

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СРОКОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация: Предложена имитационная модель оценки сроков разработки программного обеспечения для фиксированной структуры сетевого графика проекта. Показано, что использование совместно технологии имитационного моделирования и экспертных оценок позволяет получать интервальные оценки сроков разработки, а также характеристики вероятности завершения проектов в указанный срок. Проведена экспериментальная апробация модели для оценки временных затрат при реализации ИТ-проектов.

Ключевые слова: предприятия ИТ-сферы, управленческие решения, коэффициент компетентности, информационно-коммуникационные технологии, разработка программных продуктов, имитационное моделирование, метод экспертных оценок, методы микро- и макрооценки трудоемкости.

THE USE OF SIMULATION MODELING FOR ESTIMATION OF THE SOFTWARE DEVELOPMENT PERIOD

Abstract: Simulation model for evaluation of the software development period for a fixed structure of the project's network diagram has been proposed in the article. It is shown that using both simulation modeling technology and expert evaluation allows obtaining interval estimations for the software development period as well as probability of project close-out by the time fixed. Experimental approbation of the simulation model for evaluation of the software development period has been carried out.

Keywords: IT-sector enterprises, managerial decisions, competence factor, information communications technology, software development, simulation modeling, method of expert evaluations, micro and macro evaluation of work content methods.

* Статья поступила в редакцию 29 сентября 2011 г.

Введение

Высокая динамика экономических условий функционирования предприятия, влияние внедрения новых технологий на конкурентоспособность продукции и услуг, выдвигают серьезные требования к своевременной оценке текущего состояния и прогнозирования развития предприятия, обоснованию и принятию управленческих решений. Очевидно, что опыт

и интуиция лица, принимающего решения, не всегда смогут обеспечить выработку оптимального решения, особенно в такой быстро развивающейся и высокотехнологичной сфере, как информационно-коммуникационные технологии.

Высокая степень неопределенности, которая характерна для большинства задач управления проектами по разработке программного обеспечения, требует наличия надежных оценок и прогнозов, разработка которых является достаточно сложной задачей без привлечения квалифицированных специалистов в данной предметной области (экспертов) и соответствующего специализированного программного обеспечения.

Для получения прогнозных оценок поведения сложных экономических систем применяются методы имитационного моделирования и экспертных оценок. Использование технологии имитационного моделирования позволяет успешно решить данные задачи с учетом фактора риска и неопределенности [5, с. 24].

Методы экспертных оценок основаны на групповом мнении высококвалифицированных специалистов в определенной предметной области (экспертов). Эти методы позволяют решать не только аналитические, но и слабо формализуемые задачи, например, выбор лучшего варианта решения среди имеющихся, прогнозирование развития процесса поиска возможного решения сложных задач [3, с. 6].

В настоящей работе предлагается использовать методы имитационного моделирования для оценки временных затрат на разработку программного продукта. Особенности подхода заключаются в одновременном учете экспертных оценок по варьируемому числу экспертов и закона распределения вероятности. Точность оценки зависит от компетенции экспертов в данной предметной области (компетенцию специалиста в модели отражает коэффициент компетентности: чем выше коэффициент, тем выше компетентность специалиста в данной предметной области).

Обсуждаются области использования предложенной модели для оценки сроков разработки программных продуктов предприятиями ИТ-сферы.

Современные методы оценки трудоемкости и сроков разработки программного обеспечения

Всю совокупность методов оценки проектов можно разделить на две группы: микроо-

ценка трудоемкости и макрооценка трудоемкости [8]. Методы микрооценки основаны на точном знании процесса. Например, Oracle AIM и оценки трудоемкости для него. В этом методе для построения оценки необходимо построение разбивки работ и оценка каждой индивидуальной работы. Методы макрооценки основаны на функциональных требованиях и/или продукте. В качестве примера следует привести метод функциональных точек и методы типа COSOMO:

1. Метод функциональных точек

Метод функциональных точек используется для оценки времени разработки на ранних стадиях (этапах) проекта, например, на этапе логического и концептуального проектирования. Для использования данного метода необходимо иметь перечень требований к разрабатываемому программному обеспечению. Точность оценки зависит от уровня детализации требований. Данный метод используется для оценки производительности труда разработчиков и объема работы.

