

*МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОЙ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С МНОЖЕСТВЕННЫМ
ВЫБОРОМ*

Д.В. УГРЮМОВ, В.Н. ХАЛИЗЕВ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2
электронная почта: ha53@mail.ru*

В статье приведены результаты исследований по построению моделей и алгоритмов различных этапов разработки, проектирования, оперативного управления и задач назначения при управлении проектами, использующих обобщенную модель многокритериальной оптимизации с генерацией решений в виде задачи о наименьшем покрытии.

Ключевые слова: принятие решений, критерии выбора, анализ иерархий, минимальное покрытие.

В литературе [1] описана процедура принятия решений как задача о наименьшем покрытии (ЗНП) множества, объединенной с задачей многокритериальной дискретной оптимизации (МДО) для определения ЛПР оптимального набора оборудования системным интегратором.

Для обоснования метода проанализированы существующие критерии в каждой из задач и затем обосновано их применение, сначала для получения наименьшей группы альтернатив покрытия, а затем выбора лучшего объединенного решения по методам решения задачи МДО. Причем для задач системного интегрирования характерными являются свойства системности или наличие внутренних взаимосвязей между объединяемыми элементами, и только учитывая их можно говорить о новой модели – обобщенной модели МДО с множественным выбором (ОМДО).

Модель ОМДО выбора оптимального набора решений $S=\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, при реализации полного набора функций (требований) $R=\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ по критерию максимума качества решения задач r_i как задача ЦНП имеет вид:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n (C_j x_j) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$F_3(x) = \sum_i^m \alpha_i \Psi_j(b_{ij}x_j) \rightarrow \max$$

при условиях:

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij}x_j) \geq 1, \text{ где } i \in M \tag{2}$$

$$x_j \in 0,1, \text{ где } j \in N \tag{3}$$

Матрица параметров $B=(b_{ij})$, $i \in M$, $j \in N$ определена как :

$$b_{ij} = \begin{cases} b, & \text{если } a_{ij} = 1 \text{ и } r_i \text{ выполнено} \\ \text{объектом } j \text{ с параметром } b = 0..1, & \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \tag{4}$$

Если задачи из R имеют разный весовой коэффициент, то вводится вектор $\alpha = \{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_m\}$, $(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m = 1)$.

Соединение моделей ЗНП с МДО осуществляется через векторы $B_j = b_{1j}, b_{2j}, \dots$ альтернативы S_j нелинейным функционалом Ψ и принимается как вектор критериев задачи МДО, но с возможно «пустыми» значениями тех параметров, которые не реализованы в S_j :

$$b_{ij} = \alpha_i f(x_i). \tag{5}$$

Каждая модель по отдельности обладает набором известных и описанных функциональных свойств. Вместе объединенная модель имеет ряд новых функциональных свойств. Бинарная матрица A - служит определению покрытия с минимальным количеством элементов. Переход к формированию параметров набора элементов — альтернативы для модели МДО, имеет свои особенности. В общем случае технические параметры r_i имеют разный физический смысл, поэтому для одних i включение в решение объектов j и k требует суммирования показателей b_j и b_k , а для других значения $\max(b_j, b_k)$, поэтому в критерии (1) и необходимо использовать нелинейный функционал Ψ_B (1).

Параметры подсистем могут быть введены ЛПР качественные и технические (количественные).

Но среди параметров могут быть как обязательные к покрытию (по нормативно-методическим документам — функции и их параметры, соответствующие заданному классу систем), так и дополнительные функции, которые улучшают качество решения, но не являются строго обязательными при поиске решения. Это соответствует для модели в матрице В значениям этого параметра «нуль» для всех элементов всех подсистем, если функция отсутствует и значению «единица», если присутствует. Фактически матрица В имеет двойную интерпретацию в модели — это значения параметров подсистем выраженные в относительных шкалах для вычисления обобщенного критерия и троичная логика: 1-наличие, 2-отсутствие обязательного параметра (отражено в матрице покрытий А) и 3- необязательный параметр — всегда наличие значения для всех подсистем (нуля либо единицы для значений нет/да). Для обязательного параметра если функция отсутствует, то отсутствует и значение.

