

УДК 681.1-665.52

Л.А. Гардашева, Н.И. Гасанова, Ф.М. Агаев

Азербайджанская государственная нефтяная академия, Баку

## ПЛАНИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

*В этой статье рассматриваются проблемы планирования нефтеперерабатывающего производства на основе многокритериальной оптимизации и их решение новым методом – нечеткой дифференциальной эволюционной оптимизацией. В качестве объекта исследований предлагается нечеткая многокритериальная линейная модель производства нефтепродуктов. При нечеткой многокритериальной оптимизации планирования нефтеперерабатывающего производства нечеткие параметры линейного программирования моделируются на основе функций принадлежности. В этой статье приводится обзор, связанный с основами технической концепции нечетких многоцелевых моделей принятия решений, постановка задачи, описание нового метода решения конкретной реальной задачи промышленного производства и результаты решения задачи этим методом. Описанный метод и полученные результаты при сравнении с методами многокритериальной оптимизации подтверждают преимущества нового метода.*

**Ключевые слова:** нечеткое многоцелевое принятие решений, оптимизация планирования производства нефтепродуктов, дифференциальная оптимизация, нечеткое моделирование.

### Введение

Управление производственными процессами требует решения большого количества задач технического, организационного и экономического профиля. Оптимальное решение этих задач хотя сложно, но возможно благодаря применению новых методологий к методам оптимизации. Отметим, что для нефтеперерабатывающего производства не существует разработанного новыми методами комплексной системы оптимизации планирования и управления. Но отдельные компоненты ее существуют и развиваются. В процессах принятия решений с использованием математических и экономических методов, принятие во внимание размышлений и интуиции лица, принимающего решение является достаточно известной задачей. С этой точки зрения предложение и применение новых методов при принятии решений является необходимостью. В этой работе предлагается планирование производства нефтепродуктов методом дифференциальной оптимизации. Этот метод является одним из методов эволюционных вычислений, который отличается от других методов (генетические алгоритмы, дифференциальные вычисления и кластеризация) скоростью и устойчивостью поиска [1].

В научных статьях представлены многочисленные методы многокритериальной нечеткой оптимизации.

В статье [2] формализована задача планирования функционирования промышленного предприятия как гибридная нечеткая многокритериальная задача линейного программирования и предложен метод оптимального принятия решений. В статье

показано, что решение задачи нечеткого линейного программирования по сравнению с решением задачи четкого линейного программирования дает лучшие результаты. В [3], Дайсон показал, что нечеткие модели программирования не должны рассматриваться как вспомогательные средства. Наоборот, они должны рассматриваться как правильное и эффективное направление при принятии решения. Для поддержания этого тезиса должны быть примеры применения методов оптимальных альтернативных решений на основе решения нечетких многокритериальных задач. Как пример, это представлено в [1, 2]. Здесь анализируется как четкая многоцелевая модель принятия решения, так и нечеткая многокритериальная модель принятия решения.

Процесс многокритериального принятия решения с точки зрения поддержки размышлений и решений, принимаемых человеком более удобен. Моделировать это не очень легко. Размышления человека, лица принимающего решение более важны [3]. Первые попытки моделирования процессов многокритериального принятия решения привели к целевому программированию в бизнесе [4]. В этом подходе сторона, принимающая решение наряду с достижением каждой цели, обеспечивает выполнение и достижение других целей, связанных с ней [5].

Это требует поиска понятного решения с высокой степенью уверенности для многокритериальной проблемы. Лучшее полученное решение оценивается как уверенное «идеальное решение». Это решение одновременно оптимизирует все критерии. Так как в реальности это невозможно, то сторона, принимающая решение рассматривает возможные решения, как близкие к «идеальному решению» [6].

