

АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

DOI 10.51885/1561-4212\_2024\_1\_202

MFTAA 81.93.29

**Ф. Маликова<sup>1</sup>, Л. Кыдыралина<sup>2</sup>, В. Малюков<sup>3</sup>, В. Лахно<sup>3</sup>, И. Малюкова<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: feruza-malikova@mail.ru

<sup>2</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті КеАҚ, Семей қ., Қазақстан

E-mail: lazat\_75@mail.ru\*

<sup>3</sup>Украинаның биоресурстар және табиғатты пайдалану ұлттық университеті,

Киев қ., Украина

E-mail: volod.malyukov@gmail.com

E-mail: Iva964@nubip.edu.ua

<sup>4</sup>«Сарапшы-рейтинг» рейтингтік агенттігі, Киев қ., Украина

E-mail: imalyukova82@gmail.com

**БАҒАЛЫ ҚАҒАЗДАРМЕН САУДА ЖАСАУ ПРОЦЕСІН БАСҚАРУДЫҢ ОЙЫН МОДЕЛІ****ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТОРГОВЛИ ЦЕННЫМИ БУМАГАМИ****GAME MODEL FOR SECURITIES TRADING PROCESS CONTROL**

**Аңдатпа.** Бағалы қағаздар (БҚ) нарығында сауда-саттық сессиясының (ССС) ойын үлгісі ұсынылады. СССР-дағы процестің басқарылуын ойын тәсілі тұрғысынан сипаттау орынды екендігі көрсетілген. Бұл мәселені бисызықтық дифференциалдық сапа ойынына негізделген шешімді қолдану арқылы шешу ұсынылады. Бисызықтық дифференциалды ойындарды қолдану бағалы қағаздарды сатып алу-сатуды басқару процесінің ажырамас бөлігі болып табылатын қаржылық ресурстарды бөлу тәртібін қолданумен байланысты. Мұндай дифференциалдық ойындар үшін бірінші тура әдіс те, Л.С. Понтрягиннің альтернативті интеграл әдісі де қолданылмайды, өйткені мұнда Коши формуласы қолданылмайды. Сонымен қатар, Н.Н. Красовский мектебінің әдістері де қолданылмайды, атап айтқанда, "кішкентай ойындар" мәнінің болғанына қарамастан тұрақты көпірлер салу әдісі. Сондықтан мақалада дискретті-жуықтау әдісі қолданылды, бұл берілген қиындықтарды жеңуге және аналитикалық шешімді нақты түрде табуға мүмкіндік берді. Жоғарыда айтылғандардан басқа, қарастырылып отырған мәселенің жаңалығы бағалы қағаздарды сатып алу-сатуды басқару процедурасының динамикасын сипаттау және осы процедураны үздіксіз уақыт ішінде қарастыру болып табылады, бұл қарастырылып жатқан процедурада бағалы қағаздарды сапалы бағалауға мүмкіндік береді. Инвесторлардың шешім қабылдауында маңызды болып табылатын бұқа және аю трендтері (нарығы) аймақтары табылды. Жұмыста алынған нәтижелер БҚ-ды инвестициялық нарықтағы баға тұрақсыздығы жағдайларын болдырмау үшін пайдалы болуы мүмкін. Олар БҚ-ны сатып алу және сату процесстерін бақылайтын бөлімшелердің тиімді жұмысына ықпал ете алады. Мақаланың нәтижелері ірі банк ойыншылары деңгейінде БҚ-ны инвестициялау нарығында баға тұрақтылығын сақтау бақылау шараларын таңдау бойынша ұсыныстарды әзірлеуге ықпал етеді, сондай-ақ инвесторлар БҚ-ды сатып алу-сатуды басқарудың сындарлы стратегиясын іздеген кезде шешім қабылдауды қолдаудың компьютерлік жүйелерінде қолданылуы мүмкін. MatLab имитациялық модельдеу ортасында жасалған есептеу экспериментінің нәтижелері келтірілген.

**Түйін сөздер:** интеллектуалды жүйелер; шешімдерді қолдау; бағалы қағаздар; сауда сессиясы; ойын үлгісі; дифференциалды ойын; стратегия.

**Аннотация.** Предложена игровая модель торговой сессии (ТС) на рынке ценных бумаг (ЦБ). Показано, что управляемость процесса на ТС, целесообразно описать с точки зрения игрового подхода. Предложено для решения этой задачи использовать решение на основе билинейной дифференциальной игры качества. Применение билинейных дифференциальных игр обусловлено использованием процедуры распределения финансовых ресурсов, что является неотъемлемой составляющей процесса управления покупкой-продажей ценных бумаг. Для таких дифференциальных игр не применимы ни первый прямой метод, ни метод альтернированного интеграла Л.С. Понтрягина, так как здесь не применима формула Коши. Кроме того, не применимы методы школы Н.Н. Красовского, в частности, построения стабильных мостов, несмотря на то, что существует значение «маленькой игры». Поэтому в статье был применен дискретно-аппроксимационный метод, позволивший преодолеть приведенные затруднения и найти аналитическое решение в явном виде. Помимо перечисленного, новизной рассмотренной задачи является описание динамики процедуры управления покупкой-продажей ценных бумаг и рассмотренную эту процедуру в непрерывном времени, что дает возможность иметь качественную оценку рассматриваемой процедуры. Были найдены зоны бычьего и медвежьего трендов, что является важным при принятии решений инвесторами. Результаты, полученные в работе, могут оказаться полезными для предотвращения ситуаций ценовой нестабильности на рынке инвестиций в ЦБ. Они могут способствовать эффективной работе подразделений, курирующих процессы покупки-продажи ЦБ. Результаты статьи способствуют выработке рекомендаций по выбору управляющих воздействий для поддержания ценовой стабильности на рынке инвестирования в ЦБ на уровне крупных банковских игроков, а также могут быть использованы в компьютерных системах поддержки принятия решений при поиске инвесторами конструктивной стратегии управления покупкой-продажей ЦБ. Приведены результаты вычислительного эксперимента, выполненного в среде имитационного моделирования MatLab.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы; поддержка решений; ценные бумаги; торговая сессия; игровая модель; дифференциальная игра; стратегия.

**Abstract.** A game model of a trading session (TS) on the securities market is proposed. It is advisable to describe the controllability of the TS process from the point of view of the game approach. It is proposed to use a bilinear differential quality game to solve this problem. The use of bilinear differential games is due to the use of the financial resources allocating procedure, which is an integral component of the securities purchase and sale process control. However, neither the first direct method nor the alternating integral method of L.S. Pontryagin is applicable, since the Cauchy formula is not applicable here. In addition, the methods of N.N. Krasovsky's school, in particular, the construction of stable bridges, are not applicable, despite the existing meaning of "small game". Therefore, the article used a discrete approximation method, which allows overcoming the above difficulties and finding an analytical solution in explicit form. Novelty of the problem - description of the dynamics of the securities purchase and sale process control and its consideration in continuous time, which allows having a procedure qualitative assessment. Zones of bullish and bearish trends important for decision-making by investors were found. The results of the work may be useful for preventing situations of price instability in the securities investments market contributing to the efficient operation of departments supervising the securities purchase and sale process and to the development of control actions to maintain price stability at the level of large banking players, and can also be used in computer DSS when investors are searching for a constructive strategy. The results of a computational experiment performed in the MatLab simulation environment are presented.

