

UDK 576.78

MARKAZIY ASAB TIZIMINING ISHLASHIDA PATOLOGIYALAR PAYDO BO'LISHI VA RIVOJLANISHINI REGULYATOR MEXANIZMLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Isroilov Sh.Y.¹, Umarov E.D.¹

¹ Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Samarqand filiali, Samarqand, O'zbekiston
i.shuha84@gmail.com, eldorumarov55@gmail.com

Annotatsiya. *Regulyatorika usuli asosida kechikuvchi tipdagi chiziqsiz funksional-differensial tenglamalar yordamida markaziy nerv tizimi (MNT) ishlashining matematik va kompyuter modellari ishlab chiqildi. Quyidagi asosiy hayotiy organlarning nerv regulyatsiyasi ko'rib chiqiladi: miya, yurak, o'pka, jigar, taloq, buyraklar, teri. Insonning muhim hayotiy ichki organlarining o'zaro bog'liq faoliyatini muvofiqlashtirish jarayonida MNT regulyator mexanizmlarining ishlab chiqilgan tenglamalari inson MNT faoliyatining asosiy rejimlarini regulyator mexanizmlarini modellashtirish imkon beradi: tinch holat, stasionar rejim, davriy tebranishlar, noregulyar tebranishlar va tebranish rejimining buzilishi – “qora o'rama” effekti. MNT regulyatorikasida buzilishlarni aniqlash insonning nerv kasalliklarini davolashda yangi strategiyalarni ishlab chiqishga yordam beradi.*

Kalit so'zlar: *kompyuter modellashtirish, regulyatorika, funksional-differensial tenglamalar, avtotebranishlar, dinamik xaos, tirik tizimlar, organizm.*

I. KIRISH

Markaziy nerv tizimining (MNT) holatiga odam ko'pgina funksiyalarining me'yorida ishlashi bog'liq bo'ladi, miya faolligi regulyatsiyasining buzilishlari ko'pgina o'limga olib keluvchi patologiyalarning yuzaga kelishiga sabab bo'lishi mumkin. Nerv tizimidagi patologiyalarning regulyator mexanizmlari COVID-19 bilan og'rikan bemorlardagi o'tkir nafas yetishmasligiga sabab bo'ladi, ko'pchilik bemorlarda hayotiy muhim organlarning zararlanishi MNT dagi buzilishlar bilan parallel tarzda boradi [1-3]. Neyropatogenezlarning ma'lumotlari hali to'liq tushinib yetilmagan matematika va kompyuterda modellashtirish bashorat qilish imkoniyatiga ega,

ko'rib chiqilayotgan jarayonning asosiy rejimlarini imitatsiya qilish, regulyator mexanizmlar va ishlash qonuniyatlarini aniqlashga imkon beradi. Odam nerv tizimidagi jarayonlarning matematik modellashtirishning asosiy vazifalari bo'lib quyidagilar hisoblanadi: iyerarxiyaning turli darajalarida nerv tizimining tuzilmaviy-funksional tuzilishi qonuniyatlarini anglab yetish, nerv tizimi tomonidan odam organizmidagi barcha hayotiy muhim jarayonlarni boshqarmaqoladagi regulyator mexanizmlarning murakkabligini tadqiq qilish. Odam ichki hayotiy muhim organlarining o'zaro bog'liq faoliyati regulyator mexanizmlarini aniqlash dolzarb masala bo'lib hisoblanadi, chunki tashqi va ichki

ta'sirlarni qayta ishlash jarayonida barqaror ishlashga erishish uchun organizmning o'zini-o'zi tashkil-lashtirish, o'zini-o'zi boshqarish va moslashtirish masalalari hali batafsil o'rganilmagan.

