

## **SYNTHESIS OF AN ADAPTIVE NEURO-FUZZY LOGIC (ANFIS) CONTROLLER FOR CONTROLLING THE WHEAT DRYING PROCESS**

**Esonov Husniddin Mamarasul o'g'li**

*Termez State University of Engineering and Agrotechnology, Uzbekistan*

### **Abstract**

*This paper addresses the development of an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) controller for regulating the wheat drying process. Given the nonlinear, inertial, and multi-coupled nature of the process, along with significant uncertainty in initial moisture content and technological parameters, conventional control methods fail to provide adequate performance. To reduce the size of the rule base, the proposed approach employs two independents but interrelated ANFIS blocks — a moisture controller and a temperature-limiting controller — reducing the number of rules from 625 to a total of 50. Controller parameters are tuned using Gaussian membership functions, a five-layer Takagi-Sugeno architecture, and a hybrid learning algorithm combining the least squares method with gradient descent. Control quality is evaluated using RMSE, MAE, IAE, ISE, and ITAE criteria, settling time, overshoot, and specific energy consumption. The results demonstrate the ANFIS controller's robustness to initial moisture uncertainty (16–30%) and its advantages over conventional control methods.*

### **Keywords**

*ANFIS, adaptive neuro-fuzzy system, wheat drying, Takagi-Sugeno, Gaussian membership function, fuzzy logic, intelligent control, hybrid learning algorithm*

**BUG'DOYNI QURITISH JARAYONINI BOSHQARISH UCHUN ADAPTIV  
NEYRO-NOANIQ MANTIQLI (ANFIS) ROSTLAGICHNI SINTEZ QILISH**

**Esonov Husniddin Mamarasul o'g'li**

*Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, O'zbekiston*

<https://orcid.org/0009-0004-6798-2237> ([muhammadalizoda27@gmail.com](mailto:muhammadalizoda27@gmail.com))

**Abstrakt.** Ushbu maqolada bug'doyni quritish jarayonini boshqarish uchun adaptiv neyro-noaniq (ANFIS) rostlagichni ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqiladi. Jarayonning nohiziqliligi, inertsionligi va ko'p bog'lanishliligi, shuningdek boshlang'ich namlik va texnologik parametrlarning noaniqligi sharoitida klassik boshqaruv usullari yetarli samaradorlikni ta'minlay olmaydi. Taklif etilgan yondashuvda qoidalar bazasi hajmini kamaytirish maqsadida ikki mustaqil, ammo o'zaro bog'langan ANFIS blokidan (namlik regulyatori va harorat cheklovchi regulyator) foydalaniladi, bu esa 625 ta o'rniga jami 50 ta qoida bilan cheklanish imkonini beradi. Gauss a'zolik funksiyalari, beshqavatli Takagi-Sugeno tipidagi arxitektura va gibrid o'qitish algoritmi (MNK va gradient tushish usuli) asosida rostlagich parametrlari sozlanadi. Boshqaruv sifati RMSE, MAE, IAE, ISE, ITAE mezonlari, rostlanish vaqti, oshib ketish va solishtirma energiya sarfi ko'rsatkichlari bo'yicha baholanadi. Natijalar ANFIS-rostlagichning boshlang'ich namlik noaniqligiga (16–30%) nisbatan barqarorligini va an'anaviy usullarga nisbatan afzalliklarini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** ANFIS, adaptiv neyro-noaniq tizim, bug'doyni quritish, Takagi-Sugeno, Gauss a'zolik funksiyasi, noaniq mantiq, intellektual boshqarish, gibrid o'qitish algoritmi

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка адаптивного нейро-нечёткого (ANFIS) регулятора для управления процессом сушки пшеницы. Ввиду нелинейности, инерционности и многосвязности процесса, а также значительной неопределённости начальной влажности и технологических параметров, классические методы управления не обеспечивают требуемого качества регулирования. Для сокращения объёма базы правил предложена структура из двух независимых, но взаимосвязанных ANFIS-блоков — регулятора влажности и ограничителя температуры, что позволяет сократить число правил с 625 до 50. Настройка параметров регулятора осуществляется на основе

