

Д.С. АСАН¹, А.Н. АМАНОВ²

*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан,
Қазақстан*

¹E-mail: darynassan@gmail.com

²E-mail: anuarbek.amanov@ayu.edu.kz*

ЖАТТЫҒУ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫН КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУ КӨМЕГІМЕН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Мақалада компьютерлік көру және позаны бағалау технологиялары негізінде фитнес жаттығуларын нақты уақыт режимінде бақылау мен бағалаудың ғылыми-әдістемелік негіздері талданады. Зерттеудің мақсаты - бір камералы ортада орындалатын фитнес жаттығуларын бағалауға арналған жүйелердің құрылымын, негізгі есептеу белгілерін және қолданбалы шешімдерін ғылыми тұрғыдан жүйелеу. Зерттеуде аналитикалық шолу, жүйелі талдау және салыстырмалы синтез әдістері қолданылды. Дереккөз базасы адамның қалпын бағалау, қозғалысты талдау, қашықтықтан жаттығуды бақылау және нақты уақыт режиміндегі кері байланыс жүйелері бойынша заманауи жұмыстардан тұрды. Талдау нәтижесінде фитнес жаттығуларын нақты уақыт режимінде бағалаудың төрт деңгейлі құрылымы анықталды: дененің тірек нүктелерін анықтау, кинематикалық ерекшеліктерді алу, қозғалыс фазасын және орындау сапасын бағалау және пайдаланушыға түсіндірілетін кері байланыс беру. Сондай-ақ, геометриялық, уақытша және сапалық ерекшеліктерді бірлесіп пайдалану мұндай жүйелердің сенімділігін арттыратыны анықталды. Жұмыстың ғылыми жаңалығы фитнес жаттығуларын бағалау процесін бөлек алгоритмдер жиынтығы ретінде емес, өзара байланысты сандық талдау циклі ретінде ұсынудан тұрады. Бұл тәсілдердің практикалық маңыздылығы олардың үйде жаттығу, онлайн фитнес платформалары, дене шынықтыруды бақылау және бастапқы оңалту үшін қолданылуында.

Түйін сөздер: компьютерлік көру, позаны бағалау, фитнес жаттығулары, нақты уақыттағы бағалау, қимылды талдау, MediaPipe, кері байланыс жүйелері.

Д.С. АСАН¹, А.Н. АМАНОВ²

*Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан,
Казахстан*

¹E-mail: darynassan@gmail.com

²E-mail: anuarbek.amanov@ayu.edu.kz*

АНАЛИЗ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Аннотация. В исследовании применялись методы аналитического обзора, систематического анализа и сравнительного синтеза. Источниками послужили современные работы по оценке осанки человека, анализу движений, дистанционному мониторингу физических упражнений и системам обратной связи в реальном времени. В результате анализа была выявлена четырехуровневая структура для оценки фитнес-упражнений в реальном времени: определение точек опоры тела, извлечение кинематических характеристик, оценка фазы движения и качества выполнения, а также предоставление пользователю интерпретируемой обратной связи. Также было установлено, что комбинированное использование геометрических, временных и качественных характеристик повышает

надежность таких систем. Научная новизна работы заключается в представлении процесса оценки фитнес-упражнений не как совокупности отдельных алгоритмов, а как взаимосвязанного цифрового аналитического цикла. Практическая значимость этих подходов заключается в их применимости для домашних тренировок, онлайн-фитнес-платформ, мониторинга физической подготовки и начальной реабилитации.

Ключевые слова: компьютерное зрение, оценка осанки, фитнес-упражнения, оценка в реальном времени, анализ движений, MediaPipe, системы обратной связи.

D.S. ASAN¹, A.N. AMANOV²

Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

¹*E-mail: darynassan@gmail.com*

²*E-mail: anuarbek.amanov@ayu.edu.kz**

ANALYSIS OF TRAINING MOVEMENTS USING COMPUTER VISION AND EVALUATION OF THEIR EFFECTIVENESS

Annotation. The study employed analytical review, systematic analysis, and comparative synthesis to examine current approaches to human posture assessment, movement analysis, remote exercise monitoring, and real-time feedback systems. The reviewed sources made it possible to identify a four-level framework for real-time fitness exercise assessment. This framework includes determining body support points, extracting kinematic characteristics, assessing movement phases and overall performance quality, and delivering interpretable feedback to the user. The analysis further demonstrated that integrating geometric, temporal, and qualitative characteristics significantly improves the reliability and robustness of such assessment systems. The scientific novelty of the study lies in presenting the fitness exercise assessment process not as a collection of isolated algorithms, but as a unified and interconnected digital analytical cycle in which each stage supports the next. The practical significance of the proposed approaches is determined by their potential application in home-based workouts, online fitness platforms, continuous fitness monitoring systems, and the initial stages of rehabilitation and recovery programs.

Keywords: computer vision, posture assessment, fitness exercises, real-time assessment, movement analysis, MediaPipe, feedback systems.

