

ЯРУЛЛИНА АЛИНА РАШИДОВНАНЫҢ

«КЕМЕЛ ЙОНСОНДЫҚ ПОЛИГОНДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ФРАГМЕНТТЕРІ»

**8D05401 – Математика білім беру бағдарламасы бойынша докторы
(PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясына
АННОТАЦИЯСЫ**

Тақырыптың өзектілігі. Модельдер теориясы іргелі математиканың маңызды бөлімдерінің бірі болып табылады, және де осы ғылымның зерттеу аясында қазіргі заманғы зерттеушілер тарапынан қызығушылық тудыруда, сонымен қатар соңғы алынған нәтижелер бойынша модельдер теориясы ғылымының дамуының оң динамикасы байқалады, яғни бұл пәннің математика ғылымдарының болашағында сөзсіз маңызды рөл атқарады. Классикалық модельдер теориясы көбіне толық теорияларды қарастыру негізінде ұғымдарды енгізгені қажет.

Йонсондық теориялар индуктивті теориялардың ішкі класын құрайды және олардың анықтамасы бойынша толық емес. Дегенмен, олар группалар, абельдік группалар, бекітілген сипаттамалық өрістер, логикалық алгебралар, полигондар және т.б. сияқты классикалық алгебралардың жеткілікті кең класын ажыратады. Кезінде атақты математик-логик Х.Дж. Кислер Барвайстың редакциясымен шыққан төрт томдық «Математикалық логика бойынша анықтамалық кітап» монографиясындағы өзінің «Модельдер теориясының негіздері» атты шолу мақаласында («Fundamentals of Model Theory») модельдер теориясының негізгі түсініктері мен даму бағыттарын анықтады. Х.Дж. Кислер модельдер теориясының дамуындағы екі тарихи тенденцияны көрсетті. Олар «батыс» және «шығыс» модельдер теориясы деп аталады. Бұлай аталудың өзінің мәні бар, яғни А. Тарскийдің 1940 жылдан бері АҚШ-тың батыс жағалауында, ал А. Робинсонның 1967 жылдан 1975 жылы шығыс жағалауында өмір сүргеніне байланысты болғанын атап кетуге болады. Бұл бөліну өзінің географиялық маңызын әлдеқашан жоғалтқан, бірақ математикалық тұрғыдан пайдалы.

«Батыс» модельдер теориясы Скулем мен А. Тарскийдің дәстүрлері бойынша дамыды. Бұл бағыт негізінен сандар теориясының, математикалық талдаудың және жиындар теориясының есептерін шешуге негізделген және бірінші ретті логиканың барлық формулаларын қолданады.

«Шығыс» модельдер теориясы А. Робинсонның дәстүрлері бойынша дамыды. Бұл бағыттың дамуына абстрактілі алгебраның есептері түрткі болды, мұнда теориялардың формулаларында әдетте негізінен екі

кванторлар жиыны болады. Ол көптеген кванторсыз және экзистенциалды формулаларға ерекше назар аударады.

Йонсондық теориялар зерттеу объектісі ретінде Йонсон, Морли және Воттың еңбектерінде қарастырылды. 20 ғасырдың 80-жылдарының ортасында Т.Ғ. Мұстафин еңбектерінде йонсондық теорияларды зерттеудің жаңа бағытын бөліп көрсетті. Нақтырақ айтқанда, ол йонсондық теориялардың нағыз ішкі класын анықтады, оны кемел йонсондық теориялар деп атады. Оны зерттеудің негізгі әдісі келесідей болды: кез келген йонсондық теориялардың қасиеттерін зерттеу үшін централды толықтауыштың қасиеттерін берілген йонсондық теорияға көшірді. Екінші жағынан, Т.Ғ. Мұстафин ұсынған әдіс аясында йонсондық теорияларды зерттеудің әлсіз жақтарының бірі – семантикалық модельді анықтаудағы теориялар жиынындағы Цермелло-Френкель аксиомаларына қол жетпейтін кардиналдың бар болуы туралы қосымша аксиоманың болуы. Айта кететін болсақ, Р.М. Оспановтың «Модельдер теориясы бойынша 5-ші қазақ-француз тіліндегі коллоквиумында» жасаған баяндамасы барысында модельдер теориясы саласындағы белгілі сарапшылар Е.А. Палютин мен Б.Пуаза бұл анықтаманы өзгерту қажеттігін байқаған. Бұл ескертудің орындалуы Е.Т. Мұстафиннің κ -біртектілік және семантикалық модельді қайта анықтаған еңбегінде көрініс тапты. Сәйкесінше, жұмыста йонсондық теорияның кемелділігінің өзгертілген анықтамасы пайда болды, яғни ертерек алынған негізгі нәтижелерді жаңа анықтама аясында қайта ұсынды.