Такая расстановка параметров приводит к тому, что отсечение доминируемых строк и тупиковый критерий задачи ЗНП чувствителен к поиску покрытий только обязательных параметров, однако следующая модель МДО учитывает уже и необязательные параметры, причем в той степени, какая задана коэффициентами важности экспертом. Это и есть проявление системности объединенной модели ОМДО — появились новые результаты: управляемый ЛПР выбор в решение необязательных параметров.

Разные настройки исходных данных и нелинейных зависимостей при комплектации единого решения-покрытия дают несколько различных типов задач:

Тип 1 – системная интеграция технических компонентов. Как подзадача - оценка и выбор по параметрам эффективности комплекса программно-технических средств ЦОД;

Тип 2 – процедура оперативного управления комплектацией специалистов или экспертных групп;

Тип 3 – управление проектами - выбор работников и распределение по ним задач проекта оптимальным образом.

Задача типа 1- методика оценки эффективности программного комплекса при решении задач выбора пакетов прикладных программ (ППП)

Использование оценок эффективности при глобальной оптимизации по сравнению с использованием только локальных шагов оптимизации по каждой группе компонентов ППП в общем случае может дать другой результат выбора, возможно лучший, чем при локальной оптимизации. Следовательно, при МВ всегда нужно пытаться получать глобально - оптимизированные решения. Получение решения МВ по универсальным критериям эффективности имеет свои особенности.

Те показатели эффективности, которые присущи каждому компоненту каждой группы могут быть размещены отдельно в каждой группе показателей в соответствующих столбцах. В этом случае получается вариант универсальной модели множественного выбора из [1].

Те показатели, которые в решении объединяются только сложением, а затем используются в обобщенном критерии АЛС, будут корректно влиять на конечное решение выбора. Управление предпочтениями эксперта возможно только при варьировании различных коэффициентов важности внутри групп и самих групп компонент.

При этом глобально оптимальное решение имеет больший смысл именно при разных настройках коэффициентов важности групп. Соотношения между группами критериев отражают важности между самими группами ППП и в этом случае оказывают такое же воздействие на выбор как и коэффициенты значимости в методах прямого предпочтения альтернатив, либо методах Электра.

При других критериях оптимизации МДО (ММ-критерии, Г-критерии, критерии Сэвиджа, а также целевом методе оптимизации) оценки эффективности элементов ИИАС могут быть более корректно использованы для МВ компонента за счет настроек учета свойств объединяемых критериев.

А именно, те критерии, которые в решении объединяются нелинейными операторами «среднее», «максимум» или «минимум» наиболее точно будут

использованы в решении при искусственном объединении их в одном столбце-критерии и использовании соответствующих нелинейных операторов для каждого критерия. При этом специализированные показатели эффективности в каждой группе выступают как элементы управления локальной оптимизацией модели (либо искусственно организована локальная оптимизация по группам путем введения «фиктивных критериев с единицами» для всех компонент группы).

Продемонстрировать процедуру выбора оптимального набора программных средств комплекса ИИАС можно на небольшом иллюстративном примере, представленном на рисунке 1. Три группы программных средств – межсетевые экраны (МСЭ_{1,2}), средства обнаружения вторжений (СОВ_{1,2}), антивирусные средства (АВС_{1,2}) – были проанализированы и для них определены по описанным ранее методикам их обобщенные показатели эффективности работы в составе ИИАС - производительность, надёжность, нагрузка на оборудование, избыточность и перспективность.

Для определения принадлежности каждого компонента к группе в модель (1-5) вводятся «фиктивные» параметры, которые несут полезную нагрузку только на этапе работы модели ЗНП и обеспечивают выбор только одного компонента из группы.

При этом важной частью модели является нелинейный характер объединения частных показателей в группе. Так показатели производительность, нагрузка на оборудование - суммируются в одном решении (в полной модели – еще и энергопотребление), показатели избыточность и перспективность усредняются, а из показателя надёжность (достоверность, время наработки на отказ, удобство эксплуатации) выбирается наименьшее значение.

