

ӘОЖ 62-50:663

**АЙҚЫН ЕМЕС ЖИЫНДАР ТЕОРИЯСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН
САПАЛЫҚ АҚПАРАТТАРДЫ РЕСІМДЕУДЕ ҚОЛДАНУ**

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ
МНОЖЕСТВ ПРИ ФОРМАЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**APPLICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE THEORY OF FUZZY
SETS UNDER THE FORMALIZATION OF QUALITATIVE INFORMATION**

А.Е. ИСМАЙЫЛОВ, Ж.Ж. ЖУМАГАЛИҰЛЫ, Н.М. ТӨЛЕГЕН

А.Е. ИСМАЙЫЛОВ, Ж.Ж. ЖУМАГАЛИУЛЫ, Н.М. ТОЛЕГЕН

A.E. ISMAILOV, ZH.ZH. ZHUMAGALIULY, N.M. TOLEGEN

(Алматы технологиялық университеті)
(Алматинский технологический университет)

(Almaty Technological University)

E-mail: box_email61@mail.ru

Бұл мақалада үдерісті басқаруды модельдеуде білім берудің кейбір аспектілері айқын емес жиындар теориясы арқылы қарастырылады.

Үдерісті басқарудың айқын емес моделін құру үшін басқарылатын үдерістің кірісі мен шығысының деңгейлері бойынша квантталып, әрбір квантталған деңгейінде анықтамалық жиындар анықталады.

Жасалынған бағдарлама биотехнологиялық үдерістерді басқару жүйелерінде және тиісті салаларында айқын емес ақпаратты рәсімдеу үшін пайдаланылады.

В данной статье рассматриваются некоторые аспекты представления знаний в моделировании процесса управления технологической установкой с использованием теории нечетких множеств.

Для построения нечеткой модели управления технологическим процессом входы и выходы управляемого процесса были квантованы по уровням и определены опорные множества на каждом уровне квантования

Разработанная программа используется для систем управления биотехнологическими процессами и для получения нечеткой информации в соответствующих отраслях.

In this article, some aspects of the representation of knowledge in modeling the process control process are considered using the theory of fuzzy sets.

To build a fuzzy model of process control, the inputs and outputs of the controlled process were quantized over the levels and defined the reference sets at each quantization level.

The developed program is used for control systems of biotechnological processes and for obtaining fuzzy information in relevant industries.

Негізгі сөздер: тиімділік теориясы, айқын емес жиындар, айқын емес параметрлер, білім базасы, лингвистикалық айнымалы, терм-жиындар, биотехнологиялық өндірістік үдерістерді модельдеу.

Ключевые слова: теория оптимизации, нечеткие множества, нечеткие параметры, база знаний, лингвистические переменные, терм-множество, моделирование процессов биотехнологического производства.

Key words: optimization theory, fuzzy sets, fuzzy parameters, knowledge base, linguistic variables, term-set, modeling of biotechnological production processes.

Кіріспе

Қазіргі уақытта экономика, бизнес және менеджментте заманауи математикалық әдістер мен модельдер кеңінен қолданылады. Математикалық әдістер күрделі техникалық, технологиялық және басқа жүйелерді сипаттау және талдау үшін кеңінен пайдаланылады. Тиімділік теориясы компьютерлерге белгілі және бекітілген параметрлермен тиімді шешім қабылдауға көмектесетін әдістер жиынтығын жасады[1]. Белгілі бөлу заңдары бар кездейсоқ айнымалы мәндер болған жағдайда кейбір жетістіктер де бар. Дегенмен, негізгі қиындықтар жағдайдың параметрлері анықталмаған кезде пайда болады (мүмкін, кездейсоқ емес) және олар бір уақыттың өзінде шешімнің нәтижесіне қатты әсер етеді.

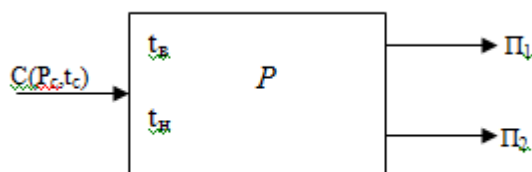
Мамандар көбінесе теңдеулерде немесе айқын емес технологиялық ақпараттарда айқын емес параметрлер болған кезде есепке алу қажеттілігіне тап болады[1]. Теңдеулердің бұзылуы, баланстық коэффициенттер және т.б. осы теңдеулерді дәл қанағаттандыру және қолайлы нәтижеге қол жеткізу үшін кейбір параметрлерін өзгерту қажеттілігіне әкеледі.