Кіріспе

Соңғы жылдары смартфон, ноутбук және веб-камера сияқты қолжетімді құрылғылардың кең таралуы адам қимылын автоматты талдауға негізделген цифрлық шешімдердің дамуын жеделдетті. Бұл үрдіс фитнес индустриясында, фитнес мониторингінде және қашықтықтан оқытуда ерекше маңызға ие болды. Дәстүрлі жаттығу процесінде қозғалыс сапасы әдетте жаттықтырушының тікелей бақылауы арқылы бағаланады, ал компьютерлік көру технологиялары бұл процесті сандық негізге ауыстыруға мүмкіндік береді (Badiola-Bengoa & Mendez-Zorrilla, 2021; Gao et al., 2025; Stenum et al., 2021). Адам денесінің негізгі тірек нүктелерін автоматты түрде анықтайтын қалып бағалау алгоритмдері буын бұрыштарын, қозғалыс амплитудасын, траектория тұрақтылығын, симметриясын және орындау ырғағын есептеуге мүмкіндік береді (Cao et al., 2017; Tharatipyakul et al., 2024). Әдебиеттерде камераға негізделген қалып бағалау әдістері спорт, денсаулық және дене белсенділігі салаларында кеңінен қолданылатыны көрсетілген (Badiola-Bengoa & Mendez-Zorrilla, 2021; Gao et al., 2025; Stenum et al., 2021; Tharatipyakul et al., 2024). Сонымен қатар, жеке зерттеулер қозғалысты бақылау, жаттығу сапасын бағалау, қателерді анықтау немесе лезде кері байланыс мәселелерін бөлек қарастыруға бейім (Ekambaram & Ponnusamy, 2024; Neo et al., 2026; Kotte et al., 2024; Woo & Jeong, 2025). Дегенмен, бір камералы ортада жұмыс істейтін және қалып анықтауды, кинематикалық ерекшеліктерді алуды, қозғалыс фазасын бағалауды және пайдаланушыға ыңғайлы кері байланысты біріктіретін кешенді аналитикалық модель жеткілікті түрде

жүйеленбеген. Осыған байланысты нақты уақыт режиміндегі фитнес жаттығуларын бағалау жүйелерінің ғылыми логикасын, құрылымдық компоненттерін және қолдану шектеулерін кешенді талдау өте өзекті.

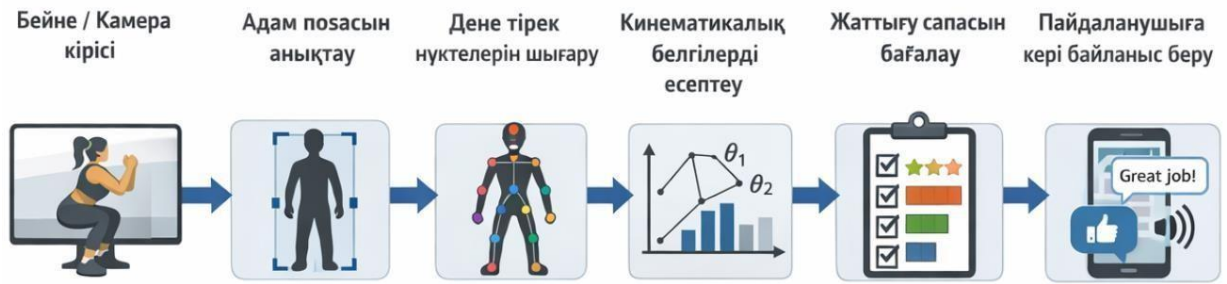
Зерттеудің мақсаты - компьютерлік көру негізінде фитнес жаттығуларын нақты уақыт режимінде бағалау жүйелерінің мазмұнын, құрылымын және қолданылу логикасын ғылыми тұрғыдан жүйелеу. Зерттеу нысаны ретінде веб-камера немесе смартфон камерасы арқылы орындалатын жаттығу қозғалыстары алынды. Зерттеу пәні - осы қозғалыстардан алынатын дене тірек нүктелері, буын бұрыштары, уақыттық қатарлар, қайталау санын есептеу және кері байланыс генерациясы. Жұмыстың міндеттері: нақты уақыттағы бағалау жүйесінің архитектурасын анықтау, негізгі есептеу белгілерін сипаттау, қолданбалы шешімдерді салыстыру және олардың практикалық шектеулерін көрсету.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы фитнес жаттығуларын бағалау процесі тек «дұрыс/бұрыс» жіктеу шеңберінде ғана емес, сонымен қатар дененің тірек нүктелерін анықтаудан бастап түсіндірілетін кері байланысты жеткізуге дейінгі толық сандық цикл ретінде қарастырылатындығында. Тәжірибелік маңыздылығы мұндай жүйелерді үйде жаттығуларда, онлайн фитнес платформаларында, дене шынықтыруды бақылауда және бастапқы оңалту кезеңінде қолдану мүмкіндігімен анықталады.

Зерттеу әдістері мен материалдар

Зерттеу аналитикалық шолу, жүйелік талдау, салыстырмалы талдау және тұжырымдамалық модельдеу әдістеріне негізделген. Дереккөз базасы адамның қалпын бағалауға, дене қозғалыстарын компьютерлік көру талдауына, нақты уақыт режиміндегі жаттығуларды бақылауға және кері байланыс жүйелеріне арналған 11 ғылыми жұмыстан тұрды (Badiola-Bengoa & Mendez-Zorrilla, 2021; Cao et al., 2017; Ekambaram & Ponnusamy, 2024; Gao et al., 2025; Heo et al., 2026; Kotte et al., 2024; Naseer et al., 2025; Samanta et al., 2024; Stenum et al., 2021; Tharatipyakul et al., 2024; Woo & Jeong, 2025). Бұл жұмыстарға жүйелі шолулар, қолданба архитектуралары, нақты уақыт режиміндегі жаттығуларды бағалау модельдері, оңалту жаттығуларын бақылау жүйелері және құрылғы режимінде жұмыс істейтін шешімдер кірді.

