

**Кількісні методи контролю якості процесів управління проектами / М. С. Дорош, І. А. Баранюк, Д. М. Ітченко** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 3 (1046). – С. 7-13. – Бібліогр. : 4 назв.

В статті розглядаються існуючі методи контролю якості з наступною їх стратифікацією з метою виявлення галузей їх використання при управлінні проектами. Предложено використання методу побудови гістограм для контролю якості процесів управління проектами, представлені їх основні форми і параметри. Приведен приклад практичного використання запропонованих методів.

**Ключові слова:** управління проектами, якість, методи контролю, гістограми, межі допуску, ефективність, освоєний об'єм.

The existent methods of quality control with their further stratification for the revealing of spheres of their usage in projects management are considered in the article. The usage of histograms building method for the control of quality of projects management processes is offered, their basic forms and parameters are present. An example of the practical use of the offered methods is given.

**Keywords:** project management, quality, methods of control, histograms, tolerance limits, efficiency, work performed.

УДК 658.012.23

**І.В. КОНОНЕНКО**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой НТУ «ХПІ»;  
**М.Э. КОЛЕСНИК**, старший преподаватель НТУ «ХПІ»;  
**Е.В. ЛОБАЧ**, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ»

## **МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЕКТА**

В работе приведены результаты применения компьютерной программы «PTCQR Project Score Optimization» для решения тестовой и реальной задачи оптимизации содержания проекта по критериям прибыль, время, стоимость, качество, риски. Реальная задача решена при нечетких исходных данных. Показано, что применение разработанных моделей и методов, которые реализованы в компьютерной программе, позволяет сокращать объем перебора вариантов по сравнению с полным перебором.

**Ключевые слова:** компьютерная программа, многокритериальная оптимизация, содержание проекта, нечеткие данные, объем перебора.

**Введение.** Предложенные в работах [1,2] модели и методы оптимизации содержания проекта по критериям прибыль, время, стоимость, качество, риски с учетом ограничений при четких и нечетких исходных данных реализованы в компьютерной программе «PTCQR Project Score Optimization». В работе [3] данная программа применена для оптимизации содержания проекта по организации участка по нанесению ионно-плазменных покрытий на Государственном предприятии Харьковский

машиностроительный завод «ФЕД» (ГП ХМЗ «ФЕД»). Задача решалась при четких исходных данных. Необходимо с помощью разработанной программы решить тестовую задачу и проанализировать вычислительную сложность такого решения, а также решить реальную задачу при нечетких исходных данных.

**Цель исследования.** Целью работы является применение компьютерной программы «PTCQR Project Score Optimization» для решения тестовой и реальной задачи оптимизации содержания проекта по критериям прибыль, время, стоимость, качество, риски, а также анализ вычислительной сложности этих решений.

**Материалы исследования.** Рассмотрим тестовую задачу. Предполагается, что проект состоит из трех этапов. Сетевая модель альтернативных вариантов выполнения работ на каждом из его этапов представлена на рис. На третьем этапе вариант только один.

