На втором этапе моделирования определялись расстояния между измеренными точками на окружности измерительного наконечника и точками на профиле, характеризующие погрешность измерения профиля.

Проводилось исследование достоверности разработанной модели путем экспериментальных исследований на координатно-измерительной машине DEA GlobalPerformance 07.10.07 с программным обеспечением PC-DMIS CAD++. В ходе эксперимента проводилось измерение цилиндрического эталона с использованием CAD-модели, профилькоторой использовался при моделировании.

Расхождение экспериментальных и теоретических данных не превысило 2 мкм, что вероятно обусловлено инструментальными погрешностями измерительной машины.

В работе рассмотрена модель определения погрешностей измерения сложных профилей деталей. Основные преимущества разработанной модели перед численным решением состоит в том, что она позволяет оценивать погрешности измерения посредством задания ряда исчерпывающих приведенных параметров (кривизны профиля, отклонений формы и расположения) и является более производительной. Достоверность модели подтверждена экспериментальными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки) на основании Постановления Правительства РФ №218 по договору № 27/13 от 15.02.2013г.

Литература

1. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) [Текст]/ К. Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560с.
2. I. Ainsworth, M. Ristic, D. Brujic, CAD-based measurement path planning for freeform shapes using contact probes, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 16 (2000) 23–31
3. Rajamohan G. Practical measurement strategies for verification of freeform surfaces using coordinate measuring machines [Text]/ G. Rajamohan, M. S. Shunmugam, G. L. Samuel//Metrology and measurement systems. – 2011. - №2. - Pp. 209-222.

С.А. Піявский

РАСШИРЕНИЕ ПРИНЦИПА ОПТИМАЛЬНОСТИ ПО ПАРЕТО

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Проблема принятия решений, характеризуемых набором разнокачественных критериев, зачастую вычисляемых в условиях неопределенности, находится в центре внимания науки в течение многих последних десятилетий. Связано это с тем, что с математической точки зрения задача сравнения многокритериальных альтернатив незамкнута. Единственным строгим результатом является принцип оптимальности Парето, утверждающий, что, если альтернатива А ни по одному из критериев не лучше альтернативы Б, а хотя бы по одному - хуже, то альтернатива А не является эффективной и при поиске «наилучшей» альтернативы может быть отброшена. В строгой формулировке, «наилучший» вариант решения $\bar{y}$ из множества допустимых вариантов Y должен быть Парето-оптимальным, то есть удовлетворять условию (при стремлении минимизировать каждый частный критерий):

$$\neg\exists\, \hat{y} \in Y : (f^j(\hat{y}) \le f^j(\bar{y})\ \ j = 1,...,m) \wedge (\exists j \in \{1,...,m\} : f^j(\hat{y}) < f^j(\bar{y}))\,.$$

Поскольку все Парето-оптимальные варианты с равным основанием могут быть признаны наиболее рациональными, то для того, чтобы остановить выбор на одном из них, необходимо, чтобы лицо, принимающее решение (ЛПР) использовало, в той или иной форме, дополнительную информацию или суждения. Соответственно практически все работы в области принятия решений (см. например обзор в [1]) направлены на создание разнообразных методов «вытягивания» из ЛПР его специфического отношения к понятию оптимальности в решаемой им задаче и формализации этого отношения.

Между тем можно построить имеющие существенное смысловое обоснование отношения между Парето-оптимальными альтернативами и без привлечения в какой-либо форме лица, принимающего решения.

Рассмотрим в некоторой задаче принятия многокритериальных решений множество точек $F = \{f_i^j\}_{\substack{i=1,...,n \\ j=1,...,m}}$, отражающих в m-мерном пространстве значения критериев оптимальности n Парето-оптимальных решений $Y = \{y_i\}_{i=1,...,n}$ (примем для определенности, что значения критериев неотрицательны и желательным является минимальное значение каждого из них). И отступим от традиционного взгляда на проблему. Будем рассматривать множество F не как набор автономных объектов, из которых следует выбрать «наилучший», а как совокупность точек, определяющих **границу эффективности** решений, которые могут быть приняты в некотором предметном пространстве, характеризуемом данным набором критериев (критериальным пространством). Это может быть пространство характеристик автомобилей, ракет, невест и т.п., в которых заинтересован ЛПР. Граница эффективности разделяет все критериальное пространство на два подпространства: точки одного из них эффективны по Парето, другого – неэффективны. При добавлении новой Парето-оптимальной точки эта граница как бы продвигается в сторону бОльшей эффективности решений. Это дает основания оценивать каждую Парето-оптимальную точку с позиций того, насколько далеко она продвигает границу эффективности. Назовем количественную характеристику этого продвижения **прогрессивностью** соответствующего Парето-оптимального решения (или соответствующей ему Парето-оптимальной точки в критериальном пространстве) относительно совокупности всех остальных Парето-оптимальных решений.