Xojkin-Xakslining nobel mukofotiga sazovor bo'lgan ajoyib ishlari butun-butun jamoalarni ilhomlantirdi va nerv tizimi tadqiqotlarining kuchli rivojlanishiga olib keldi [7-8]. Bu yerda organizmdagi axborot jarayonlarining tahlili asosan potentsiallarning nerv hujayoralarida tarqalishi va uzatilishi mexanizmlarini miqdoriy o'rganish yordamida o'tkaziladi [9]. Elektr signalining neyron o'simtalarida tarqalishi parabolik tipdagi xususiy hosilalardagi ikkinchi tartibli differensial tenglamadan foydalan-gan holda kabel nazariyasi asosida modellashtiriladi [10]. Markaziy nerv tizimiga odatda neyronlar ansamblining tebranma harakatlari tomonidan hosil qilinuvchi nerv tebranishlari, ritmik nerv faolligi xosdir [4]. Kechikuvchi tipdagi funksional-differensial tenglamalar aso-sida modellashtirish, maqolada model-lashtirilayotgan tizim yechimlarning tebranma rejimining mavjudligiga bo'lgan tug'ma moyillikka ega [5-6]. Bu tenglamalarning regulyasiya tizimidagi vaqt bo'yicha o'zaro aloqalarni hisobga olishga imkon berishi tufayli MNT da qo'zg'alishlarning tarqalishi regulyator mexanizmlarini modellashtirish uchun ulardan foydalanish eng maqbul hisoblanadi.

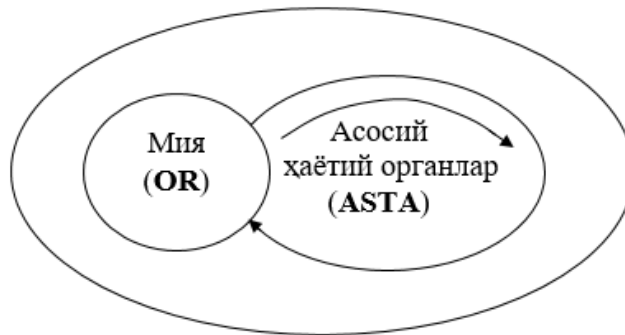
Ushbu maqolada odamning hayotiy muhim ichki organlarining o'zaro bog'liq holda ishlashini muvofiq-lashtirish davo-midagi MNT regulyator mexanizmlarini modellashtirish **OR** (**ossilyatorlar** - **regulyatorlar**) –

ma'lum tabiatdagi signallarni qabul qilish va sintez qilishga qodir bo'lgan regulyator tizimi elementlari va **ASTA** (**active system with time average**) – regulyator tizimining elementlarning o'zaro bog'liq bo'lgan faoliyati teskari bog'lanishlar asosida ma'lum o'rtacha vaqt (signallarning hosil bo'lish vaqtidan boshlab ularning (yoki ularning mahsulotlarining) elementlarning faol-ligiga ta'sir qilish vaqtigacha o'tgan vaqt) bilan amalga oshiriluvchi signal muhiti tushunchalariga asoslanadi. **ORASTA** bilan birgalikda **ORASTA** regulyator tizimini tashkil qiladi. Bunga o'xshash regulyator tizimlar geometriyasi qo'zg'almas nuqta tushunchasi o'z ma'nosini yo'qotuvchi dinamik bo'lib hisoblanadi. Bunday tizimlarning regulyator mexanizmlarining ishlashi qisqa qilib "regulyatorika" termini bilan belgilangan. B.N. Xidirov ta'rifi bo'yicha – *Regulyatorika deb bu so'zning keng ma'nosida materiyaning regulyator mexanizmlarini o'rganish bilan bog'liq bo'lgan fanga aytiladi* [5].