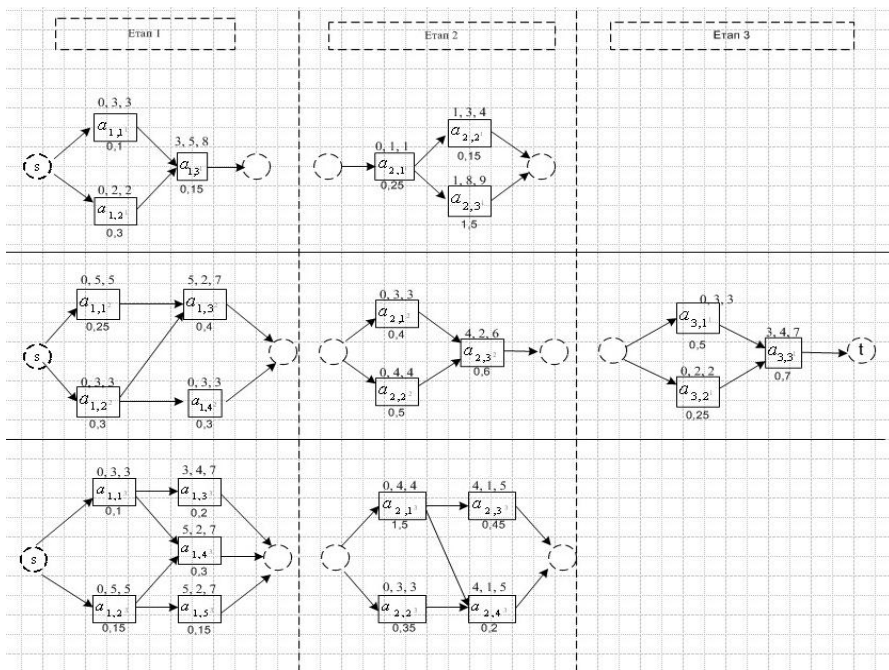


Рис. – Альтернативные варианты выполнения работ по проекту

Под узлами сети показаны значения стоимости выполнения работ, выраженные в миллионах гривен.

Входные данные для задачи в обозначениях, представленных в работах [1,2], приведены в таблицах 1-4. Вначале были решены однокритериальные задачи оптимизации содержания проекта по каждому из пяти критериев при наличии ограничений.

При оптимизации содержания проекта по стоимости были получены следующие результаты. При использовании предложенного метода были рассмотрены только 2 полных решения (т.е. решения, охватывающего все три этапа выполнения проекта) и 3 неполных (т.е. решения, охватывающие менее трех этапов) вместо 9-ти полных вариантов при использовании полного перебора. Стоимость выполнения данного проекта составила 3,5 млн. грн. при продолжительности проекта 21 день.

При оптимизации содержания проекта по критерию время были получены следующие результаты. При использовании предложенного метода были рассмотрены только 5 полных решений и 2 неполных вместо 9-ти полных вариантов при использовании полного перебора. Продолжительность проекта составила 20 дней.

При оптимизации содержания проекта по критерию прибыль были рассмотрены только 2 полных варианта выполнения работ по проекту и 5 неполных вместо 9-ти полных вариантов при использовании полного перебора. Прибыль проекта составила 79,75 млн. грн.

Таблица 1 – Входные данные для расчета

Этап 1	Этап 2	Этап 3
$h = 1$ $K_1 = 0,9$ млн. грн. $t_{10} = 8$ дней $t_{11} = 7$ дней $t_{12} = 7$ дней $w_{11} = 0,55$ млн. грн. $w_{12} = 1,25$ млн. грн. $w_{13} = 0,9$ млн. грн. $E_{11} = 0$ $\Psi_{111} = 0,4$ $\Psi_{121} = 0,3$ $\Psi_{131} = 0,2$ $P_{111} = 0$ $P_{121} = 0,3$ $P_{131} = 0,4$ $V_{111} = 0$ $V_{121} = 0,3$ $V_{131} = 0,2$	$h = 2$ $K_2 = 2$ млн. грн. $t_{20} = 9$ дней $t_{21} = 6$ дней $t_{22} = 5$ дней $w_{21} = 1,9$ млн. грн. $w_{22} = 1,5$ млн. грн. $w_{23} = 2,5$ млн. грн. $E_{21} = 0$ $\Psi_{211} = 0,5$ $\Psi_{221} = 0,6$ $\Psi_{231} = 0,4$ $P_{211} = 0$ $P_{221} = 0,2$ $P_{231} = 0,5$ $V_{211} = 0$ $V_{221} = 0,2$ $V_{231} = 0,1$	$h = 3$ $K_3 = 1,5$ млн. грн. $t_{30} = 7$ дней $w_{31} = 1,45$ млн. грн. $E_{31} = 0$ $\Psi_{311} = 0,2$ $P_{311} = 0,1$ $V_{311} = 0,4$

Таблица 2 – Входные данные спроса и цены

Год 1	Год 2	Год 3
$B_1^1 = 10$ $C_1^1 = 3$	$B_2^1 = 15$ $C_{21}^1 = 3$	$B_3^1 = 20$ $C_{31}^1 = 3$

Таблица 3 – Входные данные производственной мощности,  $A_t^{(l)}$ 

Варианты	Этап								
	1			2			3		
	Год			Год			Год		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	5	7	9	4	6	8	3	5	7
2	7	9	11	5	7	8			
3	8	10	11	5	7	9			

Таблица 4 – Входные данные единоразовых затрат,  $U_{kjt}$ 

Варианты	Этап								
	1			2			3		
	Год			Год			Год		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	3	1	2	3			

При оптимизации содержания проекта по критерию качество были рассмотрены 6 полных вариантов выполнения работ по проекту и 1 неполный вместо 9-ти полных вариантов при использовании полного перебора. Обобщенный показатель качества проекта составил 1.