**Keywords:** intelligent systems; decision support; securities; trading session; game model; differential game; strategy.

*Kіpіcne.* Компаниялардың қаржылық жағдайын (ҚЖ) талдау олардың құрылуынан бастап бүгінгі күнге дейінгі барлық кезеңінде жүргізу қажет. Себебі ҚЖ талдауы шешім қабылдаушы тұлғаларға (ШҚТ) компанияның тиімді көрсеткіштеріне әсер етуі мүмкін икемді құралдар жиынтығын ұсынады. Тиісінше, шешім қабылдаушылар қолында ҚЖ талдау нәтижелерін қамтитын объективті деректерге ие бола отырып, компанияның жұмысын жақсарту үшін компания ресурстарын пайдалануды тиімдірек ұйымдастыра алады. Тиісінше, ШҚТ (мысалы, компанияның құрылтайшылары, басшылары және менеджменті) қолында ҚЖ талдау нәтижелерін қамтитын объективті деректерге ие бола отырып, компанияның жұмысын жақсарту үшін компания ресурстарын (біз материалдық,

қаржылық, еңбек, ақпараттық және т.б. туралы айтып отырмыз) пайдалануды тиімдірек ұйымдастыра алады [1, 2].

Нарықтық экономика жағдайында компаниялар арасындағы бәсекелестік дәрежесі өте маңызды. Бәсекелестік жағдайында көптеген адамдар компанияның жоғары ғана емес, сонымен қатар тұрақты қаржылық нәтижелерін қамтамасыз етуге мүдделі екені де рас. Бұл тұлғаларға компанияның иелері (акционерлері) ғана емес басқа адамдарды да қарастыруға болады. Атап айтқанда, мүдделі тұлғалар санатына, мысалы, жеткізілген компоненттер мен басқа ресурстарға жедел ақы төлеуге мүдделі жеткізушілерді де жатқызуға болады. Ал инвесторлар сияқты санаттың қызығушылығын ерекше атап өтуге болады. Несие мекемелері, банктер және басқа инвесторлар салынған инвестициялардан, атап айтқанда, компанияның бағалы қағаздарынан дер кезінде табыс алуға мүмкіндік алады деп күтеді. Мысалы, компанияның қаржылық жағдайы сияқты тұжырымдама аясында (кәсіпорын және т.б., әрі қарай «А» шартты компаниясы атауын қолдануға болады), компанияның төлем қабілеттілігі сияқты көрсеткіш бар. Әдетте, бұл көрсеткіш жеңілдетілген тұжырымдамада «А» компаниясының өз міндеттемелерін төлеу қабілеті ретінде түсіндіріледі. Егер серіктестер, жеткізушілер және т.б. алдындағы қарызды өтеуге жеткілікті ақша қаражаты болса, компания төлем қабілетті деп саналады, мысалы, егер компания өз міндеттемелерін орындау үшін жеткілікті өтімділігі жоғары активтерге ие болса, компанияны төлем қабілетті деп санауға болады. Мұндай активтерді қол жетімді бағамен тез сатуға болады. Бұл активтерге, атап айтқанда, қор биржаларындағы өтімділігі жоғары бағалы қағаздар (БК) жатады. Демек, компанияның қор нарығындағы сәтті немесе сәтсіз саясаты оның қаржылық жағдайына тікелей әсер етуі мүмкін деп айтуға болады. Шынында да, егер компанияның бағалы қағаздармен сауда-саттық операциялары сәтті болса, онда бұл оның қазіргі қаржылық жағдайын (ҚЖ) жақсартады. Керісінше, егер қор аландарындағы бағалы қағазбен мұндай мәмілелер сәтсіз болса және компания шығынға ұшыраса, бұл оның ҚЖ-ға теріс әсер етеді.

Бағалы қағаздармен табысты саудаға көбіне адам факторы кедергі жасайды. Компания үшін мұндай келеңсіз жағдайлар, мысалы, қор нарығында компанияның бағалы қағаздарымен сауда жасайтын ойыншылардың шамадан тыс эмоционалдылығы нәтижесінде туындауы мүмкін. Мұндай шамадан тыс эмоционалдылық ойыншыларға компанияның бағалы қағаздарымен ағымдағы жағдайды байсалды түрде бағалауға мүмкіндік бермейді. Бұл, әсіресе, бағалы қағаздар нарығындағы басқа ойыншылар өздерінің «агрессивті стратегияларын» қолдана отырып, өз ойындарын агрессивті түрде жүргізген кезде көрінуі мүмкін. Әдетте, агрессивті стратегияларды қолданудың міндетті шарты ойыншының портфельді талдау (портфельный анализ) және оны оңтайландыру әдістерін білуіне байланысты. Сонымен қатар, мұндай агрессивті стратегияларды қолданатын ойыншы үшін активтерді дұрыс бағалау қабілетінің болуы маңызды. Сонымен қатар, мұндай бағалау тек сандық емес, сонымен қатар сапалық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылуы керек. Мұндай әдістер ансамбліне әдетте статистика әдістері, баға ұсыныстарын техникалық талдау, ойын теориясы, шешімдерді қабылдау теориясы және т.б. кіреді. Қор нарығында жұмыс істейтін және «агрессивті стратегияларды» ұстанатын ойыншылар басқа ойыншыларды, мысалы, белгілі бір компанияның мүдделерін білдіретін алыпсатарлық «жарысқа» тарта алады. Бұл жағдайда нарық параметрлері туралы толық ақпараты жоқ қарапайым ойыншы-инвестор жағдайды дұрыс бағаламай, осындай алыпсатарлық жарысқа түсіп, ақырында қаржылық ресурстарынан (ҚР) айырылуы мүмкін. Осындай ойынның қорытындыларының бірі шартты «А» компаниясының қаржылық жағдайының нашарлауы болады. Егер алыпсатарлық жарыстар басталса, көбінесе тәжірибесіз инвестор ойыншыларда, әдетте

