

Ф. Ш. МАХКАМОВА (Ташкентский университет информационных технологий, Узбекистан)

## РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАТОРОВ

Розглядаються завдання комп'ютерного тренінгу рішення зворотних завдань із застосуванням імітаторів. Навчання оператора обмінного процесу в протиточному безперервному двофазному НПДО-апараті проводиться по випадковому і направленому на усунення максимальної погрешності алгоритмам.

Рассматриваются задачи компьютерного тренинга решения обратных задач с применением имитаторов. Обучение оператора обменного процесса в противоточном непрерывном двухфазном НПДО-аппарате производится по случайному и направленному на устранения максимальной погрешности алгоритмам.

The tasks of a computer training of the decision of return tasks with application of simulators are examined. The training of the operator of exchange process in counter flow the continuous biphasic NPDO-the device is made on casual and directed on elimination of the maximal error to algorithms.

Обозначим группы параметров, характеризующих химико-технологическую систему, следующим образом:  $x_1, \dots, x_{n_0}$  – совокупность всех параметров;  $x_{r1}, \dots, x_{rn}$  – режимные параметры;  $x_{k1}, \dots, x_{kn}$  – конструктивные параметры;  $x_{h1}, \dots, x_{hn}$  – параметры, характеризующие физико-химические свойства исходных компонентов;  $x_{c1}, \dots, x_{cn}$  – кинетические и процессные параметры;  $x_{g1}, \dots, x_{gn}$  – параметры, выражающие гидродинамическую обстановку, гидродинамическую структуру потоков;  $x_{w1}, \dots, x_{wn}$  – возмущающие воздействия.

Следует упомянуть что модель гидродинамической структуры потоков будучи взаимосвязанной со схемой организации материальных тепловых, информационных и т.п. потоков, позволяет формализовать поля пространственных распределений и не отождествляется с организационными схемами.

Естественно, что

$$r_n + k_n + h_n + c_n + g_n + w_n = n_0.$$

В свою очередь, показатели системы сгруппируем следующим образом:  $y_1, \dots, y_m$  – совокупность всех показателей;  $y_{w1}, \dots, y_{wm}$  – выходные показатели;  $y_{s1}, \dots, y_{sm}$  – показатели состояния, промежуточные или внутренние показатели.

Применительно к многосекционной (многоячеечной, многоступенчатой) двухфазной противоточной обменной системе [1] в качестве режимных параметров рассматриваются расходы по фазам  $L$  и  $G$ , в качестве конструктивных – число ступеней  $n$ , в качестве характери-

стик сырья –  $C_{1k}$  и  $C_{2k}$  – содержания компонентов фаз на входе в систему, в качестве кинетических – единственный параметр – константа скорости обмена.

При определенных постановках число ячеек  $n$  может быть отнесено к числу параметров гидродинамической обстановки.

В качестве самостоятельных групп можно выделить группу конечных показателей –  $C_{1n}$  и  $C_{2n}$ , а также группу показателей картины концентрационного, температурного (энтальпийного) и др. полей. В рассматриваемом случае это концентрации по фазам и ячейкам:

$$C_{11}, \dots, C_{1n} \text{ и } C_{21}, \dots, C_{2n}.$$

Классификация величин осуществляется по принципу: параметрами обозначены величины или переменные, предопределяющие течение процессов, условия их протекания; показателями названы величины, количественно и качественно описывающие результаты функционирования системы.

Наряду с задачей тренинга прогноза показателей системы по её параметрам (отдельные примеры и алгоритмы компьютерного тренинга на базе виртуального стенда были рассмотрены в [1]) представляет практический интерес постановка исследования тренинга решения следующих обратных задач:

1. Задача вычисления значений режимных параметров, обеспечивающих получение заданных значений требуемых показателей; в зависимости от содержания задачи такая ситуация встречается в процессе эксплуатации или проектирования систем.