Зерттеу бірнеше кезеңде жүргізілді. Бірінші кезеңде фитнес жаттығуларын бағалауға қатысты негізгі ғылыми бағыттар анықталды: қалпын бағалау, қозғалыс сапасын талдау, қайталауды санау, қозғалыс фазасын тану және нақты уақыт режиміндегі кері байланыс. Екінші кезеңде шолу жұмыстарынан ортақ функционалдық компоненттер алынды. Үшінші кезеңде бұл компоненттер геометриялық, уақытша және сапалық ерекшеліктері бойынша топтастырылды. Төртінші кезеңде нақты уақыт режиміндегі фитнесі бағалау жүйесінің жалпыланған тұжырымдамалық құрылымы ұсынылды және қолданылатын шешімдер салыстырылды. Ұсынылған талдау логикасы бейне ағынын алудан бастап пайдаланушыға кері байланыс беруге дейінгі өзара байланысты кезеңдерден тұрады (1-сурет). Бұл жүйе пациенттерді реабилитациялау кезінде олардың жаттығуларын дұрыс орындауына көмектесіп, қалпына келу уақытын қысқартуға және жарақат алу қаупін азайтуға мүмкіндік береді. Сондықтан, BlazePose негізіндегі жүйелер реабилитация бағдарламаларын тиімді жүзеге асыруда маңызды рөл атқара алады, өйткені олар пациенттерге нақты уақыт режимінде қолдау көрсетеді (Yang, H et al., 2022). Реабилитация процесінде BlazePose технологиясы пациенттердің жаттығуларын тиімді орындауына көмектеседі, бұл олардың қалпына келу уақытын қысқартуға және жарақат алу қаупін азайтуға ықпал етеді. Осылайша, BlazePose технологиясын қолдану арқылы пациенттерге реабилитация кезінде қозғалыс техникасын жақсартуға және жаттығуларды тиімді орындауға мүмкіндік беріледі.



Сурет 1. Фитнес жаттығуларын нақты уақыт режимінде бағалау жүйесінің құрылымдық сызбасы

Материалдық негіз ретінде стандартты RGB-бейне, бір камералы түсіру ортасы, MediaPipe/BlazePose сияқты позыны бағалау алгоритмдері, дене тірек нүктелерінің координаталары және сол координаталардан есептелетін кинематикалық белгілер қарастырылды (Ekambaram & Ponnusamy, 2024; Neo et al., 2026; Woo & Jeong, 2025). Мұндай тәсілдерді таңдау олардың кең қолжетімділігімен, қосымша күрделі сенсорлық жабдықтарға қажеттіліктің болмауымен және нақты уақыт режимінде іске асыруға жарамдылығымен түсіндіріледі. Әдістемелік тұрғыдан алғанда, нақты уақыт режиміндегі фитнес жаттығуларын бағалау жүйесі келесі есептеу тізбегіне негізделген: кадрды алу, адам қаңқасын анықтау, кинематикалық ерекшелікті есептеу, жаттығу күйін тану және пайдаланушыға түзету сигналдары мен прогресс туралы ақпарат беру (Ekambaram & Ponnusamy, 2024; Kotte et al., 2024). Осы логика фитнес жаттығуын бағалауды оқшау алгоритмдер жиынтығы ретінде емес, өзара байланысқан цифрлық талдау циклі ретінде түсіндіруге мүмкіндік береді.

Осыған сәйкес, нақты уақыт режиміндегі бағалау жүйелерін зерттеуде басты назар тек алгоритмнің дәлдігіне ғана емес, оның практикалық тұрақтылығына, пайдаланушыға бейімделгіштігіне және әртүрлі ортада жұмыс істеу қабілетіне де аударылуы қажет. Атап айтқанда, жарықтандыру жағдайының өзгеруі, камера бұрышы, фондық кедергілер, дене бөліктерінің жартылай жабылуы және пайдаланушының антропометриялық айырмашылықтары позыны бағалау сапасына тікелей әсер етеді. Сондықтан мұндай жүйелерді бағалау барысында тек қана зертханалық жағдайда алынған нәтижелермен шектелмей, оларды үй жағдайында, спорт залында және оңалту ортасында қолдану сценарийлері бойынша да қарастыру маңызды. Бұл тәсіл жүйенің шынайы ортадағы сенімділігін арттырып, оның қолданбалы құндылығын нақтылауға мүмкіндік береді.

Сонымен бірге, нақты уақыт режиміндегі фитнес жаттығуларын бағалау жүйелерін жобалау кезінде түсіндірілетін кері байланыс тетігі ерекше маңызға ие. Пайдаланушыға тек «дұрыс» немесе «қате» деген нәтиже беру жеткіліксіз, керісінше, қандай буынның қозғалысы ауытқығанын, қай фазада қате кеткенін және оны түзетудің қандай жолы бар екенін көрсету қажет. Осындай түсіндірілетін тәсіл пайдаланушының жаттығуды саналы түрде орындауына, қателерді тез түзетуіне және қозғалыс дағдысын жүйелі түрде жетілдіруіне жағдай жасайды. Нәтижесінде, компьютерлік көру негізіндегі жүйелер фитнес саласында ғана емес, денсаулықты сақтау, қимыл белсенділігін арттыру және алдын алу сипатындағы цифрлық шешімдерде де кеңінен қолданылатын әмбебап технологиялық негіз ретінде қарастырылуы мүмкін.

Талдау мен нәтижелер

Талдау нақты уақыт режиміндегі фитнес жаттығуларын бағалаудың төрт өзара байланысты қабатын анықтады. Бірінші қабат - дененің тірек нүктелерін анықтау. Бұл кезеңде камера кадрындағы адам денесінің құрылымы сандық координаттар ретінде көрсетіледі. Екінші қабат - кинематикалық ерекшеліктерді алу. Мұнда буын бұрыштары, қозғалыс амплитудасы, жылдамдық, траектория және симметрия сияқты көрсеткіштер есептеледі. Үшінші қабат - шешім қабылдау логикасы. Бұл деңгейде қозғалыс фазасы, қайталау саны және

жаттығу сапасы анықталады. Төртінші қабат - кері байланысты қамтамасыз ету. Бұл кезеңде пайдаланушы түсінікті түзету ақпаратын визуалды, мәтіндік, аудио немесе сандық форматта алады (Ekambaram & Ponnusamy, 2024; Neo et al., 2026; Kotte et al., 2024; Woo & Jeong, 2025).

