

12-18-2019

## Development of a fuzzy model of dryer temperature control by a probabilistic method

D.A. Xalmatov

*Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan*

U.O. Xujanazarov

*Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan*

S.T. Yunusova

*Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan*

R.N. Izmaylova

*Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/titli>

---

### Recommended Citation

Xalmatov, D.A.; Xujanazarov, U.O.; Yunusova, S.T.; and Izmaylova, R.N. (2019) "Development of a fuzzy model of dryer temperature control by a probabilistic method," *Textile Journal of Uzbekistan*: Vol. 5 : No. 1 , Article 12.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/titli/vol5/iss1/12>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Textile Journal of Uzbekistan by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

УДК 677.051.125.7

**РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ  
СУШИЛЬНОГО АГРЕГАТА ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ**

*Д.А. Халматов, У.О. Хужсаназаров, С.Т. Юнусова, Р.Н.Измайлова*

**Tashkent Institute of Textile and Light Industry**

**Annotatsiya.** *Aprior noaniqlik sharoitida ishlatiladigan paxta tozalash sanoatida quritish agregatini noqat'iy modelini optimallashtirish masalasi ko'rib chiqildi.*

*Misol sifatida, quritish agregatida haroratni boshqarish jarayonini ko'rib chiqiladi. Quritish agregatini boshqarishning noqat'iy modeli yaratildi va uning optimallashtirish blokisiz ishlashi bo'yicha tahlili o'tkazildi. Optimallashtirish usullari sifatida ehtimollik usullarini qo'llash taklif etildi. Optimallashtirish parametri sifatida noqat'iy modelning tegishlilik funksiyalari foydalanildi. Ehtimollikka asoslangan holda ishlab chiqilgan optimallashtirish algoritmi quritish agregatini boshqarishining noqat'iy modeli parametrlarini sozlashning eng universal usuli hisoblanadi.*

*Tegishlilik funksiyasi va tarqalish funksiyalari orasidagi aloqadan foydalanish ehtimollik nazariyasi usullarini qo'llash imkonini beradi. Buning natijasida xatolik kamayadi, natijada subyektiv vazifa so'ngida olingan quritish agregatining noqat'iy modeli parametrlarini boshqarish sifatining optimal qiymatlariga va yuqori aniqligiga olib keladi.*

*Tegishlilik funksiyasining uchburchak ko'rinishdagi shakli va real obyektдан olingan haqiqiy ma'lumotli model qiymatlarining xatoligini baholash asosida sozlash algoritmini hamda tegishlilik funksiyasining parametrlarini ishlab chiqish taklif etildi. Immitatsion modellashtirish asosida optimallashtirishdan oldingi va keyingi olingan natijalarning qiyosiy tahlili amalga oshirilgan.*

**Аннотация.** *Рассматривается задача оптимизации нечеткой модели управления сушильным агрегатом в хлопкоочистительной промышленности, функционирующей в условиях априорной неопределенности.*

*В качестве примера рассматривается процесс управления температурой в сушильном агрегате. Была разработана нечеткая модель управления сушильного агрегата и проведен анализ его работы без учета блока оптимизации. В качестве методов оптимизации предлагается применение вероятностных методов. В качестве параметра оптимизации используются функции принадлежности нечеткой модели. Разработанный алгоритм оптимизации на основе вероятностного подхода является универсальным способом настройки параметров нечетких моделей управления сушильного агрегата.*

*Использование связи между ФП и функцией распределения позволяет применять методы теории вероятности, благодаря чему снижается ошибка, полученная по итогам субъективного задания параметров нечеткой модели сушильного агрегата, что приводит к повышению точности результатов и достижению оптимальных показателей качества управления.*

*Предложена треугольная форма функции принадлежности и разработки алгоритма настройки и параметров функции принадлежности на основе оценки погрешности модельных значений с реальными данными, полученных из реально действующего объекта. Осуществлен сравнительный анализ полученных результатов на основе имитационного моделирования до и после оптимизации.*

**Annotation.** *The problem of optimization of a fuzzy model of control of a drying unit in a cotton-cleaning industry operating in conditions of a priori uncertainty is considered in this article.*

*As an example, we consider the process of temperature control in a drying unit. A fuzzy model of control of the drying unit was developed and its work was analyzed without taking into account the optimization unit. The use of probabilistic methods is proposed as optimization methods. As an optimization parameter, the membership functions of a fuzzy model are used. The developed optimization algorithm based on a probabilistic approach is a universal way to adjust the parameters of fuzzy control models of a drying unit.*

Using the relationship between the FP and the distribution function allows to apply the methods of probability theory, thereby reducing the error resulting from the subjective setting of the parameters of a fuzzy model of the drying unit, which leads to an increase in the accuracy of the results and the achievement of optimal management quality indicators.

