

И. В. КОНОНЕНКО, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;
И. В. ПРОТАСОВ, соискатель НТУ «ХПИ»;
В. А. МИРОНЕНКО, студентка НТУ «ХПИ»

ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЕКТА ПО ПЛАНИРОВАНИЮ СОЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВРЕМЕНИ И СТОИМОСТИ ЕГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Наведено опис проекту з планування виробництва нової продукції у вигляді заданих альтернативних варіантів виконання його етапів. Визначено обмеження на строки та вартість реалізації проекту, а також на якість продуктів окремих етапів проекту. Описано результати двокритеріальної оптимізації змісту проекту з планування створення виробництва зі збірки комп'ютерів за допомогою програмного забезпечення «Project Scope Optimization». Зроблено висновки про раціональність використання моделі та методу оптимізації змісту проекту за часом і вартістю його виконання та програмного забезпечення «Project Scope Optimization».

Приведено описание проекта по планированию производства новой продукции в виде заданных альтернативных вариантов выполнения его этапов. Определены ограничения на сроки и стоимость реализации проекта, а также на качество продуктов отдельных этапов проекта. Описаны результаты двухкритериальной оптимизации содержания проекта по планированию создания сборочного производства компьютеров с помощью программного обеспечения «Project Scope Optimization». Сделаны выводы о рациональности использования модели и метода оптимизации содержания проекта по времени и стоимости его выполнения и программного обеспечения «Project Scope Optimization».

A project of planning a new production has been described as alternatives of its stages. Constraints on time and cost of the project, and quality of products of the certain project stages have been defined. Software «Project Scope Optimization» has been used for two-objective optimization of the scope of the project of planning for assembling computers and the results have been described. The conclusions about the rationality of using the model and method of project's scope optimization by time and cost of its implementation and the software «Project Scope Optimization» have been made.

Введение. Ранние стадии проектов, посвященных созданию производства новой продукции, имеют большое значение для успеха проектов. От качества работ, которые выполняются на стадиях маркетинга, прогнозирования состояния внешней и внутренней среды, формирования целей, разработки планов действий зависит эффективность проекта в целом. В свою очередь качество работ непосредственно связано с затратами времени и средств на их выполнение. Таким образом оптимизация содержания проектов, посвященных планированию создания производства продукции и составляющих часть больших проектов, связанных с созданием этих производств, является актуальной.

Среди задач оптимизации содержания проектов выделяются задачи, в которых для отдельных этапов работ задаются альтернативные варианты их

выполнения, характеризуемые временем, стоимостью и качеством продукта этапа. Причем каждый из альтернативных вариантов представляет собой совокупность взаимосвязанных работ. Для описания этих вариантов используются сетевые модели. В работе [1] предложены модель и метод оптимизации времени проекта при условии, что заданы, в виде сетевых моделей, альтернативные варианты выполнения работ на отдельных этапах. В работе [2] для аналогичных задач, но при условии оптимизации стоимости проекта, также предложены модель и метод решения. Многокритериальная задача оптимизации содержания проекта при альтернативном задании вариантов выполнения отдельных этапов работ впервые рассматривалась в работе [3]. Для её решения было предложено использовать минимаксный подход в сочетании с методом неявного перебора. В работе [4] было предложено решить данную задачу с использованием обобщённого критерия и применить ограничения на качество продуктов отдельных этапов проекта.

В работе [5] было описано программное обеспечение «Project Optimum», с помощью которого можно проводить оптимизацию проекта по срокам либо по стоимости его выполнения при заданных альтернативных вариантах выполнения этапов проекта. В основу данного программного продукта были положены метод минимизации сроков выполнения работ по проекту, описанный в работе [1], и метод минимизации стоимости проекта при ограничениях на сроки выполнения работ, предложенный в работе [2].