Талдау көрсеткендей, бір ғана ерекшелік түрі жаттығу сапасын сенімді бағалау үшін жеткіліксіз. Сондықтан зерттеулерде үш негізгі ерекшелік тобы кеңінен қолданылады. Бірінші топ геометриялық ерекшеліктерден тұрады: тізе, жамбас, шынтақ, иық және басқа буындардың бұрыштары. Екінші топқа уақытша ерекшеліктер кіреді: қозғалыс фазалары, қайталау ырғағы, амплитуданың өзгеруі және уақыт бойынша тұрақтылық. Үшінші топқа сапалық сипаттамалар кіреді: симметрия, траекторияның тұрақтылығы және тірек қозғалысынан ауытқу (Ekambaram & Ponnusamy, 2024; Neo et al., 2026; Woo & Jeong, 2025).

Осы үш топты бірлесе пайдалану жаттығу сапасын бағалау сенімділігін арттырады және қарапайым бұрыштық шектерге сүйенетін тәсілдерге қарағанда анағұрлым толық сипаттама береді (Кесте 1).

Кесте 1. Фитнес жаттығуларын нақты уақыт режимінде бағалауға арналған жүйелердің салыстырмалы сипаттамасы

Жүйе/дереккөз	Енгізу көзі	Негізгі модель	Нақты уақыттағы көрсеткіші	Негізгі нәтижесі/мақсаты
FitSight (Kotte et al., 2024)	Веб-камера/мобильді камера	Pose tracking + feedback engine	Интерактивті кері байланыс	Жеке жаттығу траекториясын бақылау
PoAna.v1 (Ekambaram & Ponnusamy, 2024)	RGB бейне, 12 keypoints	MediaPipe + LSTM	10-fold avg 98.54%, test 99.7%	Қалыпты бақылау және мониторинг
Exercise Assessment (Woo & Jeong, 2025)	HPE joint coordinates	Relative phase + 1D DL model	95%-дан жоғары дәлдік	Динамикалық squat posture сапасын бағалау
On-device program (Neo et al., 2026)	Smartphone RGB video	BlazePose GHUM 3D + smoothing	97.2% accuracy, 28.6 ms	Автономды бағалау және жаттығу бойынша ұсыныс беру

Қолданбалы жүйелерді салыстыру нақты уақыттағы бағалау бағытында әртүрлі әдіснамалық шешімдердің қалыптасқанын көрсетеді. FitSight жүйесі пайдаланушының жеке жаттығу траекториясын бақылауға және интерактивті кері байланыс ұсынуға бағытталған (Kotte et al., 2024). Бұл тәсілде қозғалысты бақылау мен кері байланыс бір платформада

біріктіріліп, дербестендірілген цифрлық сүйемелдеу мүмкіндігі күшейтіледі. PoAna.v1 платформасындағы MediaPipe және LSTM модельдерінің үйлесімі қозғалысты уақытша тізбек ретінде талдауға мүмкіндік береді, осылайша бақылаудың дәлдігін арттырады (Ekambaram & Ponnusamy, 2024). Бұл жүйенің жоғары дәлдігі нақты уақыт режиміндегі бағалау тапсырмаларында қаңқа нүктелерін уақытша модельдеумен біріктірудің тиімділігін көрсетеді.

Осы екі тәсілді салыстыра қарағанда, нақты уақыттағы фитнес бағалау жүйелерінің дамуы тек қимылды тіркеумен шектелмей, оны интерпретациялау деңгейіне өткенін байқауға болады. Бірінші бағытта жүйе пайдаланушы әрекетін үздіксіз бақылап, практикалық кері

байланыс ұсынуға басымдық берсе, екінші бағытта уақытша тәуелділіктерді модельдеу арқылы қозғалыстың құрылымын тереңірек тану көзделеді. Мұндай айырмашылықтар нақты