Есептеулер кезінде белгілі бір параметрлерді көрсетудің дұрыс еместігі іс жүзінде ескерілмейді немесе белгілі бір болжамдар мен жорамалдарды ескере отырып, қате көрсеткіштер сараптамалық бағалау немесе орташа (орташа өлшенген) мәндермен ауыстырылады. Берілген білім алу, өңдеу және айқын емес білім берудің пайда болған проблемалары осы теңдеулерді дәл қанағаттандыру және қолайлы нәтиже алу үшін кейбір параметрлерді өзгерту және білім базасын (ББ) әзірлеу қажеттілігіне әкеледі.

Зерттеу әдістері және нысандары

Технологиялық қондырғыны басқару үдерісін модельдеу мысалында айқын емес жиындар теориясы арқылы білім берудің кейбір аспектілерін қарастырайық.

Температура t_c және P_c тығыздығымен сипатталатын шикізат, қондырғының кірісіне енеді (1-сурет). Зауыттың негізгі басқару параметрлері - қысым P , төменгі температура t_H және бағанның жоғарғы жағы t_B . Зауыттың өндірісінде төмендегілер алынады: мақсатты өнімдер Π_1 және Π_2 .



1-сурет. Технологиялық қондырғының қарапайым схемасы

t_c , p_c , P , t_H және t_B үлгісінің параметрлері лингвистикалық айнымалылар ретінде қарастырылады.

Бұл жағдайда лингвистикалық айнымалы (X , T , U , G , M) жиындарда сипатталуы мүмкін, мұнда X - айнымалының атауы; T - X айнымалы мәнінің жиыны; X айнымалысының лингвистикалық мәндерінің барлық атауларының жиыны, осы мәндердің әрқайсысы айқын емес айнымалы X болып табылады, U базалық айнымалы U бар әмбебап жиынның мәндерімен; G - X айнымалы мәнінің X атауын шығаратын синтаксистік ереже; M – әрбір мағыналы X айнымалы мәніне $M(X)$ мағынасын тағайындайтын семантикалық ереже. C синтаксистік ереже бойынша жасалынған нақты X атауы терм деп аталады.

Өз кезегінде, M айқын емес ішкі жиын кейбір параметрлері ретінде айқындалады X

функциясының көмегімен [1] бойынша $\mu_M(X)$ интервалдан мәндер $\{0, 1\}$ қабылдайды:[1]

$$M = \int_{x \in X} \mu_M(X) / X \quad (1)$$

мұндағы $\mu_M: X \{0, 1\}$ мүшелік функция болып табылады.

Белгілі болғанындай-ақ, технологиялық үдерісті үйрену негізінде басқару үшін көбірек ақпаратты параметрлер: бағанның төменгі температурасы (t_H) бағанның үстіңгі температурасы (t_B), қысым P болып табылады. Келесі кадам әрбір параметрдің өзгеру ауқымын айқындау болып табылады. Айтайық t_H өзгеру облысы $10-30^\circ\text{C}$ аралықпен анықталады, t_B – $20-40^\circ\text{C}$, қысым P – $10-20$ атм. өзгертеді.

Нәтижелер және талқылау

Эксперттік операторлардан алынған сауалнамалық мәліметтер негізінде, қарастыры-

лып отырған лингвистикалық айнымалылар төмендегі терм-жиындар анықталды:

Γ (температура tH) = төмен + орташа + жоғары;

Γ (температура tH) = төмен + орташа + жоғары;

Γ (қысым P) = нормадан төмен + норма+нормадан жоғары.

Сондай-ақ П1 және П2 мақсаттық өнімдердің сәйкесінше 10-30 және 20-40 шартты өлшем бірлігі аралығындағы шығымын анықтайтын лингвистикалық айнымалыларды анықтаймыз:

Γ (өнімнің шығымы $P1$) = шағын + орташа + үлкен;

Γ (өнімнің шығымы $P2$) = шағын + орташа + үлкен.

Лингвистикалық айнымалылар үшін анықталған терм-жиынның айқын M жиыны өзінің тасымалдаушысымен сәйкес құрылатын эксперттік бағалауды үйренудің негізінде анықталады.