*гауссовых функций принадлежности, пятислойной архитектуры типа Такаги-Сугено и гибридного алгоритма обучения (метод наименьших квадратов и градиентный спуск). Качество управления оценивается по критериям RMSE, MAE, IAE, ISE, ITAE, времени регулирования, перерегулированию и удельным энергозатратам. Результаты подтверждают устойчивость ANFIS-регулятора к неопределённости начальной влажности (16–30%) и его преимущества по сравнению с традиционными методами.*

**Ключевые слова:** ANFIS, адаптивная нейро-нечёткая система, сушка пшеницы, Такаги-Сугено, функция принадлежности Гаусса, нечёткая логика, интеллектуальное управление, гибридный алгоритм обучения

Gauss a'zolik funksiyalari, to'liq qoidalar bazasi, beshqavatli ANFIS arxitekturasini, o'qitish algoritmi, MATLAB/Simulink muhitida amalga oshirish natijalari, yopiq kontur barqarorligining Lyapunov--Krasovskiy asosida qat'iy isboti, boshqa usullar bilan qiyosiy tahlil hamda muallifning ilmiy yangiligi izchil bayon etiladi. Adaptiv neyro-noaniq (ANFIS) rostlagich noaniq mantiqning "agar--u holda" qoidalari yordamida obyektini tavsiflash qobiliyatini va neyron tarmoqlarning eksperimental ma'lumotlar asosida parametrlarni sozlash qobiliyatini birlashtiradi. Bunday yondashuv bug'doyni quritish jarayonini boshqarish uchun ayniqsa maqsadga muvofiqdir, chunki bu jarayon noxiziq, inertsiya, ko'p bog'lanishli bo'lib, boshlang'ich namlik, harorat, qurituvchi agent sarfi va parametrlarining sezilarli noaniqligi sharoitida kechadi. Jangning klassik ANFIS arxitekturasini Takagi-Sugeno tipidagi noaniq tizimni adaptiv ko'p qavatli tarmoq ko'rinishida amalga oshiradi va "kirish-chiqish" akslantirishni ekspert qoidalari hamda eksperimental ma'lumotlar asosida bir vaqtda shakllantiradi. Rostlagichning asosiy vazifasi – bug'doyni boshlang'ich namligi, tashqi muhit harorati, qurituvchi agent parametrlari va quritish qurilmasi unumdorligining o'zgarishi sharoitida bug'doyni quritish jarayonini avtomatik boshqarishdan iborat. Boshqaruv

maqsadi quyidagicha ifodalanadi:

$$W(t) \rightarrow W_z, T_g(t) \leq T_{\max},$$

bu yerda  $W(t)$  - don namligining joriy qiymati;  $W_z$  - talab etilgan yakuniy namlik;  $T_g(t)$  - don haroratining joriy qiymati;  $T_{\max}$  - donning ruxsat etilgan maksimal qizish harorati. Ko'rib chiqilayotgan jarayon uchun  $T_{\max} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$  qabul qilinadi, bu don namunasining non-bijirtiruvchi xossalari va unuvchanligini saqlab qolish uchun zarur. Rostlagichning asosiy funksiyalari: yakuniy namlikni berilgan darajada barqarorlashtirish; don haroratini xavfsiz diapazonda cheklash; boshlang'ich namlikning o'zgarishini kompensatsiya qilish; tashqi va texnologik parametrlarning o'zgarishiga moslashish; tebranishlarni kamaytirish; quritish davomiyligini qisqartirish; solishtirma energiya sarfini kamaytirish; tayyor mahsulot sifatini saqlash.

### **Adaptiv ANFIS-rostlagich uchun kirish signallarini shakllantirish**

Rostlagichning asosiy kirish signali namlik bo'yicha xatolik hisoblanadi:

$$e_w(k) = W_z - W(k),$$

xatolikning o'zgarish tezligi esa

$$\Delta e_w(k) = e_w(k) - e_w(k-1)$$

ko'rinishida aniqlanadi. Don haroratini nazorat qilish uchun harorat xatoligi  $e_T(k) = T_z - T_g(k)$  va harorat zaxirasi  $\Delta T_z(k) = T_{\max} - T_g(k)$  qo'shimcha kirish sifatida qo'llaniladi. To'rt kirishli ( $e_w, \Delta e_w, e_T, \Delta T_g$ ) yagona ANFIS tuzilmasi  $N_R = 5^4 = 625$  qoidani talab qiladi, bu esa real vaqtda amalga oshirish uchun juda murakkab. Shu sababli ishda ikki mustaqil, ammo o'zaro bog'langan ANFIS bloklaridan iborat tuzilma taklif etiladi:

- asosiy namlik regulyatori: kirishlar  $x_W = [e_w; \Delta e_w]$ ,  $N_R = 5^2 = 25$  qoida;
- harorat cheklovchi regulyator: kirishlar  $x_T = [e_T; \Delta T_g]$ ,  $N_R = 5^2 = 25$  qoida.