При решении задачи оптимизации содержания проекта по критерию риски были рассмотрены 6 полных вариантов выполнения работ по проекту и 1 неполный вместо 9-ти полных вариантов при использовании полного перебора. Значение целевой функции равно 0,08.

Результаты решения однокритериальных задач были использованы при решении многокритериальной задачи оптимизации содержания проекта. В результате получили оптимальное решение, в соответствии с которым на первом этапе следует использовать первую альтернативу выполнения работ, на втором - вторую, на третьем – единственный вариант. Оптимальное время выполнения проекта составило 21 день, оптимальная стоимость - 3,5 млн. грн., оптимальная прибыль - 68,15 млн. грн. Значение целевой функции по качеству равно 1,2, а по рискам - 0,08. Всего рассмотрено 3 полных решения, 3 решения с двумя координатами и 3 решения с одной координатой вместо 9 полных решений при использовании метода полного перебора.

В целом при решении рассмотренного тестового примера рассмотрено 24 полных решения и 18 неполных вместо 54 полных решений при использовании метода полного перебора.

В работе [3] рассмотрено применение компьютерной программы «PTCQR Project Score Optimization» для оптимизации содержания проекта по организации участка по нанесению ионно-плазменных покрытий на Государственном предприятии Харьковский машиностроительный завод «ФЕД» (ГП ХМЗ «ФЕД»). Задача решалась при четких исходных данных. Рассмотрим ее решение с помощью разработанной программы при нечетких исходных данных.

Прибыль, которая может быть получена в результате осуществления проекта, будет оцениваться в течение фазы эксплуатации продуктов проекта. Длительность этой фазы  $T$  будет равна 5 лет. Многокритериальная оптимизация содержания проекта будет осуществляться на основе результатов однокритериальных оптимизаций, которые также выполняются в нечеткой постановке.

Нечеткими в модели являются значения стоимости продукции, объема продаж продукции, прогнозируемого спроса, остаточной стоимости выбывающих основных фондов, показателя качества для каждого альтернативного варианта выполнения работ по проекту или их комплексов, значения негативных последствий от наступления каждого рискованного события при осуществлении какого-либо варианта сетевой модели на этапе проекта, а также объема денежных средств, выделяемых на каждом этапе.

Разработка проекта по нанесению ионно-плазменного покрытия предполагает основные этапы работ:

- разработка технологического процесса производства;
- организация производственных площадей;
- модернизация (закупка технологического оборудования).

Сетевая модель альтернативных вариантов выполнения работ проекта представлена в работе [3]. Там же приведены списки работ, их длительности и стоимости.

На первом этапе осуществляется сбор и анализ информации про режущий инструмент и разработка технологического процесса. Этап состоит из двух вариантов выполнения работ:

- 1) выполнение работ силами предприятия;
- 2) выполнение работ внешними исполнителями.

На втором этапе осуществляется организация производственных площадей. Этап состоит из трех вариантов выполнения работ:

- 1) ремонт старого помещения сотрудниками предприятия;
- 2) ремонт старого помещения внешними исполнителями;
- 3) строительство нового помещения внешними исполнителями.

На третьем этапе осуществляется модернизация или приобретение оборудования. Этап состоит из трех вариантов выполнения работ:

- 1) модернизация старого оборудования работниками предприятия;
- 2) модернизация старого оборудования внешними исполнителями;
- 3) приобретение нового оборудование.

Каждая альтернатива характеризуется набором показателей качества. Предполагается, что большее значение балла или показателя качества соответствует более высокому качеству. В таблице 5 представлены данные по показателям качества и их значениям. Показатели качества представлены в виде треугольных нечетких чисел, задаваемых в виде  $A_{LR} = \langle a, \alpha, \beta \rangle$ , где параметр  $a$  – мода или модальное значение нечеткого числа, а параметры  $\alpha$  и  $\beta$ , соответственно, левый и правый коэффициенты нечеткости. Аналогично будут представлены все нечеткие исходные данные задачи.