Бұл жағдайда, бір айқын емес жиыны тасымалдаушы, X жиыны мынадай болады:

$$X = \{x \mid \mu_M(x) > 0, x \in X\}. \quad (2)$$

Модельдеудің осы кезеңінің нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

1-Кесте. Модельдеу кезеңінің нәтижелері

Лингвистикалық айнымалының атауы	Термдер	Айқын емес жиынның тасымалдаушысы
Төменгі бағанның температурасы tH	Төмен Орташа Жоғары	10-15°C 15-25 °C 25-30°C
Төменгі бағанның температурасы tB	Төмен Орташа Жоғары	20-25 °C 25-35 °C 35-40°C
Қысым P	Нормадан төмен Норма Нормадан жоғары	10-21 атм. 22-31 атм. 32-40 атм.
Өнімнің шығымы П1	Шағын Орташа Үлкен	10-25 шартты бірлік 26-35 шартты бірлік 26-30 шартты бірлік
Өнімнің шығымы П2	Шағын Орташа Үлкен	20-26 шартты бірлік 27-35 шартты бірлік 36-40 шартты бірлік

Келесі кезеңде технологиялық үдерісті сипаттайтын ережелер жинағы жасалды.

Ережелер мынадай болады: ЕГЕР $A = N$, ОНДА $B = M$, мұндағы A, B — лингвистикалық айнымалылар; N, M -тиісті лингвистикалық айнымалылардың шарттары болып табылады. Мысалы, ережелердің біреуі мынадай болады:

ЕГЕР төменгі бағанның температурасы = <төмен> болса, ОНДА өнімнің өнімділігі П1 = (үлкен).

Ережелер жиынтығына негізделі отырып, айқын емес қатынастардың матрицасы жасалды. Белгілі болғанындай, R ішкі жиындардың $X \times V$ декарттық көбейтіндісі :

$$R = \int_{(x,y) \in X \times Y} \mu_R(x, y) / (x, y). \quad (3)$$

Ары қарай құрылған матрица біріктіріледі

$$\mu_R = \max(\mu_{R_1}, \dots, \mu_{R_2}) \quad (4)$$

Логикалық тұжырымдаманы ұйымдастыру үшін логикалық тұжырымдардың композициялық ережесі пайдаланылады, оның ерекше ережесі белгілі ереже болып табылады:

Тұжырым 1 Егер x бұл A , онда y бұл B

Тұжырым 2 x бұл A

Шешім y бұл B

Заде [2] бойынша композициялық ереже, бұл композиция айқын емес қатынастары

$$R(u) = A, R(u, v) = F \quad (5)$$

яғни

$$R(v) = A \circ F, \quad (6)$$

мұндағы \circ - композиция белгісі. Бұл жағдайда қатыстылық функция ретінде былай анықталады

$$\mu_R(v) = \max[\min(\mu_R(u), \mu_R(u, v))] \quad (7)$$

Композициялық ережелерде қолданылған өте көп айқын емес қатынастар бар.

Үдерісті басқарудың айқын емес моделін құру үшін басқарылатын үдерістің кірісімен шығысының деңгейлері бойынша квантталып, әрбір квантталған деңгейінде анықтамалық жиындар анықталды [3]. Осыдан кейін алгоритмді құрайтын барлық жиындар мен басқару ережелеріне арналған қатыстылық функцияларды анықтадық. Барлық анық емес жиындар үшін қатыстылық мүшелік функцияның бірыңғай түрі таңдалды:

$$\mu(x) = (1 + a(x - c)^2)^{-1}. \quad (8)$$

мұнда x – жиынның элементі; c – жиынның алғашқы элементі, $a = 1 / c$.

Айқын емес бағанды басқару моделін құру үшін келесі енгізілген ереже қолданылады: егер А, онда (егер В онда С).

Мысал: Егер «нефттің бензинге айналуы жоғары» онда (егер «бензинге айналған нефттің температурасы төмен» онда «жоғары бағанның температурасы – төмен»).

Толық айқын емес бағанды басқару үлгісі барлық осындай ережелерді біріктіру арқылы алынады. Мысалы, анық емес өтпелі 2-кесте түрінде жоғарғы температураны басқару үшін айқын емес үлгі көрсетілген:

2-Кесте. Жоғарғы температураны басқару үшін айқын емес үлгі

шағын G орташа үлкен	төмен	орташа	жоғары	
	орташа	жоғары	жоғары	tG
	төмен	орташа	орташа	
	орташа	төмен	төмен	tB

Барлық бағандарды басқарудың айқын емес кестесі 3-кестеде келтірілген.