жанадан бастағандар немесе қажетті тәжірибесі жоқ, табын мінез-құлқының (стадное поведение) әсері пайда болады. Сонымен қатар, мұндай тәжірибесіз ойыншылар жасанды түрде тез қаржылық табыстың елесін қалыптастырады. Ал «А» компаниясының ҚЖ-ны жақсартуға тырысып, олар, керісінше, оның нашарлауына ықпал етеді. Осыған байланысты эмоцияларға берілмей, жауапты шешімдер қабылдауды шешім қабылдауға қабілетті кибернетикалық жүйелерге ауыстыру қажет. Мұндай кибернетикалық құралдар, мысалы, интеллектуалды ақпараттық жүйелер (ИАЖ) немесе шешімдерді қолдаудың интеллектуалды жүйелері, әдетте, қарапайым ойыншылар үшін қол жетімді болмайды. Бағдарламалық құралдың бұл түрі қымбат және ол негізінен инвестициялық компанияларда қолданылады. Қарапайым инвестордың мұндай бағдарламалық жасақтаманы сатып алуы екіталай. Яғни, біздің ойымызша, қарапайым инвестор үшін осы мәселенің практикалық аспектісінде БҚ-ны сатып алу-сатуды басқарудың конструктивті стратегиясын табуға айтарлықтай ықпал ететін қолжетімді бағдарламалық өнімді (БӨ) іске асыру жөніндегі міндет өзекті болып қала береді. Бұқа нарығында (бычий тренд, бычий рынок) да, аю (медвежий тренд, медвежий рынок) нарығында да теориялық компонент туралы айтатын болсақ, онда инвесторларды бүгінгі күнге дейін бағалы қағаздар нарығындағы ойыншылардың мінез-құлқын бағалауға көмектесетін модельдер қызықтырады деп айтуға болады. Мұндай модельдер және сәйкес БӨ-ні «агрессивті» стратегияларды қолданатын контрагент ойыншылар тарапынан ең нашар әрекеттер жағдайында бағалы қағаздар нарығында ойыншылардың мінез-құлқын талдауға ықпал етеді. Жоғарыда айтылғандай, бағалы қағаздарға инвестициялау тәуекелдерін азайту компаниялардың капиталын басқару әдістерімен, демек, компанияның қаржылық жағдайының көрсеткіштерімен тығыз байланысты. Атап айтқанда, [1, 2] жұмыстарда бағалы қағаздар нарығындағы ойыншылардың табысы немесе сәтсіздігі инвестордың (немесе инвестициялық нарықтағы ойыншының) бағалы қағаздарды сатып алу немесе сату сәтін қаншалықты таңдағанына тікелей байланысты екендігі көрсетілген [1]. Сонымен қатар, соңғы нәтижеге басқа факторлар да әсер етуі мүмкін. Жоғарыда айтылғандардың контекстінде компаниялардың қаржылық жағдайын кешенді бағалауда немесе стратегияларды таңдауда, операциялар жүргізу кезінде интеллектуалды ақпараттық жүйелер (ИАЖ) немесе басқа бағдарламалық жабдықтар (БЖ) ұзақ есептеу операцияларын өз мойнына алады деп тұжырымдауға болады. Операциялардың бұл түріне бағалы қағаздарды сатып алу мен сатуды басқару барысында инвесторлардың конструктивті стратегияларын модельдеу операциялары да кіруі мүмкін. Сонымен қатар, ИАЖ ядросы болып табылатын мұндай модельдеуді бұқа тренді саласында да, аю тренді саласында да, басқа жағдайларда да жүзеге асыруға болады. Осылайша, ИАЖ сауда әдістерін оңтайландыруға мүмкіндік беретініне толық сенеміз. Атап айтқанда, оның көмегімен бағалы қағаздар бойынша операцияларды басқару кезінде олардың тиімділігін едәуір арттыруға болады. Сайып келгенде, бұл компанияның ағымдағы қаржылық жағдайын дұрыс бағалауға және қаржылық ресурстарды жоғалтуға қатысты ықтимал тәуекелдерді ескере отырып, болашаққа адекватты болжамдар жасауға ықпал етеді, мысалы, компанияның БҚ нарығындағы дұрыс емес стратегиясына байланысты [3, 4, 5].

Бағалы қағаздармен сауда операцияларын жүргізу процестерін модельдеуге қатысты тапсырмаларды рәсімдеу мүмкіндіктерін ескере отырып, ғылыми жаңалық тұрғысынан ойын теориясының математикалық аппаратын пайдалануға қызығушылық таныту заңды болып көрінеді. Біздің жағдайда, мысалы, «А» компаниясының мүдделерін білдіретін инвестор ойыншы ретінде әрекет етеді. Содан кейін екінші ойыншы бағалы қағаздарға ие бола отырып, оларды сатудан түсетін пайданы арттыруға тырысатын тарап болады. Бұл жағдайда инвестордың бақылауынан тыс факторлар орын алады. Мұндай факторлардың

қатарына ойыншылар қолданатын жоғарыда аталған агрессивті стратегияларды, атап айтқанда, бұқа тренді немесе аю трендтері саласындағы бағалы қағаздарды сатып алу-сату кезінде немесе ақпараттардың толық болмауы, атап айтқанда нақты емес ақпарат сияқты және т.б. факторларын жатқызуға болады. Бұған контрагент ойыншылардың ең нашар әрекеттері де кіреді. Тиісінше, «А» шартты компаниясының мүддесін білдіретін инвестор үшін ойынның мақсаты бірқатар сауатты және негізделген басқару шешімдерін қабылдау арқылы өзінің жеке пайдасын (яғни ұтысты) барынша арттыру болады. Әдетте, мұндай басқару шешімдері олардың ҚР-ны ұтымды бөлуден тұрады. [6, 7] зерттеу жұмыстарында көрсетілгендей, бұл жағдайда ең қолайлы бисызықты көп қадамды және дифференциалды ойындар.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы осы зерттеу тақырыбына қызығушылықты алдын ала анықтады және оның өзектілігін көрсетеді.

*Материалдар және зерттеу әдістері.* Соңғы 5-10 жыл ішінде бағалы қағаздармен сауда-саттық процедураларын басқару мәселесіне арналған ғылыми басылымдарда әртүрлі математикалық модельдерді қамтитын көптеген мақалалар жарияланды.

Авторлар арасында ең танымал – статистикалық әдістер [8]. Мұндай әдістер зерттеушілерге қор нарықтарындағы бағалы қағаздар құнының өзгеру тенденцияларын дәл талдауға және болжауға мүмкіндік береді. Бағалы қағаздар нарығын талдау кезінде авторлар уақыттық қатарларды ( *временной* ряд) пайдаланатын басылымдар да бар [8, 9].