Измерить прогрессивность Парето-оптимального решения можно минимальным отклонением в критериальном пространстве отвечающей ему точки «в худшую» сторону, при котором эта точка становится неэффективной, т.е перестает влиять на границу эффективности. Тогда прогрессивность решения можно характеризовать m-мерным вектором, каждая компонента которого показывает, на какую величину следует минимально ухудшить (увеличить) значение соответствующего критерия, чтобы решение стало неэффективным.

Назовем Парето-оптимальное решение менее прогрессивным относительно некоторого другого Парето-оптимального решения, если его прогрессивность как вектор доминируется (в смысле Парето) прогрессивностью этого второго решения, которое назовем более прогрессивным. Менее прогрессивное решение как бы менее «выдвинуто в сторону оптимальности» по отношению к другим Парето-оптимальным решениям, чем более прогрессивное. Исходя из того, что все Парето-оптимальные решения, без введения дополнительных установок типа сравнительной значимости критериев, одинаково значимы для ЛПР, у него есть основание предпочесть более прогрессивное решение менее прогрессивному. Это утверждение можно сформулировать как **расширенный принцип Парето-оптимальности: наилучшее решение не может быть менее прогрессивным.**

Использование расширенного принципа Парето-оптимальности позволяет в ряде случаев частично упорядочить по прогрессивности набор Парето-оптимальных решений и тем самым облегчить ЛПР задачу окончательного выбора наиболее рационального из них.

Проиллюстрируем сказанное примером. В таблице и на рисунке 1 показана простейшая задача выбора многокритериального выбора. Как видно из рисунка 1, эффективными по Парето являются лишь объекты 1 – 5. В таблице 2 показан результат расчета прогрессивности объектов из таблицы 1. Например, для объекта 2 $p_2^1(F) = 0{,}3$, так как при увеличении значения первого критерия минимально на эту величину объект перестает быть эффективным (доминируется объектом 5). Аналогично, $p_2^2(F) = 0{,}5$ (достигает максимально допустимого значения критерия 2).

Таблица – Векторы эффективности и прогрессивности

№	Эффективность объектов		Прогрессивность объектов	
	f1	f2	p1(F)	p2(F)
1	0	1	0,1	0
2	0,1	0,5	0,3	0,5
3	0,4	0,4	0,1	0,1
4	0,5	0,1	0,2	0,3
5	0,7	0	0,3	0,1
6	0,8	0,1	-0,1	-0,1
7	1	0,3	-0,5	-0,3
8	0,3	0,6	-0,2	-0,1

Напомним, что чем больше компонента вектора прогрессивности, тем «лучше» объект. Соответственно, из рисунка 2 видно, что наиболее прогрессивным является объект 2. За ним следуют несравнимые между собой объекты 4 и 5, каждый из которых доминирует по прогрессивности все остальные объекты. Полная схема доминирования приведена на рисунке 3. Из него следует, что если объект 2 является альтернативой, ЛПР уверенно должен выбрать именно его. Если же он альтернативой не является, то выбор должен быть осуществлен из альтернатив, расположенных выше других на рисунке 3.