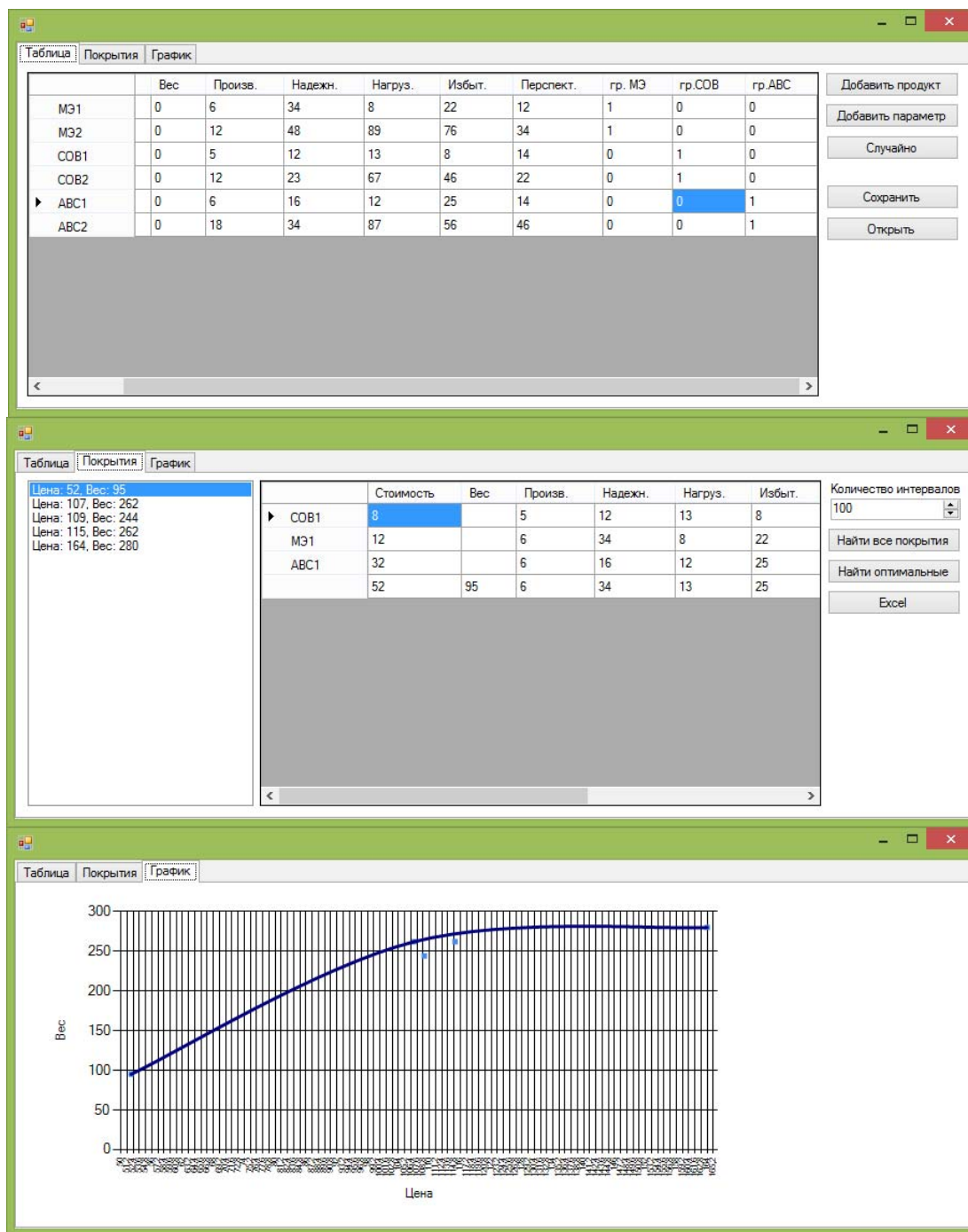


Рисунок 1.

