

## СУНЬИЙ ИНТЕЛЛЕКТ ВА РАДИАЛ НЕЙРОН ТАРМОҚЛАРНИНГ МАТЕМАТИК АСОСЛАРИ

Д.А.Халилов

Мухаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ Фарғона филиали

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7199481>

**Аннотация.** Ушбу мақолада сунъий интеллект ва радиал нейрон тармоқларни тузилиши ва яратиши назарияси, математик аппарати, унинг таҳлили Радиал тармоқларнинг математик асослари ва уларни ўқитиши усуллари кўриб чиқилган. Радиал ва сигмоидал нейрон тармоқларини таққослаш амалга оширилган.

**Калим сўзлар:** интеллект, сунъий, сунъий интеллект, нейрон, тармоқ, радиал, нейрон тармоқлар, математик аппарат, сфера, поғона, "ёқилган" нейрон, радиусли нейрон, сигмасимон.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И РАДИАЛЬНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены теория строения и создания искусственного интеллекта и радиальных нейронных сетей, математический аппарат, его анализ, математические основы радиальных сетей и методы их обучения. Проведено сравнение радиальной и сигмоидальной нейронных сетей.

**Ключевые слова:** интеллект, искусственный, искусственный интеллект, нейрон, сеть, радиальные, нейронные сети, математический аппарат, сфера, шаг, «включенный» нейрон, радиальный нейрон, сигмоид.

## MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND RADIAL NEURON NETWORKS

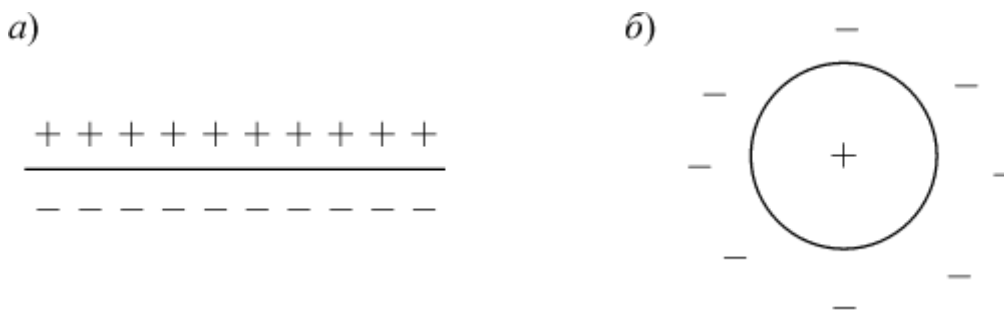
**Abstract.** In this article, the theory of the structure and creation of artificial intelligence and radial neural networks, mathematical apparatus, its analysis, the mathematical basis of radial networks and their training methods are considered. A comparison of radial and sigmoidal neural networks was made.

**Key words:** intelligence, artificial, artificial intelligence, neuron, network, radial, neural networks, mathematical apparatus, sphere, step, "on" neuron, radial neuron, sigmoid.

## КИРИШ

Хозирги кунда сунъий интеллект ва нейрон тармоқларни тузилиши, ишлаш принципи ва яратиш назариясига бир неча қарашлар мавжуд. Уларни назарий ва амалий исботи кўп сонли ғояларга бой. Шунинг учун кўп қатламли нейрон тармоқлари, кириш ўзгарувчилар тўпламини  $x \in \mathbb{R}^N$  чиқиш ўзгарувчилар тўпламига  $y \in \mathbb{R}^M$  айлантириш орқали бир нечта ўзгарувчилар функциясини тахмин қилади. Сигмоидал фаоллаштириш функцияси, ўз табиатига кўра, глобал турга яқинлашишни амалга оширади. Натижада, унинг "ёқилган" нейрони (умумий сигнал маълум бир чегара қийматидан ошиб кетгандан кейин), ушбу чегарадан ошиб кетадиган ҳар қандай сигнал қиймати учун шу ҳолатда қолади. Шунинг учун функция қийматини фазонинг ихтиёрий нуқтасида айлантириш кўплаб нейронларнинг биргаликдаги саъй-ҳаракатлари билан амалга оширилади, бу глобал яқинлашув номини тушунтиради.