A triangular form of the membership function and the development of a tuning algorithm and parameters of the membership function are proposed based on an estimate of the error of the model values with real data obtained from the actual object. A comparative analysis of the results obtained on the basis of simulation modeling before and after optimization has been carried out.

**Keywords:** fuzzy model, optimization algorithm, probability theory, accuracy estimation, membership function, drying unit, temperature.

**Ввод.** В настоящее время для управления различными технологическими объектами широкое применение находят нечеткие регуляторы [1]. Разработки нечеткой модели управления динамическим объектом рассмотрим на примере управления температурным режимом сушильного агрегата в хлопкоочистительной промышленности [2]. Зададим параметры нечеткой модели управления температурой, обозначив терм-множества входных переменных следующим образом:

$T$  – текущее значение температуры в сушильном агрегата:  $T : < T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 >$ ;

$Z$  – нагрузки агрегата:  $Z : < Z_1, Z_2, Z_3 >$ ;

$P$  – расход теплоагрегата:  $P : < P_1, P_2, P_4, P_5 >$ .

Терм-множества для выходных переменных :

$G$  – расход топлива:  $G : < G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 >$ ;

$V$  – расход воздуха:  $V : < V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 >$ .

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода выбирается алгоритм Мамдани [3], на основе которого формируется база продукционных правил, число которых определяется следующим образом:

$$K = T \times Z \times P = 75$$

Для оценки точности нечеткой модели управления температурой в сушильном агрегате выбирается среднеквадратичное отклонения (СКО) по расходу топлива:

$$CKO = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^5 (y_{зад} - y_{мек})^2} \rightarrow \min$$

$$CKO_{мек} \leq CKO_{зад} \leq 5\%,$$

где  $N$  – число моделирования;  $CKO_{мек}$  – текущее значение ошибки;  $CKO_{зад}$  – заданное значение ошибки;  $y_{зад}$  – заданное значение переменной;  $y_{мек}$  – полученные значения переменной.

Следует отметить, что заданное значение переменной «расход топлива» определяется, исходя из технологического регламента, а значение переменной «расход воздуха» определяется на основе соотношении [4]:

$$\frac{G_{зад}}{V_{зад}} = \frac{1}{10}$$

На основе этих предпосылок проводится экспериментальное исследование нечеткой модели управления температурой в сушильном агрегате для 200 примеров. При этом входные значения формируются случайным образом.

## Результаты работы нечеткой модели управления.

Параметры нечеткой модели				
Входные сигналы			Выходные сигналы	
$T^0 C$	$Z, кг$	$P, кг$	$G м^3 / r$	$V м^3 / r$
[134C <sup>0</sup> ÷ 273C <sup>0</sup> ]	[45 ÷ 499]	[91;159]	[14;17]	[158 ; 160]
Параметры оценки точности				
СКО			G/V	
Общее	min	max	общее	
0,021	2,3·10 <sup>-14</sup>	0,36	0,0986	

Анализ полученных значений параметров оценки нечеткой модели управления объектом показал, что в среднем значении СКО за один цикл моделирование удовлетворяет поставленному условию (1) и не превышает 2,12%. А в отдельных примерах значение СКО превышает норму, а для второго параметра полученное значение не соответствует заданному значению. В связи с этим для повышения точности разработанной модели предлагается ее оптимизировать.

Рассмотрим задачу алгоритма оптимизации на основе вероятностных методов для нечеткой модели управления сушильного агрегата. Разрабатываемый алгоритм оптимизации рассматривается на примере нечеткой модели управления температурой в сушильном агрегате.

В качестве параметра оптимизации выбираются функции принадлежности (ФП), которые покрывают все множество значений переменных. Для разработки нечеткой модели и настройки выбираются треугольные ФП, это связано с удобством их использования, распространенностью и простотой реализации. Треугольную ФП можно задать с помощью трех чисел, соответствующих оси абсцисс и определяющих положение ее границ и вершине А, В, С.