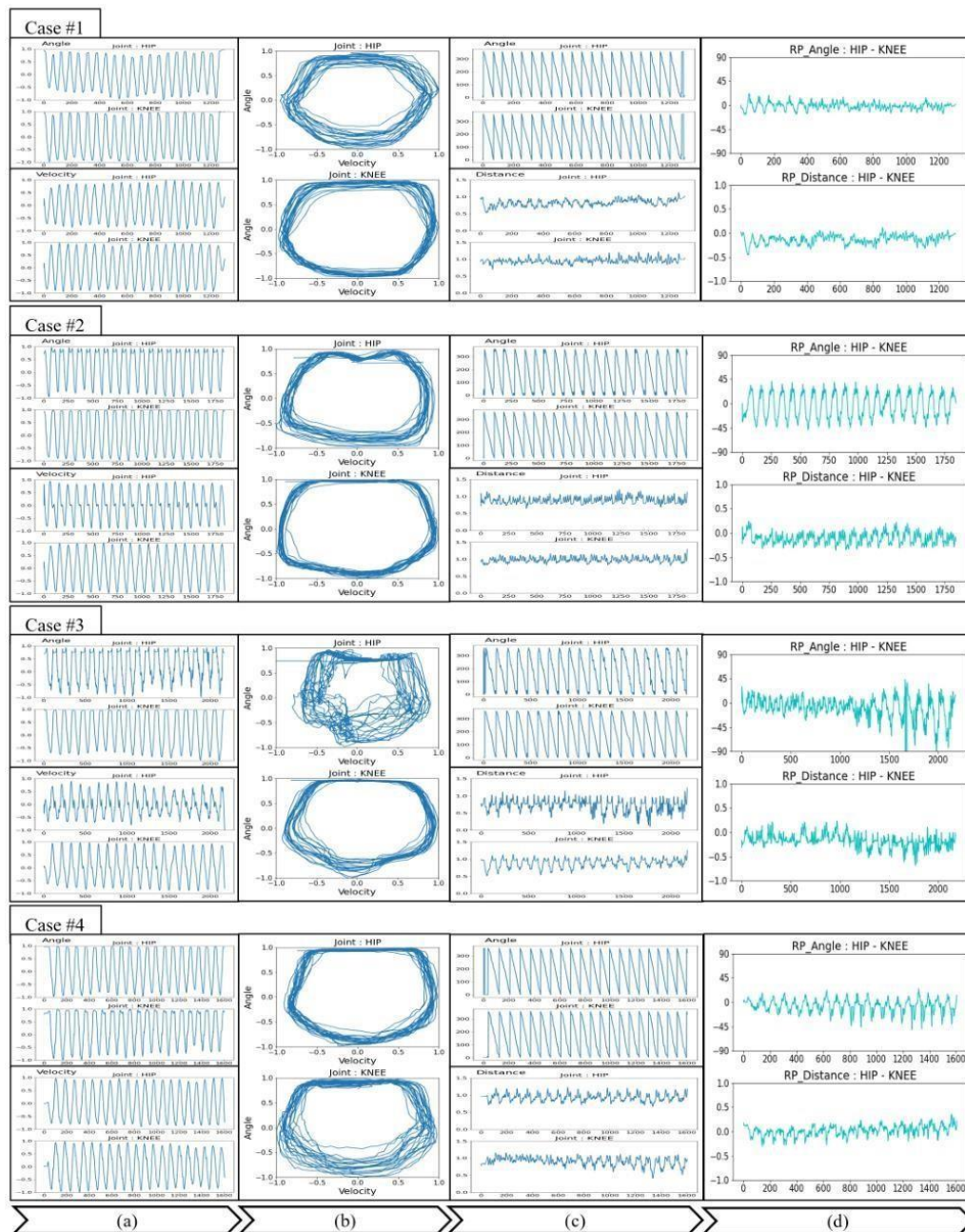
уақыттағы бағалау платформаларының әрқайсысы белгілі бір қолдану сценарийіне бейімделетінін көрсетеді. Соның нәтижесінде, қазіргі зерттеулерде дәлдік, жылдамдық, түсіндірілетіндік және бейімделгіштік сипаттарын бір жүйеде үйлестіру негізгі әдіснамалық міндеттердің біріне айналып отыр. Бұл жүйелердің тиімділігі, әсіресе, пациенттердің реабилитация процесінде қозғалыс техникасын жақсартуда және жаттығуларды тиімді орындауда көрінеді, бұл олардың қалпына келу уақытын қысқартуға ықпал етеді. Осылайша, BlazePose технологиясын қолдану арқылы әзірленген жүйелер пациенттердің реабилитация процесінде қозғалыс техникасын жақсартуға және жаттығуларды тиімді орындауға мүмкіндік береді, бұл қалпына келу уақытын қысқартуға ықпал етеді (Hoang, 2024).

Жаттығуды бағалау жүйесінде қозғалыс сапасы салыстырмалы фазалық әдісті бір өлшемді терең оқыту моделімен біріктіру арқылы бағаланады (Woo & Jeong, 2025). Бұл тәсілде қозғалыс тек жеке бұрыш мәндерімен ғана емес, сонымен қатар буын бұрышы мен бұрыштық жылдамдықтың біріктірілген фазалық сипаттамаларымен де бағаланады. Бұл әдіс динамикалық жаттығуларда қозғалыс координациясын дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Фазалық талдау үшін келесі өрнек қолданылады (Woo & Jeong, 2025):

$$\varphi_x = \arctan(x(t) / \dot{x}(t)) = \omega t + \theta_x \quad (1)$$

мұндағы φ_x - қозғалыстың фазалық бұрышы, $x(t)$ - уақыт бойынша буын бұрышы немесе ығысу мәні, $\dot{z}(t)$ - бұл шаманың уақыт бойынша туындысы (яғни бұрыштық жылдамдық), ω - бұрыштық жиілік, t - уақыт және θ_x - бастапқы фаза. 1-формулада фазалық портрет негізінде қозғалыс координациясын бағалауға мүмкіндік береді және қарапайым шекті әдістермен салыстырғанда динамикалық жаттығулардың мағыналы сипаттамасын береді. Сурет 2. Relative phase тәсілі арқылы динамикалық жаттығуды бағалаудың көрнекі мысалы. Дереккөз: Woo and Jeong (2025) негізінде.

Қозғалысты тек бұрыш арқылы ғана емес, бұрыш пен бұрыштық жылдамдықтың біріккен фазалық сипаттамасы негізінде бағалау тәсілі қозғалыс сапасын неғұрлым дәл анықтауға мүмкіндік береді. Relative phase әдісі сарапшы мен жаңадан үйренушінің қозғалыс үйлесімін анығырақ ажыратады, сондықтан динамикалық жаттығуларды талдауда ол қарапайым threshold-based тәсілдерге қарағанда мазмұндырақ сипаттама береді (Сурет 1).