Чиқиш учун киритилган тўпламни хариталашнинг яна бир усули - бир нечта тахминий функцияларни кутилган қийматларга мослаштириш орқали конвертация қилиш ва бу мослашув фақат кўп ўлчовли маконнинг чекланган ҳудудида амалга оширилади. Ушбу ёндашув билан барча маълумотлар тўпламининг намоиши маҳаллий ўзгаришларнинг йиғиндисидир. Яширин нейронларнинг ролини ҳисобга олган ҳолда, трансформациялар маҳаллий типдаги кўплаб асосий функцияларни ташкил этади. Битта функцияларнинг бажарилиши (нолга тенг бўлмаган қийматлар учун) фақат маълумотлар майдонининг чекланган майдонида қайд этилади - шунинг учун яқинлашув номи берилган.



1-расм. Маълумотлар майдонини ажратиш усуллариининг тасвири:

а) сигмасимон нейрон;

б) радиал нейрон

### ТАДҚИҚОТ МЕТОДИ ВА МЕТОДОЛОГИЯСИ

Махсус оила радиал асосли функцияга эга тармоқлар томонидан ташкил топган бўлиб, унда нейронлар танланган марказ атрофида радиал равишда ўзгариб турадиган ва нолга тенг бўлмаган қийматларни фақат шу марказ атрофида олиб борадиган функцияларни амалга оширади.  $\varphi(x) = \varphi(\|x - c\|)$  формада аниқланган бундай функциялар радиал асос функциялари деб аталади. Бундай тармоқларда нейроннинг вазифаси битта берилган нукта (марказ) атрофида ёки кластерни ташкил этувчи бундай нукталар гуруҳи атрофида радиусли фазони хариталашдир. Чиқиш нейрони томонидан амалга ошириладиган барча бундай нейронлардан келадиган сигналларнинг суперпозицияси бутун кўп ўлчовли маконнинг дисплейини олишга имкон беради.

Радиал типдаги тармоқлар сигмасимон тармоқларни табиий равишда тўлдиради. Сигмасимон нейрон кўп ўлчовли космосда бу бўшлиқни иккита тоифага (иккита синфга) ажратадиган гиперплан билан ифодаланади, унда иккита шартдан бири бажарилади: ёки  $(\omega, x) > 0$  ёки  $(\omega, x) < 0$ . Ушбу ёндашув 1а. расмда келтирилган.

Ўз навбатида, **радиусли нейрон** – бу марказий нукта атрофида шарнинг сферик бўлинишини амалга оширадиган гипербара (1б-расм). Айнан шу нуктаи назардан у сигмасимон нейроннинг табиий қўшимчасидир, чунки маълумотларнинг думалок симметрияси ҳолатида у турли синфларни ажратиш учун зарур бўлган нейронларнинг сонини сезиларли даражада камайтириши мумкин. Нейронлар турли функцияларни бажариши мумкинлиги сабабли, радиал тармоқларда жуда кўп яширин қатламлардан фойдаланиши мумкин эмас. Одатда радиал тармоқнинг тузилишига кириш вектори билан тавсифланган сигналлар қўлланиладиган кириш қатлами, радиал типдаги нейронлар билан яширин қатлам ва одатда битта ёки бир нечта чизиқли нейронлардан иборат чиқиш

катлами иборат бўлади. Чиқиш нейронининг функцияси фақат яширин нейронлар томонидан ишлаб чиқарилган сигналларнинг оғирлаштирилган йиғиндисига камаяди.

### Радиал тармоқларнинг математик асослари.

Радиал тармоқларнинг ишлашининг математик асослари Т.Ковернинг образни таниб олиш теоремаси бўлиб, унга кўра тасвирларнинг маълум бир кўп ўлчовли бўшлиққа чизикли бўлмаган проекциялари, улар пастки ўлчовли бўшлиққа проекциялашга қараганда юқори эҳтимоллик билан чизикли равишда ажратилиши мумкин.