Таблица 5 – Показатели качества альтернативы на этапе

Этап	Альтернатива	Название показателя качества	Значение
1	1	Качество работы проектировщиков	7 баллов, 2, 1
	2	Качество работы проектировщиков	7 баллов, 1, 2
2	1	Пригодность помещения для планируемого оборудования и технологического процесса	7 баллов, 2, 1
	2	Пригодность помещения для планируемого оборудования и технологического процесса	8 баллов, 1, 2
	3	Пригодность помещения для планируемого оборудования и технологического процесса	10 баллов, 1, 0
3	1	Повышение стойкости инструмента	в 3 раза; 0, 5; 0, 2
	2	Повышение стойкости инструмента	в 3 раза; 0, 3; 0, 3
	3	Повышение стойкости инструмента	в 5 раза; 0, 1; 0, 5

При выполнении альтернативы могут возникать риски. Каждый риск характеризуется вероятностью его возникновения и возможными последствиями от его возникновения. Вероятность и последствия измеряются в баллах от 0 до 1. Большому значению последствий в баллах соответствует более негативное влияние на проект. Последствия заданы в виде треугольных нечетких чисел. Данные представлены в таблице 6.

Остаточная стоимость выбывающих основных фондов при осуществлении на  $h$ -м этапе  $j$ -го варианта выполнения работ по проекту представлена в таблице 7.

Таблица 6 – Рисковые события альтернатив на этапе

Этап	Альтернатива	Рисковое событие	Вероятность	Последствия	
1	1	Срыв сроков	0,3	0,2;0,05;0,05	
		Увеличение стоимости	0,2	0,2;0,03;0,06	
	2	Срыв сроков	0,3	0,2;0,05;0,05	
		Увеличение стоимости	0,05	0,4;0,03;0,05	
2	1	Срыв сроков	0,3	0,2;0,02;0,06	
		Разрушение	0,1	0,4;0,03;0,06	
		Увеличение стоимости	0,2	0,3;0,01;0,03	
	2	Срыв сроков	0,1	0,2;0,02;0,04	
		Разрушение	0,1	0,4;0,03;0,02	
		Увеличение стоимости	0,05	0,4;0,02;0,04	
	3	Срыв сроков	0,3	0,2;0,02;0,02	
		Разрушение	0,001	0,4;0,01;0,01	
		Увеличение стоимости	0,3	0,6;0,02;0,02	
3	1	Срыв сроков	0,3	0,2;0,03;0,03	
		Увеличение стоимости	0,2	0,2;0,03;0,03	
	2	Недостаточная эффективность модернизации	0,2	0,4;0,02;0,03	
		Срыв сроков	0,1	0,2;0,01;0,02	
		Увеличение стоимости	0,1	0,2;0,02;0,02	
	3	Недостаточная эффективность модернизации	0,2	0,4;0,01;0,02	
		Срыв сроков	0,4	0,3;0,01;0,01	
		Увеличение стоимости	0,3	0,3;0,01;0,02	
			Недостаточная эффективность модернизации	0,05	0,4;0,01;0,01

Производственная мощность для каждого продукта в течение пяти лет представлена в таблице 8.

Таблица 7 – Остаточная стоимость выбывающих основных фондов,  $E_{hj}$  (тыс. гривен)

Варианты	Этап		
	1	2	3
1	0	2,5;0,1;0,05	0
2	0	2,5;0,1;0,05	0
3	–	0	0

Таблица 8 – Производственная мощность,  $A_t^{(l)}$  (шт.)

Вариант	Продукт	Год				
		1	2	3	4	5
1	Фреза концевая $\varnothing 15,1$	80	80	80	80	80
	Зенкер сферический $\varnothing 1,46; \varnothing 2,98; \varnothing 1,7; \varnothing 2,1$	200	200	200	200	200
	Долбяк чашечный $m = 1$	35	35	35	35	35
	Фреза Т-образная $\varnothing 9,8$	20	20	20	20	20
	Фреза Т-образная $\varnothing 11,8$	25	25	25	25	25
	Фреза концевая коническая $\varnothing 30$	35	35	35	35	35
	Резец для торцевой канавки малого перереза	55	55	55	55	55
	Резец расточной для угловой канавки	65	65	65	65	65
2	Фреза концевая $\varnothing 15,1$	80	80	80	80	80
	Зенкер сферический $\varnothing 1,46; \varnothing 2,98; \varnothing 1,7; \varnothing 2,1$	200	200	200	200	200
	Долбяк чашечный $m = 1$	45	45	45	45	45
	Фреза Т-образная $\varnothing 9,8$	20	20	20	20	20
	Фреза Т-образная $\varnothing 11,8$	25	25	25	25	25
	Фреза концевая коническая $\varnothing 30$	35	35	35	35	35
	Резец для торцевой канавки малого перереза	55	55	55	55	55
	Резец расточной для угловой канавки	65	65	65	65	65

В таблице 9 представлен спрос на продукцию, которая выпускается на протяжении пяти лет эксплуатации.