Жоғарыда талқыланған нәтижелер мазмұны бойынша модельдердің «шығыс» теориясына қатысты. Т.Ғ. Мұстафин бульдік алгебраның жалпыланған йонсондық теорияларын сипаттап берді. Одан әрі йонсондық теорияларды зерттеуде позитивтілердің йонсондық теориялардың кейбір жаңа кластары анықталды.

Кез келген алгебралық жүйені зерттеу ондағы ақиқат сөйлемдерді шығаратын теорияны зерттеумен тығыз байланысты. Жалпы айтқанда, толық емес йонсондық теориялар аясында жұмыс істейтіндіктен, ең алдымен, унарлардың толық теориясы үшін алынған нәтижелерді еске түсіруіміз керек. Естеріңізге сала кетейік, унар – жалғыз унарлы функционалдық символдан тұратын сигнатура құрылымы.

Ю.Е. Шишмарев осы салада іргелі нәтижелерге қол жеткізді. 1972 жылы, Ю.Е. Шишмарев шексіз модельдері бар унарлардың толық теориясымен байланысты үш теореманы дәлелдеді. Автор шектелген теорияның саналымды және саналымсыз қуатта әлбетті болуы және шектелмеген теорияның саналымсыз қуатта әлбетті болуы үшін орындалуы тиіс шарттарды анықтады. А.А. Иванов унарлардың элементарлы теориясы шешілімді болады деген қорытындыға келді. А.А. Иванов сондай-ақ қатаң ультрабіртекті унарлар туралы нәтижелер алды; бұл нәтиже унарлардың толық теориясында, унарлардың элементарлы теориясында, сонымен қатар, шексіз модельдерге ие болатын бірақ шекті аксиоматизацияланбаған әрбір

толық шектелген немесе шектелмеген унарлардың теориясы элиминация кванторларының рұқсаттылығы критерийінің анықталуымен байланысты. А.Н. Ряскин унарлардың толық теорияларының модельдерінің санын анықтады және тағы бір өзінің жұмысында осы тақырыпта унарлардың толық теориясы үшін шекті қабықшаның қасиеттерін алды.

Ағылшын тіліндегі дереккөздерге назар аударатын болсақ, Лео Маркус еңбектері ерекше қызығушылық тудырады жазған, нақтырақ айтқанда, L_1 тіліндегі M моделі минималды және қарапайым және қарапайым емес компоненттерден тұратын жағдайы үшін критерий алды. L_1 тілі унарлы функционалдық символ мен предикаттық символдан (теңдік) тұрады. Осы жағдайда автор екі компонент арасындағы қатынас, яғни эквиваленттілік шарттары мен дизъюнктивті бірігулер критерийі туралы бойынша маңызды нәтижелерге қол жеткізді.

Унарлардың йонсондық теорияларын зерттеу Т.Ф. Мұстафиннің еңбектерінен басталады. Унарлардың семантикалық моделінің сипаттамаларын А.Р. Ешкеев және Т.Ф. Мұстафин алды, сондай-ақ унарлардың йонсондық теориясы кемел болатыны туралы фактты көрсетті.

Айта кету керек, сәйкес модельді-теоретикалық тілде анықталған дербес алгебралық жүйелердің кейбір кластарын сипаттау үшін сәйкес тілде сипаттамалары табылмауы мүмкін.

Екінші жағынан, барлық унарлардың теориясы циклдік моноид аясындағы полигондардың йонсондық теориясы екенін ескерген жөн. Дербес жағдайда, мұндай теорияның модельдерін $\{M; f_\alpha\}_{\alpha \in M}$ алгебралық жүйесі түрінде қарастыруға болады, яғни $M \times M \rightarrow M$, мұндағы M – келесі қасиеттер орындалатын циклдік моноид: $e \in M$ және барлық $a \in M$ үшін $f_e(a) = a$, барлық $a \in M$ және $\alpha, \beta \in M$ үшін $f_{\alpha\beta}(a) = f_\alpha(f_\beta(a))$ орындалады.

