# МАСОФАЛАР ТАҚСИМОТ МОДЕЛИ АСОСИДА ҲИС-ТУЙҒУЛАРНИ ТАНИБ ОЛИШ УСУЛИ

**Ниёзматова Нилуфар Аълохановна**
*“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети*
*“ Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари” университети*
*E-mail: n_niyozmatova@mail.ru*
**Маматов Нарзилло Солиджонович**
*“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети*
*“ Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари” университети*
*E-mail: m_narzullo@mail.ru*
**Тожибоева Шахзода Холдоржон қизи[1]**
*“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети*
*E-mail: tojiboyevashaxzoda25@gmail.com*
**Машанпин Тимур Васикович**
*“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети*
*E-mail: timurmashanpin@gmail.com*
**Яхяев Бахромжон Юсуфович**
**E-mail: b.yaxyayev01@gmail.com**
*“ Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари” университети*

**Аннотация.** Ушбу мақолада инсон юз тасвири асосида ҳис-туйғуларни автоматик таниб олиш масаласи масофалар тақсимоти модели орқали таҳлил қилинган бўлиб, унда юз махсус нуқталари (facial landmarks) орқали геометрик шакл ҳосил қилиниб, уларни геометрик ҳолатига асосланган ҳолда ҳис-туйғуларни таснифлаш амалга оширилган. Модел юз нуқталари орасидаги масофаларни аниқлаш орқали уларни статистик тақсимотини ўрганади ва ҳар бир ҳис-туйғу учун ўзига хос "масофа шакл" яратилади. Сўнгра номаълум тасвирдаги юз нуқталари масофалари "масофа шакл"лар билан таққосланади ва энг яқин тақсимотга эга ҳис-туйғу сифатида таснифланади. Тажрибавий тадқиқотлар усул аниқлик даражасини юқорилиги, шунингдек, ҳисоблаш жиҳатидан самарали эканлигини



ISSN 3030-3907

кўрсатди. Ушбу ёндашув реал вақтда фойдаланиш учун мос бўлиб, инсон-компьютер ўзаро таъсирини янада табиийлаштириш имконини беради.

**Калит сўзлар.** ҳис-туйғуларни аниқлаш, фаол намуна моделлари, масофалар тақсимоти, юз нуқталари, геометрик хусусият, автоматик таснифлаш, юз таҳлили, компьютерли кўриш.

**Аннотация**. В этой статье анализируется проблема автоматического распознавания эмоций на основе изображений человеческого лица с использованием модели распределения расстояний, в которой геометрическая форма формируется ориентирами лица, а эмоции классифицируются на основе их геометрического положения. Модель изучает статистическое распределение расстояний между точками лица путем определения их расстояний, и для каждой эмоции создается уникальная «форма расстояния». Затем расстояния точек лица на неизвестном изображении сравниваются с «формами расстояния», и эмоция с наиболее близким распределением классифицируется как эмоция. Экспериментальные исследования показали, что метод имеет высокий уровень точности, а также вычислительную эффективность. Этот подход подходит для использования в реальном времени и позволяет в дальнейшем натурализовать взаимодействие человека и компьютера.

**Ключевые слова.** обнаружение эмоций, модели активных шаблонов, распределение расстояний, точки лица, геометрическая особенность, автоматическая классификация, анализ лица, компьютерное зрение.

**Abstract.** This paper analyzes the problem of automatic emotion recognition based on human face images using the distance distribution model, in which the geometric shape is formed by facial landmarks, and emotions are classified based on their geometric position. The model learns the statistical distribution of distances between facial points by determining their distances, and a unique “distance shape” is created for each emotion. Then, the distances of facial points in an unknown image are compared with the “distance shapes”, and the emotion with the closest distribution is classified as an emotion. Experimental studies have shown that the method has a high level of accuracy as well as computational efficiency. This approach is suitable for real-time use and allows for further naturalization of human-computer interaction.

**Keywords.** emotion detection, active template models, distance distribution, facial points, geometric feature, automatic classification, face analysis, computer vision.

**Кириш**

Сунъий интеллект технологияларини жадал ривожланиши инсон ва компьютер ўзаро алоқасини таъминловчи тизимлар учун янги илмий ва



ISSN 3030-3907

амалий имкониятларни яратиб бермоқда. Хусусан, инсонни психологик ҳолатини аниқлаш ва ҳис-туйғуларини автоматик таҳлил қилишда сунъий интеллект технологиялари кенг қўлланилмоқда [1-4]. Интерактив тизимлар самарадорлигини ошириш ва шахсийлаштирилган ёрдамни шакллантиришда инсон ҳис-туйғуларига муҳим омиллардан бири сифатида қаралмоқда [5-6]. Ҳис-туйғулар инсон ҳиссий ҳолати, муносабатлари ва турли вазиятлардаги ҳати-ҳаракатларини аниқлашда муҳим роль ўйнайди [3,7].