Таблица 9 – Спрос на продукцию,  $B_t^{(l)}$  (шт.)

№ прод.	Продукт	Год				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
1	Фреза концевая $\varnothing 15,1$	70;5;5	70;5;5	70;5;5	70;5;5	70;5;5
2	Зенкер сферический $\varnothing 1,46; \varnothing 2,98; \varnothing 1,7; \varnothing 2,1$	180;10;5	180;10;5	180;10;5	180;10;5	180;10;5
3	Долбяк чашечный $m = 1$	35;3;4	35;3;4	35;3;4	35;3;4	35;3;4
4	Фреза Т-образная $\varnothing 9,8$	15;2;2	15;2;2	15;2;2	15;2;2	15;2;2
5	Фреза Т-образная $\varnothing 11,8$	20;2;3	20;2;3	20;2;3	20;2;3	20;2;3
6	Фреза концевая коническая $\varnothing 30$	30;3;4	30;3;4	30;3;4	30;3;4	30;3;4



Завершение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7
7	Резец для торцевой канавки малого сечения	50;7;7	50;7;7	50;7;7	50;7;7	50;7;7
8	Резец расточной для угловой канавки	60;6;8	60;6;8	60;6;8	60;6;8	60;6;8

В таблице 10 представлены цены на продукцию в течение пяти лет.

Таблица 10 – Цены на продукцию,  $C_t^{(l)}$  (тыс. гривен за единицу)

№ прод.	Продукт	Год				
		1	2	3	4	5
1	Фреза концевая $\varnothing 15,1$	1,647;0,3; 0,38	1,647;0,3; 0,38	1,647;0,3; 0,38	1,647;0,3; 0,38	1,647;0,3; 0,38
2	Зенкер сферический $\varnothing 1,46$ ; $\varnothing 2,98$ ; $\varnothing 1,7$ ; $\varnothing 2,1$	0,324;0,01; 0,025	0,324;0,01; 0,025	0,324;0,01; 0,025	0,324;0,01; 0,025	0,324;0,01; 0,025
3	Долбяк чашечный $m = 1$	2,217;0,02; 0,5	2,217;0,02; 0,5	2,217;0,02; 0,5	2,217;0,02; 0,5	2,217;0,02; 0,5
4	Фреза Т-образная $\varnothing 9,8$	0,521; 0,015;0,05	0,521; 0,015;0,05	0,521; 0,015;0,05	0,521; 0,015;0,05	0,521; 0,015;0,05
5	Фреза Т-образная $\varnothing 11,8$	0,617; 0,013; 0,075	0,617; 0,013; 0,075	0,617; 0,013; 0,075	0,617; 0,013; 0,075	0,617; 0,013; 0,075
6	Фреза концевая коническая $\varnothing 30$	0,39; 0,005; 0,01	0,39; 0,005; 0,01	0,39; 0,005; 0,01	0,39;0,005; 0,01	0,39;0,005; 0,01
7	Резец для торцевой канавки малого сечения	0,507; 0,007; 0,025	0,507; 0,007; 0,025	0,507; 0,007; 0,025	0,507; 0,007; 0,025	0,507; 0,007; 0,025
8	Резец расточной для угловой канавки	1,629;0,2; 0,25	1,629;0,2; 0,25	1,629;0,2; 0,25	1,629;0,2; 0,25	1,629;0,2; 0,25

В таблице 11 представлены текущие затраты, возникающие при выполнении работ каждой альтернативы на этапе.