Тудырушы элементі бар моноид циклдік моноид деп аталады. Әлбетте, кез келген циклдік моноид циклдік группа сияқты әрекет етеді немесе циклдік жартылай группаға бірлікті сырттан қосу арқылы алынған.

Диссертациялық зерттеуге дейін моноид аясындағы полигондар және группа аясындағы полигондарды зерттеу толық теорияларын қарастыру аясында жүргізілді. Жоғарыда айтылғандай, йонсондық теориялар, жалпы айтқанда, толық емес. Толығырақ, толық теориялар үшін унарлар мен унарлар теорияларының сипаттамасының бар болуына қарамастан, унарлардың толық емес теориялары туралы тек барлық унарлар теориясының толық еместігі туралы факт ғана белгілі. Йонсондық теорияларды зерттеу классикалық модельдер теориясындағы бар нәтижелерді нақтылайды және жалпылайды, сондықтан ұсынылып отырған жұмыстың өзектілігі күмән тудырмайды.

Жұмыстың мақсаты. Диссертациялық жұмыстың негізгі мақсаты полигондардың йонсондық теорияларының және олардың модельдер

кластарының модельді-теоретикалық қасиеттерін зерттеу болып табылады. Полигондардың йонсондық теориялары ретінде келесі теорияларды қарастырамыз: группа аясындағы полигондардың экзистенциалды позитивті мұстафиндік теориялары; әмбебап унарлардың робинсондық теориялары және бағдарланбаған графтардың робинсондық теориялары; экзистенциалды тұйық модельді ерекшелейтін унарлы предикаттық символмен және тұрақты символдармен байытылған жаңа сигнатурадағы примитивті ($\forall\exists$ -салдары) унарлардың йонсондық теориялары.

Зерттеу міндеттері. 1. $RSp(K_{\Pi})/\cong_{\exists PM}$ жиынының группасы аясында полигондардың йонсондық $\exists PM$ -теорияларының кластарының семантикалық модельдерінің косемантикалық критерийі табу.

2. $RSp(J\mathbb{C}_U)/\cong$ (робинсондық унарларының йонсондық семантикалық квазикөптүрлігінің робинсондық спектрінің косемантикалық қатынас бойынша фактор-жиынтығы) жиынының косемантикалық кластарының сипаттамасы және олардың семантикалық модельдерінің сәйкес сипаттамалары $\mathbb{C}_{\Delta} \in J\mathbb{C}_U$ зерттеу.

3. ω -әлбетті унарлардың робинсондық теорияларының $RSp(J\mathbb{C}_U)/\cong$ (робинсондық унарларының йонсондық семантикалық квазикөптүрлігінің робинсондық спектрінің косемантикалық қатынас бойынша фактор-жиынтығы) жиынының косемантикалық кластарының сипаттамасы зерттеу.

4. Йонсондық унарлардың примитивінің семантикалық моделінде экзистенциалды тұйық модельді ерекшелейтін жаңа унарлық P^1 предикаттық символымен және тұрақты символымен кеңейтілген сигнатурадағы унарлардың йонсондық примитивтерінің сипаттамасы зерттеу.

Зерттеу объектісі. Группа аясындағы полигондардың кемел йонсондық теориялары, циклдік моноид аясындағы полигондардың кемел йонсондық теориялары және олардың модельдерінің кластары.

Зерттеу әдістері. Зерттеу барысында йонсондық теорияның центрінің қасиеттерін оған ауыстырумен сипатталатын семантикалық әдіс қолданылды. Сонымен қатар, классикалық модельдер теориясы мен әмбебап алгебрадағы зерттеу әдістемелері қолданылды.

Негізгі ережелері. Жұмыста келесідей жаңа ғылыми нәтижелер алынды.

1. $RSp(K_{\Pi})/\cong_{\exists PM}$ жиынының группасы аясында полигондардың йонсондық $\exists PM$ -теорияларының кластарының семантикалық модельдерінің косемантикалық критерийі (теорема 1.4.6).