2. Задачи технической и технологической оптимизации. Сюда относятся задачи синтеза оптимальной по установленным критериям конструкции аппаратов и устройств, системы автоматического управления с определением численных значений оптимизируемых параметров и настроек. В отличие от задач первого типа вместо решения системы уравнений предлагается решать задачи на экстремум, причем требования первого типа могут участвовать в задачах второго типа и задач поиска безусловного экстремума в качестве ограничений типа равенств и неравенств. Таким образом, задачи оптимизации режима при корректной постановке задачи (формулировки компромиссных критериев и наличия определенной степени свободы) также относятся к данному типу задач.

3. Задачи структурной и параметрической идентификации математической модели (полной или частичной). Для противоточного непрерывного двухфазного обменного - НПДО - аппарата возможна следующая, интересная на наш взгляд, постановка задачи тренинга: по известным значениям всех параметров на входе и показателей на выходе оценить степень продольного перемешивания  $n$ , как параметра математической модели, обуславливающего рациональность использования движущей силой процесса.

4. Тренинг задач измерительного типа. Здесь важно различить задачи, связанные с освоением методов и средств анализа состава и свойств на входе в систему (оценка не контролируемых параметров системы), от задач косвенной, совместной или совокупной оценки показателей системы.

В рамках задач только первого типа можно различить следующие ситуации:

а)  $m = r_n$  – однозначная ситуация: задано ровно столько показателей, сколько требующие определению режимные параметры, обеспечивающие эти требования. Значения остальных параметров системы предполагается известными;

б) количество неизвестных параметров системы больше количества заданных показателей. Эксплуатация системы в случае наличия некоторого количества неконтролируемых параметров системы, проектирования по средним значениям неконтролируемых параметров. В таких ситуациях традиционные постановки приводили к бесконечным решениям, а подходы, основанные на нейронно-сетевых моделях дают конкретные варианты решения;

в)  $m > r_n$  – такая ситуация встречается тогда когда доступна информация дополнительного характера, на подобии способов пространст-

венной, частотной, статистической, временной развертки информации в измерении. Традиционно это ситуация была обусловлена с целями нивелирования случайных составляющих. Тренинг навыков решения такого рода обратных задач обеспечивает преимущества в человеческом прогнозе, реализованные с помощью искусственных нейронно-сетевых моделей распознавания ситуаций.

Рассмотрим однозначный вариант задач обратного характера первого типа на примере НПДО – аппарата в предположении константы равновесия фаз, равной единице.

Решение подобных задач в традиционных целях и, в особенности, в целях организации компьютерного тренинга требует обращения расчетных процедур решения уравнений математической модели. В инженерной практике в свое время выход из ситуации обеспечивали номографические методы. Простой перебор прямой задачи с целью решения обратной задачи не отвечает требованиям быстродействиям компьютерного тренинга с построением модели владения учебным материалом обучаемого с синтезом оптимальных алгоритмов тренинга обучаемого.

С этой целью первоначально решим задачу обращения модели. Очевидно, что в рассматриваемой постановке задачу можно решить аналитически. Сложения всех уравнений баланса позволяет получить отношение неизвестных параметров – значения гидромодуля:

$$C_{1k} + GC_{2k} = C_{1n} + GC_{21}$$

$$\frac{G}{L} = \frac{C_{1n} - C_{1k}}{C_{2k} - C_{21}}$$

А второй неизвестный параметр может быть определен из скалярного уравнения для любого из заданных показателей системы. Однако любая попытка уточнения модели приводит к нелинейным уравнениям, требующих применения итерационных алгоритмов даже в случае решения прямой задачи. Поэтому представляется целесообразным попытаться представить решение обратной задачи с помощью нейронно-сетевых моделей с использованием обучающей и экзаменационных выборок, полученных путем решения прямой задачи (алгоритм, обеспечивающий хорошую скорость сходимости, изложен в [1]).

