

АЛБАНБАЙ НҰРТАЙ

НЕЙРОНДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ МОДЕЛЬДЕРІНДЕГІ АВТОТЕРБЕЛМЕЛІ ПРОЦЕССТЕРІ МЕН БЕЙСЫЗЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

«6D071900 - Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесіне іздену диссертациясының

АҢДАТПАСЫ

Диссертациялық жұмыс ФитцХью-Нагумо нейрондары жиынтығы негізінде құралған нейрондық жүйелердің автотербелмелі процестері мен бейсызық құбылыстарын зерттеуге бағытталған.

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі таңда радиотехника, электроника және телекоммуникация саласындағы мәселелерді, байланыс арналарының тиімділігін арттыру және басқа да көптеген мәселелерді нейрондық желілердің көмегімен шешуге болады. Осыған байланысты нейрондық жүйелердің динамикасын зерттеу ғылым мен техникада маңызды орын алады.

Жалпы нейрондық желілер туралы айтатын болсақ, біріншіден, олардың элементар компоненттерінің – жүйке жасушаларының (нейрондардың) күрделілігі және жүйке жасушаларының математикалық модельдерінің өзі күрделі көп масштабты динамикасы бар көп өлшемді жүйелер болып табылады. Екіншіден, жүйке жасушалары арасындағы байланыстарды қамтамасыз ететін қоздырғыш процестер арқылы нейрондар құрайтын құрылымдардың күрделілігі. Нейрондық модельдердің динамикасы ұзақ уақыт бойы стохастикалық дифференциалдық теңдеулерсіз зерттелген, бұл зерттеу мәселесіне шуыл енгізу арқылы күрделенгеніне байланысты. Сонымен қатар, нейрондар мен нейрондық жүйелердің модельдеріне шуылды қалай дұрыс енгізу керектігі жеткілікті түрде зерттелмеген болатын. Алайда, эксперименттік деректер табиғи ортада орналасқан нейрондарды сипаттау үшін шуылды есепке алу қажеттілігін көрсетті. Салыстырмалы түрде қарқындылығы төмен шуылдың әсерінен мұндай жүйелерде қозу және релаксация процестері жүреді, нәтижесінде өшпейтін стохастикалық тербелістер пайда болады. Дегенмен, нейрондық желілердегі автотербелмелі процестер тіпті қарапайым нейронның моделі үшін де аз зерттелген.

Тағы бір өзекті мәселе – нейрондық жүйелердегі бейсызық әсерлерді зерттеу. Құрылымдық құрылымы жағынан да, функционалды қасиеттері жағынан да көп элементті жүйелердің алуан түрлілігіне байланысты бұл жүйелерде бірқатар өзекті мәселелер зерттелмеген. Нейрондық жүйелердің динамикалық әсерлерін сипаттау үшін, ең алдымен, нейрондық жүйенің тиісті математикалық моделін құрып зерттеу қажет. Ходжкин-Хаксли

тәсіліне негізделген модельдерді қолдану өте шектеу туғызады, себебі бұл модель нақты конфигурацияны қажет ететін көптеген айнымалылар мен параметрлердің арқасында моделінің күрделенуін қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда жеке элементтер деңгейінде де динамикалық режимдердің пайда болу механизмдерін бақылау, олардың өмір сүру уақытын және тұрақтылық аймақтарын бағалау мүмкін емес. Модельдеу үшін тандалатын нейрондық жүйенің негізгі қасиеті – нейрондық «спайктарға» сәйкес тұрақты тербелмелі шешімдердің болуы. Аталған мәселені шешу үшін нақты динамикалық құбылыстарды сипаттау үшін маңызды болып табылатын нақты нейрондар динамикасының әсерлерін ескеретін модельді әзірлеу қажеттілігі туындайды. Осыған байланысты, осы салада жүргізіліп жатқан зерттеулер өзекті болып табылады және көптеген практикалық қолданбаларға ие болуы мүмкін.

Жұмыстың мақсаты: Бір типті және әртүрлі типті нейрондардан құрастырылған жүйелерде орын алатын бейсызық құбылыстарды теориялық, сандық және эксперименталдық зерттеу.