Агар  $N$  ўлчовли кириш фазасидаги радиал функцияларнинг вектори  $\varphi(x)$  белгиланса, у ҳолда бу бўшлиқ  $\varphi$  чизиксиз равишда иккита сферик синфга бўлинади  $X^+$  ва  $X^-$  оғирликлар вектори  $\omega$  мавжуд бўлганда

$$\begin{aligned}\omega^T \varphi(x) &> 0, & x \in X^+ \\ \omega^T \varphi(x) &< 0, & x \in X^-\end{aligned}$$

Ушбу синфлар орасидаги чегара  $\omega^T \varphi(x) = 0$  тенглама билан белгиланади.

Кўп ўлчовли бўшлиққа тасодифий жойлаштирилган ҳар бир расм тўплами - бу бўшлиқнинг ўлчами  $\varphi$  мос равишда катта бўлиши шарти билан 1 эҳтимоллиги билан ажралиб туриши исботланган. Амалда, бу шуни англатадики,  $\varphi(x)$  радиал функцияларни амалга оширадиган етарлича кўп яширин нейронлардан фойдаланиш фақат икки қаватли тармоқни қуришда таснифлаш муаммосини ҳал қилишни кафолатлайди: яширин қатлам векторни  $\varphi(x)$  амалга ошириши керак ва чиқиш қатлами чиқиш сигналларини йиғадиган битта чизикли нейрондан иборат,  $\omega$  оғирлиги вектор томонидан берилган яширин нейронлар бўлиши мумкин.

Энг оддий радиал типдаги нейрон тармоғи кўп ўлчовли интерполация принципи асосида ишлайди,  $p$  бу кириш-ўлчовли бўшлиқдан  $p$  сонлар  $x_i, i = 1, 2, \dots, p$  тўпламига қадар турли хил  $N$  кириш векторларини  $d_i, i = 1, 2, \dots, p$  белгилашдан иборат. Ушбу жараёни амалга ошириш учун  $F(x)$  радиал типдаги яширин нейронлардан фойдаланиш ва интерполация шарти бажариладиган дисплей  $F(x_i) = d_i$  функциясини ўрнатиш керак.

Чиқиш  $p$  чизикли нейронларга оғирлик билан боғланиш билан боғланган яширин нейронлардан фойдаланиш, мос келадиган базавий функцияларнинг тортилган кийматларини йиғиш орқали тармоқнинг чиқиш сигналларини шакллантиришни англатади. Битта чиқиш ва  $p$  ўқитиш жуфтлари бўлган  $(x_i, d_i)$  радиал тармоқни кўриб чиқайлик. Тармоқ тугунлари марказларининг ҳар бирининг координаталарини векторлардан бири аниқлайди, деб тахмин қилайлик. ... Бундай ҳолда, тармоқнинг кириш ва чиқиш сигналлари ўртасидаги боғлиқликни оғирликларга нисбатан чизикли тенгламалар тизими белгилаши мумкин, бу матрица шаклида қуйидаги кўринишга эга:

$$\varphi * \omega = d \quad (1)$$

бу ерда  $\varphi_{j,i} = (||x_j - x_i||)$   $x_i$  мажбурий вектор билан нуқтада  $x_j$  марказлаштирилган радиусли функцияни белгилайди  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_p)^T$  ва  $d = (d_1, d_2, \dots, d_p)^T$ .

Натижада бир қатор радиал функциялар учун эканлиги  $x_1 \neq x_2 \neq \dots, x_p$  исботланган квадрат интерполяция матрицаси ягона ва манфий бўлмаганлиги аниқланди. Шунинг учун (1) тенгламанинг кўринишида қуйидаги ечими мавжуд

$$W = \varphi^{-1}d \quad (2)$$

бу тармоқнинг чиқиш нейронининг оғирлик векторини олишига имкон беради.

(2) ифодаси билан ифодаланган муаммонинг назарий ечими, бошида қилинган тахминлардан келиб чиқадиган тармоқнинг умумий хусусиятларининг жиддий чекланганлиги сабабли мутлақо тўғри деб ҳисобланмайди. Жуда кўп миқдордаги ўқув намуналари ва тенг миқдордаги радиусли функциялар билан математик нуқтаи назардан муаммо чексиз (ёмон тузилган) бўлади, чунки тенгламалар сони (1) тенглама билан моделлаштирилган жараённинг эркинлик даражалари сонидан ошиб кета бошлайди. Бу шуни англатадики, бундай оғирликларнинг ҳаддан ташқари кўплиги натижаси моделни ҳар хил камчликларга (шовқинларга) ёки тажриба намуналари билан бирга келадиган қоидабузарликларга мослашиши бўлади. Натижада, ушбу маълумотларнинг интерполяцияси гиперзорф текис бўлмайди ва умумлаштирувчи имкониятлар жуда заиф бўлиб қолади.