При анализе методом функциональных точек надо выполнить следующую последовательность шагов [9]:

- определение типа оценки;
- определение области оценки и границ продукта;
- подсчет функциональных точек, связанных с данными;
- подсчет функциональных точек, связанных с транзакциями;
- определение суммарного количества выровненных функциональных точек;
- определение значения фактора выравнивания;
- расчет количества выровненных функциональных точек.

Достоинством использования данного метода является то, что метод не зависит от языка разработки и может использоваться на ранних этапах проектирования.

К недостаткам метода следует отнести определенную сложность использования. Метод функциональных точек основывается на экспертных оценках сложности. Следовательно, точность оценок будет зависеть от квалификации экспертов в данной предметной области. Также на точность оценки будут влиять качество спецификаций (функциональных требований) и качество их отображения в конкретных технических решениях.

2. COSOMO

Одной из самых известных моделей сложности является COSOMO, которая позволяет

осуществлять прогнозирование затрат на разработку программного обеспечения – трудоемкость и время разработки [8].

Модель предполагает использование различных метрик для прогнозирования стоимости и времени разработки – метод функциональных точек, подсчет строк кода. В состав модели входит 21 параметр.

Модель учитывает точность оценки размера программного обеспечения на различных этапах проекта в зависимости от полноты информации. В связи с тем, что на ранних этапах информации недостаточно, модель предполагает использовать укрупненные факторы затрат в начале проекта, переходя к детальным факторам на последующих стадиях. Предлагаются три модели прогнозирования стоимости: Модель прототипа, Модель этапа проектирования, Модель детальной разработки. По мере продвижения от модели прототипа к модели детальной разработки увеличивается количество рассматриваемых в модели факторов.

3. Метод PERT

Инженерный метод оценки трудоемкости проекта PERT (*Program / Project Evaluation and Review Technique*) был разработан в 1958 г. в ходе проекта по созданию баллистических ракет морского базирования «Полярис» [7, с. 91]. Входом для данного метода оценки служит список элементарных пакетов работ. Диапазон неопределенности характеризуется тремя оценками:

M_i – наиболее вероятная оценка трудозатрат;

O_i – минимально возможные трудозатраты на реализацию пакета работ;

P_i – пессимистическая оценка трудозатрат. Все риски реализовались.

Оценка средней трудоемкости по каждому элементарному пакету работ определяется по формуле:

$$E_i = (P_i + 4M_i + O_i)/6$$

Для расчета среднеквадратичного отклонения используется формула:

$$СКО_i = (P_i - O_i)/6$$

Тогда для оценки суммарной трудоемкости проекта, которую мы не превысим с вероятностью 95%, можно применить формулу:

$$E_{95\%} = E + 2СКО$$

Это значит, что вероятность того, что про-

ект превысит данную оценку трудоемкости, составляет всего 5%.

Особенностью модели СОСОМО является чувствительность к точности большого числа параметров, входящих в состав модели (до 21 параметра), влияющих на точность результирующей оценки.

При методе PERT необходимо предъявлять строгие требования к статистической независимости оценок, компетентности эксперта (чрезвычайный оптимизм, или, наоборот, необоснованный пессимизм оценок серьезно влияет на результирующую оценку).

Метод функциональных точек позволяет определить размер программного продукта, а временные затраты оцениваются исходя из статистики реализации аналогичных функциональных точек, либо при помощи модели СОСОМО [8].

Представленная в данной статье имитационная модель позволяет исключить «случайность оценки» (необоснованный оптимизм или пессимизм эксперта) за счет большого количества имитаций (10 000), а также путем ввода коэффициентов компетентности экспертов. Оценка длительности проекта по данной модели является менее трудозатратной по сравнению с представленными выше.

Описание модели

Любой проект по разработке программного обеспечения можно представить в виде сетевого графика, который определяет последовательность выполнения работ и их временные границы, а также ресурсы и стоимость.

Описание последовательности разработки модели и ее анализа можно пояснить на примере бизнес-процесса «Проведение предпроектного обследования предприятия-объекта автоматизации», входящего в состав работ каскадной модели жизненного цикла программного обеспечения.

Сетевой график бизнес-процесса «Проведение предпроектного обследования предприятия-объекта автоматизации» (например, см. [1, с. 243], [4, с. 198], [6, с. 278]) представлен на рис. 1.