Bunday bo'linish qoidalar bazasi hajmini 625 tadan  $2 \times 25 = 50$  tagacha qisqartiradi, bu esa amaliy real vaqt tizimlarida joriy etish imkonini beradi. Signallar ANFISga

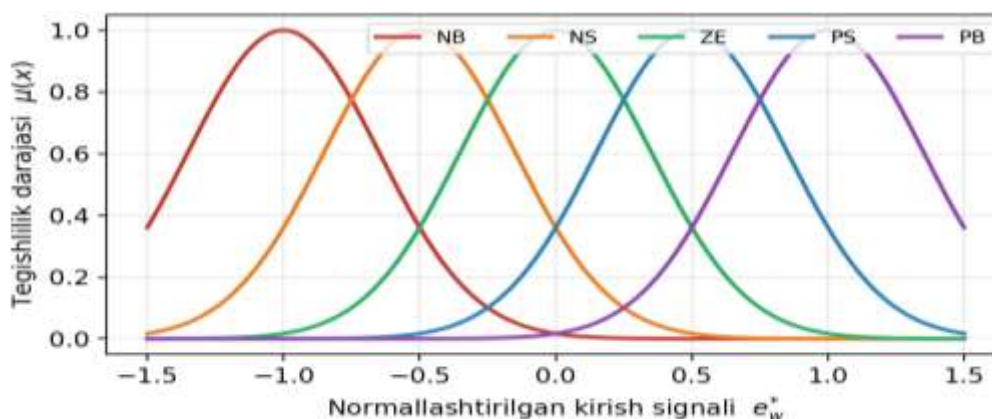
uzatilishidan oldin normallashtiriladi (masalan,  $x_i = 2(x_i - x_{i,\min}) / (x_{i,\max} - x_{i,\min}) - 1$  formulasi bo'yicha  $[-1;1]$  oralig'iga) va harakatlanuvchi o'rtacha yoki eksponensial silliqlash filtri orqali shovqinlardan tozalanadi.

Gauss a'zolik funksiyalari uzluksizligi, silliqqligi va differensiallanuvchanligi tufayli ANFIS tizimlarida keng qo'llaniladi:

$$\mu(x) = \exp[-(x-c)^2/(2\sigma^2)],$$

bu yerda  $c$  - funksiya markazi,  $\sigma$  - kenglik koefitsiyenti. Har bir kirish o'zgaruvchisi uchun beshta lingvistik term qabul qilinadi: NB (katta manfiy), NS (kichik manfiy), ZE (nolga yaqin), PS (kichik musbat), PB (katta musbat). O'qitish jarayonida  $c$  va  $\sigma$  parametrlari boshqaruv xatoligi  $J = \frac{1}{2}\sum(y_k - \hat{y}_k)^2$  ni minimallashtiruvchi gradient tushish usuli bilan sozlanadi:

$$c(\text{yangi}) = c(\text{eski}) - \eta \cdot \partial J / \partial c, \sigma(\text{yangi}) = \sigma(\text{eski}) - \eta \cdot \partial J / \partial \sigma.$$



*1-pasm. O'qitilgandan so'nggi  $e_w$  kirish o'zgaruvchisining Gauss a'zolik funksiyalari.*