Точность обратной модели может быть оценена по следующей сопоставительной таблице примеров (табл. 1):

Таблица 1

## Точность обратной модели

Прямая модель		Обратная модель	
$L$	$G$	$L$	$G$
0,6996	1,0773	0,7030	1,0826
0,5265	0,9571	0,5149	0,8988
1,2096	0,5067	1,1525	0,5102
1,4176	0,5592	1,4398	0,5239
0,5328	0,9419	0,5249	0,8965
0,9808	0,8549	0,9942	0,8654
1,0558	0,7745	1,0652	0,7793
0,6937	0,7749	0,6922	0,7815
0,8743	0,5457	0,8842	0,5450
1,4875	1,0740	1,4645	1,0694
1,1312	1,3279	1,1285	1,3128
1,4556	1,1177	1,4417	1,1203
0,6868	0,6125	0,6630	0,5979
0,9159	0,7129	0,9217	0,7119
0,7740	0,5729	0,7688	0,5529
1,3458	0,5341	1,3093	0,5174
1,0617	1,4220	1,0516	1,4129
1,1667	1,3741	1,1610	1,3561
1,1808	1,4336	1,1703	1,4129
0,6012	1,3358	0,6121	1,3519

По приведенным в правых столбцах таблицы рандомизированных по равномерному закону значениям расходов фаз по прямой модели вычислены показатели  $C_{1n}$  и  $C_{2n}$ , по которым симулированы с помощью НСМ

$$\left[ \text{simuff}(p_1, w_{11}, b_{11}, w_{12}, b_{12}, w_{11}, w_{11})' y_1 \right]$$

значения расходов, приведенные в левых столбцах.

Вычислительные эксперименты по имитации разных вариантов тренинга (с вариацией  $N_{\max}$  – объем выборки для определения максимального отклонения модели обучаемого от модели изучаемого объекта на каждом шаге обучения и с привлечением линейной и НСМ) осуществлялись при следующих условиях:

- 1) объем экзаменационной выборки  $N = 20$ ;
- 2) при формализации степени владения обучаемого линейной моделью количество предварительных точек  $N_{00} = 3$ , а по НСМ 10;
- 3) количество повторов экспериментов соответственно моделям 100 и 30.

На рис. 1 и 2 приведены осредненные результаты тренинга.

В табл. 2 приведены значения норм ошибок прогноза по экзаменационной выборке при соответствующих общих количествах обучения.