Перечень и время выполнения работ: разработка плана обследования предприятия (1–2) – 10 дн., заключение договора на проведение предпроектных работ (2–6) – 14 дн., подготовка плана обследования (2–3) – 6 дн., согласование плана обследования (3–4) – 3 дн., утверждение плана обследования (4–5) – 2 дн., подготовка графика обследования предприятия, распределения ресурсов (3–5) – 6 дн., под-

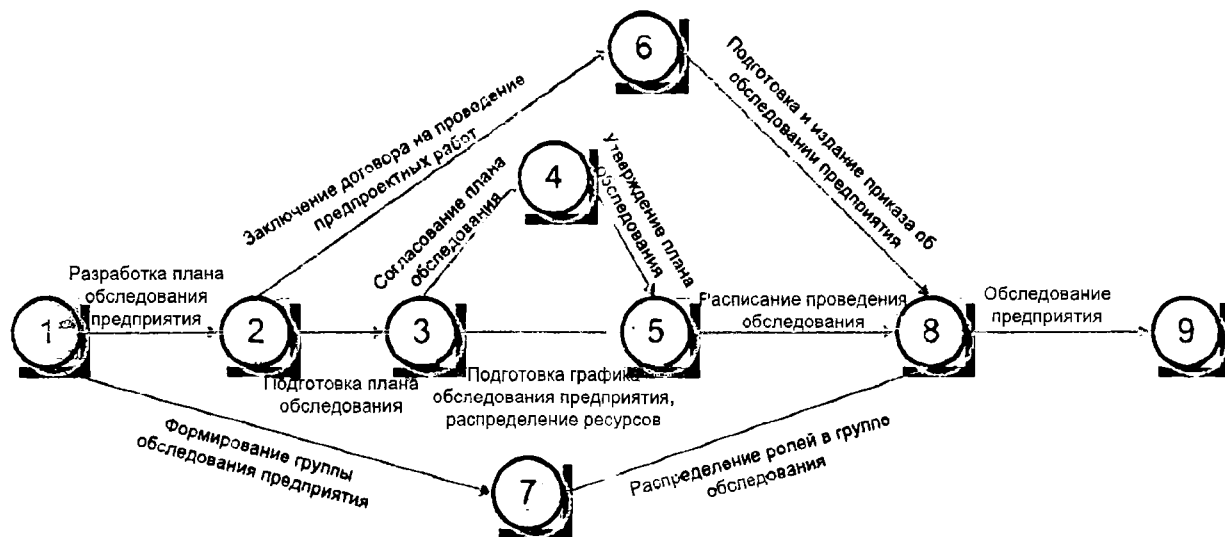


Рисунок 1 – Сетевой график предпроектного обследования предприятия

Таблица 1 – Оценка экспертами длительности работ

Работы	Э1		Э2		Э3		Э4		Э5		Э6		Э7		Э8	
	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,25$	$\alpha=0,125$	$\alpha=0,22$	$\alpha=0,08$	$\alpha=0,15$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,025$								
1-2	8,8	9,8	9,9	12,1	7,65	10,35	7	9	8,3	11,2	9,3	11	10,2	12	8,9	11,2
2-6	12	15,2	13,2	14,8	12,32	15,91	13,83	14,74	13,3	15,71	12,2	14	11	13,2	14,77	16,46
2-3	6,55	7	5,82	7,01	3,03	6,52	4,68	5,52	6,3	7,7	5,22	7,61	5,71	7,85	4,48	6,07
3-4	2,28	4,67	2,73	5,9	1,78	4,17	3,54	5,31	2,27	5,66	1,13	4,5	2,48	6,47	2,23	5,72
4-5	1,04	4,39	1,61	2,74	0,56	4,87	2,42	5,13	2,22	5,61	2,01	7,34	1,29	2,15	2,01	5,42
3-5	5,85	7,15	4,45	8,55	6,27	8,62	5,32	8,98	6,16	7,53	5,85	7,15	4,12	6,87	7,82	8,17
5-8	8,68	11,95	9,52	11,3	6,22	9,41	3,23	7,84	6,08	8,43	8,65	9,9	10,99	11,65	7,67	11,96
6-8	5,56	6,79	4	7	6,1	8,25	3,16	4,74	5,98	7,31	5,4	6,62	3,88	6,47	3,5	5,8
1-7	12,47	16,68	11,74	13,69	12,01	14,14	13,1	16,65	15,86	17,17	15,14	16,29	13,81	16,35	13,46	14,69
7-8	5,41	7,62	8,44	10,3	5,96	8	6	9,5	6,7	7	6,8	8,9	7,7	8,2	4,4	8,6
3-9	28,4	32,6	28,1	32,9	26,95	29,05	24,04	28,56	28,58	34,82	28,5	33,5	31,75	33,25	30,4	33,6

готовка расписания проведения обследования (5-8) – 10 дн., подготовка и издание приказа об обследовании предприятия (6-8) – 5 дн., формирование группы обследования предприятия (1-7) – 15 дн., распределение ролей в группе обследования (7-8) – 8 дн., обследование предприятия (8-9) – 30 дн.