2. $RSp(J\mathbb{C}_U)/\cong$ (робинсондық унарларының йонсондық семантикалық квазикөптүрлігінің робинсондық спектрінің косемантикалық қатынас бойынша фактор-жиынтығы) жиынының косемантикалық кластарының сипаттамасы және олардың семантикалық модельдерінің сәйкес сипаттамалары $\mathbb{C}_{\Delta} \in J\mathbb{C}_U$ (теорема 2.2.1).

3. ω -элбетті унарлардың робинсондық теорияларының $RSp(JC_U)/\infty$ (робинсондық унарларының йонсондық семантикалық квазикөптүрлігінің робинсондық спектрінің косемантикалық қатынас бойынша фактор-жиынтығы) жиынының косемантикалық кластарының сипаттамасы (теорема 2.3.7).

4. Йонсондық унарлардың примитивінің семантикалық моделінде экзистенциалды тұйық модельді ерекшелейтін жаңа унарлық P^1 предикаттық символымен және тұрақты символымен кеңейтілген сигнатурадағы унарлардың йонсондық примитивтерінің сипаттамасы (теорема 2.5.8).

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы. Диссертациялық жұмыстың бірінші бөлімінде классикалық модельдер теориясындағы негізгі анықтамалар мен теоремалар, сонымен қатар, группа полигондарға моноид ретінде әсер етеді деп тұжырымдалатын нполигон сигнатурасының бекітілген модельдер кластарының йонсондық спектрі ұғымымен байланысты зерттеу нәтижелері көрсетілген. Егер теориялары үйлесімді енгізу қасиеті мен амальгама қасиетін рұқсат ететін алгебра кластарының модельді-теоретикалық қасиеттерін сипаттасақ, онда йонсондық спектр ұғымы тиімді болады. Әдетте, осы кластағы модельдерде ақиқат әмбебап-экзистенциалды сөйлемдерді қарастыру жеткілікті. Диссертациялық жұмыстың бірінші бөлімінде ұсынылған ақпаратқа дейін, йонсондық спектр тек йонсондық теорияларға қатысты болды. Дегенмен, ұсынылған ұғымды зерттеу элементтері йонсондық теория болмайтын позитивті йонсондық спектрді анықтауға мүмкіндік берді. Осы бөлімде қарастырылатын экзистенциалды позитивті мұстафиндік теорияларды анықтауда тек изоморфты енгізулер ғана емес, сонымен қатар батулар да орындалуы себебіне байланысты. Осыған байланысты үйлесімді енгізу мен амальгама қасиеттерін анықтамаларында батулар қолданылады. Нәтижесінде, алынған теориялар міндетті түрде йонсондық болмайды. Йонсондық спектрін зерттеудегі жоғарыда сипатталған тәсіл негізделген, өйткені йонсондық емес теориялар жағдайында да бұрын белгілі ұғымдар мен нәтижелерді қанағаттандыратын йонсондық теориясын табудың тұрақты әдісі бар, бірақ бұл экзистенциалды позитивті мұстафиндік теориясына тікелей қатысты болады.

Диссертациялық жұмыстың екінші бөлімі универсал унарлардың семантикалық йонсондық квазикөптүрліні, яғни жалғыз бір орынды функционалдық символды құрайтын структура сигнатурасын және бинарлы предикаттық символды құрайтын бағдарланбаған графтар сигнатурасын зерттеуге арналған. JC_U робинсондық унарының семантикалық йонсондық квазикөптүрлілігі және оның элементарлы теориясының жаңа ұғымдары анықталды. Мақаланың негізгі нәтижесін дәлелдеу үшін робинсондық спектр $RSp(JC_U)$ және оның эквиваленттік кластарға бөлінуі $[T_U]$ косемантикалық қатынасы бойынша қарастырылды.