Ҳис-туйғуларни аниқлаш тизимлари инсон-компьютер ўзаро таъсирини ривожлантириш ва автоматик таҳлил жараёнларини такомиллаштиришнинг энг муҳим йўналишларидан бири ҳисобланади. Ҳис-туйғу инсон ички психологик ҳолатини акс эттириб, унинг мулоқоти ва қарор қабул қилишга бевосита таъсир кўрсатади. Шунинг учун ҳам ҳис-туйғуларни автоматик таниб олиш алгоритмларини ишлаб чиқиш замонавий ахборот технологиялари соҳасида долзарбдир.

Ҳис-туйғуларни ифодалаш ва инсон психологик ҳолатини тушуниш инсонлар орасидаги ўзаро муносабатларни энг муҳим ва ҳал қилувчи омилларидан биридир. Мулоқот жараёнида суҳбатдошлар орасида алмашинадиган маълумотларни 7 фоизга яқини маъноли қисмга, 38 фоизи интонацияга ва қолган 55 фоизи эса эса юз ифодасига тўғри келади [8].

Сўнгги йилларда инсон-компютер ўзаро таъсирини такомиллаштириш ва компьютер орқали инсон ҳис-туйғуларини аниқлаш самарадорлигини оширишга катта эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишдаги илмий ва амалий тадқиқотлар асосан компьютерли кўриш ва аудио сигналлар таҳлили орқали инсон ҳиссий ҳолатини автоматик аниқлаш ва баҳолаш ёндашувларини ишлаб чиқишга қаратилган[9, 10]. Бундай тизимлар таълим, инсон-компьютер интерфейслари, тиббий ташхис, хавфсизлик каби соҳаларда кенг қўлланилиши мумкин [11].

Ҳис-туйғуларни таниб олиш усуллари таҳлили

Инсон ҳис-туйғуларини автоматик таниб олишда геометрик ёндашувлар муҳим ўрин эгаллайди. Юз махсус нуқталари орасидаги масофалар тарқатилиш моделлари инсон турли ҳис-туйғуларини ифодалашнинг аниқ восита сифатида қаралади [12,13]. Бу масофалар инсон юз мушаклари ҳаракатларига боғлиқ ўзгаришларни акс эттиради ва улар асосида ҳис-туйғуларни статистик моделлаштириш мумкин [14].

Cootes ва унинг ҳаммуаллифлари томонидан 1995 йилда таклиф этилган Active Shape Models (ASM) [15] ва кейинчалик ишлаб чиқилган Active Appearance Models (AAM) [16] ушбу йўналишдаги илғор ишлардан ҳисобланади. Улар юз шакли статистик ўзгаришларини таҳлил қилиш учун



ISSN 3030-3907

юз махсус нуқталарини аниқлаб, уларни ўзаро масофалари асосида статистик моделлатиришга йўналтирилган. Булар инсон юз геометрик хусусиятлари ҳис-туйғуларни қандай намоён этишини таҳлил қилишда илмий асос бўлиб хизмат қилди.

Pantic ва Rothkrantz [18], Cohn ва бошқалар [19] ишларида юздаги махсус нуқталар ўзаро масофалари ҳис-туйғуларни ифода этишнинг универсал белгилари сифатида олинган. Улар турли ҳис-туйғуларда юздаги муайян нуқталар орасидаги масофалар статистик жиҳатдан ишончли фарқларга эга эканлигини кўрсатиб беришган. Valstar ва унинг ҳаммуаллифлар [20] юз нуқталари орасидаги масофалар статистик тарқатилишини таҳлил қилиш орқали ҳис-туйғуларни аниқлаш учун самарали таснифлаш моделларини таклиф этишган.

