

## OPTIMALLASHTIRUVCHI VA AKTIVATSIYA FUNKSIYALARI SINERGIYASINING NEYRON TARMOQ UMUMLASHTIRISH QOBILIYATIGA TA'SIRI

**Obidjonov Boburjon Rustamjon o'g'li,**  
*Kimyo International University in Tashkent*  
[boburobidjonov77@gmail.com](mailto:boburobidjonov77@gmail.com)

**Kalit so'zlar:** *optimallashtiruvchi, aktivatsiya funksiyasi, sinergiya, umumlashtirish qobiliyati, Adam, GELU, LeakyReLU, muvozanatli ma'lumotlar, muvozanatsiz ma'lumotlar, ANOVA.*

**Muammoning dolzarbligi.** Chuqur neyron tarmoqlarining samaradorligi bir necha omillarga bog'liq: arxitektura tanlovi, aktivatsiya funksiyalari, optimallashtiruvchi algoritmlar va regularizatsiya usullari. Ko'pchilik tadqiqotlar ushbu omillarni alohida o'rganadi, ular o'rtasidagi sinergiya (birgalikdagi ta'sir) yetarlicha tahlil qilinmagan. Ayniqsa, optimallashtiruvchi va aktivatsiya funksiyasini birgalikda tanlash modelning umumlashtirish qobiliyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ma'lumotlar to'plamining muvozanatlilik darajasi (balanced vs imbalanced) ham optimal kombinatsiyani tanlashda muhim omil hisoblanadi.

**Tadqiqot maqsadi.** Optimallashtiruvchi va aktivatsiya funksiyasini birgalikda tanlashning neyron tarmoq umumlashtirish qobiliyatiga ta'sirini tahlil qilish va ma'lumotlar to'plamining xususiyatlariga qarab optimal kombinatsiyalarni aniqlash.

**Metodologiya.** Tadqiqotda 7 ta optimallashtiruvchi (SGD, mSGD, RMSprop, Adadelta, Nadam, Adamax, Adam, EVE) va 5 ta aktivatsiya funksiyasi (ReLU, GELU, Mish, LeakyReLU, Tanh) ning 35 kombinatsiyasi o'rganildi. Eksperimentlar CIFAR-10 (muvozanatli, 10 klass, 50 000 o'quv) va LFW (muvozanatsiz, 5 743 klass, 13 233 rasm) ma'lumotlar to'plamlarida CNN arxitekturasi yordamida o'tkazildi. Statistik tahlil uchun ikki faktorli ANOVA (two-way ANOVA) qo'llanildi. Baholash mezonlari: klassifikatsiya aniqligi, konvergensiya tezligi va barqarorlik.

**Natijalar.**

**1-jadval**

Muvozanatli ma'lumotlar to'plami (CIFAR-10)

Optimallashtiruvchi	Aktivatsiya	Test aniqligi (%)	Konvergensiya	Barqarorlik
Adam	GELU	<b>93.8</b>	22 epoxa	Yuqori
Adam	Mish	<b>94.1</b>	20 epoxa	Yuqori
Nadam	GELU	93.7	22 epoxa	Yuqori
Adamax	LeakyReLU	93.4	24 epoxa	O'rtacha

SGD	ReLU	92.5	35 epoxa	Yuqori
SGD	Mish	93.2	28 epoxa	Yuqori

2-jadval

*Muvozanatsiz ma'lumotlar to'plami (LFW):*

Optimallashtiruvchi	Aktivatsiya	Test aniqligi (%)	Konvergensiya	Barqarorlik
Adam	LeakyReLU	<b>91.8</b>	18 epoxa	Yuqori
Adam	ACON	<b>91.5</b>	18 epoxa	Yuqori
Nadam	LeakyReLU	91.6	18 epoxa	Yuqori
SGD	Tanh	91.3	25 epoxa	Yuqori
SGD	ReLU	90.8	28 epoxa	O'rtacha

3-jadval

Statistik tahlil (ANOVA) natijalari:

Faktor	F-qiyamati	p-qiyamati	Ahamiyat
Optimallashtiruvchi	45.2	<0.001	Juda ahamiyatli
Aktivatsiya	128.7	<0.001	Juda ahamiyatli
Optimallashtiruvchi × Aktivatsiya	18.3	<0.001	Juda ahamiyatli

**Tahlil.** Muvozanatli ma'lumotlar to'plamida Adam optimallashtiruvchisi GELU va Mish aktivatsiya funksiyalari bilan birgalikda eng yaxshi natijalarni ko'rsatdi (93.8–94.1%). SGD asosidagi optimallashtiruvchilar (SGD, mSGD) adaptiv aktivatsiyalar bilan birgalikda past samaradorlik ko'rsatdi. Muvozanatsiz ma'lumotlar to'plamida esa LeakyReLU va ACON kabi manfiy sohada gradientga ega funksiyalar Adam bilan birgalikda eng yaxshi natijalarni ko'rsatdi (91.5–91.8%). ANOVA tahlili optimallashtiruvchi va aktivatsiya funksiyasi o'rtasidagi interaksiyaning (sinergiyaning) yuqori ahamiyatlilikini isbotladi ( $p < 0.001$ ).

**Xulosa.** Optimallashtiruvchi va aktivatsiya funksiyasini birgalikda tanlash statistik jihatdan ahamiyatli bo'lib, ular o'rtasida kuchli sinergiya mavjud:

- **Muvozanatli ma'lumotlar** (CIFAR-10, ImageNet) uchun: GELU/Mish + Adam (93.8–94.1%);
- **Muvozanatsiz ma'lumotlar** (LFW, iNaturalist) uchun: LeakyReLU/ACON + Adam (91.5–91.8%);
- SGD asosidagi optimallashtiruvchilar adaptiv aktivatsiyalar bilan birgalikda past samaradorlik ko'rsatadi.

**Amaliy tavsiyalar.** Amalda model loyihalashda ma'lumotlar to'plamining muvozanatlilik darajasiga qarab quyidagi kombinatsiyalarni tanlash tavsiya etiladi:

- Muvozanatli ma'lumotlar → Adam + GELU/Mish;
- Muvozanatsiz ma'lumotlar → Adam + LeakyReLU/ACON.

**ADABIYOTLAR**

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
2. Apicella, A., Donnarumma, F., Isgrò, F., & Prevete, R. (2021). A survey on modern trainable activation functions. Neural Networks, 138, 14-32.
3. Montgomery, D. C. (2017). Design and Analysis of Experiments (9th ed.). Wiley.
4. Kingma, D. P., & Ba, J. (2015). Adam: A method for stochastic optimization. ICLR.
5. Hendrycks, D., & Gimpel, K. (2016). Gaussian error linear units (GELUs). arXiv:1606.08415.