Сурет 2. Төрт түрлі жағдай үшін нормаланған бұрыш, фазалық портрет және relative phase нәтижелері.

2-суретте төрт түрлі жағдай үшін жамбас және тізе буындарының кинематикалық және фазалық сипаттамалары салыстырылған. (a) бөлігінде екі буынның нормаланған бұрыштық орын ауыстыруы мен бұрыштық жылдамдығының периодтық өзгерісі берілген, бұл қозғалыстың циклдік құрылымын сипаттайды. (b) бөлігіндегі фазалық портреттер қозғалыс траекториясының тұрақтылығы мен қайталанғыштығын көрсетеді: тұйық әрі біркелкі траекториялар жүйенің орнықтырақ жұмысын білдіреді. (c) бөлігінде фазалық бұрыш пен фазалық қашықтық динамикасы ұсынылып, әр буынның фазалық күйі мен оның цикл ішіндегі өзгеру ерекшеліктері бейнеленген. (d) бөлігіндегі ERP қисықтары жамбас пен тізе буындарының өзара үйлесімділік дәрежесін сипаттайды; тербелістің артуы немесе тұрақсыздануы буынаралық координацияның өзгергенін көрсетеді. Жалпы алғанда, сурет әр жағдайдағы қозғалыс тұрақтылығы, фазалық синхрондылық және буындар арасындағы координация деңгейіндегі айырмашылықтарды айқын көрсетеді.

BlazePose GHUM 3D және smoothing әдістеріне негізделген on-device бағдарлама смартфон бейнесі арқылы автономды бағалау мен жаттығу бойынша ұсыныс беруді жүзеге

асырады (Neo et al., 2026). Мұндай тәсілдің маңызды артықшылығы - кідірістің төмен болуы, деректердің локалды өңделуі және құпиялықтың сақталуы. Бұл әсіресе үйде оқыту сценарийлері үшін маңызды, мұнда тұрақты интернет байланысына минималды тәуелділікпен қолжетімді және жылдам шешімдер қажет.

Жалпы алғанда, талдау нақты уақыт режиміндегі фитнес бағалау жүйесінің тиімділігі үш негізгі факторға байланысты екенін көрсетті: қалып бағалаудың дәлдігі, кинематикалық ерекшеліктердің сапасы және пайдаланушыға берілген кері байланыстың түсіндірілу деңгейі. Егер жүйе тек буын бұрыштары үшін қарапайым табалдырықтарға сүйенсе, күрделі және динамикалық қозғалыстарды бағалаудың дәлдігі төмендеуі мүмкін. Екінші жағынан, қозғалыс фазасын, уақытша ерекшеліктерді және сапалық көрсеткіштерді қамтитын тәсілдер жаттығу сапасының толық және дәл сипаттамасын береді (Ekambaram & Ponnusamy, 2024; Neo et al., 2026; Woo & Jeong, 2025).

Сонымен қатар, құрылғыдағы модельдер нақты уақыт режимінде жұмыс істеуге өте қолайлы болғанымен, күрделі қозғалыстарды бағалау кезінде шешім қабылдау логикасы тек статикалық қалыптарға ғана емес, сонымен қатар қозғалыстың уақытша құрылымына да негізделуі керек. Осыған сәйкес, мақсаттық қажеттілік, уақыттық динамиканы және ішкі түсінікті байланыс орнату жүйелері практикалық қолдану үшін перспективалы болып көрінеді. Практикалық тұрғыдан бұл бағыттағы шешімдер үй жағдайындағы жаттығуда, онлайн фитнес платформаларында, жоғары оқу орындарындағы дене дайындығын бақылауда, сондай-ақ бастапқы реабилитациялық жаттығуларды қадағалауда кеңінен қолданылуы мүмкін. Мұндай жүйелер қозғалыс техникасын жетілдіруге, қателерді жедел анықтауға және жаттығу үдерісін дербестендіруге мүмкіндік береді. Осылайша, BlazePose негізіндегі жүйелер үйде жаттығу жасау кезінде пайдаланушылардың тиімділігін арттыруға көмектеседі, сонымен қатар денсаулық сақтау саласында реабилитация бағдарламаларын қолдауға ықпал етеді (Sideridou et al., 2024).. Бұл жүйелердің әлеуеті тек фитнес саласында ғана емес, сонымен қатар пациенттерді реабилитациялау процесінде де айқын көрінеді, өйткені олар нақты уақыт режимінде стандартты қозғалыс нұсқауларын ұсына алады (Wang & Zhang, 2023). Осылайша, BlazePose технологиясын қолдану арқылы әзірленген жүйелер реабилитация бағдарламаларын тиімді жүзеге асыруда маңызды рөл атқара алады, өйткені олар пайдаланушыларға нақты уақыт режимінде қолдау көрсетеді (Yang, H et al., 2022). Бұл жүйелер пациенттерге реабилитация кезінде дұрыс жаттығуларды орындауға көмектесіп, олардың қалпына келу уақытын қысқартуға және жарақат алу қаупін азайтуға ықпал етеді. Осылайша, BlazePose негізіндегі жүйелер пациенттер үшін реабилитация процесін оңтайландыруға мүмкіндік беріп, жаттығулардың тиімділігін арттырады, бұл өз кезегінде қалпына келу уақытын қысқартуға ықпал етеді (Rehabilitation Training Evaluation and Correction System Based on BlazePose, 2022).