Для автоматизации метода, представленного в работе [4], было разработано программное обеспечение «Project Scope Optimization», которое позволяет выполнить двукритериальную оптимизацию содержания проекта по времени и стоимости, если заданы альтернативные варианты выполнения этапов проекта. Для этого необходимо предварительно ввести в программу альтернативные варианты выполнения этапов проекта в виде перечня работ, указать их связи с предыдущими и последующими работами, определить ограничения по срокам и стоимости выполнения проекта, указать существующие ограничения на качество продуктов отдельных этапов проекта, а также задать взаимосвязи между альтернативными вариантами соседних этапов. Перед выполнением оптимизации необходимо указать важность временного и стоимостного критериев, задав соответствующие весовые коэффициенты. Для наглядного представления структуры проекта программа реализует отображение дерева проекта. В окне вывода результатов указываются срок и стоимость выполнения проекта, оптимальная комбинация альтернатив, а также дерево оптимального проекта.

Постановка задачи. Применить модель и метод двукритериальной оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его реализации при заданных альтернативных вариантах выполнения этапов проекта и ограничениях на качество продуктов отдельных этапов для проекта по планированию создания производства новой продукции. Оптимизацию

проекта выполнить с использованием программного обеспечения «Project Scope Optimization».

В данной работе рассматривается проект планирования создания сборочного производства компьютеров. Проект состоит из десяти этапов, для каждого из которых заданы альтернативные варианты выполнения работ, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Описание проекта по планированию производства продукции

Номер этапа	Название этапа	Название альтернативного варианта
Этап 1	Анализ состояния внешней и внутренней среды предприятия.	Вариант 1 – Сбор детальной информации о внешней и внутренней среде предприятия, накопление ее в базах данных, в виде файлов, на бумажных носителях, подробный анализ каждого фактора.
		Вариант 2 – Сбор наиболее важной информации, касающейся внешней и внутренней среды предприятия, накопление ее в базах данных, в виде файлов, на бумажных носителях, укрупненный анализ факторов без использования математических методов и программных средств.
		Вариант 3 – Сбор детальной информации о внешней и внутренней среде предприятия, накопление ее в базах данных, в виде файлов, на бумажных носителях, подробный анализ каждого фактора с применением математических методов и программных средств.
Этап 2	Прогнозирование состояния внешней и внутренней среды предприятия.	Вариант 1 – Специалисты предприятия своими силами разрабатывают прогнозы развития факторов внешней и внутренней среды.
		Вариант 2 – Для разработки прогнозов факторов внешней и внутренней среды привлекается консалтинговая фирма.
Этап 3	Разработка сценариев развития предприятия и его окружения.	Вариант 1 – Специалисты предприятия своими силами разрабатывают сценарии развития предприятия и его окружения.
		Вариант 2 – Для разработки сценариев развития предприятия и его окружения привлекается консалтинговая фирма.

Продолжение таблицы 1

Этап 4	SWOT-анализ.	Вариант 1 – Специалисты предприятия своими силами делают SWOT-анализ.
		Вариант 2 – Для выполнения SWOT-анализа привлекается консалтинговая фирма.
Этап 5	Разработка миссии, видения, главных целей предприятия.	Вариант 1 – Специалисты предприятия своими силами разрабатывают миссию, видение, главные цели предприятия.
		Вариант 2 – Для разработки миссии, видения, главных целей предприятия привлекается консалтинговая фирма.
Этап 6	Формирование критериев достижения главных целей предприятия. Формирование приоритетных направлений развития предприятия.	Вариант 1 – Специалисты предприятия своими силами разрабатывают критерии достижения главных целей и приоритетные направления развития предприятия.
		Вариант 2 – Для разработки критериев достижения главных целей и приоритетных направлений развития предприятия привлекается консалтинговая фирма.
Этап 7	Выбор стратегии предприятия в области выпуска продукции.	Вариант 1 – Специалисты предприятия определяют рациональный типаж продукции исходя из анализа перспективного спроса.
		Вариант 2 – Специалисты предприятия определяют рациональный типаж продукции с использованием программного обеспечения.
		Вариант 3 – Для разработки стратегии предприятия в области выпуска продукции привлекается консалтинговая фирма.
Этап 8	Разработка бизнес-плана проекта освоения производства новой продукции.	Вариант 1 – Специалисты предприятия разрабатывают бизнес-план проекта.
		Вариант 2 – Бизнес-плана проекта заказывают у консалтинговой фирмы.
		Вариант 3 – Специалисты предприятия разрабатывают бизнес-план проекта с использованием программного обеспечения Project Expert.