Уларни кучайтириш учун радиал функциялар сонини камайтириш ва муаммони мунтазамлаштириш ва унинг шартларига мослигини ошириш учун қўшимча маълумотларда, н янада кўпроқ қўшимча маълумот олиш керак бўлади.

### ТАДҚИҚОТ НАТИЖАСИ

#### Радиал нейрон тармоғи.

Кенгайтиришда  $p$  базавий функциялардан фойдаланиш, бу ерда  $p$  - ўқитиш намуналари сони амалий жиҳатдан ҳам қабул қилиниши мумкин эмас, чунки одатда бу намуналар сони жуда кўп ва натижада ўқув алгоритмининг ҳисоблаш мураккаблиги ҳаддан ташқари ошиб боради. (1) тенгламалар тизимининг  $p * p$  катта қийматларда ўлчовлиги  $p$  бўйича ечими қийинлашади. Худди кўп қатламли тармоқларда бўлгани каби, оғирлик сонини камайтириш керак, бу ҳолда базавий функциялар сонини камайтириш керак бўлади. Шунинг учун пастки ўлчовлар оралиғида субоптимал ечим изланади, бу аниқ ечимга етарлича аниқлик билан яқинлашади. Агар биз ўзимизни  $K$  асосий функциялар билан чекласак, у ҳолда тахминий ечим қуйидагича ифодаланиши мумкин

$$F(x) = f_1 + f_2 + \dots + f_K \quad (3)$$

бу ерда,  $f_i = \omega_i \varphi(\|x - c_i\|)$ ,  $K < p$  ва  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, K$  - аниқланадиган ечимлар тўплами. Махсус ҳолатда, агар  $K=p$  қабул қилинган бўлса,  $c_i = x_i$  аниқ ечим олиш мумкин.

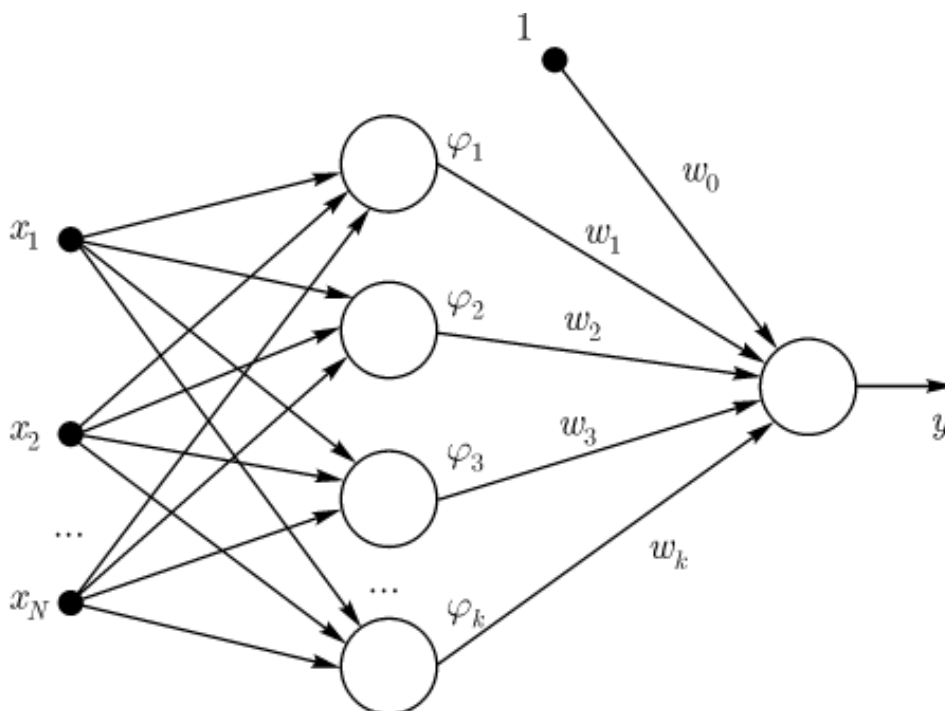
Энг кўп ишлатиладиган радиусли функция Гаусс функциясидир. Унинг марказини  $c_i$  нуқтага қўйиб, уни қисқартирилган шаклда қуйидагича аниқлаш мумкин

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp(-\|x - c_i\|^2 / 2\sigma_i^2) \quad (4)$$

Ушбу  $\sigma_i$  ифодада функция кенглигини белгилайдиган параметр.

