысла вносить эти методы в таблицу.

Как видно из табл. 5, в практической деятельности наиболее распространены алгоритмические параметрические методы и модели PRICE и COCOMO, а также эмпирический метод DATA BANK METHODE. Практически все приведенные в таблице методы применимы в полной мере при разработке программных продуктов (SW). Для оценки затрат на реализацию проектов по созданию наукоемких сложных технических устройств, как правило, требуется либо адаптация параметрических методов, либо применение субъективных методов экспертных оценок, отличающихся невысокой точностью прогнозов.

Таблица 4 Упорядочение методов и моделей оценки затрат на реализацию инновационных проектов

Класс методов	Ориентация методов						
	На функцию	На процесс	На продукт	На проект			
Алгоритмические	IBM- FAKTOR	SLIM	COCOMO	SURBOC			
методы и модели	METHODE		PRICE S				
			PRICE H				
Методы сравнения	FUNCTION			DATA BANK			
_	POINT			METHODE			
Методы расчета	ZKP	BOEING	ARON				
показателей							

Источник: составлено автором на основе [9, 12].

Таблица 5 Области применения методов и моделей оценки затрат

	Методы и модели оценки затрат									
Виды проектов	PRICE	СОСОМО	SLIM	IBM- METHODE	SURBOC	BOEING	ARON	FUNCTION POINT	ZKP	DATA BANK METHODE
Разработка HW	F	(F)	(F)	(AF)			(AF)	(F)		(F)
Разработка SW	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Исследовательские проекты										(F)
Проекты по рацио- нализации	(AF)									F
Социальные проекты							(AF)	(AF)		F
Проекты по сбыту	(AF)									F
Проекты в сфере услуг							(AF)	(AF)		F
Инвестиционные проекты	(AF)									F

Источник: составлено автором на основе [9,12]

Выводы

Рассмотренные в статье методы и модели оценки затрат на реализацию инновационных проектов могут применяться как для проектов в области создания программных продуктов, так и при разработке сложных традиционных мехатронных изделий и современных киберфизических систем. Выявленные области и условия применения методов и моделей оценки затрат позволят повысить степень обоснованности их применения с учетом конкретных условий реализации проектов. В качестве перспективного подхода к оценке затрат на реализацию инновационных проектов прорывного характера следует обратить внимание на разработки DARPA, успешно применяемые в оборонном ведомстве США.

Литература

- 1. Бойко В.П. Методы и модели оценки затрат на реализацию инновационных проектов / В сб.: Управление научно-техническими проектами // Материалы Второй Международной научно-технической конференции. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 14-17.
- 2. Бойко В.П. Таксономия инноваций и моделей инновационных процессов // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2018. №1. С.135-141.

- 3. Дитхельм Г. Управление проектами: [в 2 т.]: пер. с нем. СПб.: Бизнес-пресса, 2004. Т.1: Основы. 2004. — 389 с.
- 4. Павлов М.Е. Определение трудоемкости создания мобильного приложения методом Function Point // Символ науки. 2016. №12-1. С.195-197.
- 5. Цисарский А.Д. Систематизация методов и моделей оценки затрат при управлении проектами по созданию ракетно-космической техники //Контроллинг. 2013. № 50. C. 58-61.
- 6. Цисарский А.Д. Управление проектами по созданию перспективных изделий ракетно-космической техники: монография. М.: ИД «Экономическая газета», 2015. 152 с.
- 7. Цисарский А.Д., Фалько С.Г. Зарубежные практики определения трудоемкости и стоимости разработок в авиационно-космической промышленности // Контроллинг. 2016. №3(61). С.70-73.
- 8. Aron J.D. Estimating resources for large programming systems / Report on a conference sponsored by the NATO science committee. Rome, 27-31 October, 1969. P.52-61.
- 9. Burghardt M. Projektmanagement: Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Projekten. 9. Auflage. Erlangen: Publicis Publishing Verlag, 2012. 840 s.
- 10. Cost Estimating Handbook: NASA, 2008. 230 p.
- 11. Heemstra F.J. Software cost estimation // Information and Software Technology. 1992. Vol 34. № 10. P.627-639.
- 12. Knöll H.D., Busse J. Aufwandsschätzung von Software-Projekten in der Praxis, Methoden, Werkzeugeinsatz, Fallbeispiele. Mannheim; Wien; Zürich: DI-Wissen Verlag, 1991. 204 s.
- 13. Ley W., Wittmann K., Hallmann W. Handbuch der Raumfahrttechnik. Munchen: Carl Hanser Verlag, 2011. 848 s.
- 14. Madauss B.-J. Projektmanagement. Theorie und Praxis au seiner Hand. 7., neu überarbeitete Auflage. Berlin: Springer Vieweg Verlag, 2017. 914 s.
- 15. Surbock E.K. Management software development Projekten. Berlin: PH de Gruyter, 1978. 13 p.
- 16. Trivalo O. Innovative Cost Engineering Approaches, Analysis and methods Applide to SpaceLiner an advanced, Hypersonic, Suborbital Spaceplane Case-Study. Phd-Thesis. Melbourne: Monash University, 2015. 437 p.

Поступила в редакцию

10.07.2021

Бойко Владимир Петрович – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и организация производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия.

Boyko Vladimir P. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department "Economics and Organization of Production" of the Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.

Россия, 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5 5, 2-уа Baumanskaya str., Moscow, 105005, Russia e-mail: bvp10@bk.ru