При формализации проблемы, в целевом программировании, преимущества требуемые лицом принимаемым решение определяются весами целевых функций (целями, компромиссами) уровнями целей. В [7] Стуер предложил рассматривать в линейном целевом программировании как вторую целевую функцию сумму весов целевой функции, равную единице. Лицо, принимающее решение, предполагающее изменение этих весов между 0 и единицей, одновременно анализирует чувствительность всех этих весов. Трудность этого метода заключается в нерасположенности ЛПР к определению этих весов и этот метод требует больших вычислений. В [8] с помощью моделей целевого программирования, несмотря на потерю времени при принятии решений ЛПР, представляются возможности отображения степени необходимости своих целей. Это требует определения весовых коэффициентов критериев, что приводит к трудностям при определении, связанной с этой информацией. Так как экономические значения этих параметров бывают не точными, то и полученные решения в той или иной степени зависят от этого. Поэтому точное определение весов этих критериев затруднительно для ЛПР. С этой точки зрения, для решения задачи нечеткого многокритериального линейного программирования были рассмотрены методы нечеткого многокритериального линейного программирования, нечеткого многокритериального целевого линейного программирования, интерактивного нечеткого многокритериального линейного программирования [10]. Все эти три метода требуют определения значения весов. Использование весов позволяет отобразить модель рассматриваемой проблемы, «более приближенной» моделью, что требует осторожности при определении значений весов.

Для решения этой проблемы при определении весов для разных критериев требуется определение интервалов надежности. Для четкого случая решение этой проблемы было рассмотрено в [9].

Анализ вышеизложенных методов принятия решений требует применения более эффективных методов принятия решений.

Известно, что основной составной частью задач принятия решений является проблема поиска глобального экстремума. В этом смысле, разработка эффективной системы принятия решений требует разработки эффективного метода глобальной оптимизации. Этот метод называется методом дифференциальной оптимизации, DEO (Differential evolution optimization) [10].

Метод дифференциальной оптимизации, основываясь на технике эволюционного вычисления, обеспечивает определение глобального экстремума, освобождает целевые функции от строгих ограничений и благодаря специальным эвристическим про-

цедурам убыстряет поиск экстремума, что является необходимостью при принятии решений.

**Постановка задачи.** Исследование задачи планирования нефтеперерабатывающего предприятия [1, 12, 13] показывает, что это задача является многокритериальной задачей [1]. Задачу планирования в условиях неполноты информации, можно формализовать многокритериальной нечеткой моделью, представленной ниже. Целевые функции выражают максимум прибыли, удовлетворение требований работников, а также качество продукции.

В (1) – (3) представлены нечеткие цели и нечеткие ограничения для задачи нечеткого линейного программирования [3]:

$$\max \tilde{Z} = \tilde{c}x; \quad (1)$$

$$\tilde{A}x \leq \tilde{b}; \quad (2)$$

$$x \geq 0, \quad (3)$$

где  $\tilde{c} = (\tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \dots, \tilde{c}_n)$ ,  $\tilde{b} = (\tilde{b}_1, \tilde{b}_2, \dots, \tilde{b}_m)$ . Вектор нечетких чисел (например, в виде треугольника, трапеций) и  $A = (a_{ij})$   $m \times n$ -размерная матрица нечетких чисел.

В этой модели коэффициенты условий ограничений и целевых функций являются нечеткие числа, определенные в нижеследующей форме

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a \text{ или } c < x; \\ (x - a)/(b - a), & a \leq x < b; \\ 1, & x = b; \\ (c - x)/(c - b), & b < x \leq c. \end{cases}$$

### Описание метода решения

В последнее время для определения глобального экстремума нелинейных, невыпуклых и негладких (не дифференцируемых) функций были предложены многочисленные эвристические алгоритмы. Эти алгоритмы, являясь более гибридными, не требуют непрерывности оптимизируемых функций, дифференцируемости условий.

К этим алгоритмам относятся генетические алгоритмы, частичная оптимизация и рассматриваемый нами метод дифференциальной эволюционной оптимизации.

Этот метод относится к группе случайных методов поиска для начальной популяции индивидов (решение, используемое для проверки). Использует в случайной форме формализованную группу векторов. Индивид  $X_r$  ( $r$  – номер индивида популяции,  $r = 1, 2, \dots, ps$ ) изображается числовым вектором соразмерным с числом параметров поиска (другими словами, размерностью пространства поиска). Таким образом, здесь фенотип – генотипный процесс превращения (более точно, процесс превращения области решений в область индивидов) в отличие от генетического алгоритма становится тривиальным (обыкновенным), что при компьютерной обработке

убыстряет процесс решения, что и дает преимущество.