$[T_U] \in RSp(J\mathbb{C}_U)$ сияқты эквиваленттік кластардың ерекшеліктерінің сипаттамалары талданды. Негізгі нәтиже келесі бар болу теоремасы болып табылады: унарлардың робинсондық теорияларының әрбір $[T_U]$ класының сипаттамасы; $[T_{U_1}], [T_{U_2}]$ кластарының эквиваленттік критерийі. Әрі қарай $RSp(J\mathbb{C}_U)$ (робинсондық унарларының йонсондық семантикалық квазикөптүрлігінің робинсондық спектрінің косемантикалық қатынас бойынша фактор-жиынтығы) робинсондық спектрлер және $RSp(J\mathbb{C}_G)$ (робинсондық бағдарланбаған графтардың йонсондық семантикалық квазикөптүрлігінің робинсондық спектрінің косемантикалық қатынас бойынша фактор-жиынтығы) және олардың косеманттылық қатынас бойынша $[T_U]$ және $[T_G]$ эквиваленттік кластарына бөлінуі қарастырылады. Осы зерттеудің негізгі нәтижелері келесі пайдалы салдарға алып келеді: унарлардың саналымды әлбетті робинсондық теориялары толығымен әлбетті болып табылады; бағдарланбаған графтардың саналымды әлбетті робинсондық теориялары толығымен әлбетті болып табылады. Екінші бөлім сонымен қатар барлық унарлар теориясын және осы теорияның экзистенциалды тұйық модельдер класын қарастыруға мүмкіндік береді. Унарлардың йонсондық теорияларының семантикалық моделінің экзистенциалды тұйық моделін ерекшелейтін жаңа бір орынды предикаттық символ және жаңа тұрақты символымен унарлардың кеңейтілген сигнатурасы қарастырылды. Қарастырылып отырған теорияның экзистенциалды тұйық йонсондық унарлардың универсалы мен примитивтеріне қатысты кейбір нәтижелер алынды.

Алынған нәтижелердің жаңашылдығы мен маңыздылығының негіздемесі. Жоғарыда айтылғандай, диссертация тақырыбының негізгі міндеті болып табылатын алгебралық жүйелердің йонсондық теорияларын сипаттау мәселесі өзекті екені айқын. Бұл мәселені зерттеу кезінде йонсондық, атап айтқанда робинсондық, спектр және йонсондық семантикалық квазикөптүрлілік сияқты жаңа ұғымдар қолданылды. Сонымен қатар, зерттеудің бірінші бөлімінің негізгі нәтижесі позитивті йонсондық спектрдің теориялармен де, йонсондық емес теориялармен де байланысты. Бұрын мұндай жағдайлар қарастырылмаған. Жұмыс теориялық сипатқа ие және оның практикалық маңыздылығы модельдер теориясының қолданбалы мәнімен бағаланады. Жүргізілген зерттеулер іргелі болып табылады және математика ғылымдарының дамуына елеулі ғылыми үлес қосады.

Алынған нәтижелерді апробациялау. Диссертацияның негізгі нәтижелері диссертацияның бейіні бойынша келесі халықаралық конференциялар мен ғылыми семинарларда баяндалып, талқыланды:

- Қазақстан Республикасы Ғылым қызметкерлері күніне арналған дәстүрлі халықаралық сәуір конференциясында «Existentially positive Mustafin theories of S-acts over a group» тақырыбында баяндама жасалды.

(Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы, 6-8 сәуір 2022 ж.);

- Профессор Т.Г. Мұстафиннің 80 жылдығына арналған Математика, механика және Информатиканың өзекті мәселелері Халықаралық ғылыми конференциясында «The perfect Jonsson S-acts» тақырыбында баяндама жасады (академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, 8-9 қыркүйек 2022 ж.);

- Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің 85 жылдығына арналған «Қазіргі заманғы математика: проблемалар және қолданыстары» үшінші халықаралық Тайманов оқуларында «Позитивный йонсоновский спектр ЭРМ-теорией полигонов над группой» тақырыбында баяндама жасау (Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, 25 қараша 2022 ж.).

- Нәтижелер «On countable categoricity of semantic Jonsson quasivarieties of unars and graphs» тақырыбындағы баяндама түрінде Қазақстан Республикасы Ғылым қызметкерлері күніне арналған дәстүрлі халықаралық сәуір конференциясында (Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы, 5-7 сәуір 2023 ж.) қабылданды;

- Қазақстан Республикасының Ғылым қызметкерлері күніне арналған дәстүрлі халықаралық сәуір конференциясында «On Robinson spectrum of the semantic Jonsson quasivariety of unars» тақырыбында баяндама жасалды (Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы, 5-7 сәуір 2023 ж.);

- С.Л. Соболев атындағы математика институты (Новосибирск, Ресей) және Математика және математикалық модельдеу институтымен (Алматы, Қазақстан) бірлескен Е.А. Палютин атындағы «Модельдер теориясы» ғылыми семинарында «Робинсоновский спектр семантического йонсоновского квазимногообразия унаров» тақырыбымен баяндама жасалды (10 мамыр 2023 ж.)