Жасанды интеллект жүйелері дамыған сайын машиналық оқыту әдістері (МОӘ) бағалы қағаздар нарығын талдау міндеттерінде алдыңғы қатарға шықты [9-13]. Бұл еңбектерде осындай тапсырмаларда жасанды нейрондық желілерді (ЖНЖ) қолданудың тиімділігіне қатысты мәселелер жан-жақты талданған. Бұл жұмыстарда ЖНЖ-ның негізгі кемшілігі жойылмағанын, атап айтқанда желіні оқыту үшін жеткілікті үлкен және өкілдік үлгіні қажет ететінін ескеру қажет. Сонымен қатар, мұндай оқытуға көп уақыт кетеді.

Сондай-ақ, бағалы қағаздарды сатып алу-сату процедурасын сипаттау үшін ойын теориясы аппаратына негізделген модельдерді сипаттайтын жұмыстар бар [14]. Бұл жұмыстарда ойын теориясын қолдану инвесторларға өз активтерін басқару барысында ұтымды стратегияларды таңдауға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Алайда, талданған жұмыстар шеңберінде бағалы қағаздардың сауда сессиясының (СС) қорытындыларын болжауға байланысты мәселелер қамтылмаған. Ол үшін осы процестерді барынша адекватты түрде көрсететін сауда сессияларының модельдерін қарастыру қажет. Бұл жұмыста екі сызықты дифференциалды ойындар құралдарын қолдануға негізделген осындай модель ұсынылған.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы біздің зерттеу мақсаттарымызды және оның мазмұнына сай келуін (релевантылығын) алдын ала анықтады.

*Зерттеу мақсаты:* компанияның қаржылық жағдайына әсер ететін фактор ретінде толық емес ақпараты бар бағалы қағаздар нарығында компанияның бағалы қағаздарымен сауда операцияларының үздіксіз үлгісін әзірлеу.

Жоғарыда көрсетілгендей, компанияның төлем қабілеттілігі оның бағалы қағаздарының құнына байланысты емес. Компаниялардың жақсы қаржылық жағдайының кепілі-оның қаржылық-экономикалық "ағзасының" барлық компоненттерінің кешенді, жүйелі жұмысы. Сонымен қатар, басқа да маңызды бағыттармен бірге бағалы қағаздарды сатып алу-сату процестеріне жетекшілік ететін бөлімшелердің тиімді қызметі үлкен маңызға ие.

Бағалы қағаздар нарығында тиімді жұмыс істеу үшін БҚ- ны сату және сатып алу процестерін техникалық талдаудың жоғары сапалы құралдарын пайдалану қажет екені белгілі. Сондай-ақ, мұндай талдауға арналған құралдардың үлкен қоржынына

қарамастан, оның барлық жаңа компоненттерін әзірлеу қажеттілігі шұғыл қажеттілік болып табылады. Бұл жұмыс техникалық талдау құралдарының арсеналын арттыру әрекеті жасалған. Сонымен қатар, бағалы қағаздармен сауда операцияларының модельдерін құру сауда сессияларына қатысушыларға нақты ұсыныстар жасау үшін ғана емес, сонымен қатар сессиялардың нәтижелерін болжау құралы ретінде де қызмет ететіндігін атап өткен жөн.

Бұл ретте бағалы қағаздармен сауда операцияларының үлгілерін құру сауда сессияларына қатысушылар үшін нақты ұсыныстарды әзірлеуге ғана емес, сессиялардың нәтижелерін болжау құралы ретінде де қызмет ететінін атап өткен жөн. Осыған байланысты, үздіксіз уақыт арқылы өтетін СС моделі талдау мен болжауға көмектесетін сапалы болжам үшін жақсы негіз болып табылады, мысалы компанияның ҚЖ.

Сауда операцияларының үздіксіз процесін талдау үшін доллары бар бір инвестор және бір түрдегі бағалы қағаздарының белгілі бір сомасы бар контрагентінің жағдайына сәйкес келетін жағдай таңдалды. Инвестор мен оның контрагентін ойыншылар деп санаймыз: инвестор-I ойыншы, оның контрагенті – II ойыншы. Яғни, бағалы қағаздар нарығындағы сауда операцияларына екі ойыншы қатысады деп болжанады. Бұл осы ойыншылардың әрқайсысы осы ССС-да сәйкес келетін мүдделері бар белгілі бір жиынтық ойыншы бола алатындығына байланысты.

Бірінші ойыншы екінші ойыншының жай-күйін білмейді, бірақ оған екінші ойыншының  $\{Y, m(\cdot)\}$  толық емес жиынға тиісті  $h^\xi(0)$  (бағалы қағаздардың бірлік саны) күйі туралы ақпарат белгілі, мұндағы  $Y \in R_+$  жиынының ішкі жиыны,  $m(\cdot) - Y$  жиынына екінші ойыншының  $h^\xi(0)$  күйінің меншіктелу функциясы,  $y^\xi(0) \in Y$ . үшін  $m(h^\xi(0)) \in [0, 1]$ . Сонымен қатар,  $t (t \in [0, +\infty))$  әр бір сәтте бірінші ойыншы  $\tau \leq t$  үшін өзінің  $w(\tau)$  күйін (доллар құны) біледі. Бұл жағдайда келесі шарттар орындалады:  $w(\tau) < 0$  шарты  $< p_0$  ( $0 \leq p_0 \leq 1$ ) сенімділікпен орындалғанда  $w(\tau) \geq 0$  және  $w(\tau) < 0$  шарты  $\geq p_0$  сенімділікпен орындалғанда  $w(\tau) < 0$ ; сондай-ақ, СС-ны өткізу кезінде бірінші ойыншысының  $w(\tau) (\tau \leq t)$  сауда стратегиясын іске асырудың шамалары белгілі. Пайымдау 1-ші ойыншының позициясынан орындалады, яғни екінші ойыншыға мәлім ақпараттар туралы болжамдар жасалмайды.

Қорытындылау 1-ші ойыншының позициясынан жүзеге асырылды, яғни. екінші ойыншының хабардар болуы туралы ешқандай болжамдар жасалмайды. Яғни бұл екінші ойыншының кез келген ақпаратқа ие болуы мүмкін деген сөз. Ойыншылар бір уақытта қадамдар жасайды.

Үздіксіз сатып алу және сату процедурасы төмендегідей жүреді.