Для развития популяции и формирования нового поколения (более точно, решение используемого для проверки) используются операторы, называемые генетическими алгоритмами, такие как дифференциальная мутация, вероятностное скрещивание, вероятностный выбор. В популяции  $X_1, \dots, X_{ps}$  число индивидов  $ps$  сохраняется после каждой новой генерации. Новый вектор получается суммированием разности векторов первого и второго индивида с третьим индивидом с популяцией  $r_1 \neq r_2 \neq r_3$  с случайным выбором в результате мутации. Полученный в результате мутации новый тест-вектор индивида подвергается скрещиванию с другим вектором для получения нового индивида в популяции. Затем осуществляется процесс выбора, в результате чего, если значение целевой функции тест-вектора меньше значения любого последовательного выбранного индивида в популяции, то последний тест вектор заменяется новым индивидом.

На рис. 1 представлен процесс генерации случайно выбранного тест-вектора члена из популяции (для двухмерного вектора, т.е. двухпараметрическая оптимизация).

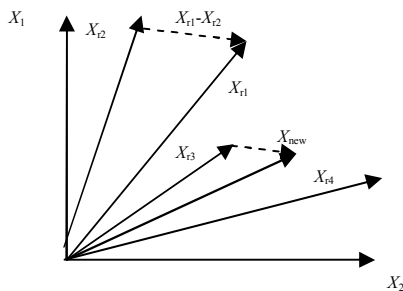


Рис. 1. Процесс генерации случайно выбранного тест-вектора

Алгоритм метода дифференциальной оптимизации можно представить в следующем виде:

Шаг 1. Проведение первичной оценки.

Шаг 1.1. Задание значения  $N_{\text{par}}$  в пространстве поиска решения, формализация структуры вектора  $X$ , соответствующего целевой функции  $\cos t(x)$ .

Шаг 1.2. Задание параметров дифференциальной эволюционной оптимизации:  $\xi$  (коэффициент мутации),  $cr$  (коэффициент скрещивания) и  $ps$  (значение популяции).

Шаг 2. Формализация популяции  $P = \{X_1, X_2, \dots, X_{ps}\}$  и генерация вектора  $ps$  с помощью случайных значений компонентов.

Шаг 3. Осуществляется модификация вектора в популяции до тех пор, пока не выполняется условие завершения алгоритма.

Шаг 3.1. Выбор очередного вектора ( $X_i$  ( $i = 1, \dots, ps$ )) из популяции.

Шаг 3.2. Случайный выбор трех разных векторов  $X_{r1}$ , отличающихся от текущего вектора  $X_i$  из популяции  $P$ .

Шаг 3.3. Генерация тест вектора  $X_t = X_{r1} + f(X_{r2} - X_{r3})$ .

Шаг 3.4. Генерация нового вектора из тест вектора  $X_t$  с помощью операции скрещивания. В этой операции, присваивая с вероятностью  $cr$  соответствующие значения параметров вектору  $X_i$ , формализуется новый вектор  $X_{\text{perv}}$ .

Шаг 3.5. Выполнение операции выбора. Если для  $X_{\text{perv}}$  целевая функция относительно меньше чем для  $X_i$ , тогда текущий вектор  $X_i$  из  $P$  заменяется  $X_{\text{perv}}$ . Для индекса выбирается  $i = i + 1$ .

Шаг 4. В соответствии наименьшего значения (наилучший) целевой функции  $\cos t$  выбирается  $X_{\text{best}}$  вектор из популяции  $P$ .

Шаг 5. Конец алгоритма.

### Решение задачи методом дифференциальной оптимизации

Решается задача планирования производства нефтепродуктов с минимальными затратами, с учетом выполнения условий требования работников, улучшения качества продукции и др.

При этом необходимо принять во внимание такие требования как выполнение плана (по объему), увеличение прибыли, увеличение прибыли по отдельным продукциям, улучшение качества продукции, улучшение условий для работников.

