АННОТАЦИЯ

философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін
«6D061100 Физика және астрономия» - мамандығы бойынша
диссертациясына

ҮСІПОВ НҰРЖАН МҰСАЙЫПҰЛЫ

ҒАРЫШТЫҚ СТОХАСТИКАЛЫҚ ФОНДАҒЫ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ МАСШТАБТЫ ИНВАРИАНТЫ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Жұмыс гравитациялық толқындардың өзұқсас сигналдарының масштабтық инварианттығын зерттеуге, оларды анықтау және классификациялау әдістерін әзірлеуге және қолдануға арналған. Диссертацияда жаңа теориялық тәсілдер мен деректерді өңдеудің тиімді құралдарын қажет ететін ғарыштық стохастикалық фон жағдайындағы гравитациялық толқындар талданады. Зерттеу барысында әлсіз гравитациялық толқындардың теориялық аспектілері мен оларды тіркеудің сандық әдістері, соның ішінде информациялық-энтропиялы тәсілдер мен машиналық оқыту алгоритмдері қарастырылады.

Бірінші бөлімде гравитациялық толқындардың табиғатын зерттеудің қазіргі жай-күйі, олардың жалпы салыстырмалық теориясынан туындайтыны негізделеді, сондай-ақ олардың көздері мен тіркеу әдістері талқыланады. Гравитациялық толқындық астрономияның теориялық негіздері және ғарыштық шудың фонында сигналдарды лазерлі интерференциялық әдістермен тіркеу мәселелері туралы қысқаша мәліметтер келтіріледі.

Екінші бөлім әлсіз гравитациялық толқындардың масштабтық инвариантты сипатын зерттеуге арналған. Толқындық сан кеңеюдің масштабтық коэффициенті модулі бірдей деп есептелетін белгілі теңдеуде лагранж нүктелері арқылы анықталады. Шешімнің фазалық кеңістігі біржақты эволюцияның (кеңеюдің) ZhF (Жанабаев фракталы) және бақылау каталогтарына сәйкес келетін скейлинг көрсеткішіне ие.

Үшінші бөлімде Жанабаев З.Ж. LIGO деректерін талдауға ұсынған фазалық кеңістік энтропиялары айырмашылығының шартты информациясын қолдану әдісіне назар аударылады. Бұл әдіс гравитациялық толқын сигналдарын модельдік шаблондарды қолданбай-ақ анықтауға мүмкіндік береді, бұл ғарыштық шудың фонында пайда болатын толқындарды талдау үшін өте маңызды.

Төртінші бөлімде қара құрдымдар мен нейтронды жұлдыздардың қосылуынан пайда болған гравитациялық толқындарды классификациялау мәселелері қарастырылады. LIGO деректері негізінде нейрондық желілерді

оқыту тәсілдері сипатталып, сигналдарды анықтау мен классификациялау дәлдігін арттыру жолдары көрсетіледі.

Қорытынды бөлімде гравитациялық толқындарды зерттеуге арналған жаңа әдістерді әзірлеудің маңыздылығы және олардың ғарыштық шудың фонында анықталуы атап өтіледі. Бұл космология мен астрофизика саласындағы зерттеулердің жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Тақырыптың өзектілігі. Гравитациялық толқындарды және олардың ғарыштық стохастикалық фонмен өзара әрекеттесуін зерттеу қазіргі астрофизика мен космологияның маңызды міндеттерінің бірі болып табылады. 2015 жылы гравитациялық толқындар алғаш рет тікелей анықталғаннан бері бұл толқындарды бақылау Әлемді зерттеудің жаңа мүмкіндіктерін ашты. Гравитациялық толқындар дәстүрлі әдістермен бақылау мүмкін болмайтын қара құрдымдар мен нейтронды жұлдыздардың қосылуы сияқты экстремалды астрофизикалық процестер туралы ақпарат береді.

Алайда, әлсіз гравитациялық толқын сигналдарын түрлі ғарыштық және жердегі шу көздерінің фонында бөліп алу қиындығы басты мәселелердің бірі болып табылады. Бұл жағдайларда сигналдарды анықтау дәлдігін жақсартуға мүмкіндік беретін информациялық-энтропиялы әдістер сияқты жаңа талдау әдістерін дамыту, сондай-ақ гравитациялық толқындардың шу фоны жағдайындағы сипаттамаларын түсіндіруге көмектесетін сызықтық емес ықтимал сипаттамаларын зерттеу ерекше маңызды болып табылады.