При этом специальные показатели АВС «количество обнаруживаемых вирусов (атак)» объединяются оператором «максимум» либо суммированием в зависимости от уточняющих экспертных знаний – пересекаются эти множества у различных АВС, либо нет. Вот здесь то и проявляется инженерно-технический подход к формированию модели - нужны глубокие знания специалистов о конкретных параметрах выбираемых компонент при настройке модели оптимизации (а не попытками выяснить у эксперта предпочтение между комплексными показателями).

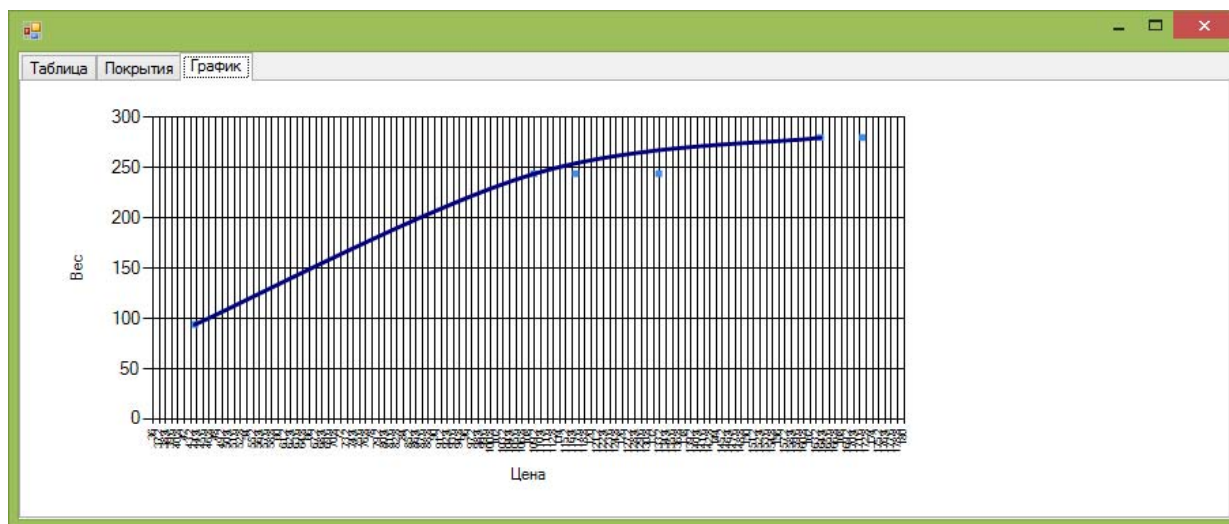


Рисунок 2.

Если в модель внести еще знания о том, что средство ABC1 обладает функциями систем обнаружения вторжений, (в столбец группы СОВ ввести дополнительно единицу), то результат оптимизации изменится и будет найдено оптимальное решение с меньшей стоимостью (44) при той же эффективности (рисунок 2).

Таким образом, построена модель, сочетающая известную парадигму выработки комплексного показателя предпочтительности по модифицированному целевому методу для оптимального выбора построенной совокупности множественных решений с помощью задачи о наименьшем покрытии набора функциональных требований.

Задача типа 2 - оперативного управления комплектацией специалистов или экспертных групп;

Задачу принятия решения оперативного управления комплектацией специалистов проиллюстрируем на примере задачи выбора группы экспертов из некоторого множества, обладающей наибольшей эффективностью, по определенному запросу, содержащему набор требований к группе.

Данная задача ставилась и решалась в рамках проекта ЭКСПЕРТ для СЦ федерального уровня управления в области научных исследований [2].

Заполнение данных на экспертов и формирование рейтинга экспертов удовлетворяющих запросу на формирование группы в какой-либо области знаний происходит путем оценивания «семантической близости» к запросу по

критериям введенным авторами работы [2] с полным доказательством их адекватности согласованности и оценкой правдоподобия.