Переменными при принятии решений являются бензин X1-A-80, бензин X2-A-92, бензин X3-A-95. Исходные данные и их значения:  $G_4, \dots, G_5$  (постоянный платформат),  $G_6$  (коксовый бензин),  $G_7$  (высокооктановый компонент),  $G_8$  (прямо перегоняемый бензин),  $G_9$  (фракция),  $G_{10}$  (гидроочищенный бензин).

Критерии формализуются следующим образом:

I. Целевая функция

1). Прибыль:  $F1=288X1+290X2+300X3 \rightarrow \text{MAX}$ .

2). Качество:  $F2=8X1+5X2+3X3 \rightarrow \text{MAX}$ .

3) Выполнение требований работников:

$$F3 = 4X1 + 8X2 + 6X3 \rightarrow \text{MAX}.$$

II. Ограничения на ресурсы:

$$G4\_1-0.2289X1=0$$

$$G4\_11-0.01028X2=0$$

$$G5\_1-0.0691X1=0$$

$$G5\_11-0.3494X2=0$$

$$G5\_111-0.7857X3=0$$

$$G6\_1-0.0846591X1=0$$

$$G7\_1-0.4901X1=0$$

$$G7\_11-0.6402X2=0$$

$$G7\_111-0.2142X3=0$$

$$G8\_1-0.04718X1=0$$

$$G9\_1-0.01289X1=0$$

- G10\_1-0.0671X1=0
- G4\_1+G4\_11<=27611.90
- G5\_1+G5\_11+G5\_111<=38624
- G6\_1<=6925.4
- G7\_1+G7\_11+G7\_111<=614955
- G8\_1<=3858.6
- G9\_1<=1054.40
- G10\_1<=5487.80

III. Ограничения на план:

Ограничение на выпуск бензина А-80:  
 $X1 \geq 1000$

Ограничение на выпуск бензина А-92:  
 $X2 \geq 2000$

Ограничение на выпуск бензина А-95:  
 $X3 \geq 2000$

IV. Ограничения на качество продукции

$$X1 * 74.69 \leq G4_1 * 69 + G5_1 * 86 + G6_1 * 68 + G7_1 * 80 + G8_1 * 65 + G9_1 * 65 + G10_1 * 65$$

$$X2 * 81.9 \leq G4_11 * 69 + G7_11 * 80 + G5_11 * 86$$

$$X3 * 84.7 \leq G5_111 * 86 + G7_111 * 80$$

V. Ограничения на баланс

$$X1 + X2 + X3 \leq G4 + G5 + G6 + G7 + G8 + G9 + G10$$

Для решения многокритериальной нечеткой линейно модели задачу планирования нефтеперерабатывающего производства методом дифференциальной оптимизации представим в следующем виде. Нечеткие целевые функции:(коэффициенты нечеткие)

Нечеткие ограничения[14]:

$$\tilde{a}_{81}x_1 + \tilde{a}_{82}x_2 + \tilde{a}_{83}x_3 = \tilde{I}x_1 \geq \tilde{b}_8 = 2000 ;$$

$$\tilde{a}_{91}x_1 + \tilde{a}_{92}x_2 + \tilde{a}_{93}x_3 = \tilde{I}x_2 \geq \tilde{b}_9 = 2000 ;$$

$$\tilde{a}_{101}x_1 + \tilde{a}_{102}x_2 + \tilde{a}_{103}x_3 = \tilde{I}x_3 \geq \tilde{b}_{10} = 2000 ;$$

$$\tilde{a}_{111}x_1 + \tilde{a}_{112}x_2 + \tilde{a}_{113}x_3 = 0.277569x_1 \geq \tilde{b}_{11} = 0 ;$$

$$\tilde{a}_{121}x_1 + \tilde{a}_{122}x_2 + \tilde{a}_{123}x_3 = 0.07372x_2 \geq \tilde{b}_{12} = 0 ;$$

$$\tilde{a}_{131}x_1 + \tilde{a}_{132}x_2 + \tilde{a}_{133}x_3 = 0.0062x_3 \geq \tilde{b}_{13} = 0 ;$$

$$\tilde{a}_{141}x_1 + \tilde{a}_{142}x_2 + \tilde{a}_{143}x_3 = \tilde{I}x_1 + \tilde{I}x_2 + \tilde{I}x_3 \leq \tilde{b}_{14} = 1046107.1 .$$

Здесь  $x_1$  – количество автомобильного бензина А-80,  $x_2$  – количество автомобильного бензина А-92,  $x_3$  – количество автомобильного бензина А-95.