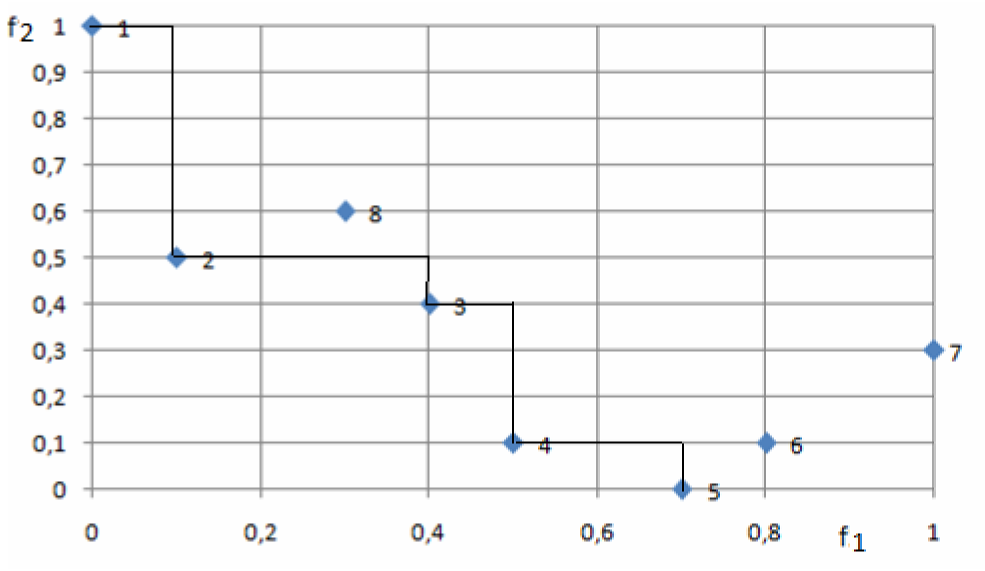

Рис. 1. Векторы эффективности и граница прогрессивности объектов

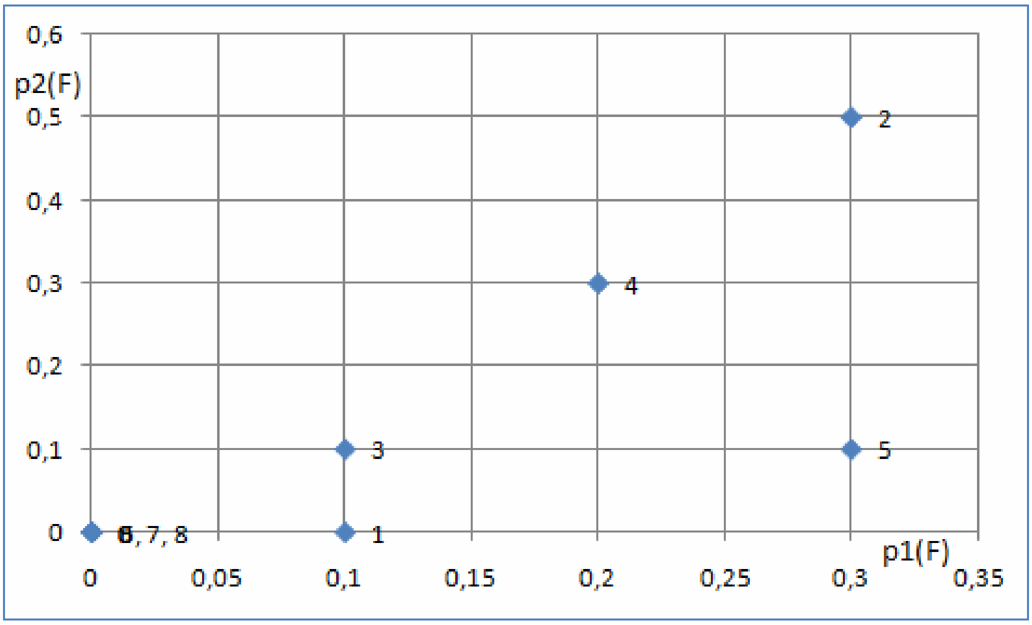

Рис. 2. Векторы прогрессивности объектов

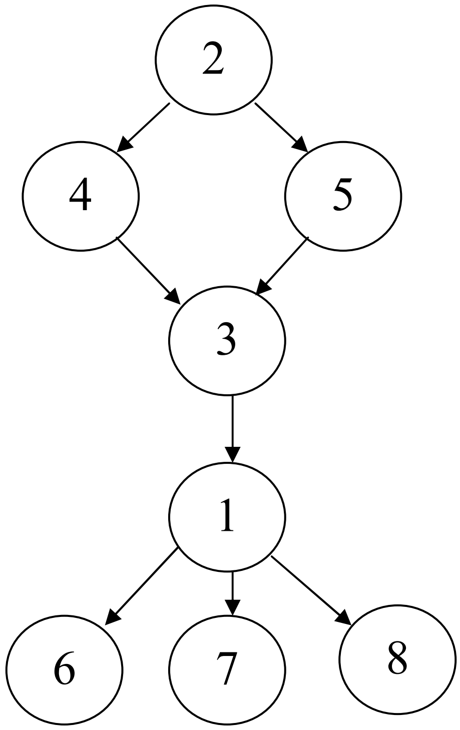

Рис. 3. Схема доминирования объектов по прогрессивности

Литература

1. Ларичев О.И.. Теория и методы принятия решений [Текст] /, О.И.Ларичев. - М.: Изд-во Логос, 2000. - 295с.

С.А. Пиявский, А.Х. Галеев

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УВЕРЕННЫХ СУЖДЕНИЙ В ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Стремительное развитие современных технологий и систем передачи данных, их внедрение в существующую инфраструктуру сетей операторов связи, делает проблему планирования сети и ее развития одной из наиболее актуальных. Задача модернизация сети может включать различные составляющие, такие как развитие ее топологии, увеличение ширины каналов связи, переход на использование новых технологий передачи данных. Задача развитие опорной транспортной сети мобильных операторов связи (Mobile Backhaul) наиболее ярко иллюстрирует данную проблемы, поскольку переход от передачи только голосового трафика к пакетному с последующим перманентным увеличением скорости передачи данных (GPRS->EDGE->3G->LTE) подразумевает постоянную модернизацию сети.