Кўп ўлчовли сферадаги тахминий функцияни асосий радиал функцияларнинг йиғиндиси (ифода (3)) сифатида ифодаловчи, шаклда кўрсатилган радиал нейрон тармоғи билан изохлаш мумкин. 2 (соддалиги учун ушбу тармоқ фақат битта чиқишга эга),  $i$  билан аниқланади (4). Бу икки қатламли тузилишга эга бўлган тармоқ, унда фақат яширин қатлам чизиқли бўлмаган хариталашни амалга оширади, бу эса асосий радиал функцияларга эга нейронлар томонидан амалга оширилади. Чиқиш нейрони, қоида тариқасида, чизиқли бўлиб, унинг роли махфий қатлам нейронларидан келадиган сигналларнинг йиғиндисигача камаяди. Оғирлиги,  $\omega_0$  сигмасимон функцияларда бўлгани

каби, функцияларнинг доимий ён томони ўлчовини киритадиган кутбланишни (чегарани) англатади.



Расм 2. Радиал тармоғининг умумий тузилиши.

## ХУЛОСА

**Хулоса қилиб**, олинган радиусли тармоқларнинг архитектураси битта яширин қатламли сигмасимон тармоқларнинг кўп қатламли тузилишига ўхшаш тузилишга эга бўлар экан. Ундаги яширин нейронларнинг ролини сигмасимон функциялардан шакли билан фарқ қилувчи асосий радиал функциялар ўйнайди. Белгиланган ўхшашликларга қарамай, ушбу турдаги тармоқлар бир-биридан тубдан фарқ қилади. Радиал тармоқ битта яширин қатлам ва чизиқли чиқиш нейронлари билан бириктирилган тузилишга эга, сигмоидал тармоқ эса ҳар хил қатламларни ўз ичига олиши мумкин ва чиқиш нейронлари ҳам чизиқли, ҳам чизиқли эмас. Амалдаги радиал функциялар жуда хилма-хил тузилишга эга бўлиши мумкин. Демак, ҳар бир яширин нейроннинг чизиқли бўлмаган радиусли функцияси ўзига хос параметр қийматларига эга  $c_i$  ва  $\sigma_i$  сигмоидал тармоқда, қоида тариқасида, барча нейронлар учун бир хил параметр  $\beta$  билан стандарт фаоллаштириш функциялари қўлланиланиши мумкин. Радиал функция аргументи намунанинг  $c_i$  марказдан Эвклид масофаси  $x$ , сигмасимон тармоқда эса  $\omega^T x w^T x$  векторларнинг нукта ҳосиласи билан аниқланиши мумкин.

## REFERENCES

1. Т.Кавер Математические основы функционирования радиальных сетей. 2015.
2. Д.А.Халилов Конспект лекций по предмету Искусственный интеллект и нейронные сети. ТАТУ ФФ. Препринт. 2020.
3. Observation of very high energy cosmic-ray families in emulsion chambers at high mountain altitudes (I) LT Baradzei, AS Borisov, KV Cherdyntseva, ZM Guseva, VG Denisova, ... Nuclear Physics B 370 (2), 365-431 51 1992