Markaziy nerv tizimi va asosiy hayotiy muhim organlarning o'zaro bog'liq faoliyatini o'rganish uchun quyidagicha biologik sxemasini tuzib olamiz (1-rasm) hamda «**ORASTA**» metodikasiga asoslangan holda markaziy nerv tizimi va asosiy hayotiy muhim organlar o'rtasidagi o'zaro bog'liq faoliyatida qo'zg'alishning tarqalish regulyatorikasi biologik modelini tuzishga misol keltiramiz. Bunda quyidagi asosiy hayotiy muhim organ-larning nerv regulyasiyasi o'rganiladi: miya, yurak, o'pka, jigar, taloq, buyraklar, teri. **OR** berilgan tizimda miya(markaziy nerv tizimi) hisoblanadi (2- rasm).



1-rasm. Markaziy nerv tizimining maksimal darajada soddalashtirilgan regulyatorikasining tuzilmaviy-funksional sxemasi.



2-rasm. Miya va hayotiy muhim organlar o'zaro bog'liq faoliyati regulyatorikasining «OrAsta» metodikasiga asoslangan ifodalanishi.

II. MARKAZIY NERV TIZIMI REGULYATORIKASINING MATEMATIKA MODELI

biz markaziy nerv tizimi regulyatorikasining quyidagi funksional-differensial tenglamasini yozishimiz mumkin:

Tirik tizimlar regulyatorikasini modullashtirish uslubidan [5] foydalanib

$$\frac{dM(t)}{dt} = \frac{a_1 M(t-h)H(t-h)L(t-h)J(t-h)S(t-h)K(t-h)T(t-h)}{1 + M^2(t-h)H^2(t-h)L^2(t-h)J^2(t-h)S^2(t-h)K^2(t-h)T^2(t-h)} - b_1 M(t),$$

$$\frac{dH(t)}{dt} = \frac{a_2 M(t-h)H(t-h)}{1 + M^2(t-h)H^2(t-h)} - b_2 H(t),$$

$$\frac{dL(t)}{dt} = \frac{a_3 M(t-h)L(t-h)}{1 + M^2(t-h)L^2(t-h)} - b_3 L(t),$$

$$\frac{dJ(t)}{dt} = \frac{a_4 M(t-h)J(t-h)}{1+M^2(t-h)J^2(t-h)} - b_4 J(t), \quad (1)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = \frac{a_5 M(t-h)S(t-h)}{1+M^2(t-h)S^2(t-h)} - b_5 S(t),$$

$$\frac{dK(t)}{dt} = \frac{a_6 M(t-h)K(t-h)}{1+M^2(t-h)K^2(t-h)} - b_6 K(t),$$

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{a_7 M(t-h)T(t-h)}{1+M^2(t-h)T^2(t-h)} - b_7 T(t), \quad t > h,$$

$M(t) = \gamma_1(t)$; $H(t) = \gamma_2(t)$; $L(t) = \gamma_3(t)$;
 $S(t) = \gamma_5(t)$; $K(t) = \gamma_6(t)$; $T(t) = \gamma_7(t)$;
 $t \in [0; h]$, bu yerda $M(t), H(t), L(t), J(t), S(t), K(t), T(t)$ - mos holda asosiy hayotiy muhim organlar: miya, yurak, o'pka, jigar, taloq, buyrak, terining faolliklarini ifodalovchi kattaliklar; $\{a\}$, $\{b\}$ koefitsiyentlar – mos holda asosiy hayotiy muhim organlar: miya, yurak, o'pka, jigar, taloq, buyrak, terining faolliklarining ortish va pasayish tezliklarini ifodalaydi. (1) tenglamalar tizimi barcha koefitsiyentlarining qiymatlari – musbat, bu esa ishlab chiqilgan kechikuvchi tipdagi nochiqli funksional-differensial tenglamalar tizimlarining biologik maqbul – musbat yechimlarini olishni ta'minlaydi.