Жұмыстың өзектілігі гравитациялық толқындарды анықтау және классификациялау әдістерін одан әрі жетілдіру қажеттілігімен, сондай-ақ олардың табиғаты мен ғарыштық фонмен өзара әрекеттесуін терең теориялық талдаумен айқындалады. Бұл зерттеулер Әлемнің құрылымы мен эволюциясы, сондай-ақ гравитациялық толқындардың космологиялық процестердегі рөлі туралы негізгі сұрақтарды шешу үшін маңызды.

Жұмыстың мақсаты гравитациялық толқындардың ғарыштық стохастикалық фондағы масштабтық инвариантығын зерттеу және оларды анықтау мен классификациялаудың жаңа әдістерін әзірлеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері:

1. Гравитациялық толқын теңдеулері сигналдарын олардың фракталды табиғатын және Хаббл параметрімен байланысын ескере отырып талдау;
2. Модельдік шаблондарды қолданбай хаотикалық және стохастикалық шу жағдайында гравитациялық толқындарды сандық анықтауға арналған жаңа энтропия айырмашылығының шартты информациясы әдісін қолдану;
3. Гравитациялық толқындарды олардың көздері бойынша классификациялауға арналған шартты информация, өзұқсас информация мәндері және машиналық оқыту әдістерін қолдану.

Зерттеу объектісі: Қара құрдымдар мен нейтронды жұлдыздардың қосылуынан туындаған гравитациялық толқындар.

Зерттеу әдістері.

1. Жалпы салыстырмалық теориясы негізінде әлсіз гравитациялық толқындар теңдеулерін зерттеу, аттрактордың фракталды өлшемін анықтау және оны галактикалар каталогтары деректерімен салыстыру.
2. Модельдік сигнал шаблондарын қолдануды қажет етпейтін, толқындарды анықтау тиімділігін арттыратын информациялық-энтропиялы әдіске негізделген алгоритмдерді әзірлеу.
3. Гравитациялық толқындарды олардың көздері бойынша (қара құрдымдардың, нейтрондық жұлдыздардың және қара құрдым - нейтрондық жұлдыз жүйелерінің бірігуі) классификациялауға арналған нейрондық желілер сияқты машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану.

Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдамалар

1. Әлсіз гравитациялық толқындардың аттракторының фракталды өлшемінің бөлшек бөлігі 0,465 болып табылады және Хаббл параметрімен байланысы анықталды, бұл гравитациялық толқын сигналдарының масштабтық инварианттық қасиеттерін айқындауға мүмкіндік береді.
2. Фазалық кеңістіктің энтропия айырмашылығының шартты информациясы негізінде гравитациялық толқындарды анықтаудың жаңа әдісі сигнал/шу деңгейі (SNR) төмен жағдайында толқындық сигналдарды тіркеуге мүмкіндік береді.
3. Қара құрдымдар мен нейтронды жұлдыздардың қосылуынан пайда болған гравитациялық толқын көздерін энтропия айырмашылығының шартты информациясын және олардың өзұқсастығының теориялық мәндерін (Жанабаев З.Ж. критерийлері) пайдалана отырып классификациялау SNR деңгейі төмен болған жағдайларда да олардың сигналдарын нақты сәйкестендіруге мүмкіндік береді.

Жұмыстың **ғылыми жаңалығы** алғаш рет:

1. Гравитациялық толқындардың масштабтық инварианттығын сипаттау үшін алғаш рет фракталды модель ұсынылды, ол Әлемнің кеңею процестерін қараңғы энергия концепциясынсыз түсіндіруге мүмкіндік береді.
2. Гравитациялық толқындарды анықтаудың жаңа информациялық-энтропиялы әдісі – модельдік сигнал шаблондарын пайдалануды қажет етпейтін фазалық кеңістік энтропия айырмашылығының шартты информациясын қолдану алгоритмдері әзірленді.