Например, нечеткие коэффициенты функций принадлежности для одной из целевых функций представлены следующим образом:

$$\mu_{c11} = \begin{cases} 0, & x < 259, x > 316.8; \\ \frac{x - 259}{29}, & 259 \leq x \leq 288; \\ 1, & 288; \\ \frac{316.8 - x}{28.8}, & 288 \leq x \leq 316.8; \end{cases}$$

$$\mu_{c12} = \begin{cases} 0, & x < 261, x > 319; \\ \frac{x - 261}{29}, & 261 \leq x \leq 290; \\ 1, & 290; \\ \frac{319 - x}{29}, & 290 < x \leq 319; \end{cases}$$

$$\mu_{c13} = \begin{cases} 0, & x > 330, x < 270; \\ \frac{x - 270}{30}, & 270 \leq x < 300; \\ 1, & 300; \\ \frac{330 - x}{30}, & 300 < x \leq 330. \end{cases}$$

Коэффициенты целевых функций и ограничений представлены нечеткими числами треугольного типа(LR) и рис. 2(нечеткое число-288).

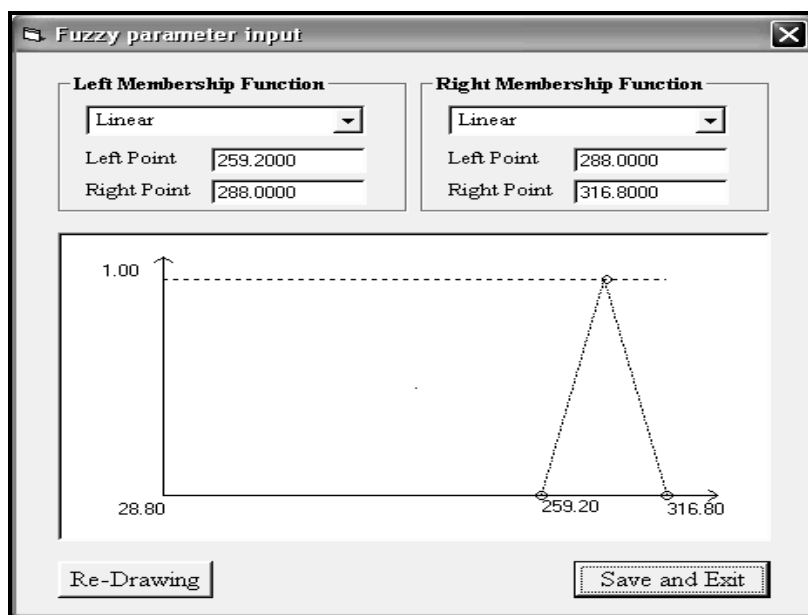


Рис. 2. Коэффициент функции «Прибыль»

Фрагмент программы результатов компьютерной симуляции и реализации алгоритма, написанной на языке С приведен ниже.

Решение:

X[1] = [ 81784,6545146239, 81784,6545146,  
81784,6545146, 81784,654514624]

X[2] = [ 864326,071613157, 864326,0716131,  
864326,0716131, 864326,071613157]

X[3] = [ 99996,3738722186, 99996,37387221,  
99996,37387221, 99996,3738722187]

X[3] = [ 99996,3738722186, 99996,37387221,  
99996,37387221, 99996,3738722187]

Objective = [ 301897034,762591, 304207453,4296,  
304207453,4296, 306517872,096795]

Constraint error = 2,91038304567337E-11

### Заключение

В этой статье представлена нечеткая модель планирования производства нефтепродуктов, разработанная модель реализована новым методом – методом нечеткой дифференциальной оптимизации. Обоснована эффективность предлагаемого метода в сравнении с методами многокритериальной нечеткой оптимизации. Анализ существующих методов подтвердил преимущества нового метода над методами многокритериальной оптимизации.