Бір ойыншы бағалы қағазды (БҚ-ны долларға) сатып алады, екінші ойыншы оны сатады. Сатып алу валютасы еуро, фунт, теңге (Қазақстан) және басқа да валюталар болуы мүмкін. Бұл СС-ның үздіксіз процедурасының сипаттамасына әсер етпейді.  $t = 0$  уақытында ТС басталғанға дейін бір бағалы қағаздың бағасы белгіленеді, мысалы, ол бір акция болуы мүмкін. Оны былай белгілейік:  $1ЦБ = \lambda_{цб}$ .  $t = 0$  (сауда-саттықтың басталуы) сәтінде I ойыншыда екінші ойыншының бағалы қағаздарының белгілі бір санын сатып алу үшін  $w$  (доллар) бар. II ойыншыда бірінші ойыншыға сатуға арналған  $h^\xi$  бағалы қағаздары бар. Бұдан әрі дискретті  $h^\xi$  шама оң бүтін сан емес, нақты айнымалы ретінде сипатталады деп есептейміз. БҚ-мен сауда операцияларының үздіксіз моделінің сипаттамасын келтірейік.  $t (t \in [0, +\infty))$  сәтінде I және II ойыншылар  $w(t) (w(t) \in R_+)$

долларының (I ойыншы) және бағалы қағаздардың  $h^{\xi}(t)$  ( $h^{\xi}(t) \in R_+$ ) бірліктерінің (II ойыншы) көлемін толықтырады. Содан кейін оларда ЦБ  $\gamma_1 \cdot w(t)$  және  $\gamma_2 \cdot h^{\xi}(t)$ , бағалы қағаздарының келесі көлемдері мен бірліктері болады ( $\gamma_1$  және  $\gamma_2$  – доллар көлемінің өсу қарқыны және БҚ бірліктері). Содан кейін ойыншылар екінші ойыншыдан бағалы қағаздардың белгілі бір санын сатып алу үшін сәйкесінше  $u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t)$  ( $0 \leq u(t) \leq 1$ ) долларларын және бірінші ойыншыға сату үшін  $v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^{\xi}(t)$  ( $0 \leq v(t) \leq 1$ ) бағалы қағаздардың белгілі бір санын бөледі. СС кезінде бағалы қағаздарды сатып алу-сату бағасы  $\lambda_{pok}$  және  $\lambda_{prod}$  болды деп болжануда.

Содан кейін I және II ойыншылардағы  $w(t)$  долларының және  $h^{\xi}(t)$  бағалы қағаздарының бірліктерінің көлемі келесі дифференциалдық теңдеулер жүйесін қанағаттандырады:

$$dw/dt = -w(t) + \gamma_1 \cdot w(t) - u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t) \cdot [1 - (\lambda_{y6} / \lambda_{prod})] + v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h(t) \cdot [\lambda_{y6} - \lambda_{pok}]; \quad (1)$$

$$dh/dt = -h(t) + \gamma_2 \cdot h(t) - v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h(t) \cdot [1 - (\lambda_{pok} / \lambda_{y6})] + u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t) \cdot [(1 / \lambda_{y6}) - (1 / \lambda_{prod})]; \quad (2)$$

Қатынастар мынаны білдіреді: Бағалы қағаздардың белгілі бір санын сатып алуды басқаратын I ойыншы  $u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t)$  долларының бір бөлігін оны сатып алуға бөледі.  $[u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t) / \lambda_{prod}]$  (бұл осы шаманың бүтін бөлігі) долларының белгіленген мөлшерінде ол II ойыншы сататын бағалы қағаздар бірлігінің мөлшерін осы СС-да қалыптасқан  $\lambda_{prod}$  бағалы қағаздар бірлігін сату бағасымен сатып алады. Яғни, I ойыншы екінші ойыншының БҚ бірліктерінің белгілі бір санын сатып алуға бөлген  $u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t)$  доллар құнының орнына, құны  $(\lambda_{y6} / \lambda_{prod}) \cdot u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t)$  долларына бағаланған екінші ойыншының БҚ-ны сатып алды. Нәтижесінде, бірінші ойыншы екінші ойыншының БҚ бірліктерінің белгілі бір санын сатып алу процедурасын орындағаннан кейін  $\gamma_1 \cdot w(t) - u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t) \cdot [1 - (\lambda_{y6} / \lambda_{prod})]$  тең көлемде долларға ие болды. I ойыншы екінші ойыншының белгілі бір БҚ бірлігін сатып алуынан басқа, СС ойынында екінші ойыншының БҚ бірлігінің белгілі бір санын сатуы да бар.

II ойыншы өзінің БҚ бірлігінің белгілі бір санын сатудан доллар алу үшін ол өзінің БҚ-ның  $v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^{\xi}(t)$  бірліктерін бөледі, оны I ойыншы II ойыншыдан  $\lambda_{pok}$  сатып алу бағасы бойынша сатып алады. Демек, II ойыншының  $v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^{\xi}(t)$  санындағы БҚ бірліктерінің белгілі бір санын сату процедурасынан кейін I ойыншының  $v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^{\xi}(t) \cdot [\lambda_{y6} - \lambda_{pok}]$  шамасына доллары қосылады. Сонда I ойыншыда СС-ны өткізгеннен кейін доллар мөлшері  $\gamma_1 \cdot w(t) - u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t) \cdot [1 - (\lambda_{y6} / \lambda_{prod})] + v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^{\xi}(t) \cdot [\lambda_{y6} - \lambda_{prod}]$  болады.

II ойыншының БҚ бірліктерінің саны осы жағдайға ұқсас болады.

II ойыншының сатудан доллар алу үшін бөлінген оның БҚ-ның бірліктерінің белгілі бір саны:  $v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h(t)$ ,  $v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^{\xi}(t) \cdot \lambda_{pok}$  көлемінде доллар алады, нәтижесінде II ойыншының БҚ бірліктерінің саны  $v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^{\xi}(t) \cdot [1 - (\lambda_{pok} / \lambda_{y6})]$  мөлшеріне азаяды. I

ойыншы II ойыншыдан БҚ бірліктерінің белгілі бір санын «өздігінен» сатып алғанын ескере отырып, оның бағалы қағаз бірліктерінің саны (баламасында)  $u(t) \cdot \gamma_1 \cdot h^\xi(t) \cdot [(1/\lambda_{\text{чб}}) - (1/\lambda_{\text{prod}})]$  мөлшеріне артады.

Осылайша, СС қорытындысы бойынша II ойыншыда БҚ бірліктерінің саны қалады, ол:

$$\gamma_2 \cdot h(t) - v(t) \cdot \gamma_2 \cdot h^\xi(t) \cdot [1 - (\lambda_{\text{pok}}/\lambda_{\text{чб}})] + u(t) \cdot \gamma_1 \cdot w(t) \cdot [(1/\lambda_{\text{чб}}) - (1/\lambda_{\text{prod}})].$$

Сонда үздіксіз нұсқада бұл  $w(t)$  және  $h^\xi(t)$  айнымалыларының өзгеру жылдамдығын (1), (2) дифференциалдық теңдеулер жүйесі арқылы жазуға болады.

$t(t \in [0, \infty))$  уақытында СС аяқталу шарттары (3), (4) немесе (5) орындау болып табылады:

$$w(t) > 0, h^\xi(t) = 0; p \geq p_0 \text{ сенімділікпен} \quad (3)$$

$$w(t) = 0, h^\xi(t) > 0; p \geq p_0 \text{ сенімділікпен} \quad (4)$$

$$w(t) = 0, h^\xi(t) = 0; p \geq p_0 \text{ сенімділікпен} \quad (5)$$

Егер (3) шарт орындалатын болса, онда СС кезінде  $t$  уақытында  $p \geq p_0$  сенімділікпен бірінші ойыншы қалаған нәтижеге қол жеткізді және БҚ сауда процедурасы аяқталды деп айтамыз.