Продолжение таблицы 1

Этап 9	Разработка технического задания, технического предложения, эскизного проекта, технического проекта, рабочей документации создания нового продукта.	Вариант 1 – Специалисты предприятия разрабатывают техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочую документацию создания нового продукта.
		Вариант 2 – Разработку технического задания, технического предложения, эскизного проекта, технического проекта, рабочей документации создания нового продукта заказывают в проектном институте.
Этап 10	Планирование технологической подготовки производства продукта проекта.	Вариант 1 – Специалисты предприятия разрабатывают план технологической подготовки производства продукта проекта.
		Вариант 2 – Разработку плана технологической подготовки производства продукта проекта заказывают в технологическом институте.

Каждый альтернативный вариант представлен в виде сетевой модели с заданными взаимосвязями между работами. Сетевые модели альтернативных вариантов первого этапа представлены на рис. 1.

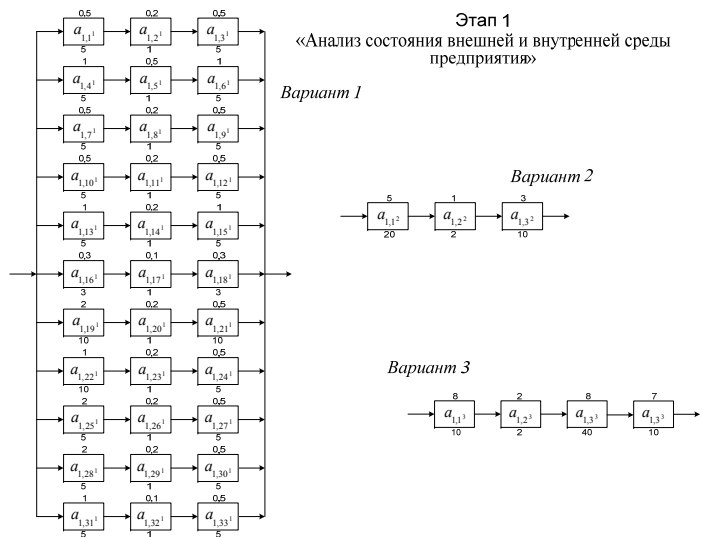


Рис. 1 – Сетевые модели альтернативных вариантов этапа 1

Для некоторых этапов проекта были определены ограничения по качеству продукта, которые выделены исходя из специфики каждого этапа.

Для измерения показателей качества на этапах 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 определена шкала в баллах от 1 до 5 со следующими значениями:

- 1 – совсем плохое качество;
- 2 – неудовлетворительное качество;
- 3 – удовлетворительное качество;
- 4 – хорошее качество;
- 5 – отличное качество.

Значение показателя качества «Вероятность осуществления сценариев развития предприятия и его окружения» на этапе 3 изменяется в диапазоне от 0 до 1. На этапе 6 не было определено ни одного показателя качества.

Показатели качества рассматриваемого проекта представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели качества