Настройка параметров нечеткой модели управления сушильного агрегата на основе вероятностного подхода предполагает использование тех же способов оценки, что и для случайных величин, поскольку нечеткие события — это те же события, но происходящие в неопределенных условиях. По результатам моделирования строятся гистограммы частот эмпирических функций распределения каждой ФП [5].

На основании статистических данных выполняется проверка гипотезы о соответствии построенных эмпирических функций распределения теоретическим, на основании значений критерия Пирсона и графиков эмпирических функций распределения ФП можно утверждать, что они имеют вид нормального распределения [6].

Работа алгоритма оптимизации на основе вероятностного подхода состоит из следующих этапов:

- Проведение серии моделирований. Проводится серия моделирований, фиксируются значения всех входных и выходных переменных и частота их попадания в заданные интервалы каждой ФП.

- Вычисление математического ожидания для всех ФП:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i P_{ix}$$

где  $x_i$  - текущее значение ФП;  $\bar{x}$  - среднее значение ФП,  $P_{ix}$  - вероятность

- Определение СКО для всех ФП. На основе полученных данных и математического ожидания вычисляется СКО для каждой ФП:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}.$$

- Построение интервала по правилу трех сигма. Поскольку принимается, что графики эмпирических функций распределения, полученных на основе ФП, имеют нормальное распределение, то применяется правило трех сигма для настройки границ ФП. С заданной точностью можно сказать, что практически все значение нечеткой переменной попадет в диапазон:

$$[\bar{x} - 3\sigma, \bar{x} + 3\sigma].$$

- Настройка границ ФП. После определения новых границ ФП выполняется корректировка диапазона ФП. Изменяются только границы ФП, вершины остаются прежними.

Далее выполняется вторая часть настройки ФП - корректировка положения вершины ФП. Необходимо выполнить оценку положения вершины ФП и при необходимости скорректировать ее.

Выполняется повторение этапов 1 и 2.

- Определение оценки СКО. После нахождения математического ожидания, вычисляется оценка СКО каждой ФП:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}.$$

- Построение доверительного интервала для вершин ФП. Для полученных значений математического ожидания и оценки СКО строится доверительный интервал, определяющий положение вершины ФП:

$$u_z = \left( \bar{x} - t_{\text{табл}} \frac{S}{\sqrt{N}}; \bar{x} + t_{\text{табл}} \frac{S}{\sqrt{N}} \right).$$

где  $u_z$  - доверительный интервал;  $t_{\text{табл}}$  - критерий Стьюдента.

- Разбиение доверительного интервала ФП. Определенный ранее доверительный интервал вершины для ФП делится на некоторое число участков  $l_z$  в данном случае принимается, что  $z = 5$  а все участки  $l_z$  равны.

- Определение положения вершины ФП. После проведения экспериментальных исследований определяется участок  $l_z$  с максимальным числом попаданий в него значений переменных. При совпадении вершины ФП и диапазона с максимальным числом попаданий, изменений не происходит.

- Вывод новых ФП. После выполнения настройки границ и корректировки положения вершины ФП получаются оптимальные значения ФП, и затем выполняется вывод новых ФП.

- Оценка полученных результатов. Результаты работы нечеткой модели управления сушильного агрегата без учета блока оптимизации сравниваются с показателями, полученными после применения алгоритма оптимизации.

Для определения эффективности разработанного алгоритма оптимизации нечеткой модели управления сушильного агрегата на основе вероятностных методов использованы исходные значения экспериментальных исследований (Таблица 1). Алгоритм оптимизации выполняется до тех пор, пока значения показателей точности не достигнут заданного уровня (1) и (2).

Результаты выполнения алгоритма оптимизации значения параметров точности представлены в табл. 2.

## Результаты работы алгоритма оптимизации

№	СКО общее	СКО min		СКО max	G/V общее
До	0,021	$2,3 \cdot 10^{14}$		0,36	0,0986
1	0,0089	$6,55 \cdot 10^{15}$		0,25	0,104
2	0,0059	$6,55 \cdot 10^{15}$		0,156	0,1015
3	0,0029	$6,55 \cdot 10^{15}$		0,098	0,1011
4	0,0009	0		0,0622	0,101
5	0,0005	0		0,03523	0,10002

По результатам таблицы 2 можно проследить динамику работы алгоритма оптимизации нечеткой модели управления сушильным агрегатом. После выполнения 5 итераций СКО в среднем снизилось с 0,021 до 0,0005. Максимальное значение СКО удовлетворяет условию (1) и не превышает 5%.