### Список литературы

1. Aliev R.A. Fuzzy distributed multi-agent- manufacturing system / R.A. Aliev, R.A. Rashad, F.T. Aliev // Fuzzy information processing Society, NAFIPS, Annual meeting of the North American Volume, Issue. – P. 311-316.
2. Dyson R.G. Maxmin programming, fuzzy linear programming and multicriterial decision making / R.G. Dyson // J. Opt Res Soc 31. – P. 263-267.
3. Chankong V. Multiobjective decision making: Theory and Methodology / V. Chankong, Y.Y. Haimes. – North-Holland: New-Holland: New-York, 1983.

4. Igenizo J.P. Goal programming and extension Lexington Books / J.P. Igenizo. – Lexington, 1976.

5. Lootsma F.A. Optimization with Multiple objectives. Iri M and Tanabe K (eds) Mathematical Programming. Recent Developments and Applications. KTK. Scientific, Publishers: Tokyo, 1989.

6. Zeleny M. Multiple Criteria decision making. McGraw-Hill Book Company / M. Zeleny. – New-York, 1982.

7. Stener R. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application. Chichester. John Wiley & Sons: New-York, 1986.

8. Lootsma F.A. Fuzzy Logic for planning and decision making: Kluwer Academic Publishers: Dordrecht /Boston/ London 1997.

9. Marescha L. Weight stability intervals in multi Criterial decision aid. European Journal of Operational Research, 1988, N33.

10. Storm R., Price K. Differential Evolution-A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces, 1997, page1-13

11. Yie hi, Guangquan Zhang Da Ruan, Fengyie Wu. Multi-objective group decision Making. Imperial College Press, London, 2007, 390.

12. Абдуллаев А.А. Принципы построения автоматизированных систем управления промышленными предприятиями с непрерывным характером производства / А.А. Абдуллаев, Р.А. Алиев, Г.М. Уланов; под ред. акад. Петрова. – М.: Энергия, 1975. – 440 с.

13. Ибрагимов И.А. Методы и модели планирования нефтеперерабатывающих производств в условиях неполной информации / И.А. Ибрагимов, М.С. Метт, М.Н. Нуриев. – Л.: Химия, 1987. – 232 с.

14. Гардашева Л.А. Нечеткая многокритериальная оптимизация на основе линейного программирования / Л.А. Гардашева // Известия ЮФУ, Технические науки, Тематический выпуск. «Актуальные проблемы производства и потребления электроэнергии». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – С. 122-127.

Поступила в редколлегию 7.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.М. Джафаров, Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия, Баку.

### ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НАФТОПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ

Л.А. Гардашова, Н.І. Гасанова, Ф.М. Агаєв

У цій статті розглядається підхід до багатокритерійного завдання оптимізації планування виробництва нафтопродуктів з використанням алгоритму диференціальної еволюції. Як об'єкт дослідження запропонована нечітка багатокритерійна лінійна модель для випуску нафтопродуктів. Стаття складається з наступних частин: введення, постановки завдання, описи запропонованого методу, застосованого для вирішення реального завдання нафтопереробного виробництва. Результати застосування запропонованого методу для вирішення даному завданню демонструють його перевага в порівнянні з іншими методами проведення багатокритерійної оптимізації.

**Ключові слова:** нечітке багатоцільове ухвалення рішень, оптимізація планування виробництва нафтопродуктів, диференціальна оптимізація, нечітке моделювання.

### OPTIMIZATION OF PLANNING OF PETROLEUM DERIVATIVES PRODUCTION BY USING DIFFERENTIAL EVOLUTION

L.A. Gardashova, N.I. Hasanova, F.M. Agayev

This paper considers an approach to multi-objective optimization of production of petroleum derivatives using the differential evolution algorithm. A fuzzy multi-objective linear model of production of petroleum derivatives is considered as the subject of research. The paper consists of the following parts: an introduction, a statement of problem, and a description of the method with application to a real refinery plant. The results of the application of the suggested method to solve a real multi-objective optimization problem have demonstrated its advantages over the other methods for the same purpose.

**Keywords:** fuzzy multi-objective decision making, optimum planning of petroleum derivatives production, differential optimization, fuzzy modeling