Задача успешно прошла апробацию на СЦ федерального уровня. Количество экспертов более 1500, «разумный» характер запросов, т.е. близкие по теме направления исследования, приводит к тому, что много человек удовлетворяет полностью теме запроса. Именно их алгоритм и выбирает для ранжирования и вычисляется для каждого эксперта обобщающий показатель. В общем случае при меньших количествах экспертов или более широком диапазоне запроса один эксперт может не покрывать всего диапазона требований запроса. Это потребует дополнительной проверки полноты покрытия экспертами набора ключевых фраз запроса, либо использования новой предлагаемой модели множественного выбора нескольких экспертов из различных направлений деятельности с максимальным уровнем эффективности всей группы. Модель может быть адаптирована к реальным условиям, учитывающим только тех экспертов которых можно собрать в данный момент времени (либо спустя заданный промежуток времени). Затраты временные нужно учесть в модели (2) как параметр адаптации алгоритма поиска оптимизации. Это и есть модель множественного выбора оптимального набора, введенная в главе 2 с адаптацией к исходным данным в виде временных ограничений.

Установки параметров экспертов по каждому научному направлению, специальности или сформированному по ЕЯ-запросу в виде набора ключевых фраз можно провести по тому же алгоритму что и в [1], придав каждому эксперту соответствующие его анкете и научным трудам показатели «семантической близости» по каждой специальности или ключевой фразе. Далее для этого запроса решается оптимизационная задача построения группы с максимальной эффективностью при заданной стоимости (затратах времени), либо наоборот минимизировать время при заданном уровне эффективности.

Практически методом уступок, сдвигая параметр времени можно построить все оптимальные решения и представить ЛПР график Парето-оптимального фронта решений, из которых будет выбрано одно единственное.

Для СЦ уровня региона, муниципалитета или организации часто стоит задача формирования групп специалистов для решения оперативных заданий (выполнения выезда на место аварии, стихийного бедствия и т.д.). При этом требуется обработать запрос по выбору команды разнообразных специалистов оптимальной по набору параметров каждого специалиста с максимальной эффективностью группы, которую можно сформировать в заданный промежуток времени. Эти задачи носят явно выраженный характер неальтернативного выбора решений.

В запросе формируются минимальный набор требований по каждой специальности группы, каждый специалист в базе данных представлен числовыми, либо смысловыми квалификационными характеристиками (рабочий разряд, стаж, и т. д.).

Важно, что каждый специалист имеет не одну, а несколько (в группах МЧС до 4-х) аттестованных специальностей (водитель, медбрат, слесарь, сварщик или водитель автобуса + водитель крана).

Сначала запрос нелинейно удаляет из БД всех специалистов не удовлетворяющих критериям запроса. Затем из оставшихся по алгоритму модели из [1] строится оптимальное покрытие с максимально эффективным набором специалистов.

Эффективность специалиста это сумма всех его параметров по всем специальностям. Стоимость это в простейшем случае (как вариант) - зарплата специалиста.

Но для оперативного управления в ситуационном центре МЧС как основной вариант применения ОМДО это оптимизация затрат времени на его доставку в точку сбора (днем - с работы, ночью из дома. Как вариант -текущее положение по GPS).Так происходит адаптация данных для алгоритма

оптимизации под реальное состояние БД, заполняемой оперативными дежурными СЦ.

В этом случае в (1) для F_1 сумма заменяется на функцию «max», а затраты C_j - это время доставки специалиста S_j в заданную точку.

Результат – состав группы специалистов в текущий момент времени, и в последующие моменты времени прибытия очередного специалиста, вплоть до максимально эффективного набора специалистов.

Пример формирования группы специалистов в области настройки аппаратной части ЦОД, программных систем и сетевого оборудования с учетом их времени прибытия к месту возникновения нештатной ситуации удаленного ЦОД из различных мест их текущего расположения приведен на рисунке 3.