Insonning hayotiy muhim bo'lgan ichki organlarining o'zaro bog'liq faoliyatini muvofiqlashtirish jarayonida ishlab chiqilgan markaziy nerv tizimining regulyator mexanizmlarining matematik modeli kasalliklarda odam organizmining ishlashini buzilishlar va anomaliyalarning oldini olish, davolashning mumkin bo'lgan yo'llarini aniqlash uchun organlarning o'zaro bog'liq faoliyatlarini tahlil qilishni o'tkazishga imkon beradi. Vaqtning boshlang'ich holatidagi o'zgaruvchilarning qiymatlari mos holda

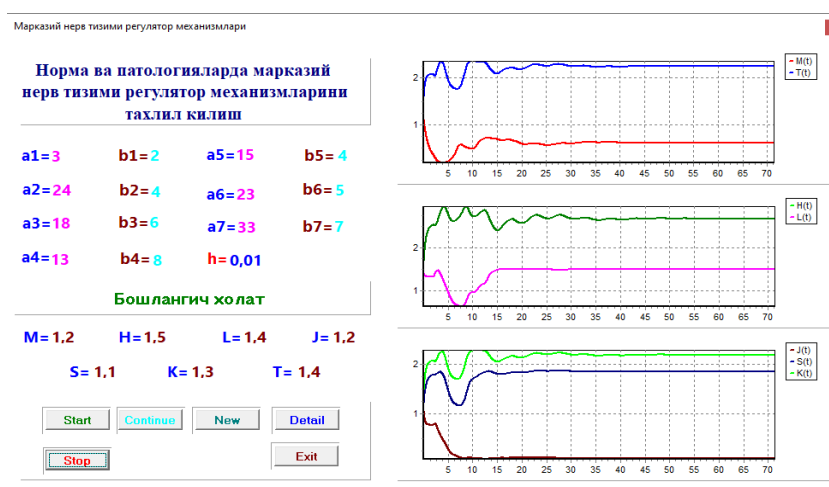
asosiy hayotiy muhim organlar: miya, yurak, o'pka, jigar, taloq, buyrak, terining faollik tezliklarining boshlang'ich qiymatlarini berishga imkon beradi. Masalan, a_1 parametr qiymati vositasida miyaning boshqarish mumkin, b_1 parametr miya faolligining pasayish tezligini hisobga olishga imkon beradi. Ishlab chiqilgan kechikuvchi tipdagi nochiqli funksional-differensial tenglamalar tizimi parametrlari tashqi regulyator signallarining turli o'zgarishlarida MNT kasallanish darajasini baholash hamda patologik holatlarda asosiy hayotiy muhim organlarning rivojlanishini bashorat qilishga imkon beradi.

III. NATIJALAR VA MUHOKAMALAR

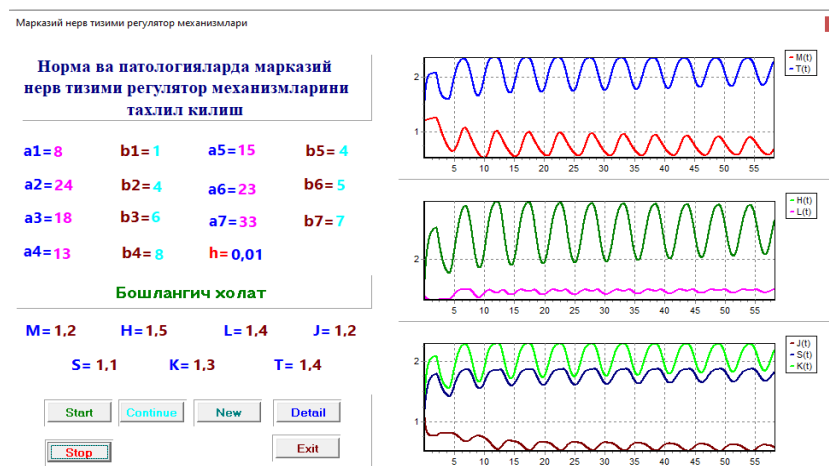
(1) tenglamalar tizimini yechish algoritmi tenglamani kechikish va ilgari ketish kattaliklariga teng vaqt oraliqlarida ketma-ket yechishga olib kelinuvchi qadamlarning moslashtirilgan usulidan foydalanishga asoslangan. Bo'lib o'tgan hodisalar va bashorat qilish qobiliyatlariga bog'liq ravmaqolada kooperativlik, vaqt bo'yicha o'zaro munosabatlarni hisobga olgan holda qurilgan, odamning hayotiy muhim bo'lgan ichki organlarining o'zaro bog'liq faoliyatini muvofiqlashtirish jarayonida ishlab chiqilgan markaziy nerv tizimining regulyator mexanizmlarining matematik