Таблица 11 – Текущие затраты,  $U_{kjt}$  (тыс. гривен)

Вариант	Затраты	Год (1,2,3,4,5)		
		Этап		
		1	2	3
1	Электроэнергия	-	95	74
	Отопление	-	2,3	1,7
	Сырье	-	32	28
	Итого		129,3	103,7
2	Электроэнергия	-	92	69
	Отопление	-	2,1	1,5
	Сырье	-	30	26
	Итого		124,1	96,5
3	Электроэнергия	-	87	64
	Отопление	-	1,9	1,3
	Сырье	-	28	24
	Итого		116,9	86,3

Найдем оптимальное содержание проекта по созданию участка нанесения ионно-плазменного покрытия с точки зрения прибыли, времени, стоимости, качества и рисков его выполнения при нечетких исходных данных. Весовые коэффициенты целевых функций для всех функций одинаковы и равны 0.2.

В результате решения задачи были получены следующие результаты:

- стоимость проекта составляет 357,71 тыс. грн.;
- время выполнения проекта составляет 250 дней;
- оптимальная комбинация альтернатив представлена на рис.4.23;
- прибыль проекта за 5 лет составляет  $\langle a = 510,54; \alpha = 192,19; \beta = 402,572 \rangle$  тыс.грн.;
- значение целевой функции по качеству составляет  $\langle a = 17; \alpha = 4,5; \beta = 2,2 \rangle$ ;
- значение целевой функции, отражающее риски составляет  $\langle a = 0,44; \alpha = 0,051; \beta = 0,078 \rangle$ ;
- значение обобщенной целевой функции задачи составляет  $\langle a = 1,04444; \alpha = 1,00622; \beta = 1,03157 \rangle$ .

Оптимальное решение задачи было получено с помощью предложенного метода неявного перебора. В процессе оптимизации всего было перебрано 8 полных решений (т.е. решений, соответствующих всем трем этапам проекта),

4 неполных решения, содержащих варианты работ для первых двух этапов проекта и 1 неполное решение, содержащее вариант работ для первого этапа. При решении данной задачи с помощью полного перебора пришлось бы рассмотреть 18 полных вариантов решений. Таким образом можно заключить, что применение неявного перебора привело к существенному уменьшению вычислительной работы.

**Выводы.** Показано, что применение модели и метода многокритериальной оптимизации содержания проекта позволяет улучшать показатели проекта и сокращает объем перебора альтернативных вариантов выполнения работ по сравнению с полным перебором.

**Список литературы:** 1. Кононенко И.В. Оптимизация содержания проекта по критериям прибыль, время, стоимость, качество, риски [Текст] / И.В. Кононенко, М.Э. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №1/10 (55). – С. 13-15. 2. Кононенко И.В. Модель и метод многокритериальной оптимизации содержания проекта при нечетких исходных данных [Текст] / И.В. Кононенко, М.Э. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №1/10 (61). – С. 9-13. 3. Кононенко И.В. Розробка та застосування програмного забезпечення для багатокритеріальної оптимізації змісту проекту [Текст] / І.В. Кононенко, М.Е. Колісник // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. Львів : ЛДУ БЖД, 2012. - No.6. – С. 67-76.

*Поступила в редколлегию 05.12.2013*

---

УДК 658.012.23

**Многокритериальная оптимизация содержания проекта / И.В. Кононенко, М.Э. Колесник, Е.В. Лобач** // Вісник НТУ «ХП». Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 3 (1046). – С. 26-36. – Бібліогр. : 3 назв.

У роботі наведені результати застосування комп'ютерної програми «PTCQR Project Scope Optimization» для вирішення тестової та реальної задачі оптимізації змісту проекту за критеріями прибуток, час, вартість, якість, ризику. Реальна задача вирішена при нечітких вихідних даних. Показано, що застосування розроблених моделей і методів, які реалізовані в комп'ютерній програмі, дозволяє скорочувати обсяг перебору варіантів у порівнянні з повним перебором.

**Ключові слова:** комп'ютерна програма, багатокритеріальна оптимізація, зміст проекту, нечіткі дані, обсяг перебору

The paper presents the results of a computer program «PTCQR Project Scope Optimization» applying for the solutions of test and real optimization problems of project scope for the criteria profit , time, cost , quality and risks. The real problem is solved with fuzzy input data. It is shown that the application of the developed models and methods that are implemented in computer software, helps reduce the volume of search in comparison with exhaustive search .

**Keywords:** computer software , multicriteria optimization, project scope, fuzzy data , the volume of search.