4. Observation of a high-energy cosmic-ray family caused by a Centauro-type nuclear interaction in the joint emulsion chamber experiment at the Pamirs
5. AS Borisov, KV Cherdyntseva, ZM Guseva, VG Denisova, AM Dunaevsky, ...
6. Physics Letters B 190 (1-2), 226-233. 33.1987
7. Super-high energy cosmic-ray interactions observed in emulsion chambers at Pamir and Mt. Chacaltaya. A Borisov, KV Cherdyntseva, NE Gubar, YA Smorodin, S Hasegawa, ... Phys. Lett..9. 1986
8. ADVANTAGES AND APPLICATIONS OF NEURAL NETWORKS. DA Khalilov, NAK Jumaboyeva, TMK Kurbonova. Academic research in educational sciences 2 (2), 1153-1159. 2. 2021
9. Determination of the portion of gamma-families at mountain altitude formed from nucleus-nucleus interactions at energies of 10 to the 15th to 10 to the 16th eV. SA Azimov, EZ Mullazhanov, K Nuritdinov, A Nosov, DA Khalilov. Akademiia Nauk SSSR Izvestiia Serii Fizicheskaya 50, 2134-2136. 2. 1986
10. Structural and dynamic microheterogeneity of rubber powder. OP Kuznetsova, DA Khalilov, II Aliev, BV Yastrebov, AM Vasserman, ... Russian Journal of Physical Chemistry B 3 (6), 1004-1007. 1. 2009
11. Studying the output optical and thermal parameters of an APV thermal converter considering transport phenomena in a gas medium. AM Kasymakhunova, LK Mamadalieva, DA Khalilov. Applied solar energy 39 (4), 24-27 . 1. 2004
12. Investigation of azimuth effects in gamma families with total energies of 30-1000 TeV. SA Azimov, EZ Mullazhanov, K Nuritdinov, DA Talipov, DA Khalilov, .... Akademiia Nauk SSSR Izvestiia Serii Fizicheskaya 46, 1780. 1. 1982
13. Solar Units and Their Application-Studying the Output Optical and Thermal Parameters of an APV Thermal Converter Considering Transport Phenomena in a Gas Medium. AM Kasymakhunova, LK Mamadalieva, DA Khalilov. Applied Solar Energy 39 (4), 24-27. 2003.
14. Contributed papers, ICR-198. JA Chinellato, KV Cherdyntseva, NE Gubar, YA Smorodin, S Hasegawa, ...1989
15. TH BURNETT, SH. DAKE, M. FUKI, JC GREGORY, T. HAYASHI, R. HOLYNSKI, J. IWAI, WV JONES, A. JURAK, JJ LORD, O. MIYAMURA. C GARCIA, L KIRBY-GALLAGHER, E WALLIS, C WOODS, S YARKER, ... Conference Papers 1, 420. 1987
16. Determination of the part of. gamma. families produced from nucleus-nucleus interactions at 10/sup 15/-10/sup 16/eV energies at mountain level. SA Azimov, EZ Mullazhanov, K Nuritdinov, A Nosov, DA Khalilov, ... Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz.:(USSR) 50 (11). 1986
17. Determination of the part of  $\gamma$  families produced from nucleus-nucleus interactions at  $10^{15}$ - $10^{16}$ eV energies at mountain level
18. SA Azimov, E Mullazhanov, K Nuritdinov, A Nosov, DA Khalilov, ... Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Fizicheskaya 50 (11), 2134-2136. 1986
19. DETERMINATION OF THE GAMMA-FAMILY PARTICLE AT THE MOUNTAIN LEVEL, FORMED BY NUCLEUS-NUCLEAR INTERACTIONS AT 10-15-10-16 EV ENERGY. SA AZIMOV, EZ MULLAZHANOV, K NURITDINOV, A NOSOV, ...

- IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 50 (11), 2134-2136. 1986
20. SOME CHARACTERISTICS OF THE SUPERFAMILY-SITORA. AS BORISOV, ZM GUSEVA, VG DENISOVA, AM DUNAEVSKII, ... IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 50 (11), 2129-2131. 1986
  21. Japan-Ussr Joint Emulsion Chamber Experiment at PAMIR. AS Borisov, KV Cherdyntseva, ZM Guseva, VG Denisova, AM Dunaevsky, ... 19th International Cosmic Ray Conference (ICRC19), Volume 6 6, 200. 1985
  22. Investigation of space characteristics of  $\gamma$  families produced at superhigh energies of  $E \approx 10^{15}$  eV. SA Azimov, EZ Mullazhanov, A Nosov, K Nuritdinov, DA Talipov, ... Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz.:(USSR) 49 (7). 1985
  23. RANGE LENGTH OF ADRON INTERACTION WITH ENERGY MORE THAN 20 TEV IN LEAD. AS BORISOV, ZM GUSEVA, VG DENISOVA, AM DUNAEVSKII, ... IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 49 (7), 1288-1290. 1985
  24. Investigation of space characteristics of  $\gamma$  families produced at superhigh energies of  $E \approx 10^{15}$  eV. SA Azimov, E Mullazhanov, A Nosov, K Nuritdinov, DA Talipov, ... Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Fizicheskaya 49 (7), 1275-1277. 1985
  25. Study on some spatial characteristics of photon and hadron families. SA Azimov, E Mullazhanov, K Nuritdinov, DA Talipov, DA Khalilov, ... Doklady Akademii Nauk Uzbekskoj SSR, 26-27. 1984
  26. Investigation of azimuthal effects in  $\gamma$  families with energy of  $E = 30-1000$  TeV. SA Azimov, EZ Mullazhanov, K Nuritdinov, DA Talipov, DA Khalilov, ... Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz.:(USSR) 46 (9). 1982
  27. Investigation of azimuthal effects in  $\beta$  families with energy of  $E = 30-1000$  TeV. SA Azimov, E Mullazhanov, K Nuritdinov, DA Talipov, DA Khalilov, ... Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Fizicheskaya 46 (9), 1780-1781. 1982
  28. CORRELATION BETWEEN QUANTITY AND FLOW OF NON-LEPTON AND GAMMA-QUANTUM ENERGIES. 3. SG BAIBURINA, AS BORISOV, ZM GUSEVA, VG DENISOVA, ... IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 46 (9), 1787-1789. 1982
  29. WHAT CAN WE SAY ON THE SCALING DISTURBANCE BASED ON DATA FROM THE PAMIR EXPERIMENT. 1. SG BAIBURINA, AS BORISOV, ZM GUSEVA, VG DENISOVA, ... IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 46 (9), 1782-1783. 1982
  30. STRUCTURE OF THE GAMMA-FAMILY AND ITS CONNECTION WITH FLOW FORMATION. 2. SG BAIBURINA, AS BORISOV, ZM GUSEVA, VG DENISOVA, ... IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 46 (9), 1784-1786. 1982
  31. STUDY OF THE AZIMUTHAL EFFECTS IN GAMMA-FAMILIES WITH ENERGIES OF  $E = 30-1000$  TEV. SA AZIMOV, EZ MULLAZHANOV, K NURITDINOV, DA TALIPOV, ... IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 46 (9), 1780-1781. 1982

32. ETUDE DES EFFETS AZIMUTAUX DE FAMILLES GAMMA D'ENERGIE SIGMA EGAMMA= 30 A 1000 TEV. SA AZIMOV, MEH ZH, T DA, K DA. 1982
33. EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE SUPERFAMILY HALO. 4. SG BAIBURINA, AS BORISOV, ZM GUSEVA, VG DENISOVA, ... IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA 46 (9), 1790-1793. 1982
34. Correlation method for analyzing gamma families with energies  $\Sigma E\gamma = 40\text{-}500$  TeV. SA Azimov, AE Baryshneva, ÉZ Mullazhanov, K Nuritdinov, DA Talipov, ... ZhETF Pisma Redaktsiiu 33, 389. 1981
35. Analysis correlation method of the gamma-families with energy  $\Sigma E_{\text{sub}}(\gamma) = 40\text{-}500$  TeV. SA Azimov, AE Baryshneva, E Mullazhanov, K Nuritdinov, DA Talipov, ... Pis' ma v Zhurnal Eksperimental'noj i Teoreticheskoy Fiziki 33 (7), 389-391. 1981
36. JAPAN—USSR JOINT EMULSION CHAMBER EXPERIMENT AT PAMIR JAPAN—USSR JOINT EXPERIMENT (I). NG Zelevinskaya, MV Zimin, GB Zhdanov, RA Mukhamedshin, ... carbon 72, 415
37. JAPAN-USSR JOINT EMULSION CHAMBER EXPERIMENT AT PAMIR. AM Dunaevsky, EA Kanevskaya, VM Maximenko.