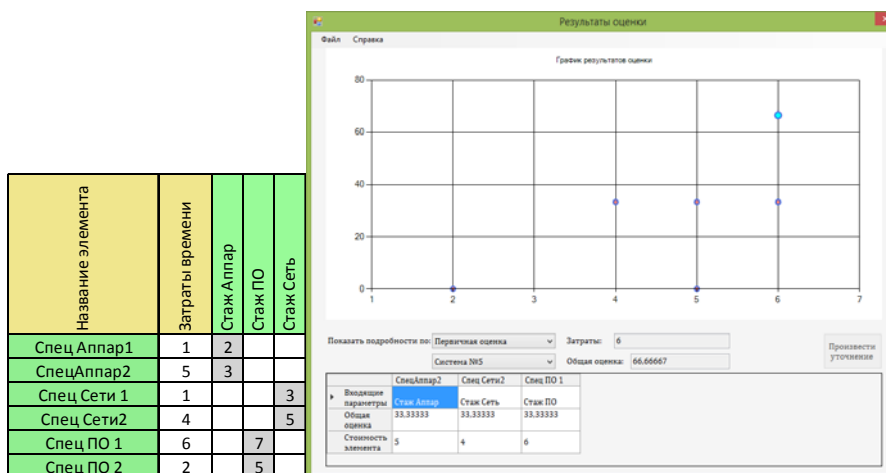


Рисунок 3.

Задача типа 3 – при управлении проектами - выбор исполнителей и распределение по ним задач проекта оптимальным образом.

Известны задачи о назначениях (частные случаи транспортной задачи) решаемые методами линейного программирования(например венгерским методом - один исполнитель назначается одной работе, для несогласованной задачи исполнителей больше, поэтому решается ЗНП, но все работы считаются параллельными, независимыми и назначаются только одному исполнителю).

Эти модели не учитывают много практических деталей и условий в ходе выбора ЛПР оптимального варианта, а именно: граф работ имеет как последовательные так и параллельные работы, параллельные работы должны выполняться разными исполнителями, последовательные могут – теми же

исполнителями, но есть и связанные работы, обязательно исполняемые одним и тем же исполнителем, что вносит существенную нелинейность в задачу поиска оптимума. Разные исполнители имеют специализацию по определенным видам работ.

Классические модели задач о назначениях, решаемые методами линейного программирования не могут это все учесть, что делает их малоприменимыми в практике управления проектами.

Если b_{ij} является параметром эффективности выполнения работ (производительность v), то (1) решает задачу распределения исполнителей по работам с оптимизацией общей производительности исполнения проекта.

Если известны объемы работ R , то параметрами b_{ij} можно оперировать как временем выполнения работ (величинами $t = R/v$). Тогда в нелинейной модели (1) время должно определяться суммированием для последовательных работ и минимумом для параллельных независимых работ.

Для параллельных работ выбор исполнителей должен быть таким, чтобы максимальное время этих работ было минимальным. Это условие эквивалентно равенству выполнения параллельных работ либо условию близости интенсивностей v к величинам прямо пропорциональным объемам работ, чтобы минимизировать простои в параллельных работах.

Специальным алгоритмом заполнения модели исполнителю назначаются возможные работы каждый раз в новой строке из исходной таблицы работ, (связанные работы назначаются в той же строке).

Тогда (1) решает задачу распределения исполнителей по работам с оптимальной временем исполнения проекта (и различными стоимостями по методу уступок). Параметр t при этом согласован обратной зависимостью, а задача оптимизации (1) решается целевым методом с применением метрики Чебышева.

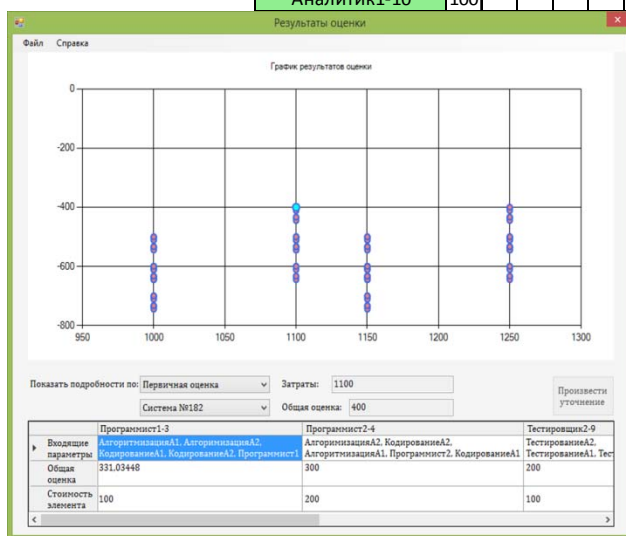
Так несбалансированная задача о назначении с параметрами эффективности выполнения исполнителем работы является частным случаем модели (1) ОДМО, в которой в качестве обобщенного критерия используется

АЛС. Но модель (1) дает возможность учесть много практических деталей, сформировать более адекватно задачу, соответствующую целям ЛПР организации системного интегратора. В частности снимается существенное ограничение -один исполнитель назначается только одной работе.