Егер (4) шарт орындалатын болса, онда СС кезінде  $t$  уақытында  $p \geq p_0$  сенімділікпен екінші ойыншы қалаған нәтижеге қол жеткізді және БҚ сауда процедурасы аяқталды деп айтамыз.

Егер (5) шарт орындалатын болса, онда СС кезінде  $t$  уақытында  $p \geq p_0$  сенімділікпен екі ойыншы да қалаған нәтижеге қол жеткізе алмады және БҚ сауда процедурасы аяқталды деп айтамыз.

Егер (3), (4) шарты да, (5) шарты да орындалмаса, СС бойынша процедура  $\tau$  ( $\tau: \tau \in (t, +\infty)$ ) уақыт сәттері үшін одан әрі жалғасады.

(1), (2) қатынастарын пайдалана отырып, ойыншылардың өзара әрекеттесу тәртібін орнату уақыттың әрбір  $t$  сәтінде  $\{H_t, n_t(\cdot)\} \times \{F_t, m_t(\cdot)\}$  толық емес жұптарының жиынтығын тудырады. Бұл анық емес жиындар  $(w(0), h^\xi(0))$  ойыншыларының бастапқы күйлерінен кейінгі күйлерге өту процестерін көрсетеді. Ауысу процестері ойыншылардың өз стратегияларын қолдануына байланысты жүреді. Қарастырылып отырған мәселенің қойылымында берілген ойыншылардың хабардар (ақпаратқа ие болу) болу шарттары ойыншылардың өзара әрекеттесуін жалғастыру кезінде өзара әрекеттесудің басталу сәтіне ұқсас жағдайда болуға, яғни осы ойында шешім табуға мүмкіндік береді.

Келесі функцияны анықтайық:

$$F(\cdot): X \rightarrow R_+, F(x) = \{\sup m(y), \text{ для } y \leq x\}.$$

$$\varphi(0) = \inf \{\varphi\}, F(\varphi) \geq p_0.$$

$\varphi(0)$  шамасын екінші ойыншының анықталмағандық сипаттамасы деп атаймыз.

$\Phi$  – арқылы осындай функциялардың жиынын,  $T^* = [0, \infty)$  арқылы уақыт айнымалысының көптеген өзгерістер жиынын белгілейік.

Бірінші ойыншының таза  $u(\dots)$  стратегиясы  $u(t, h, F) \in [0, 1], (F \in \Phi)$  болатын  $u(\dots): T^* \times R_+ \times \Phi \rightarrow [0, 1]$  функциясы болады.



Осылайша, бірінші ойыншының таза стратегиясы – бұл  $t$  уақытындағы ақпараттың күйін  $u(t, w, F)$  мәніне орнататын функция, ол СС-да екінші ойыншының БҚ бірліктерінің белгілі бір санын сатып алуға бөлген доллар сомасын анықтайды. Екінші ойыншының ақпараттылығына қатысты мына мәселені айтуға болады, яғни екінші ойыншы кез келген ақпарат негізінд өзінiң  $v(t)$  басқару әсерін таңдай алады. Бірінші  $W_1$  ойыншысының қалау жиыны осылай анықталады.

Бірінші ойыншы өзінiң бастапқы  $w(0)$  ҚР және келесі қасиетке ие екінші ойыншының анықталмаған сипаттамаларының  $\varphi(0)$  жиынын табуға тырысады.

Бірінші ойыншының мақсаты – қалау жиынын табу, сонымен қатар ол (3) шартының орындалуына қол жеткізетін өзінiң оңтайлы стратегияларын табу.

Тұжырымдалған ойын моделі толық емес ақпарат жағдайында шешім қабылдау мәселесін шешу теориясының жіктелуіне сәйкес келеді. Сонымен қатар, мұндай модель бірнеше терминалдық беттері бар екі сызықты дифференциалды сапа ойыны болып табылады. Бірінші ойыншының қалау жиынын және оның оңтайлы стратегияларын табу көптеген параметрлерге байланысты.

Тұжырымдалған мәселенің шешімі дифференциалды сапа ойындары теориясының құралдарын қолдану арқылы табылады [14]. Бұл құралдар жинағы ойын параметрлерінің кез-келген қатынасында шешім табуға мүмкіндік береді.

Мақалада бірінші ойыншының көзқарасы бойынша мәселені шешу қарастырылған, яғни ойын параметрлерінің барлық қатынастары үшін  $W_1$  «қалау» жиыны және  $u_*(\dots)$  оңтайлы стратегиялары табылған. Екінші ойыншының көзқарасы бойынша мәселені шешу ұқсас болады.

*Нәтижелері және оларды талқылау.*

Есептің шешімі

Келесі белгілеулерді енгізейік:

$$\psi_1 = 1 - (\lambda_{pok} / \lambda_{уб}); \psi_2 = (1 / \lambda_{уб}) - (1 / \lambda_{prod});$$

$$\psi_1' = \psi_1 \cdot \lambda_{уб}; \psi_2' = \psi_2 \cdot \lambda_{уб};$$

Төрт (ықтимал) жағдай бар:

а)  $\psi_1 > 0, \psi_2 \leq 0$ ; б)  $\psi_1 \leq 0, \psi_2 > 0$ ; в)  $\psi_1 > 0, \psi_2 > 0$ ; с)  $\psi_1 \leq 0, \psi_2 \leq 0$ ;

Егер а) және  $\gamma_2 > \gamma_1 - \gamma_1 \cdot \psi_2'$  шарты орындалған жағдайында бірінші одақтас ойыншының қалау жиыны келесідей болады:

$$W_1 = \{(w(0), \varphi(0)) : (w(0), \varphi(0)) \in R_+^2, \varphi(0) < q \cdot w(0)\},$$

мұндағы  $q = (-\gamma_1 \cdot \psi_2) / (\gamma_2 - \gamma_1 + \gamma_1 \cdot \psi_2')$ .