3. Гравитациялық толқындарды энтропия айырмашылығының шартты информациясы негізінде жіктеу үшін машиналық оқыту әдістері енгізілді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы. Жұмыстың теориялық маңыздылығы гравитациялық толқындардың масштабтық инварианттылығын және Әлемнің қараңғы энергия концепциясын қолданбай-ақ кеңеюін сипаттайтын фракталдық модельді әзірлеуінде, бұл Әлемнің құрылымы мен гравитациялық толқындардың толқындық табиғатын түсінуді кеңейтеді. Жұмыстың практикалық маңыздылығы гравитациялық толқындарды анықтауға арналған информациялық-энтропиялы әдісті құруда, бұл сигналдарды тіркеу дәлдігін арттырады, сондай-ақ оларды классификациялау үшін машиналық оқыту әдістерін қолдануда, бұл деректерді өңдеуді автоматтандыруға және гравитациялық толқындық астрономияны одан әрі дамытуға ықпал етеді.

Автордың жеке үлесі.

Талдау нәтижелерін ізденуші жеке өзі алды. Қойылым міндеттері нәтижелерді талқылау ғылыми зерттеулермен бірлесіп жүргізілді кеңесшілер.

Нәтижелердің сенімділігі. Есептеулер жалпы салыстырмалық теориясы мен фракталды теорияға негізделген, бұл Әлемнің кеңеюі мен гравитациялық толқындарды модельдеуге теориялық дәлдік береді. Гравитациялық толқындарды анықтауға арналған информациялық-энтропиялы әдіс LIGO серіктестігінің шынайы және синтетикалық деректерінде сыналған, бұл оның тиімділігі мен дұрыстығын растайды. Сандық тәжірибелер мен модельдеу заманауи PyCBC сияқты бағдарламалық құралдарды пайдалану арқылы жүзеге асырылды, бұл нәтижелердің дәлдігі мен қайта өндірілетіндігін қамтамасыз етеді. Машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы толқындарды классификациялау талдаулары да ұсынылған тәсілдердің сенімділігін көрсетеді.

Жұмысты апробациялау. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесі іс-шараларда баяндалып, талқыланды:

1. Халықаралық студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» ғылыми конференциясы (2021 ж., Алматы, Қазақстан).

Жұмыстың нәтижелері бойынша 8 ғылыми жарияланым жарық көрді.

Thomson Reuters дерекқоры бойынша немесе Scopus халықаралық ғылыми дерекқорына кіретін басылымдардағы мақалалар:

1. **Ussipov N.,** Zhanabaev Z., Almat A., Zaidyn M., Turlykozhayeva D., Akniyazova A., & Namazbayev T. (2024). Classification of Gravitational Waves from Black Hole-Neutron Star Mergers with Machine Learning. Journal of Astronomy and Space Sciences, 41(3), 149–158.

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігі Ғылым комитеті ұсынған басылымдардағы мақалалар:

1. **Ussipov N.,** Akhmetali A., Zaidyn M., Akniyazova A., Sakan A., Kalambay M., & Shukirgaliyev B. (2024). Fractal Dimension of Star Clusters. Eurasian Physical Technical Journal, 21(3).

2. **Усипов Н.,** Ахметали А., Зайдын М., Акниязова А., Акнур С., & Субебекова Г. (2024). Entropy of Gravitational Waves. Доклады НАН РК, (3), 47–56.

3. Жанабаев З. Ж., & **Усипов Н. М.** (2023). Information-Entropy Method for Detecting Gravitational Wave Signals. Eurasian Physical Technical Journal, 20(2 (44)), 79–86.

4. Жанабаев З. Ж., **Усипов Н. М.,** Хохлов С. А. Scale-invariant and wave nature of the Hubble parameter //Eurasian Physical Technical Journal. – 2021. – Т. 18. – №. 2 (36). – С. 81-89.

5. Жанабаев З. Ж., & **Усипов Н. М.** (2019). Scale-Invariance of Many Galaxies. Вестник Казахского национального университета. Серия физическая, (2), 27–32.

Тезистер баяндамалар жинағында жарияланымдар:

1. Ахметали А., **Үсіпов Н. М.** Информациялық-энтропия әдісімен гравитациялық толқын көздерінің классификациясы. Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2024.

2. Акниязова А. Ж., Жәңгірбай Д. М., **Үсіпов Н. М.** Галактикалардың корреляциялық өлшемділіктерін анықтау. Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2019.

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігі Ғылым комитетінің «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» қолданбалы ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарына сәйкес «**AP14872061 -** Шуылды MIMO сигналдарының модуляция түрлерінің классификациясы» тақырыбы бойынша жүргізілді.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка использованных источников. Работа изложена на 108 страницах машинописного текста, иллюстрируется 24 рисунками, приведены 193 формул, 3 таблиц, список использованных источников содержит 108 наименований.