Например, задача определения группы программистов на новый проект из задач 1 – 10 (задачи 2,3,4; 5 и 6; 8 и 9 - параллельны)и десяти исполнителей с заданными временами выполнения работ (в сутках) в таблице 1, дает следующее оптимальное решение с минимальным временем 58 суток (номер 182 из 256 тупиковых вариантов).

Таблица 1

Название элемента	Стоимость	Исполнители									
		Обследование	Алгоритмизация общ	АлгоритмизацияА1	АлгоритмизацияА2	КодированиеА1	КодированиеА2	Кодирование общ	ТестированиеА1	ТестированиеА2	Тестирование общ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аналитик1-1	50	10									
Аналитик1-2	200		10								
Аналитик2-1	200	5									
Аналитик2-2	200		5								
Программист1-4	100			40	20	40	20			0	
Программист1-3	100			10	40	20	40			0	
Программист2-4	200			40	10	40	10			0	
Программист2-3	200			20	40	11	40			0	
Программист1-7	200							5			
Программист2-7	200							3			
Тестировщик1-8	50							3	40		0
Тестировщик1-9	50							40	6		0
Тестировщик2-8	100							5	40		0
Тестировщик2-9	100							40	10		0
Аналитик2-10	200									5	
Аналитик1-10	100									10	



Название элемента	Стоимость	Исполнители									
		Обследование	Алгоритмизация общ	АлгоритмизацияА1	АлгоритмизацияА2	КодированиеА1	КодированиеА2	Кодирование общ	ТестированиеА1	ТестированиеА2	Тестирование общ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аналитик1-1	50	10									
Аналитик2-2	200		5								
Программист1-3	100			10	20						
Программист2-4	200			10	10						
Программист2-7	200							3			
Тестировщик1-8	50							3	40		
Тестировщик2-9	100									10	
Аналитик2-10	200										5
		10		10	20			3		10	5
											58

Таким образом, разные типы задач СППР являются развитием известных моделей оптимизации и частными случаями представленной модели ОМДО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Угрюмов Д.В., Дорин Н.Е., Тарасов Е.С. Алгоритмизация процедур проектирования сложных информационных систем на основе методик множественного выбора. Рецензируемый, реферируемый научный журнал «Вестник АГУ». Выпуск 1 (154) 2015. ISSN 2410-3225.

2. Симанков Владимир Сергеевич, Тарасов Елизар Савич. Подходы к автоматизации процедур получения и обработки экспертных знаний на основе моделей интеллектуального анализа данных. Научный журнал КубГАУ, №84(10), 2012 года.

REFERENCES

1. Ugrjumov D.V., Dorin N.E., Tarasov E.S. Algoritmizacijaprocedurproektirovanijaslozhnyhinformacionnyhsistemnaosnovemeto dikmnozhestvennogovybora. Recenziruemyj, referiruemyjnauchnyjzhurnal «Vestnik AGU». Vypusk 1 (154) 2015. ISSN 2410-3225.

2. Simankov Vladimir Sergeevich, TarasovElizarSavich. Podhody k avtomatizacijiprocedurpoluchenijaiobrabotkijekspertnyhznaniijnaosnovemodelejintelle ktual'nogoanalizadannyh. NauchnyjzhurnalKubGAU, №84(10), 2012.

MODELS OF DECISION MAKING BASED ON GENERALIZED MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION MULTIPLE CHOICE

D.V. UGRYUMOV, V.N. KHALIZEV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072
e-mail:ha53@mail.ru*

The article presents the results of studies on the construction of models and algorithms for various stages of the development, design, operational management and task assignment for project management using a generalized model of multi-objective optimization with generation solutions in the form of the problem of the least coverage.

Key words: decision making, selection criteria, analysis of hierarchies, the minimum coverage.