Номер этапа	Показатель качества	Ограничение по качеству	Значения показателей качества для альтернатив
Этап 1	Качество анализа состояния внешней и внутренней среды предприятия	$\Psi_1(x_{1,j}) > Q_{1,1}^{\text{задан}}$ $Q_{1,1}^{\text{задан}} = 3$	$\Psi_1(x_{1,1}) = 4$ $\Psi_1(x_{1,2}) = 3$ $\Psi_1(x_{1,3}) = 5$
Этап 2	Качество прогноза состояния внешней и внутренней среды предприятия	$\Psi_2(x_{2,j}) \geq Q_{2,2}^{\text{задан}}$ $Q_{2,2}^{\text{задан}} = 4$	$\Psi_2(x_{2,1}) = 4$ $\Psi_2(x_{2,2}) = 5$
Этап 3	Вероятность осуществления сценариев развития предприятия и его окружения	$\Psi_3(x_{3,j}) > Q_{3,3}^{\text{задан}}$ $Q_{3,3}^{\text{задан}} = 0,5$	$\Psi_3(x_{3,1}) = 0,5$ $\Psi_3(x_{3,2}) = 0,8$
Этап 4	Качество SWOT-анализа	$\Psi_4(x_{4,j}) \geq Q_{4,4}^{\text{задан}}$ $Q_{4,4}^{\text{задан}} = 4$	$\Psi_4(x_{4,1}) = 3$ $\Psi_4(x_{4,2}) = 5$
Этап 5	Качество миссии, видения, главных целей предприятия	$\Psi_5(x_{5,j}) \geq Q_{5,5}^{\text{задан}}$ $Q_{5,5}^{\text{задан}} = 3$	$\Psi_5(x_{5,1}) = 4$ $\Psi_5(x_{5,2}) = 5$
Этап 7	Качество стратегии предприятия в области выпуска продукции	$\Psi_6(x_{7,j}) \geq Q_{7,6}^{\text{задан}}$ $Q_{7,6}^{\text{задан}} = 4$	$\Psi_6(x_{7,1}) = 3$ $\Psi_6(x_{7,2}) = 4$ $\Psi_6(x_{7,3}) = 5$
Этап 8	Качество маркетингового плана	$\Psi_7(x_{8,j}) \geq Q_{8,7}^{\text{задан}}$ $Q_{8,7}^{\text{задан}} = 4$	$\Psi_7(x_{8,1}) = 3$ $\Psi_7(x_{8,2}) = 3$ $\Psi_7(x_{8,3}) = 5$

Продолжение таблицы 2

Этап 8	Качество финансового плана	$\Psi_8(x_{8,j}) > Q_{8,8}^{\text{задан}}$ $Q_{8,8}^{\text{задан}} = 4$	$\Psi_8(x_{8,1}) = 3$ $\Psi_8(x_{8,2}) = 4$ $\Psi_8(x_{8,3}) = 5$
Этап 9	Качество ТЗ, технического предложения, эскизного проекта, технического проекта, рабочей документации создания нового продукта	$\Psi_9(x_{9,j}) \geq Q_{9,9}^{\text{задан}}$ $Q_{9,9}^{\text{задан}} = 4$	$\Psi_9(x_{9,1}) = 4$ $\Psi_9(x_{9,2}) = 5$
Этап 10	Качество плана технологической подготовки производства продукта проекта	$\Psi_{10}(x_{10,j}) \geq Q_{10,10}^{\text{задан}}$ $Q_{10,10}^{\text{задан}} = 4$	$\Psi_{10}(x_{10,1}) = 4$ $\Psi_{10}(x_{10,2}) = 5$

В табл. 2: $\Psi_r(x_{h,j})$ – функция, определяющая значение r -го показателя качества продукта в результате выполнения h -го этапа для j -го варианта выполнения операций, $x_{h,j}$ – булева переменная, равная единице, если осуществляется j -й вариант выполнения операций на h -м этапе, и равная нулю в противном случае, $Q_{h,r}^{\text{задан}}$ – заданное граничное значение r -го показателя качества продукта в результате выполнения этапа h . Обозначения в табл. 2 и далее соответствуют модели задачи оптимизации содержания проекта по критериям время и стоимость, описанной в работе [4].

Расчет оптимального содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения для проекта по планированию создания сборочного производства компьютеров был проведён с помощью программного обеспечения «Project Score Optimization». Исходные данные представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3 – Исходные данные

Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4	Этап 5
$h = 1$	$h = 2$	$h = 3$	$h = 4$	$h = 5$
$K_1 = 25$	$K_2 = 3,5$	$K_3 = 3$	$K_4 = 1$	$K_5 = 4$
$M_1 = 3$	$M_2 = 2$	$M_3 = 2$	$M_4 = 2$	$M_5 = 2$
$t_{1,1} = 21$	$t_{2,1} = 26$	$t_{3,1} = 6$	$t_{4,1} = 2$	$t_{5,1} = 17$
$t_{1,2} = 32$	$t_{2,2} = 32$	$t_{3,2} = 17$	$t_{4,2} = 11$	$t_{5,2} = 21$
$t_{1,3} = 62$	$w_{2,1} = 3,4$	$w_{3,1} = 0,5$	$w_{4,1} = 0,3$	$w_{5,1} = 4$
$w_{1,1} = 20,5$	$w_{2,2} = 12,9$	$w_{3,2} = 3,5$	$w_{4,2} = 1,4$	$w_{5,2} = 4,9$
$w_{1,2} = 9$				
$w_{1,3} = 25$				