В реальных условиях определение пессимистической, оптимистической, и наиболее вероятной оценок затруднено отсутствием надежной информации. Предварительные оценки данных параметров могут быть получены с использованием метода экспертных оценок, при этом высокие требования предъявляются к надежности и обоснованности оценок экспертов, уровню их квалификации в данной предметной области и способности давать надежные прогнозы [3, с. 19].

Рассмотрим ситуацию, когда продолжительность каждой из работ эксперты оценивают предельными значениями – задают минимально и максимально возможную продолжительность каждого этапа. Каждый

эксперт характеризуется значением коэффициента компетентности, который показывает зависимость точности экспертной оценки в соответствии с уровнем компетентности специалиста в данной области.

Пользуясь рисунком 1, сформируем таблицу продолжительности работ.

Рассмотрим вариант оценки длительности каждого из этапов проекта с учетом экспертных оценок.

$$T_{\min} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot T_{\min_j}, \quad i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m(1)$$

$$T_{\max} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot T_{\max_j}, \quad i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m(2)$$

где T_{\min} – минимальная возможная продолжительность проекта, α_i – коэффициент компетентности i -го эксперта, T_{\min_j} – минимальная возможная продолжительность j -го этапа проекта, m – количество этапов входящих в состав проекта, T_{\max} – ма-

симальная возможная продолжительность проекта, T_{\max} – максимально возможная продолжительность j -го этапа проекта, n – количество экспертов.

Применив формулы (1), (2), получили $T_{\min} = 53,92$, $T_{\max} = 67,3$. Предполагаем, что продолжительность проекта является величиной, распределенной по нормальному закону. Соответственно, ожидаемая продолжительность проекта с вероятностью 99,7% находится в интервале $[T_{\min} + 3\sigma; T_{\max} - 3\sigma] = [57,08; 64,14]$.

Однако в реальности закон распределения данной величины неизвестен, либо не может быть задан в аналитическом виде. В таком случае оценить продолжительность проекта, вероятность его завершения к определенному сроку можно с использованием методов имитационного моделирования (например, см. [1, с. 697], [2, с. 128], [5, с. 20]).

Сущность модели может быть определена следующим образом:

1. Каждый эксперт характеризуется некоторым коэффициентом компетентности.

Сумма коэффициентов компетентности всех экспертов равна единице.

2. Каждый эксперт определяет две оценки относительно величины продолжительности проекта – оптимистическую и пессимистическую.

3. Генерируется случайная величина (от нуля до единицы), которая при очередной имитации «попадает» в интервал, соответствующий коэффициенту компетентности одного из экспертов. Число итераций можно варьировать. Чем выше число итераций, тем выше точность оценки, однако при количестве итераций более 10000 увеличение времени на расчет не дает приемлемого повышения точности (рис. 2). Поэтому для апробации принято количество итераций 10 000.

4. В результате генерируется 10 000 продолжительностей каждой из работ, входящих в состав проекта (работы на сетевом графике), определяется критический путь проекта. В результате построения диаграммы мы можем оценить вероятность осуществления проекта в заданный срок.