Второй параметр точности “топливо-воздух” в среднем достиг требуемого значения (2) и составляет практически 0,1.

**Вывод.**

1. В работе исследовалась задача оптимизации нечеткой модели управления сушильного агрегата. Была разработана нечеткая модель управления сушильного агрегата и проведен анализ его работы без учета блока оптимизации. Затем выполнена оптимизация нечеткой модели управления сушильным агрегатом, настройка границ ФП, оценка и корректировка положения вершин ФП.

2. Разработанный алгоритм оптимизации на основе вероятностного подхода является универсальным способом настройки параметров нечетких моделей управления сушильного агрегата. Использование связи между ФП и функцией распределения позволяет применять методы теории вероятности, благодаря чему снижается ошибка, полученная по итогам субъективного задания параметров нечеткой модели сушильного агрегата, что приводит к повышению точности результатов и достижению оптимальных показателей качества управления.

**References**

1. Sinyavskaya YE.D. Analiz tochnosti raboti nechetkoy modeli i optimizatsiya yeye parametrov na primere upravleniya temperaturoy v xlebopekarnoy kamere. Materiali II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferensii «Molodyoj, nauka, innovatsii», Grozniy.2013.s. 95-100.
2. Alp Yanar T., Akyurek Z., 2011 Fuzzy model tuning using simulated annealing, Expert Systems with Applications.№38:8159-8169.
3. Shtovba S.D. Obespecheniye tochnosti i prozrachnosti nechetkoy modeli Mamdani pri obuchenii po eksperimentalnqm dannqm // Prblemi upravleniya i informatika.2017.№4.s.1-13.
4. Shtovba S.D. Proyektirovaniye sistem upravleniya Fuzzy Logic Toolbox. URL:http://matlab.exponenta.ru/.
5. Gmurman V.YE. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika M:Vqshaya shkola,2013.479s.
6. Baudrita C.,Duboisb D.,Perrota N.,2008 Representing parametric probabilistic models tainted with imprecision. Fuzzy Sets and Systems.159:1913:1928.
7. N.R.Yusupbekov.,R.A.Aliyev., R.R.Aliyev.,A.N.Yusupbekov. Intellektualniye sistemi upravleniya i prinyatiya resheniy/, - Tashkent: Gosudarstvennoye nauchnoye izdatel-stvo «Uzbekiston milliy ensiklopediyasi», 2014.- 490 s.
8. Siddikov I.H., Izmaylova R.N., Karimov Sh.S. LOGIC-GRAPHIC Model of Monitoring of Technological Statuses of Equipment of Petrochemical//International Journal of Advanced Research in Science,Engineering and Technology Vol. 4, Issue 3 , March 2017
9. Nath, U.M., Dey, C., Mudi, R.K. Fuzzy tuned model based control for level and temperature processes / Microsystem Technologies. 2019. 25(3), p. 819-827

10. Xie, G., Zheng, K., Jia, Y. Design of fuzzy PID temperature control system / MATEC Web of Conferences. 2018. 228, 03004
11. Синявская Е.Д. Системы принятия решений в условиях априорной неопределенности исходных данных// Известия ЮФУ. Технические науки. -2012. -№1. -стр.186-190.
12. Oscar Cordon. A historical review of evolutionary learning methods for Mamdani-type fuzzy rule-based systems: Designing interpretable genetic fuzzy systems // International Journal of Approximate Reasoning. – 2011. – № 52. – P. 894-913.
13. Kang Jun, Wenjun Meng, Ajith Abraham, Hongbo Liu. An adaptive PID neural network for complex nonlinear system control // Neurocomputing. – 2014. – № 135. – P. 79-85.
14. Yao-Qing Ren, Xiao-Gang Duan, Han-Xiong Li, C.L. Philip Chen. Dynamic switching based fuzzy control strategy for a class of distributed parameter system // Journal of Process Control. – 2014. – № 24. – P. 88-97.
15. Aydogan Savran, Gokalp Kahraman. A fuzzy model based adaptive PID controller design for nonlinear and uncertain processes / ISA Transactions. – 2014. – № 53. – P. 280-288.