modeli va uning asosida yaratilgan birikkan hayotiy muhim ichki organlarning o'zaro aloqalarining imitasion kompyuter modeli kritik holatlarda MNT regulyasiyasi mexanizmlariga nisbatan gipotezalarni baholashga imkon beradi, bu esa natijalarni tajribaviy faktlar bilan solishtirish asosida normal holatda va patologiyalardagi MNT ishlashining asosiy qonuniyatlarini aniqlashga imkon beradi. Markaziy nerv tizimi regulyatori-kasining funksional-differensial teng-

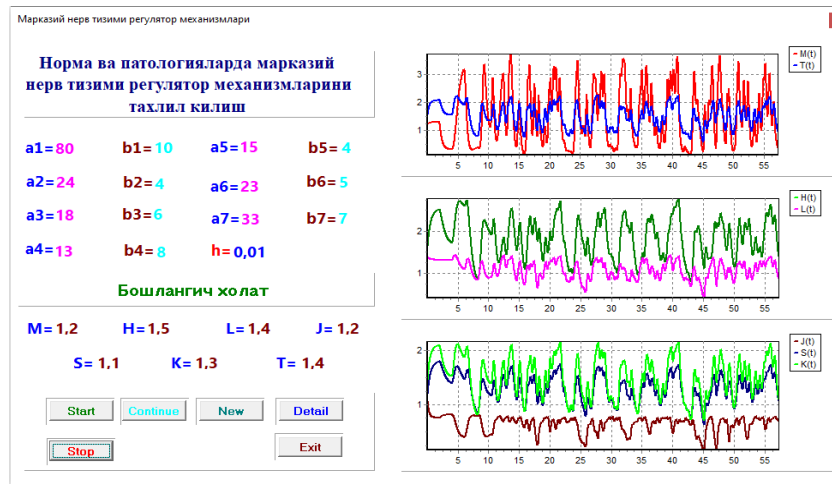
lamalar asosidagi matematik modeli PC (Delphi7) da amalga oshirildi. Normal ishlashi va turli patologiyalarni imitatsiya qilish bilan o'tkazilgan hisoblash tajribalarining natijalari hayotiy muhim organlar: miya, yurak, o'pka, jigar, taloq, buyraklar, terining ishlashining quyidagi rejimlarining mavjudligini ko'rsatdi: stasionar holat, davriy tebranma holat, tartibsiz tebranishlar-deterministik kaos, keskin holatli o'zgarishlar- «qora o'rama» effekti (3-6- rasmlar).



3-rasm. MNT va hayotiy muhim organlar o'zaro bog'liq faolyati regulyator mexanizmlarining stasionar rejimi



4-rasm. MNT va hayotiy muhim organlar o'zaro bog'liq faolyati regulyator mexanizmlarining davriy tebranma rejimi



5-rasm. MNT va hayotiy muhim organlar o‘zaro bog‘liq faolyati regulyator mexanizmlarining noregulyar tebranma(xaos) rejimi



6-rasm. MNT va hayotiy muhim organlar o‘zaro bog‘liq faolyati regulyator mexanizmlarining «qora o‘rama» rejimi

Butun organizmning ishlashida patologiyalarning yuzaga kelishi bilan miya faolligi va hayotiy muhim organlar faolliklarining ortishi, pasayishi davomidagi bog‘liqliklarni aniqlash uchun maqsadli hisoblash tajribalari o‘tkazildi.