3-Кесте. Барлық бағандарды басқарудың айқын емес кестесі

Кіріс параметрлері		Шығыс параметрлері				
Бағандағы температура	Бағандағы өнімнің шығыны	Жоғары бағанның температурасы	Төменгі бағанның температурасы	Температураның асып кетуі 1	Температураның асып кетуі 2	Температураның асып кетуі 3
Төмен	Шағын	Орташа	Орташа	Жоғары	Жоғары	Жоғары
Төмен	Орташа	Төмен	Жоғары	Жоғары	Орташа	Орташа
Төмен	Үлкен	Орташа	Жоғары	Төмен	Төмен	Төмен
Орташа	Шағын	Шағын	Төмен	Жоғары	Жоғары	Жоғары
Орташа	Орташа	Орташа	Жоғары	Орташа	Орташа	Орташа
Орташа	Үлкен	Үлкен	Орташа	Төмен	Орташа	Орташа
Жоғары	Шағын	Жоғары	Жоғары	Жоғары	Орташа	Орташа
Жоғары	Орташа	Орташа	Орташа	Орташа	Орташа	Орташа
Жоғары	Үлкен	Үлкен	Үлкен	Үлкен	Орташа	Орташа

Көрсетуге ықшам және ыңғайлы болу үшін мынадай белгілеулерді қабылдаймыз: А1 - «G - кішкентай»; А2 - «G — кішкентай»; А3 - «G - Орташа»; А3 - «G - Үлкен», В1 - «tG - Төмен»; В2 - «tG - Төмен»; В2 - «tG - Орташа»; В3 - «tG - Үлкен»; С1 - «(tB - Төмен); С2 - «(tB - Орташа); С3 - «(tB - Үлкен) және, мына операциялардың анықтамасын қолданып, «ЖӘНЕ» шартты тұжырым «ЕГЕР А, ОНДА (ЕГЕР В, ОНДА С)» жоғарыда алынған баған-

дарды басқарудың анық емес моделін, анық емес дискретті қатынастар түрінде жаза аламыз.

Қорытынды

Жоғарыда келтірілген мысалдардағы қағидаларға орала отырып, айқын емес жиынды былай анықтаймыз:

$$N = \text{төмен} = 1/100 + 0,4/200 \quad (9)$$

$$M = \text{үлкен} = 0,4/200 + 1/300 \quad (10)$$

сондықтан,

$$\begin{aligned} \text{ЕГЕР } A=N \text{ ОНДА } B=M=N \times M+ \rightarrow N \times V &= (1/100+0,4/200) \times (0,4/200+1/300)+ \\ &+ (0,6/200+1/300) \times (1/100+1/200+1/300) = 0,4(100,200)+ \\ &+ 1/(100,300)+0,6/(200,100)+0,6/(200,200)+0,6/(200,300)+ \\ &+ 1/(300,100)+1/(300,200)+1/(300,300). \end{aligned} \quad (11)$$

Ең соңғысын матрица түрінде жазуға болады:

$$S = \begin{vmatrix} 0 & 0,4 & 1 \\ 0,6 & 0,6 & 0,6 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \quad (12)$$

Төменгі бағанның ағымдағы температурасының мәні

$$N1 = \text{«төменірек»} = 1/100+0,4/200+0,2/300. \quad (13)$$

Өнімнің шығымын анықтау үшін композициялық шығару қағидасын қолдану қажет:

$$M_1 = N_1 \circ S = (1/100 + 0,4/200 + 0,2/300) \times \begin{vmatrix} 0 & 0,4 & 1 \\ 0,6 & 0,6 & 0,6 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = |0,4 \quad 0,4 \quad 1| \quad (14)$$

яғни,

$$M = 0,4/100+0,4/200+1/300 \quad (15)$$

Шартты түрде алынған нәтижені «үлке-нірек» деп интерпретация жасау мүмкін.

Бұл әдістемені биотехнологиялық өндірістік үдерістердің модельдеу мәселелерін шешуде қолдануға мүмкін.

Жасалынған бағдарлама биотехнологиялық өндірістің технологиялық үдерістерді басқару жүйелерінде және тиісті салаларда айқын емес ақпаратты ресімдеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Марков В.П. Системный анализ процессов химической технологии. Применение метода нечетких множеств. – М.: Наука, 1986. – 307 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений.-М.:Мир, 1976. -167с.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта // Под ред. Д.А. Поспелова – М.: Наука. 1986. – 312 с.