Масофалар тарқатилишини моделлаштиришда асосан нормал тақсимотли Gaussian Mixture Models (GMM) кенг қўлланилади [19, 20]. Cohn ва Valstar ҳар бир ҳис-туйғу учун масофалар ўртача қийматлари ва дисперсияси орқали аниқликни ошириш мақсад қилинган. Sariyanidi ва унинг ҳаммуаллифлари [21] нормаллаштириш орқали масофалар тарқатилиш хусусиятларини барқарор таҳлил қилиб юқори аниқликка эришишни кўрсатиб беришган. Бундай статистик моделлар асосидаги ёндашувлар юз нуқталари аниқ белгиланганда ва ташқи омиллар (масалан, ёруғлик, бурилиш, юзнинг айланиши) таъсири камайтирилганда юқори аниқликни таъминлайди [18,20]. Бироқ, адабиётларда таъкидланган асосий чекловлар бу юз нуқталарини аниқлаш сифат даражаси, индивидуал хусусиятлар (масалан, этник ёки физиологик фарқлар) ва ташқи шароитларга сезгирлик ҳисобланади [21]. Шунга қарамай, кўплаб тадқиқотларда тарқатилиш моделини овоз, физиологик маълумотлар каби қўшимча модалликлар билан уйғунлаштириш ҳис-туйғуларни таниб олишда янада самарали ечим бериши кўрсатиб ўтилган [22]. Юздаги махсус нуқталар орасидаги масофалар тарқатилишини таҳлил қилиш модели ҳис-туйғуларни аниқлашда юқори самарадорликка эга ва тадқиқотларда асосий усуллардан бири сифатида кенг қўлланилмоқда.

Компютерда ҳис-туйғуларни аниқлашни аксарият усуллари назорат остида ўқитишга асосланган. Улар бошланғич маълумотлар сифатида индивидуал юз тасвирлар ёки видео оқимидаги кадрлар кетма-кетлигидан фойдаланади. Шунинг учун усулларни шартли равишда икки турга, яъни статик ва динамик усулларга ажратиш мумкин. Динамик усуллар одатда вақт ўтиши билан юз мушаклари ҳаракати ҳақидаги маълумотлардан фойдаланади. Масалан, ҳис-туйғуларни автоматик аниқлаш қадимги



ISSN 3030-3907

усулларидан бири юзни алоҳида қисмлари ҳаракат йўналиши ва тезлигини аниқлаш учун оптик оқимлардан фойдаланишга асосланган. Бунда қаралаётган ҳис-туйғу мавжуд намуналар билан таққосланган [16]. Яна бир ёндашувда оптик оқим ўрнига юз қисмлари деформацияларини янада аниқ аниқлаш имконини берувчи бирлашган тебранишлар модели қўлланилган [18]. Шуни алохида таъкидлаш жоизки, намуналарни автоматик ажратиш бўйича ҳам кўплаб ишланмалар мавжуд. Масалан, [19] иш муаллифлари аудио ва видео кетма-кетликларни автоматик сегментлаш ҳамда аниқланган сегментларни тамғалаш учун яширин Марков моделларидан фойдаланишган. Динамик усулларни асосий афзалликларидан бири бу инсон юзидаги қисқа муддатли ўзгаришларни, яъни микроэмоцияларни аниқлаш имконини беради [20]. Бироқ, кўплаб амалий масалалар ечишда микроэмоцияларни аниқлашни имкони бўлмайди. Шунинг учун бундай ҳолларда визуал баҳолашга асосланган статик усуллар қўлланилади. Юзни ифодалашни кўплаб усуллари мавжуд. Масалан, Безье чизиқларидан [21] ишда фойдаланилган. Ҳис-туйғуларни аниқлашда фаол шакл моделлари (AAM)дан кенг фойдаланилади [22-24]. Ушбу тоифа моделлари кўз қорачиғи маркази, лаблар бурчаклари, бурун контури каби махсус нуқталар жойлашувини самарали ҳисоблаш ва улар асосида таниб олишни амалга ошириш имконини беради. Фаол шакл моделларига асосланган усуллар батафсил баёни [24] ишда келтириб ўтилган бўлиб, унда муаллифлар бир вақтни ўзида учта таниб олиш усулларини, яъни Эвклид масофаси, Гаусс аралашмаси моделлари ва таянч вектор усулларини таққослашган.

Ушбу мақолада таклиф этилган усул ҳам статик бўлиб, фаол шакл модели асосида олинган юз махсус нуқталари жойлашувини таҳлил қилишга асосланади. У [24] ишда келтирилган Гаусс аралашмали усулига яқин бўлсада, бир нечта муҳим фарқларга эга, яъни [24] ишда махсус нуқталар силжиши белги сифатида олинган. Мазкур ишда эса махсус нуқталар орасидаги масофалар белги сифатида олинади. Барча белгилар мажмуасида Гаусс аралашмаси ўрнига ҳар бир белги учун тақсимот функциясидан фойдаланилади, яъни ҳар бир белгига ўз тақсимот функцияси берилади. Бундан ташқари, белги пайдо бўлиш эҳтимолигини аниқлаш учун куммулятив эҳтимоллик функциясидан фойдаланилади.