Normal holatda va turli kasalliklarda odam hayotiy muhim ichki organlarining o‘zaro bog‘liq ishlashini muvofiqlashtirish maqoladagi MNT regulyator mexanizmlarini samarali matematik modellashtirish MNT ishlashining asosiy bosqichlari, ta’sir qiluvchi omillar va eng muhim parametrlarini aniqlashni talab qiladi. Ishlab chiqilgan dastur asosidagi

maqsadli hisoblash tajribalarining natijalari MNT ishlashidagi buzilishlar regulyator mexanizmlarini va anomaliyalarning oldini olish, davolashning mumkin bo‘lgan yo‘llarini aniqlash uchun hayotiy muhim organlarning o‘zaro bog‘liq faoliyatini tahlil qilish mumkinligini ko‘rsatdi. Hayotiy muhim organlarning o‘zaro bog‘liq holda ishlashini muvofiqlashtirish maqoladagi MNT regulyator mexanizmlarining ishlab chiqilgan tenglamalari odam MNT ishlashining asosiy rejimlari: stasionar holat, davriy tebranma holat, tartibsiz tebranishlar- deterministik kaos, keskin

holatli o'zgarishlar- «qora o'rama» effekti rejimlari regulyator mexanizmlarini modellashtirishga imkon beradi. MNT regulyatorikasida buzilishlarni aniqlash odamlagi nerv kasalliklarini davolashdagi yangi strategiyalarni ishlab chiqishga yordam beradi.

IV. XULOSA

Axborot texnologiyalari yutuqlarining turli ilm-fan sohalariga muvaffaqiyatli qo'llanilishi tufayli tibbiyotda turli kasalliklarning rivojlanish qonuniyatlarini miqdoriy tahlil qilishning yuqori darajada ishonchli matematik usullarini ishlab chiqish va qo'llash, jumladan, MNT regulyasiyasi masalalarini o'rganish dolzarb hisoblanadi. Kechikuvchi turdagi noxiziqli funksional-differensial tenglamalardan foydalangan holda hayotiy muhim organlar: miya, yurak, o'pka, buyrak, jigar, taloq, teri regulyatorikasi matematik modellarini miqdoriy tadqiq qilish natijalari tenglamalarning vaqt bo'yicha o'zaro aloqalarni hisobga olgan holda regulyator mexanizmlarning tebranma jarayonlarning buzilishi asosida amalga oshiriluvchi buzilishi natijasida yuzaga keltirilgan dinamik kasalliklarning yuzaga kelishining asosiy qonuniyatlarini samarali tadqiq qilishga imkon berishini ko'rsatdi. Asosiy hayotiy muhim organlarning regulyasiyasi davomidagi markaziy nerv tizimining ishlashini kompyuterda modellashtirish patologiyalarda organlarning o'zini tutishinigi asosiy qonuniyati, o'ziga xos xususiyatlari va asosiy rejimlarini baholashga imkon beradi.

ADABIYOTLAR

- [1] *Neishaboori A, Moshrefiaraghi D, Mohamed Ali K, Toloui A, Yousefifard M, Hosseini M.* Central Nervous System Complications in COVID-19

Patients; a Systematic Review and Meta-Analysis based on Current Evidence. Arch Acad Emerg Med. 2020.