Ойын барысында келесі жағдайлар болуы мүмкін, 1-кестені қараңыз:

**1-кесте.** Ойын барысындағы жағдайлар

| Жағдай | Қосымша шарттар                                   | Ескертпелер  |
|--------|---|--|
| 1      | 2   | 3  |
| a      | $\gamma_2 \leq \gamma_1 - \gamma_1 \cdot \psi_2'$ | Бірінші одақтас ойыншының $W_1$ қалау жиыны $R_+^2$ болады. Екі жағдайда да бірінші одақтас ойыншының оңтайлы стратегиясы қарсылас ойыншыдан БҚ сатып алу үшін барлық қаражатты бөлу болады, ал қарсылас |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | ойыншы одақтас ойыншының долларларын сатып алудан (БҚ сатудан) бас тарту болады. |
|--|--|--|

1-кестенің соңы

| 1 | 2   | 3  |
|---|-----|--|
| б | жоқ | Бірінші ойыншы өзінің артықшылық жиынтығын «құра алмайды», өйткені параметрлердің осы қатынасында жағдай екінші ойыншы үшін, демек, 2-есепті шешкен кезде қолайлы болады, екінші ойыншының көзқарасы бойынша (оның шешімі берілмейді), екінші ойыншы өзінің қалаулар жиынын да, оңтайлы стратегиясын да дәл осылай табады. |
| в | жоқ | Ойыншыларда қалау жиыны жоқ, өйткені параметрлердің осы арақатынасы арқылы оларда доллар мен БҚ қалағанша қол жетімді болады.  |
| с | жоқ | Анықтама бойынша БҚ бірлігін сатып алу курсы БҚ бірлігін сату курсынан артық болуы мүмкін емес   |

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, төрт жағдайдың екеуінде ғана БҚ бірлігі бағасының өсуіне сәйкес келетін арақатынастың (доллар/БҚ бірліктерінің саны) шексіз өсуіне немесе БҚ бірлігі бағасының төмендеуіне сәйкес келетін арақатынастың (БҚ бірліктерінің саны/долларлар) шексіз өсуіне әкелетін жағдайлар болуы мүмкін деп айтуға болады. Қалған жағдайларда бұл факт орын алмайды.

Арақатынастың (доллар/БҚ бірліктерінің саны) шексіз өсуі қажет емес болғандықтан, бұл үшін арақатынастың (БҚ бірліктерінің саны/долларлар) тұрақтылық аймағын ұлғайту үшін  $W_1$  аймағын «тарылту» керек. Бұл  $(\gamma_2/\gamma_1)$  қатынасы қалағандай үлкен болса, мүмкін болады, яғни бағалы қағаздар нарығындағы БҚ бірліктерінің өсу қарқыны доллар көлемінің өсу қарқынынан едәуір асып кетуі керек.

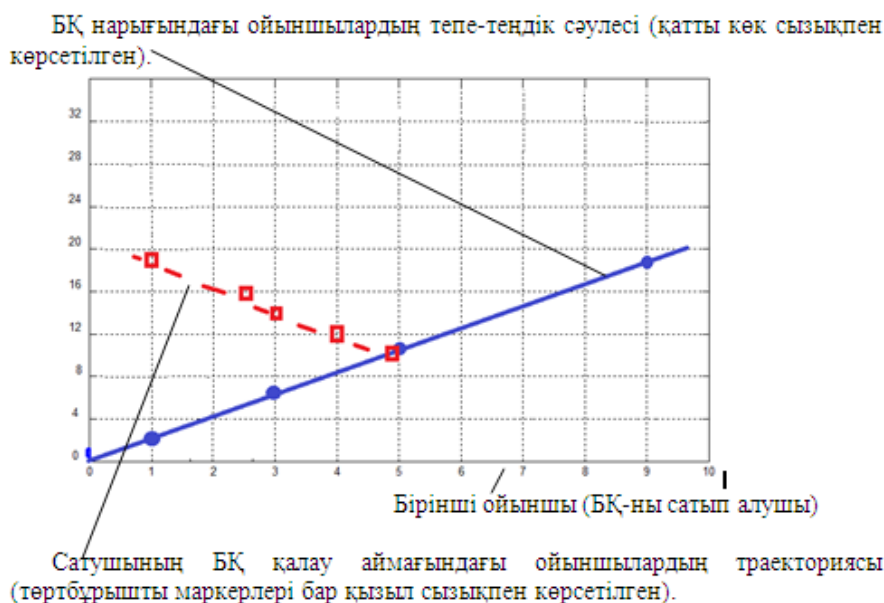
Шынында да, егер  $(w(t), \phi(t))$  траекториясы нүктелерінің котангенстерін қарастыратын болсақ, онда олар тиісті уақыттағы бағалы қағаз бірлігінің бағасы болып табылады. Бұл қатынастан туындайды: (доллар көлемі) = (бағалы қағаздар бірлігінің саны) × (бағалы қағаздар бірлігінің бағасы). Бұдан, баға траекториясын құра отырып, біз ойыншылардың қалау аймақтары «бұқа» және «аю» трендтері болып табылатындығын анықтаймыз.

Ұсынылған модель БҚ нарығындағы ойыншыға болжам жасауға мүмкіндік береді. БҚ нарығының қалыптасқан сипаттамаларын біле отырып, ол сауда-саттықтың басынан бастап  $W$ -ге қатысуға тұрарлық па, әлде жоқ па екенін өзі анықтай алады. Сонымен қатар, модель бағалы қағаздар нарығын техникалық талдауда тиімді құрал бола алатын ИАЖ-ның ядросы бола алады.

Айта кету керек, модельді имитациялық режимінде ойыншылар таңдаған басқару мәндерін дифференциалдық теңдеулер жүйесіне ауыстыру арқылы пайдалануға болады. Бұл нақты баға траекториясын қарастыруға мүмкіндік береді, сондықтан БҚ бірліктерінің белгілі бір санын сатып алу немесе оны сату туралы шешім қабылдау үшін негіз бола алады.

*Есептеу эксперименті.* БҚ-да инвесторлардың қалау аймағын іздеу мәселесіне арналған есептеу эксперименті Matlab ортасында жүргізілді. Нәтиже 1-суретте

көрсетілген.



**1-сурет.** Ойыншылардың қозғалыс траекториясы (БҚ-ны сатып алушы және сатушы)

*Есептеу экспериментінің нәтижелерін талқылау.* 1-суретте БҚ сатушысының өзінің артықшылық саласында сауда сессиясын өткізудің бастапқы сәттеріндегі оңтайлы емес мінез-құлқының жағдайы қарастырылған. Бұл жағдайда бірінші ойыншы (БҚ сатып алушы) өзінің оңтайлы стратегиясын таңдай отырып, жүйенің қаржылық жағдайын өзінің терминалдық бетіне (қызыл сызық) жеткізуге қол жеткізеді. Жүйенің қаржылық жағдайы QQ бірлігінің тепе-теңдік мәніне сәйкес келетін тепе-теңдесу сәулесінде болған жағдайда, ойыншылар (БҚ сатушы және сатып алушы) сол сәуле бойымен қозғалысты жүзеге асырады (көк сызық). Бұл жағдай екі ойыншыны да қанағаттандырады. Егер траектория тепе-теңдесу сәулесінен төмен болса, бұл бірінші ойыншының сессияда параметрлер қатынасындағы артықшылығы бар екенін білдіреді, яғни ойыншылар бірінші ойыншының қолайлы жиынында ойнайды. Бұл жағдайда бірінші ойыншы өзінің оңтайлы стратегиясын қолданады және жүйенің қаржылық жағдайын өзінің терминалдық бетіне шығарады, яғни мақсатына жетеді.