Зерттеу міндеттері:

- Екі типті ФитцХью-Нагумо нейронынан құрастырылған жүйеге сыртқы шуыл әсер ететін жағдайдың математикалық моделін құрастыру;
- Екі типті ФитцХью-Нагумо нейронынан құрастырылған жүйеде сыртқы шуыл әсерінен байқалатын бейсызық құбылыстың статистикалық моделін құру және оны сандық тұрғыдан зерттеу;
- Екі типті ФитцХью-Нагумо нейронынан құрастырылған жүйеге сыртқы шуыл әсер ететін жағдайды сипаттайтын электронды схеманың моделін құрастыру;
- Екі типті ФитцХью-Нагумо нейронынан құрастырылған жүйеге сыртқы шуыл әсер ететін жағдайды сипаттайтын электронды схемасын жүзеге асыру және эксперименталдық зерттеулер жүргізу;
- Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйенің математикалық моделін құрастыру;
- Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйенің динамикасын теориялық және сандық түрде зерттеу;
- Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйеге сай келетін электронды схеманың моделін дайындау;
- Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйеге сай келетін электронды схеманы әзірлеу және эксперименталдық зерттеулер жүргізу;
- Тәжірибеден алынған нәтижелерді өңдеп, теория қорытындысымен салыстыру.

Зерттеу нысаны: ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйедегі бейсызық құбылыстар.

Зерттеу әдістері: Нейрондық жүйелердің математикалық модельдері теориялық тұрғыдан зерттелінді, сандық эксперимент зерттеулері Matlab ортасында жүзеге асырылды. Схемотехникалық модельдер Multisim және LabVIEW арнайы бағдарламалар ортасында зерттелінді. Физикалық

эксперименталдық зерттеулер схемотехникалық моделдерге сай келетін аналогты электрондық қондырғы көмегімен жүзеге асырылды.

Зерттеу жаңалықтары - алғаш рет:

- ФитцХью-Нагумо нейронынан құрастырылған жүйеге сырттан шуыл әсер еткен кезде «жарылыстар» санының таралуы экспоненциалды заңдылыққа бағынатындығы анықталды.

- Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйеде нейрондардың бір мезгілде қозбайтындығы көрсетілді.

- Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйеде пайда болатын сигналдардың жиіліктік сипаттамасы бастапқы шарттарға тәуелді болатындығы анықталды.

Қорғауға шығарылатын тұжырымдар:

1. ФитцХью-Нагумо нейронынан құрастырылған жүйеге сырттан шуыл әсер еткен кезде «жарылыстар» санының таралуы экспоненциалды заңдылыққа бағынады.

2. Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйеде нейрондардың бір мезгілде қозбайды.

3. Бір типті ФитцХью-Нагумо нейрондарынан құрастырылған жүйеде пайда болатын сигналдардың жиіліктік сипаттамасы бастапқы шарттарға тәуелді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы. Нейрон жүйесі арқылы сигналды өңдеу режимдерін, сонымен қатар өзінің көрсеткіштеріне және сыртқы шуылдарға тәуелділігін зерттеу барлық жүйенің динамикасын басқару әдістерінің негізгі бақыттарын табуға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер нейрондық жүйелердің модельдеріндегі автотербелмелі процесстері мен бейсызық құбылыстарының сипаттамаларын зерттеу арқылы сигналдарды өңдеу және өндіру маңызды болып саналатын жаңа радиоэлектронды және телекоммуникационды қондырғылар жасау үшін қолданылуы мүмкін.

Автордың жеке үлесі. Теориялық, сандық зерттеулер мен физикалық эксперименттің барлық нәтижелерін автор жеке өзі алған. Міндеттерді қою және нәтижелерін талқылау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

Нәтижелердің сенімділігі. Диссертация аясында жүргізілген зерттеу нәтижелерінің сенімділігі жұмыс барысында заманауи математикалық әдістерді қолданумен, эксперименттік нәтижелердің қайталануымен, математикалық модельдеу мен эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін өзара үйлестірумен, алынған нәтижелердің теориялық алғышарттармен және басқа авторлардың алған қорытындыларымен, диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша зерттеу нәтижелерін рецензияланған ғылыми журналдардағы жарияланымдармен және конференцияларда талқылаумен расталады.

Жұмысты апробациялау. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер 15th International Conference «Dynamical Systems Theory and Applications» (Łódź, Poland), «Materials VIII International scientific and methodical conference dedicated to the 90th anniversary of Abai Kazakh National

Pedagogical University», «Труды Сатпаевских чтений инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии» конференцияларында баяндалып, талқыланды.

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша 7 баспа жұмысы жарияланған, соның ішінде 2 – халықаралық Scopus деректер базасына енгізілген жоғары импакт-факторлы рецензияланған журналдарда (Chaos, Journal of Computational and Nonlinear Dynamics), 2 – Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда, 3 – халықаралық конференциялардың тезистер жинақтарындағы жарияланымдарда, соның ішінде 1 шетелдік (15th International Conference «Dynamical Systems Theory and Applications» Łódź, Poland).

Диссертацияның құрылымы

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан, 126 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және екі қосымшадан тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 86 бет, 48 сурет.