- [2] *Koralnik IJ, Tyler KL.* COVID-19: A Global Threat to the Nervous System. Ann Neurol. 2020;88(1): 1-11. doi:10.1002/ana.25807.
- [3] *Asadi-Pooya AA, Simani L.* Central nervous system manifestations of COVID-19: A systematic review. J Neurol Sci. 2020;413:116832. doi:10.1016/j.jns.2020.116832.
- [4] *Lu N, Xing DQ, Sheng T, Lu W, Sheng Li Xue Bao.* The mechanism and function of hippocampal neural oscillation. Acta Physiologica Sinica, October 25, 2017, 69(5): 647–656 DOI: 10.13294/j.aps.2017.0052
- [5] *Хидиров Б.Н.* Избранные работы по математическому моделированию регуляторики живых систем. Москва – Ижевск, 2014, 304 с.
- [6] *Хидирова М.Б.* О решениях функционально - дифференциального уравнения регуляторики живых систем // Вестник Московского университета, 2004. No 1. С. 50-52.
- [7] *FitzHugh R.A.* Impulses and physiological states in theoretical models of nerve membrane. Biophys.J. 1, 1961, pp. 445-466.
- [8] *Matrosov V.V., Kazantsev V.B.* Bifurcation mechanisms of regular and chaotic network signaling in brain astrocytes // Chaos. 2011. Vol. 21, № 2. P. 023103.
- [9] *De Pitta' M., Goldberg M., Volman V., Berry H., Ben-Jacob E.* Glutamate regulation of calcium and IP3 oscillating and pulsating dynamics in astrocytes // Journal of Biological Physics. 2009. 35:383-411.

[10] Koch C. Biophysics of computation: information processing in single neurons. / C. Koch. Computational Neuroscience. –

New York, Oxford: Oxford university press, 1999.

Поступила в редакцию 15.01.2023

Citation: *Isroilov Sh.Y., Umarov E.D. (2023). Markaziy asab tizimining ishlashida patologiyalar paydo bo'lishi va rivojlanishini regulyator mexanizmlarini matematik modellashirish. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 1(3). – B. 61-69.*

MATHEMATICAL MODELING OF THE REGULATORY MECHANISMS OF THE OCCURRENCE AND DEVELOPMENT OF PATHOLOGIES IN THE FUNCTIONING OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM.

Isroilov Sh Y.¹, Umarov E.D.¹

¹ Samarkand branch of Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan
i.shuha84@gmail.com, eldorumarov55@gmail.com

Abstract. *On the basis of the regulatory method, mathematical and computer models of the functioning of the central nervous system (CNS) have been developed using nonlinear functional differential equations of the delayed type. The nervous regulation of the following main vital organs is considered: brain, heart, lungs, kidneys, liver, spleen, skin. The developed equations of regulatory mechanisms of the CNS in the course of coordinating the interconnected functioning of vital internal organs of a person make it possible to model the regulatory mechanisms of the main modes of functioning of the CNS of a person: rest, stationary mode, self-oscillations, irregular oscillations and breakdown of the oscillatory mode - the "black hole" effect. Identification of dysregulation of the CNS will help develop new strategies for the treatment of human nervous diseases.*

Keywords: *computer simulation, regulator, functional differential equations, self-oscillations, dynamic chaos, living systems, organism.*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИЙ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Исроилов Ш.Ю.¹, Умаров Э.Д.¹

¹ Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Самарканд, Узбекистан
i.shuha84@gmail.com, eldorumarov55@gmail.com

Аннотация. *На основе метода регуляторики разработаны математическая и компьютерная модели функционирования центральной нервной системы (ЦНС)*

с использованием нелинейных функционально-дифференциальных уравнений запаздывающего типа. Рассмотрена нервная регуляция следующих основных жизненно важных органов: мозг, сердце, лёгкие, почки, печень, селезёнка, кожа. Разработанные уравнения регуляторных механизмов ЦНС в ходе координации взаимосвязанного функционирования жизненно важных внутренних органов человека позволяют моделировать регуляторные механизмы основных режимов функционирования ЦНС человека: покой, стационарный режим, автоколебания, нерегулярные колебания и срыв колебательного режима – эффект «черная дыра». Выявление нарушений в регуляторике ЦНС поможет разработке новых стратегий в терапии нервных заболеваний человека.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, регуляторика, функционально-дифференциальные уравнения, автоколебания, динамический хаос, живые системы, организм.