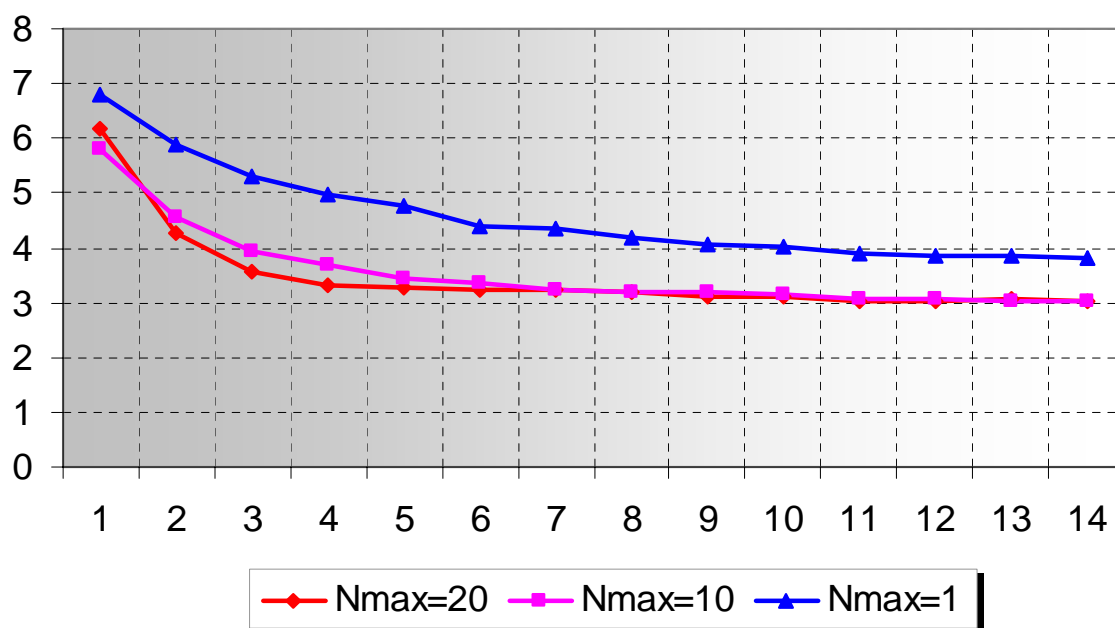


Рис. 1. Процесс тренинга решения обратной задачи на базе линейной модели.

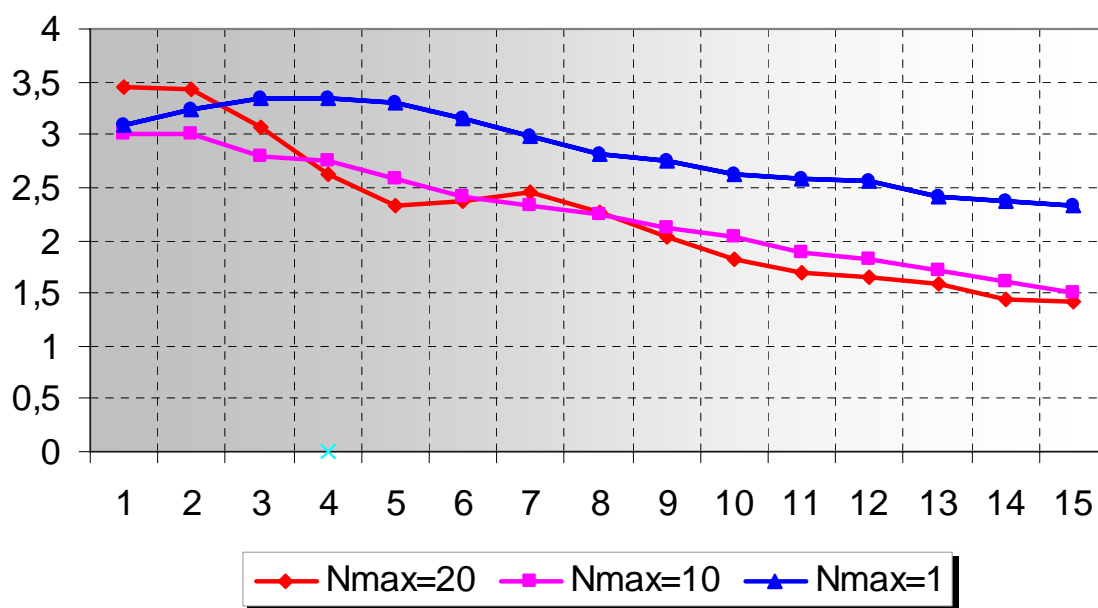


Рис. 2. Процесс тренинга решения обратной задачи на базе HCM

Таблица 2

модели обучаемого на потенциальные возможности и скорость обучения.

Значения норм ошибок прогноза

модель $N_{\max}$	Линейная модель	HCM (purelin-logsig-purelin)
1	3,75	3,35
10	2,57	1,57 (1,37 при sif (25))
20	3,44	2,34, (0,93 при sif (25))

Анализ результатов убедительно показывает преимущества предлагаемого подхода к организации тренинга и, одновременно положительное влияние точности привлекаемого типа

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Касымов С. С., Нуритдинов Ш., Махкамова Ф. Ш. Компьютерный тренинг с помощью виртуального стенда. «Кимёвий технология назорат ва бошқарув». Тошкент, № 6. 2006.
2. Касымов С. С., Нуритдинов Ш., Нуритдинов Ш. Ш., Махкамова Ф.Ш. Оценка обучаемости материала и степени его владения. Second World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation.WCIS -2006. С.204.

Поступила в редколлегию 15.05.07.