Қорытынды

Компьютерлік көру және позаны бағалау технологиялары фитнес жаттығуларын нақты уақыт режимінде бағалаудың ғылыми және қолданбалы негізін қалыптастырады. Талдау мұндай жүйелердің жұмысы өзара байланысты кезеңдерден тұратынын көрсетті: дененің тірек нүктелерін анықтау, кинематикалық ерекшеліктерді алу, қозғалысты орындау фазасы мен сапасын бағалау және пайдаланушыға түсіндірілетін кері байланыс беру.

Жұмыстың негізгі қорытындысы - нақты уақыт режиміндегі фитнес бағалау жүйесінің тиімділігі қалып бағалауының дәлдігіне, есептелген ерекшеліктердің ақпараттықтығына және кері байланыстың анықтығына байланысты. Атап айтқанда, құрылғы режимінде жұмыс істейтін модельдер кідіріс уақытын азайтады, қолжетімділікті арттырады және құпиялылықты жақсартады. Сонымен қатар, қозғалысты тек бұрыштық индикаторлар бойынша ғана емес, сонымен қатар уақытша және фазалық сипаттамалар бойынша бағалау динамикалық жаттығуларды дәлірек талдауға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты, мұндай жүйелер тек қана жаттығу техникасын бақылау құралы емес, сонымен бірге пайдаланушының қозғалыс мәдениетін қалыптастыратын интеллектуалды көмекші ретінде қарастырылуы тиіс. Практикалық тұрғыдан бұл тәсілдер үй

жағдайындағы жаттығуларда, онлайн фитнес платформаларында, дене белсенділігін бақылауда және бастапқы оңалту бағдарламаларында тиімді қолданыс таба алады. Әсіресе, жаттығуды өз бетінше орындайтын пайдаланушылар үшін қимыл сапасын автоматты түрде бағалау жарақат алу қаупін азайтып, жаттығу нәтижелілігін арттыруға ықпал етеді. Болашақ зерттеулер көпкамералы бақылау мүмкіндіктерін кеңейтуге, түсіндірілетін жасанды интеллект модельдерін енгізуге, жаттығуға тән қателік карталарын әзірлеуге және пайдаланушының жасы, физикалық дайындығы мен функционалдық жағдайына бейімделген жекелендірілген кері байланыс жүйелерін құруға бағытталуы қажет. Осындай бағыттағы ізденістер фитнес технологияларын жаңа сапалық деңгейге көтереді.

Практикалық тұрғыдан алғанда, бұл тәсілдер үйде жаттығу, онлайн фитнес платформалары, дене шынықтыруды бақылау және бастапқы оңалту үшін тиімді. Болашақ зерттеулер көп камералы мүмкіндіктерді, түсіндірілетін жасанды интеллект модельдерін, жаттығуға тән қателік карталарын және пайдаланушының жасы мен физикалық жағдайына бейімделген жекелендірілген кері байланыс модельдерін әзірлеуге бағытталуы керек.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Badiola-Bengoa, A., & Mendez-Zorrilla, A. (2021). A systematic review of the application of camera-based human pose estimation in the field of sport and physical exercise. *Sensors*, 21(18), 5996. <https://doi.org/10.3390/s21185996>
- Cao, Z., Simon, T., Wei, S.-E., & Sheikh, Y. (2017). Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 7291–7299. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.143>
- Ekambaram, D., & Ponnusamy, V. (2024). Real-time monitoring and assessment of rehabilitation exercises for low back pain through interactive dashboard pose analysis using Streamlit: A pilot study. *Electronics*, 13(18), 3782. <https://doi.org/10.3390/electronics13183782>
- Gao, Z., Chen, J., Liu, Y., Jin, Y., & Tian, D. (2025). A systematic survey on human pose estimation: Upstream and downstream tasks, approaches, lightweight models, and prospects. *Artificial Intelligence Review*, 58, 68. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11060-2>
- Heo, S., Choi, T., & Choi, W. (2026). Clinical validation of an on-device AI-driven real-time human pose estimation and exercise prescription program: Prospective single-arm quasi-experimental study. *Healthcare*, 14(4), 482. <https://doi.org/10.3390/healthcare14040482>
- Hoang, M. L. (2024). Human pose estimation for rehabilitation by computer vision (pp. 110–128). <https://doi.org/10.2174/9789815313055124010008>
- Kotte, H., Daiber, F., Kravčik, M., & Duong-Trung, N. (2024). FitSight: Tracking and feedback engine for personalized fitness training. *Proceedings of the 32nd ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 223–231. <https://doi.org/10.1145/3627043.3659547>
- Naseer, A., Raza, A., Afzal, H., Smerat, A., Fitriyani, N. L., Gu, Y., & Syafrudin, M. (2025). Human pose estimation in physiotherapy fitness exercise correction using novel transfer learning approach. *PeerJ Computer Science*, 11, e2854. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2854>
- Rehabilitation Training Evaluation and Correction System Based on BlazePose. (2022). <https://doi.org/10.1109/ECICE55674.2022.10042886>
- Samanta, A., Kotte, H., Handwerk, P., Mat Sanusi, K. A., Geisen, M., Kravčik, M., & Duong-Trung, N. (2024). IMPECT-POSE: A complete front-end and back-end architecture for pose tracking and feedback. *Adjunct Proceedings of the 32nd ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 142–147. <https://doi.org/10.1145/3631700.3664865>
- Sideridou, M., Kouidi, E., Hatzitaki, V., & Chouvarda, I. (2024). Towards automating personal exercise assessment and guidance with affordable mobile technology. <https://doi.org/10.3390/s24072037>
- Stenum, J., Cherry-Allen, K. M., Pyles, C. O., Reetzke, R. D., Vignos, M. F., & Roemmich, R. T. (2021). Applications of pose estimation in human health and performance across the lifespan. *Sensors*, 21(21), 7315. <https://doi.org/10.3390/s21217315>