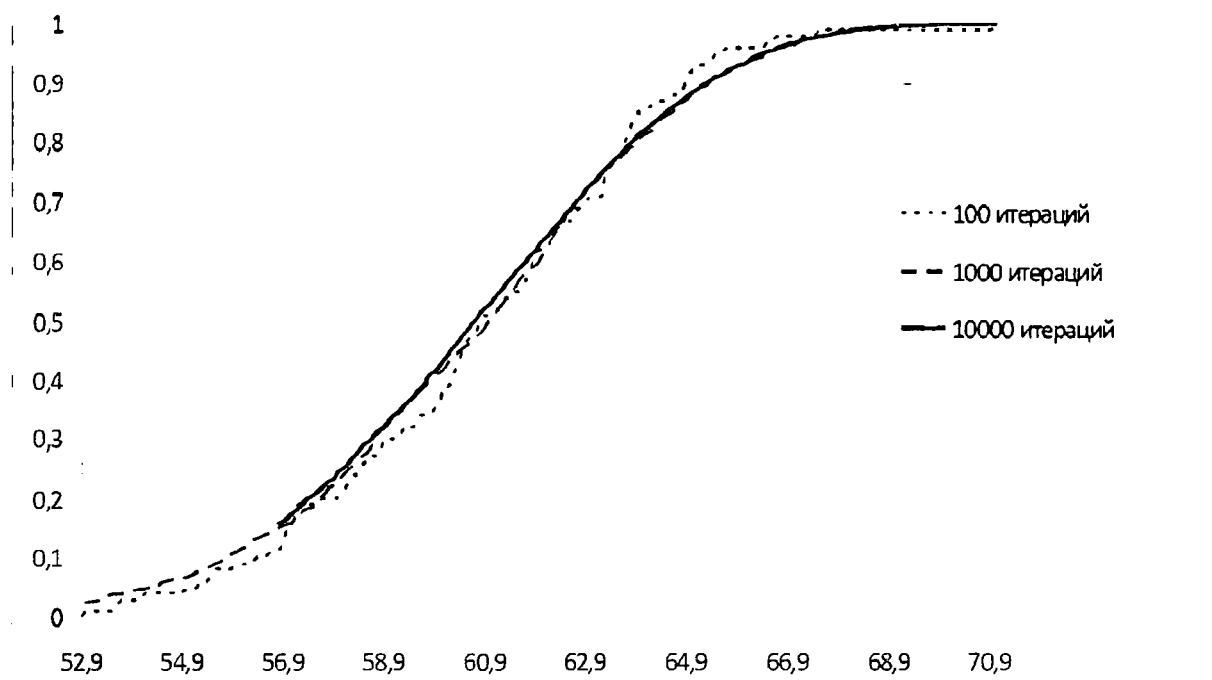


Рисунок 2 – Вероятность осуществления проекта в срок. Результаты имитационного моделирования с 100, 1000, 10 000 итераций

Имитационные расчеты по данной модели позволяют определить вероятность завершения проекта в целом в заданный срок (оценивается величина критического пути).

Особенностью предлагаемой модели является использование не точечных, а интервальных экспертных оценок длительности каждого этапа.