Takagi-Sugeno tipidagi ANFIS qoidasi umumiy ko'rinishda quyidagicha yoziladi:

$$Q_r: \text{AGAR } x_1 = A_{1r} \text{ VA } x_2 = A_{2r}, \text{ U HOLDA } f_r = p_r \cdot x_1 + q_r \cdot x_2 + r_r,$$

bu yerda  $A_{1r}$ ,  $A_{2r}$  - kirish o'zgaruvchilarining noaniq termlari,  $p_r$ ,  $q_r$ ,  $r_r$  - qoida xulosasining sozlanuvchi parametrlari. Har bir kirish uchun beshta a'zolik funksiyasi qo'llanilganda, asosiy namlik regulyatori uchun quyidagi  $5 \times 5 = 25$  ta to'liq qoidalar jadvali shakllantiriladi (satrlar -  $e_w$ , ustunlar -  $\Delta e_w$ ):

| $e_w \setminus \Delta e_w$ | NB | NS | ZE | PS | PB |
|----------------------------|----|----|----|----|----|
| NB                         | NB | NB | NS | NS | ZE |
| NS                         | NB | NS | NS | ZE | PS |
| ZE                         | NS | NS | ZE | PS | PS |
| PS                         | NS | ZE | PS | PS | PB |
| PB                         | ZE | PS | PS | PB | PB |

Yuqoridagi jadvalga mos to'liq 25 ta qoida quyida yoyilgan holda keltirilgan (har bir qoida uchun  $p_r$ ,  $q_r$ ,  $r_r$  parametrlari o'qitish jarayonida MNK va gradient tushish usuli orqali aniqlanadi):

Q1: AGAR  $e_w = \text{NB}$  VA  $\Delta e_w = \text{NB}$ , U HOLDA  $f_1 = p_1 \cdot e_w + q_1 \cdot \Delta e_w + r_1$  (chiqish termi: NB)

Q2: AGAR  $e_w = \text{NB}$  VA  $\Delta e_w = \text{NS}$ , U HOLDA  $f_2 = p_2 \cdot e_w + q_2 \cdot \Delta e_w + r_2$  (chiqish termi: NB)

Q3: AGAR  $e_w = \text{NB}$  VA  $\Delta e_w = \text{ZE}$ , U HOLDA  $f_3 = p_3 \cdot e_w + q_3 \cdot \Delta e_w + r_3$  (chiqish termi: NS)

Q4: AGAR  $e_w = \text{NB}$  VA  $\Delta e_w = \text{PS}$ , U HOLDA  $f_4 = p_4 \cdot e_w + q_4 \cdot \Delta e_w + r_4$  (chiqish termi: NS)

Q5: AGAR  $e_w = \text{NB}$  VA  $\Delta e_w = \text{PB}$ , U HOLDA  $f_5 = p_5 \cdot e_w + q_5 \cdot \Delta e_w + r_5$  (chiqish termi: ZE)

Q6: AGAR  $e_w = \text{NS}$  VA  $\Delta e_w = \text{NB}$ , U HOLDA  $f_6 = p_6 \cdot e_w + q_6 \cdot \Delta e_w + r_6$  (chiqish termi: NB)

Q7: AGAR  $e_w = \text{NS}$  VA  $\Delta e_w = \text{NS}$ , U HOLDA  $f_7 = p_7 \cdot e_w + q_7 \cdot \Delta e_w + r_7$  (chiqish termi: NS)

Q8: AGAR  $e_w = \text{NS}$  VA  $\Delta e_w = \text{ZE}$ , U HOLDA  $f_8 = p_8 \cdot e_w + q_8 \cdot \Delta e_w + r_8$  (chiqish termi: NS)

Q9: AGAR  $e_w = \text{NS}$  VA  $\Delta e_w = \text{PS}$ , U HOLDA  $f_9 = p_9 \cdot e_w + q_9 \cdot \Delta e_w + r_9$  (chiqish

termi: ZE)

Q10: AGAR  $e_w = NS$  VA  $\Delta e_w = PB$ , U HOLDA  $f_{10} = p_{10} \cdot e_w + q_{10} \cdot \Delta e_w + r_{10}$  (chiqish termi: PS)

Q11: AGAR  $e_w = ZE$  VA  $\Delta e_w = NB$ , U HOLDA  $f_{11} = p_{11} \cdot e_w + q_{11} \cdot \Delta e_w + r_{11}$  (chiqish termi: NS)

Q12: AGAR  $e_w = ZE$  VA  $\Delta e_w = NS$ , U HOLDA  $f_{12} = p_{12} \cdot e_w + q_{12} \cdot \Delta e_w + r_{12}$  (chiqish termi: NS)