Таблица 4 – Исходные данные

Этап 6	Этап 7	Этап 8	Этап 9	Этап 10
$h = 6$	$h = 7$	$h = 8$	$h = 9$	$h = 10$
$K_6 = 5$	$K_7 = 12$	$K_8 = 20$	$K_9 = 65$	$K_{10} = 30$
$M_6 = 2$	$M_7 = 3$	$M_8 = 3$	$M_9 = 2$	$M_{10} = 2$
$t_{6,1} = 10$	$t_{7,1} = 30$	$t_{8,1} = 24$	$t_{9,1} = 80$	$t_{10,1} = 25$
$t_{6,2} = 18$	$t_{7,2} = 13$	$t_{8,2} = 35$	$t_{9,2} = 84$	$t_{10,2} = 33$
$w_{6,1} = 4$	$t_{7,3} = 24$	$t_{8,3} = 31$	$w_{9,1} = 63$	$w_{10,1} = 24$
$w_{6,2} = 5,4$	$w_{7,1} = 12,5$	$w_{8,1} = 13,5$	$w_{9,2} = 101$	$w_{10,2} = 39,5$
	$w_{7,2} = 13$	$w_{8,2} = 30,1$		
	$w_{7,3} = 11,9$	$w_{8,3} = 21,2$		

В табл. 3, 4: h – номер этапа выполнения операций; K_h – объем денежных средств, выделяемых на h -м этапе; M_h – количество вариантов выполнения операций на этапе h ; $w_{h,j}$ – стоимость выполнения операций j -го варианта сетевой модели на h -м этапе (может складываться из стоимостей нескольких операций); $t_{h,j}$ – срок выполнения операций j -го варианта сетевой модели на h -м этапе (находится с использованием метода критического пути).

В табл. 3, 4 время выполнения альтернатив измеряется в рабочих днях, а стоимость выполнения альтернатив и объем выделенных средств на каждом этапе – в тыс. грн.

Также установлено ограничение на время реализации проекта, которое составляет 265 дней. Общий бюджет проекта равен 168,5 тыс. грн. Весовые коэффициенты стоимостного и временного критериев соответственно составляют 0,3 и 0,7. Последнее свидетельствует о том, что оптимизация по времени для заказчика имеет большее значение, чем оптимизация по стоимости.

В результате оптимизации содержания проекта по планированию создания сборочного производства компьютеров с помощью программного продукта «Project Score Optimization» были получены следующие результаты:

- стоимость проекта составила 160,4 тыс. грн.;
- время выполнения проекта составило 251 дней;
- оптимальная комбинация альтернатив представлена в табл. 5.

Таблица 5 – Оптимальная комбинация альтернатив

№	Название этапа	Альтернатива	Стоимость, тыс. грн.
1	Этап 1. Анализ состояния внешней и внутренней среды предприятия	Вариант 1	20,4
2	Этап 2. Прогнозирование состояния внешней и внутренней среды предприятия	Вариант 1	3,4

Продолжение таблицы 5

3	Этап 3. Разработка сценариев развития предприятия и его окружения	Вариант 2	3,5
4	Этап 4. SWOT-анализ	Вариант 2	1,4
5	Этап 5. Разработка миссии, видения, главных целей предприятия	Вариант 1	4
6	Этап 6. Формирование критериев достижения главных целей предприятия. Формирование приоритетных направлений развития предприятия	Вариант 1	4
7	Этап 7. Выбор стратегии предприятия в области выпуска продукции	Вариант 2	13
8	Этап 8. Разработка бизнес-плана проекта освоения производства новой продукции	Вариант 3	21,2
9	Этап 9. Разработка технического задания, технического предложения, эскизного проекта, технического проекта, рабочей документации создания нового продукта	Вариант 1	65,5
10	Этап 10. Планирование технологической подготовки производства продукта проекта	Вариант 1	24

Окно вывода результатов оптимизации представлено на рис. 2.