- Tharatipyakul, A., Srikaewsiew, T., & Pongnumkul, S. (2024). Deep learning-based human body pose estimation in providing feedback for physical movement: A review. *Heliyon*, 10, e36589. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36589>
- Wang, J., & Zhang, Y. (2023). Design of real-time movement guidance system based on BlazePose on mobile terminal. *Academic Journal of Science and Technology*, 4(3), 162–164. <https://doi.org/10.54097/ajst.v4i3.5050>
- Woo, Y., & Jeong, H. (2025). Exercise assessment based on human pose estimation and relative phase for real-time remote exercise system. *IEEE Access*, 13, 53203–53213. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3551834>
- Yang, H., Wang, Y., & Shi, Y. (2022). Rehabilitation training evaluation and correction system based on BlazePose. 27–30. <https://doi.org/10.1109/ECICE55674.2022.10042886>

REFERENCES

- Badiola-Bengoa, A., & Mendez-Zorrilla, A. (2021). A systematic review of the application of camera-based human pose estimation in the field of sport and physical exercise. *Sensors*, 21(18), 5996. <https://doi.org/10.3390/s21185996>
- Cao, Z., Simon, T., Wei, S.-E., & Sheikh, Y. (2017). Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 7291–7299. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.143>
- Ekambaram, D., & Ponnusamy, V. (2024). Real-time monitoring and assessment of rehabilitation exercises for low back pain through interactive dashboard pose analysis using Streamlit: A pilot study. *Electronics*, 13(18), 3782. <https://doi.org/10.3390/electronics13183782>
- Gao, Z., Chen, J., Liu, Y., Jin, Y., & Tian, D. (2025). A systematic survey on human pose estimation: Upstream and downstream tasks, approaches, lightweight models, and prospects. *Artificial Intelligence Review*, 58, 68. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11060-2>
- Heo, S., Choi, T., & Choi, W. (2026). Clinical validation of an on-device AI-driven real-time human pose estimation and exercise prescription program: Prospective single-arm quasi-experimental study. *Healthcare*, 14(4), 482. <https://doi.org/10.3390/healthcare14040482>
- Hoang, M. L. (2024). Human pose estimation for rehabilitation by computer vision (pp. 110–128). <https://doi.org/10.2174/9789815313055124010008>
- Kotte, H., Daiber, F., Kravčik, M., & Duong-Trung, N. (2024). FitSight: Tracking and feedback engine for personalized fitness training. *Proceedings of the 32nd ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 223–231. <https://doi.org/10.1145/3627043.3659547>
- Naseer, A., Raza, A., Afzal, H., Smerat, A., Fitriyani, N. L., Gu, Y., & Syafrudin, M. (2025). Human pose estimation in physiotherapy fitness exercise correction using novel transfer learning approach. *PeerJ Computer Science*, 11, e2854. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2854>
- Rehabilitation Training Evaluation and Correction System Based on BlazePose. (2022). <https://doi.org/10.1109/ECICE55674.2022.10042886>
- Samanta, A., Kotte, H., Handwerk, P., Mat Sanusi, K. A., Geisen, M., Kravčik, M., & Duong-Trung, N. (2024). IMPECT-POSE: A complete front-end and back-end architecture for pose tracking and feedback. *Adjunct Proceedings of the 32nd ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 142–147. <https://doi.org/10.1145/3631700.3664865>
- Sideridou, M., Kouidi, E., Hatzitaki, V., & Chouvarda, I. (2024). Towards automating personal exercise assessment and guidance with affordable mobile technology. <https://doi.org/10.3390/s24072037>
- Stenum, J., Cherry-Allen, K. M., Pyles, C. O., Reetzke, R. D., Vignos, M. F., & Roemmich, R. T. (2021). Applications of pose estimation in human health and performance across the lifespan. *Sensors*, 21(21), 7315. <https://doi.org/10.3390/s21217315>
- Tharatipyakul, A., Srikaewsiew, T., & Pongnumkul, S. (2024). Deep learning-based human body pose estimation in providing feedback for physical movement: A review. *Heliyon*, 10, e36589. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36589>

Wang, J., & Zhang, Y. (2023). Design of real-time movement guidance system based on BlazePose on mobile terminal. Academic Journal of Science and Technology, 4(3), 162–164. <https://doi.org/10.54097/ajst.v4i3.5050>

Woo, Y., & Jeong, H. (2025). Exercise assessment based on human pose estimation and relative phase for real-time remote exercise system. IEEE Access, 13, 53203–53213. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3551834>

Yang, H., Wang, Y., & Shi, Y. (2022). Rehabilitation training evaluation and correction system based on BlazePose. 27–30. <https://doi.org/10.1109/ECICE55674.2022.10042886>

Авторлар туралы мәліметтер

Информация об авторах

Information about authors

№	Информация об авторах (Ф.И.О. полностью, ученая степень, место работы или учебы, город, страна, E-mail, сотовый номер автора корреспондента:) на казахском, русском, английском языках
1	Аманов Ануарбек Нурсейтович - PhD, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан Аманов Ануарбек Нурсейтович - PhD, Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан Amanov Anuarbek Nurseytovich - PhD, Ahmet Yassawi University, Turkestan, Kazakhstan E-mail: anuarbek.amanov@ayu.edu.kz, ORCID: 0000-0003-0638-6859
2	Асан Дарын Сырлыбекұлы - магистрант, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан Асан Дарын Сырлыбекұлы - магистрант, Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан Asan Daryn Syrlybekuly - master student, Ahmet Yassawi University, Turkestan, Kazakhstan E-mail: darynassan@gmail.com ORCID: -