Q13: AGAR  $e_w = ZE$  VA  $\Delta e_w = ZE$ , U HOLDA  $f_{13} = p_{13} \cdot e_w + q_{13} \cdot \Delta e_w + r_{13}$  (chiqish termi: ZE)

Q14: AGAR  $e_w = ZE$  VA  $\Delta e_w = PS$ , U HOLDA  $f_{14} = p_{14} \cdot e_w + q_{14} \cdot \Delta e_w + r_{14}$  (chiqish termi: PS)

Q15: AGAR  $e_w = ZE$  VA  $\Delta e_w = PB$ , U HOLDA  $f_{15} = p_{15} \cdot e_w + q_{15} \cdot \Delta e_w + r_{15}$  (chiqish termi: PS)

Q16: AGAR  $e_w = PS$  VA  $\Delta e_w = NB$ , U HOLDA  $f_{16} = p_{16} \cdot e_w + q_{16} \cdot \Delta e_w + r_{16}$  (chiqish termi: NS)

Q17: AGAR  $e_w = PS$  VA  $\Delta e_w = NS$ , U HOLDA  $f_{17} = p_{17} \cdot e_w + q_{17} \cdot \Delta e_w + r_{17}$  (chiqish termi: ZE)

Q18: AGAR  $e_w = PS$  VA  $\Delta e_w = ZE$ , U HOLDA  $f_{18} = p_{18} \cdot e_w + q_{18} \cdot \Delta e_w + r_{18}$  (chiqish termi: PS)

Q19: AGAR  $e_w = PS$  VA  $\Delta e_w = PS$ , U HOLDA  $f_{19} = p_{19} \cdot e_w + q_{19} \cdot \Delta e_w + r_{19}$  (chiqish termi: PS)

Q20: AGAR  $e_w = PS$  VA  $\Delta e_w = PB$ , U HOLDA  $f_{20} = p_{20} \cdot e_w + q_{20} \cdot \Delta e_w + r_{20}$  (chiqish termi: PB)

Q21: AGAR  $e_w = PB$  VA  $\Delta e_w = NB$ , U HOLDA  $f_{21} = p_{21} \cdot e_w + q_{21} \cdot \Delta e_w + r_{21}$  (chiqish termi: ZE)

Q22: AGAR  $e_w = PB$  VA  $\Delta e_w = NS$ , U HOLDA  $f_{22} = p_{22} \cdot e_w + q_{22} \cdot \Delta e_w + r_{22}$  (chiqish

termi: PS)

Q23: AGAR  $e_w = PB$  VA  $\Delta e_w = ZE$ , U HOLDA  $f_{23} = p_{23} \cdot e_w + q_{23} \cdot \Delta e_w + r_{23}$  (chiqish termi: PS)

Q24: AGAR  $e_w = PB$  VA  $\Delta e_w = PS$ , U HOLDA  $f_{24} = p_{24} \cdot e_w + q_{24} \cdot \Delta e_w + r_{24}$  (chiqish termi: PB)

Q25: AGAR  $e_w = PB$  VA  $\Delta e_w = PB$ , U HOLDA  $f_{25} = p_{25} \cdot e_w + q_{25} \cdot \Delta e_w + r_{25}$  (chiqish termi: PB)

Harorat cheklovchi ANFIS-bloki uchun qoidalar bazasi xuddi shu tuzilma bo'yicha  $e_w \rightarrow e_T$ ,  $\Delta e_w \rightarrow \Delta T_g$  almashtirishlari bilan quriladi, chiqish esa namlik regulyatorining boshqaruv ta'sirini kamaytiruvchi  $\lambda_T \in [0;1]$  cheklov koeffitsiyenti sifatida talqin qilinadi:  $u_i = u_w \cdot \lambda_T$ .

### **ANFISning beshqavatli arxitekturası**

1-qavat (fazzifikatsiya):  $O_i(1) = \mu \cdot A_i(x)$  - kirish signalining har bir lingvistik termga tegishlilik darajasini hisoblaydi.

2-qavat (qoidalar kuchini hisoblash):  $O_r(2) = \omega_r = \prod \mu \cdot A_{ir}(x_i)$  - har bir qoidaning faollashish darajasini aniqlaydi.