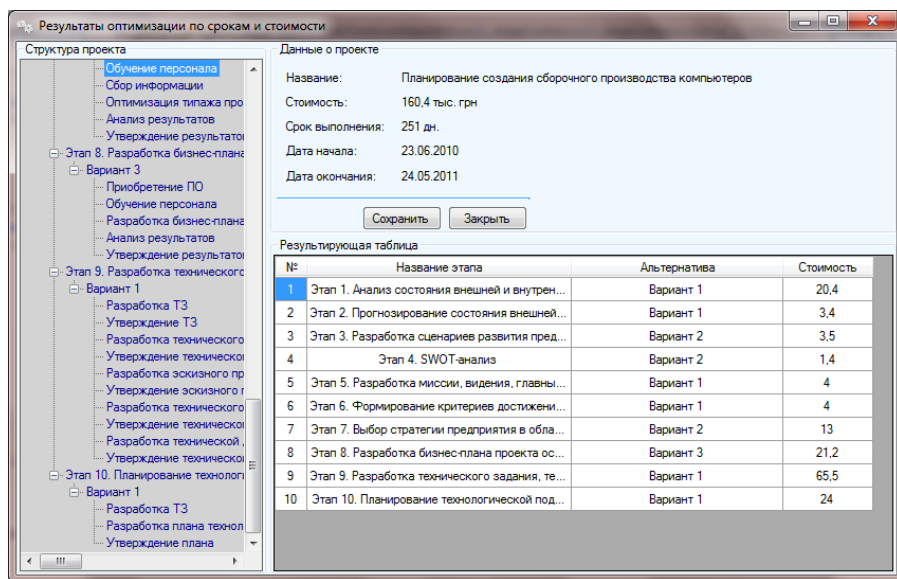


Рис. 2 – Результаты оптимизации

Описанный проект по планированию создания сборочного производства компьютеров состоит из 10 этапов и содержит 23 варианта их выполнения. В случае использования метода полного перебора пришлось бы рассмотреть все возможные сочетания этих вариантов, а именно 3456 сочетаний. При этом каждый раз необходимо было бы использовать метод критического пути, что достаточно трудоемко. При оптимизации содержания описанного проекта с помощью программного обеспечения «Project Scope Optimization» было рассмотрено только 2 полных сочетания вариантов, а остальные были отсечены в процессе работы используемого метода. Решение данной задачи в среднем занимает всего 452 миллисекунды. Следовательно, полученные результаты подтверждают рациональность использования модели и метода оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения, а также программного обеспечения «Project Scope Optimization».

Заключение. Таким образом, в работе были применены ранее разработанные модель и метод оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения для решения задачи планирования производства новой продукции на примере проекта по планированию создания сборочного производства компьютеров. Важной особенностью рассматриваемой задачи является то, что альтернативные варианты выполнения работ по проекту заданы в виде сетевых моделей и заданы ограничения на качество продуктов отдельных этапов проекта. Используемый метод основан на применении обобщенного критерия в сочетании с методом неявного перебора. Для автоматизации работы метода использовано разработанное программное обеспечение «Project Scope Optimization».

Список литературы: 1. Кононенко И. В. Математическая модель и метод минимизации сроков выполнения работ по проекту / И. В. Кононенко, Е. В. Емельянова, А. И. Грицай // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2007. – №2/6 (26). – С. 16–20. 2. Кононенко И. В. Математическая модель и метод минимизации затрат по проекту при ограничениях на сроки выполнения работ / И. В. Кононенко, Е. В. Емельянова // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – № 4. – С. 46–53. 3. Кононенко И. В. Математическая модель и метод оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения / И. В. Кононенко, В. А. Мироненко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №1/2 (43). – С. 12–17. 4. Кононенко И. В. Двухкритериальная оптимизация содержания проекта при ограничениях на качество продукта / И. В. Кононенко, И. В. Протасов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №5/4 (47). – С. 57–60. 5. Кононенко И. В. Программная реализация методов оптимизации сроков и стоимости осуществления проекта с учетом заданных альтернативных вариантов выполнения работ / И. В. Кононенко, Е. В. Емельянова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 4/8 (40). – С. 57–61.

Надійшла до редколегії 09.11.2010