- Түркі әлемі математиктерінің 7-ші дүниежүзілік конгресінде (TWMS Congress-2023) «On semantic Jonsson quasivariety of Robinson unars» тақырыбында баяндама жасалды (Түркістан, 20-23 қыркүйек 2023 ж.);

- Нәтижелер түркі әлемінің 7-ші дүниежүзілік математиктер конгресінде (TWMS Congress-2023) «On semantic Jonsson quasivariety of undirected graphs» тақырыбында баяндама түрінде қабылданды (Түркістан, 20-23 қыркүйек 2023 ж.);

- Қазақстан Республикасы Ғылым қызметкерлері күніне арналған дәстүрлі халықаралық сәуір конференциясында «On Δ -Jonsson spectrum of Δ -PJ-theories» тақырыбында баяндама жасалды (Математика және математикалық модельдеу институты, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Механика-математика факультеті, Алматы, 5-7 сәуір 2024 ж.);

- Нәтижелер Қазақстан Республикасы Ғылым қызметкерлері күніне арналған дәстүрлі халықаралық сәуір конференциясында «On quantity of equivalence classes of Robinson spectrum of unars» және «On characteristic of equivalence classes of Robinson spectrum regarding their primitive» тақырыптарында баяндамалар түрінде қабылданды (Математика және математикалық модельдеу институты, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің механика-математика факультеті, Алматы, 5-7 сәуір 2024);

- «Модельдер теориясы мен әмбебап алгебраның шекаралық мәселелері» 16-шы Халықаралық жазғы мектеп-конференциясын өткізу кезеңінде баяндама жасалды (С. Л. Соболев атындағы математика институты, 8-13 шілде 2024 ж.).

Ғылымның даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі. Диссертациялық зерттеу тақырыбы «Жаратылыстану ғылымдары» ғылым бағыты бойынша «Елдің зияткерлік әлеуеті» басым бағытына, «Математика, механика, астрономия, физика, химия, биология, информатика және география саласындағы іргелі және қолданбалы зерттеулер» мамандандырылған ғылыми бағытына сәйкес келеді.

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің ғылыми және ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалған:

1. «Косемантикалық кластар және олардың модельдер кластары», ЖСН АР09260237, 2021-2023 жж.;

2. «Бекітілген йонсондық теорияның семантикалық моделінің анықталатын ішкі жиындарының фрагменттері», ЖСН АР23489523, 2024-2026 жж.

Жарияланымдар. Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері 14 жұмыста жарияланды, оның ішінде: Scopus дерекқорына кіретін журналда 3 мақала (Процентиль 46), Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған журналда 1 мақала, халықаралық ғылыми конференция материалдарында 10 жұмыс жарияланды.

Докторанттың әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлесі. Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері 4 жұмыста жарияланды, оның ішінде: Scopus дерекқорына кіретін журналда 3 мақала (Процентиль 46), Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған журналда 1 мақала. Докторанттың әрбір жарияланымды дайындаудағы үлесі зерттеу тақырыбына сәйкес келетін әдебиет қорының талдауын жүргізу, негізгі және қосымша нәтижелерді тұжырымдау, сондай-ақ олардың дәлелдерін ұсынудан тұрады.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. 62 беттен тұратын диссертациялық жұмыс келесі құрылымдық элементтерден тұрады: кіріспе; екі бөлім, қорытынды, пайдаланылған дереккөздер тізімі.

Пайдаланылған дереккөздер саны: 57.

Кілт сөздер. Йонсондық теория, семантикалық модель, кемел йонсондық теориясы, полигон, циклдік моноид аясындағы полигон, группа аясындағы полигон, граф, бағдарланбаған граф, примитив, универсал, позитивтілік, йонсондық спектр, робинсондық спектр, семантикалық йонсондық квазикөптүрлік.