3-qavat (normallashtirish):  $O_r(3) = \bar{\omega}_r = \omega_r / \sum \omega_j$  - normallashtirilgan faollashish darajasi, bunda  $\sum \bar{\omega}_r = 1$ .

4-qavat (xulosalarni hisoblash):  $O_r(4) = \bar{\omega}_r \cdot f_r = \bar{\omega}_r(p_r \cdot x_1 + q_r \cdot x_2 + r_r)$  - har bir qoidaning lokal chiqishi.

5-qavat (yig'indi):  $u = \sum \bar{\omega}_r \cdot f_r$  - barcha qoidalar natijalarining vaznlangan yig'indisi sifatida yakuniy boshqaruv signali.

O'qitish jarayonida gibrıd algoritm qo'llaniladi: to'g'ri o'tishda xulosa parametrlari ( $p_r$ ,  $q_r$ ,  $r_r$ ) eng kichik kvadratlar usuli (MNK) bilan, teskari o'tishda esa a'zolik funksiyalari parametrlari ( $c$ ,  $\sigma$ ) gradient tushish usuli bilan sozlanadi. Bu yondashuv o'qitish vaqtini qisqartiradi va lokal minimumga tushib qolish ehtimolini kamaytiradi.

### **ANFIS va Mamdani tizimlari orasidagi farq**

ANFIS (Takagi-Sugeno) tizimida qoida xulosasi noaniq to‘plam emas, balki kirishlarning sonli funksiyasi ( $f_{-r} = p_r \cdot x_1 + q_r \cdot x_2 + r_r$ ) sifatida beriladi, bu esa tizimning differensiallanuvchanligini va gradient asosidagi o‘qitish imkoniyatini ta’minlaydi. Mamdani tizimida esa qoida xulosasi noaniq to‘plam (masalan, “past”, “o‘rta”, “yuqori” boshqaruv) bo‘lib, chiqishni olish uchun agregatsiya va defazzifikatsiya (masalan, og‘irlik markazi usuli) talab etiladi.

| <b>Mezon</b>              | <b>ANFIS / Takagi-Sugeno</b>  | <b>Mamdani</b>                       |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Qoida xulosasi            | Chiziqli funksiya / konstanta | Noaniq to‘plam                       |
| Yakuniy chiqish           | Vaznlangan yig‘indi           | Defazzifikatsiya                     |
| Ma'lumot asosida o‘qitish | Qulay va samarali             | Murakkabroq                          |
| Differensiallanuvchanlik  | Odatda saqlanadi              | Agregatsiya tufayli buzilishi mumkin |
| Interpretatsiya qulayligi | Nisbatan past                 | Yuqori                               |
| Hisoblash yuki            | Nisbatan kichik               | Odatda yuqori                        |

Bug‘doyni quritish jarayonini boshqarish uchun eksperimental ma'lumotlar asosida o‘qitish, obyekt noxiziqililigini hisobga olish va real vaqtda amalga oshirish talab etilganligi sababli Takagi-Sugeno tipidagi ANFIS afzal ko‘rildi.

### **ANFISni bug‘doyni quritish jarayoniga tatbiq etish**

Ishlab chiqilgan intellektual boshqarish tizimida asosiy o‘lchanadigan parametrlar bug‘doyning boshlang‘ich va joriy namligi, don harorati, qurituvchi agent harorati hamda issiq havo sarfidan iborat. Boshlang‘ich namlikning noaniqligi  $W_0 \in [16\%; 30\%]$  oralig‘ida qabul qilinadi. ANFIS parametrlarining ( $c, \sigma, p, q, r$ ) o‘qitilishi tufayli regulyator ushbu noaniqlikka avtomatik moslashadi, bu esa regulyatorni qayta sozlashsiz barqaror boshqaruv sifatini ta’minlaydi.

Boshqaruv algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat: datchiklardan namlik va

harorat ma'lumotlarini o'qish;  $e_w$  va  $\Delta e_w$  hisoblash; fazzifikatsiya; qoidalar faollashish darajasini hisoblash; boshqaruv ta'sirini shakllantirish; ijro mexanizmlariga uzatish; yangi o'lchovlarni olish; ANFIS parametrlarini korrektsiyalash. Bunday tuzilma yopiq adaptiv boshqaruv konturini amalga oshiradi.