*Қорытынды.* Қазақстан мен басқа да дамушы елдердің экономикасында нарықтық қатынастардың қалыптасуына қарай компаниялардың қабылданатын басқару шешімдері үшін жауапкершілік дәрежесі де арта түсетіні көрсетілген. Сонымен қатар, компаниялар қызметінің, атап айтқанда, бағалы қағаздармен сауда-саттыққа байланысты алынған қаржылық нәтижелер үшін құқықтық және экономикалық жауапкершілік дәрежесі де артып келеді. Сәйкесінше, компаниялар үшін қаржылық ресурстарды қалыптастыру процестерін тиімді және жоғары тиімді басқарудың рөлі артып келеді. Бұл өз кезегінде компаниялардың қаржылық жағдайын талдаудың әдістері мен әдістерін, атап айтқанда компанияның бағалы қағаздар нарығындағы БҚ саудасының нәтижелері айтарлықтай әсер ететін компаниялардың төлем қабілеттілігінің көрсеткіштерін қарастыру қажеттілігін талап етеді.

Мақалада БҚ нарығындағы сауда сессиясының ойын моделі қарастырылған. Сауда сессиясы кезінде процестің басқарылуын ойын тәсілі тұрғысынан сипаттау орынды екені

көрсетілген. Осы мақсатта толық емес ақпаратпен берілген бисызықты дифференциалды сапа ойынының қолданылуына негізделген шешімді қолдану ұсынылады. Бұл тәсіл БҚ нарығында бағаның тұрақсыздығына әкелетін жағдайларды қарастыруға мүмкіндік беретіні дәлелденген. Демек, мұндай тұрақсыздық компанияның төлем қабілеттілігіне кері әсерін тигізуі мүмкін. Осы мақалада ұсынылған модельдің жаңалығы, ұқсас зерттеу жұмыстардан айырмашылығы, ақпараттың толық еместігін ескере отырып, бірнеше терминалды бар екі сызықты дифференциалды сапа ойынының шешімін қамтиды. Алынған нәтижелер БҚ-ны сатып алу және сату процестерін бақылайтын бөлімшелердің тиімді жұмысына ықпал етуі мүмкін. Мақалада MatLab модельдеу ортасында БҚ имитациялық сауда-саттықтары жүргізілген есептеу экспериментінің нәтижелері келтірілген.

#### References

1. Bourke, J. G., Izadi, J., & Olya, H. G. (2020). Failure of play on asset disposals and share buybacks: application of game theory in the international hotel market. *Tourism Management*, 77, 103984.
2. Henrique, B.M., Sobreiro, V.A., & Kimura, H. (2019). Literature review: Machine learning techniques applied to financial market prediction. *Expert Systems with Applications*, 124, 226-251.
3. Lakhno, V., Kudyralina, L., Akhmetov, B., Yagaliyeva, B., Makulov, K. Analysis of Information Flows of Distance Education Systems, Taking into Account the Need to Ensure Their Cybersecurity (2022) *CEUR Workshop Proceedings*, 3288. – Pp. 104-109.
4. Pang, X., Zhou, Y., Wang, P., Lin, W., & Chang, V. (2020). An innovative neural network approach for stock market prediction. *The Journal of Supercomputing*, 76(3), 2098-2118.
5. Shah, D., Isah, H., & Zulkernine, F. (2019). Stock market analysis: A review and taxonomy of prediction techniques. *International Journal of Financial Studies*, 7(2), 26.
6. Singh, S., Parmar, K. S., & Kumar, J. (2021). Soft computing model coupled with statistical models to estimate future of stock market. *Neural Computing and Applications*, 33(13), 7629-7647.
7. Triveni, V.S., Deepthi, T., & Molimol, M.P. (2022). Optimal Game Theory Model for Stock Price Prediction. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 71(4), 3043-3054.
8. Zhong, X., & Enke, D. (2019). Predicting the daily return direction of the stock market using hybrid machine learning algorithms. *Financial Innovation*, 5(1), 1-20.
9. Kawai D., Routledge B., Soska K., Zetlin-Jones A., Christin N., User Participation in Cryptocurrency Derivative Markets, (2023) *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 282, art. no. 8. DOI: 10.4230/LIPIcs.AFT.2023.8
10. Borri N., Shakhnov K., Cryptomarket discounts, (2023) *Journal of International Money and Finance*, 139, art. no. 102963. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2023.102963
11. Alexander C., Chen D., Imeraj A., Crypto quanto and inverse options, (2023) *Mathematical Finance*, 33 (4), pp. 1005 - 1043. DOI: 10.1111/mafi.12410
12. Yaish A., Zohar A. Correct Cryptocurrency ASIC Pricing: Are Miners Overpaying? (2023) *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 282, art. no. 2. DOI: 10.4230/LIPIcs.AFT.2023.2
13. Yousaf I., Abrar A., Yarovaya L. Decentralized and centralized exchanges: Which digital tokens pose a greater contagion risk? (2023) *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 89, art. no. 101881. DOI: 10.1016/j.intfin.2023.101881
14. Chemaya N., Liu D. The suitability of using Uniswap V2 model to analyze V3 data, (2024) *Finance Research Letters*, 59, art. no. 104717. DOI: 10.1016/j.frl.2023.104717
15. Sugiantoro B., Kurniawan A. AN INVESTIGATION OF THE CENTRALIZED EXCHANGE (CEX) APP USING AN EXTENDED TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL, (2023) *International Journal of Innovative, Computing, Information and Control*, 19 (5). – Pp. 1605-1627. DOI: 10.24507/ijic.19.05.1605
16. Fantazzini D., Xiao Y., Detecting Pump-and-Dumps with Crypto-Assets: Dealing with Imbalanced Datasets and Insiders' Anticipated Purchases, (2023) *Econometrics*, 11 (3), art. no. 22, C. DOI: 10.3390/econometrics11030022
17. Jia Y., Wu Y., Yan S., Liu Y. A seesaw effect in the cryptocurrency market: Understanding the return cross predictability of cryptocurrencies, (2023) *Journal of Empirical Finance*, 74, art. no. 101428. DOI: 10.1016/j.jempfin. 2023.101428
18. Nugroho B.a.the stability of islamic cryptocurrencies and copula-based dependence with alternative crypto and fiat currencies, (2023) *ISRA International Journal of Islamic Finance*, 15 (2). – Pp. 80-97. DOI: 10.55188/ijif.v15i2.543