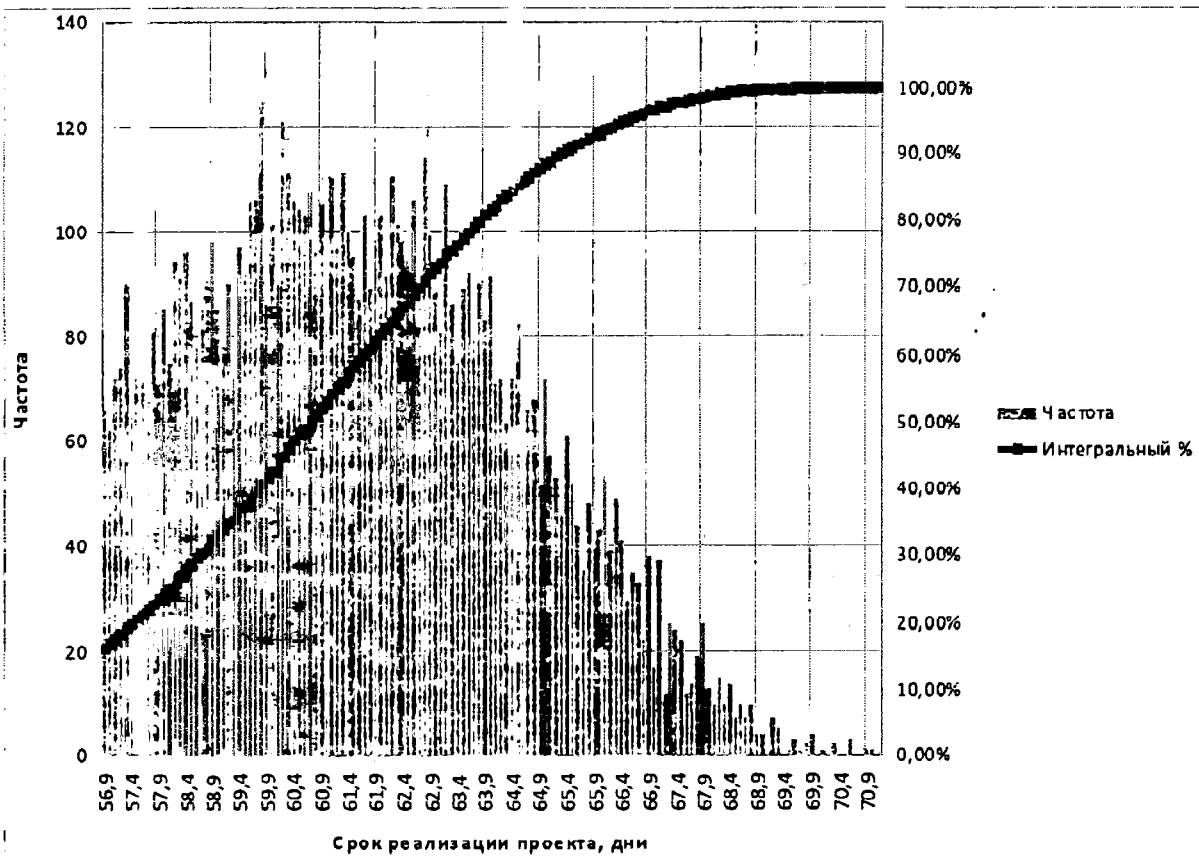


Рисунок 3 – Вероятность осуществления проекта в срок не менее заданной величины (дней)

Результатом анализа расчетных данных, приведенных на рис. 3, является прогноз временных затрат на реализацию проекта либо его части, и оценка вероятности осуществления проекта либо его части в заданный срок.

При этом предлагаемый подход позволяет решать задачи для любого этапа разработки программного продукта (не только предпроектной деятельности). Данная модель может применяться для оценки временных затрат на реализацию проекта любой природы (необходимо лишь наличие возможности представить последовательность работ в виде сетевого графика).

Следует отметить, что область применения данной модели ограничена задачами анализа проектов с фиксированной структурой сетевого графика, что характерно для проектов с короткими сроками реализации и фиксированными требованиями со стороны заказчика. В тоже время многие реальные проекты отличаются динамической структурой организации работ. Однако относительная простота подхода и невысокие затраты на проведение

анализа позволяют применять данные модели в качестве составных частей в более сложных системах поддержки принятия решений.

Выводы

Разработана модель оценки продолжительности проектов по разработке программного обеспечения с использованием аппарата имитационного моделирования и экспертных оценок.

Данная имитационная модель может использоваться при оценке продолжительности работ над проектами по разработке программных продуктов, а также входит в состав систем поддержки и принятия решений.

Использование имитационного моделирования позволяет повысить точность оценки сроков разработки при достаточно большом разбросе качества экспертных оценок и варьируемом числе экспертов, что достигается за счет увеличения числа итераций. При этом экспериментально установлено, что на практике увеличение числа итераций более 10 000 не приводит к существенному повышению точности оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таха, Х.А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха. – М.: Вильямс, 2005. – 911 с.
2. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 448 с.
3. Давнис, В.В. Прогнозные модели экспертных предпочтений: моногр. / В.В. Давнис, В.И. Тинякова; Воронеж. ун-т. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 248 с.
4. Экономико-математические методы и модели в управлении / А.С. Пелих, Л.Л. Терехов, Л.А. Терехова; под общ. ред. А.С. Пелиха – Ростов н/Д.: Феникс, 2005. – 248 с.
5. Лоу, А.М. Имитационное моделирование / А.М. Лоу, В.Д. Кельтон. – СПб.: Питер, 2004. – 846 с.
6. Фомин, Г.П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности: учеб. / Г.П. Фомин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 616с.
7. Архипенков, С. Лекции по управлению программными проектами / С. Архипенков [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: http://www.arkhipenkov.ru/resources/sw_project_management.pdf. – Дата доступа: 17.05.2011.
8. Михайловский, Н.Э. Сравнение методов оценки стоимости проектов по разработке информационных систем / Н.Э. Михайловский // Конференция «Теория и практика управления предприятием» [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/management/practice/supremum2002/15.shtml>. – Дата доступа: 17.05.2011.
9. Якунин, Ю.Ю. Оценка трудоёмкости разработки программной системы / Ю.Ю. Якунин [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://ikit.institute.sfu-kras.ru/files/ikit/Statya1.pdf>. – Дата доступа: 17.05.2011.