### **Boshqaruv sifatini baholash mezonlari**

ANFIS-rostlagichning samaradorligini baholash uchun quyidagi mezonlar kompleksi qo'llaniladi:

$$RMSE = \sqrt{[(1/N)\sum(W_z - W(k))^2]}, MAE = (1/N)\sum|W_z - W(k)|,$$

$$IAE = \int |e(t)| dt, ISE = \int e^2(t) dt, ITAE = \int t|e(t)| dt,$$

shuningdek rostlanish vaqti  $t_s$ , o'tish jarayonidagi maksimal oshib ketish  $\sigma = (W_{\max} - W_z)/W_z \cdot 100\%$ , don haroratining maksimal qiymati  $T_{\max}$ , solishtirma energiya sarfi  $E_s = Q/M$  (kVt·soat/t) va boshlang'ich namlik noaniqligiga ( $W_0 \in [16\%;30\%]$ ) nisbatan barqarorlik ko'rsatkichlari. Ushbu mezonlar keying bo'limlarda keltirilgan taqqoslama tahlil uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- 1. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida.** – T.: 2017-yil 7-fevral, PF-4947-son Farmon.
- 2. Yusupbekov N.R., Muxiddinov D.P.** Texnologik jarayonlarni modellashtirish va optimallashtirish asoslari. – T.: “Fan va texnologiya”, 2018. – 440 b.
- 3. Yusupbekov N.R., Muxamedov B.I.** Texnologik jarayonlarni boshqarish va avtomatlashtirish. Darslik. – T.: 2017. – 576 b.
- 4. Yusupbekov A.N., Esonov H.M.** Avtomatlashtirish va boshqarish tizimlari fanlarining amaliy ahamiyati. – T.: Maqola. “Respublika janubida geologiya, konchilik, metallurgiya va neft-gaz sohalarining istiqbollari” xalqaro konferensiyasi materiallari.
- 5. Esonov H.M.** Intellektual boshqarish tizimlarining ijro mexanizmlari samaradorligini oshirish. Monografiya. – T.: “Termiz nashriyot markazi”, 2024. – 160 b.

6. **Hung P.V., Maeda T., Miyatake K., Morita N.** Sayqallash usuli orqali navlarga ajratilgan bug‘doy unlaridagi umumiy fenolik birikmalar va antioksidantlik qobiliyati. *Food Research International*, 2009, 42(1), 185–190-b.
7. **Martínez-Tomé M., Murcia M.A., Frega N., Ruggieri S., Jimenez A.M., Roses F., Parras P.** Don kepaklarining antioksidantlik qobiliyatini baholash. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(15), 4690–4699-b.
8. **Chen Y.-X., Guo X.-N., Xing J.-J., Zhu K.-X.** Bug‘doy doniga bug‘ bilan namlik-harorat ishlovi berishning don tarkibidagi suv taqsimoti va bug‘doy unining sifat xususiyatlariga ta’siri. *Food Chemistry*, 2020, 323, 126842.
9. **Zheng Z., Wang S., Zhang C., Wu M., Cui D., Fu X., Gao L., Li A., Wei Q., Liu Z.** Issiq havo oqimining zarbali ta’sirida quritish orqali *Ophiopogonis radix* mahsulotining quritish xususiyatlari va sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash. *Foods*, 2023, 12(7), 1441.
10. **Piwinska M., Wyrwisz J., Wierzbicka A.** Yuqori tolali suli kukunini mikronizatsiyalash va vakuumli quritishning makaron mahsulotlari sifatiga ta’siri. *CyTA – Journal of Food*, 2016, 14(3), 433–439-b.
11. **Dong R., Lu Z., Liu Z., Koide S., Cao W.** Don ichidagi namlik taqsimotini kompleks tahlil qilish asosida quritish va namlikni muvozanatlashtirish jarayonlarining guruch donida yoriqlar hosil bo‘lishiga ta’siri. *Journal of Food Engineering*, 2010, 97(2), 161–167-b.
12. **Jha A., Tripathy P.P.** Quyosh yordamida quritish va saqlash sharoitlarining sholi hamda bug‘doy donlarining mikrostrukturasi, yoriqlarning tarqalishi va nanoqattiqligiga ta’siri. *Journal of Cereal Science*, 2020, 95, 103054.