Қуйида таклиф этиладиган усул умумий тавсифи, фаол шакл моделлари қисқача баёни, белгилар қийматларини тақсимотига асосланган статистик модел ва унга асосланган таниб олиш алгоритми батафсил тавсифи келтирилган.

**Ҳис-туйғуларни аниқлаш усули**



ISSN 3030-3907

Таклиф этилаётган усул ўқитувчили ўқитиш усуллари синфига мансуб бўлиб, у қуйидаги уч босқичда амалга оширилади.

1. Маълумотларни тайёрлаш босқичи. Бунда маълумотлар дастлабки ишлов бериш босқичидан ўтказилади ва мос синфлар тайинланади.

2. Ўқитиш босқичи. Бунда бошланғич маълумотлар асосида махсус белгилар модели ўқитилади.

3. Жорий этиш босқичи. Бунда ўқитилган модел ҳақиқий маълумотларга қўлланилади. Натижада кириш намуналари олдиндан берилган синфлардан бирига тегишлилиги аниқланади.

Кирувчи, яъни дастлабки маълумотлар сифатида синфлари белгиланган инсон юз тасвирлари олинади. Ҳар бир тасвир билан бирга қошлар, кўзлар, бурун, лаблар ва юз контури каби юз ҳолатини кучли характерловчи махсус белгилар ўқитиш босқичида алгоритм киришига узатилади.

Қошлар, кўзлар, бурун ва лаблар [25] иш муаллифларига фикрига кўра инсон ҳис-туйғусини акс эттирувчи асосий визуал белгилар ҳисобланади. Юз контури эса усулга қўйилган техник талабдир. Бунда юз контури бош контурига мос келиши шарт эмас. Бошланғич маълумотлар сифатида ҳар бир тасвирга мос ҳис-туйғу номи ҳам олинади. Ушбу тадқиқотда [26] ишда баён этилган ва амалда стандартга айланган ҳис-туйғунинг 7 та асосий тури, яъни нейтрал, ҳайрат, хурсанд, ғазаб, жирканиш, қайғу, менсимаслик қаралади. Бунда юз нейтрал ифодасини англатувчи махсус белги ҳам мавжуд. Бу белги кириш тасвирларига бевосита бириктирилмайди, балки бошланғич маълумотлар сўнгги компоненти юз ифодасини "нейтрал эмас" бўлиш эҳтимолига оид бўсаға қиймати асосида ҳисобланади.

Мазкур ишда белгилар сифатида фиксирланган ва махсус нуқталаргача бўлган масофалар олинади. Шакллантирилган белгилардан ҳис-туйғуни аниқлаш қўшма моделини қуришда фойдаланилади. Модел икки қисмдан иборат бўлиб, биринчи қисмда юз тасвири махсус нуқталари аниқланса, иккинчи қисмида таниб олиш амалга оширилади.

Фаол шакл моделлари (active appearance models - AAM [27, 28]). Бунда қуйидаги икки тушунча муҳим ҳисобланади.

1. Шакл бу ўрганилаётган объект контурларини ташкил этувчи тасвир нуқталари тўпламидир.

2. Текстура эса шакл ташқи контури ичида жойлашган тасвир пикселлари интенсивлиги ҳисобланади.

Фаол шакл моделлари янги тасвир билан бирор бир объект шакли ва текстураси статистик моделларини таққослаш учун бир нечта алгоритмларни



ISSN 3030-3907

умумий номи бўлиб, у бутун алгоритмга ёки шакл ва текстура бўйича ўқитилган моделга нисбатан ҳам қўлланилиши мумкин. Ҳиссиётларни таҳлил қилиш контекстида ААМлар инсон юз тасвиридаги шакл статистик моделидан махсус нуқталарни максимал даражада топишга хизмат қилади. Бунда текстура моделидан оптималлаштиришда ёрдамчи элемент сифатида фойдаланилади.

Фаол намуна моделини ўқитиш қуйидача амалга оширилади. Дастлаб ўқув танланмадаги барча шакллар мукаммал таҳлил асосида ягона ўлчам ва бурилиш бурчагига келтирилади. Бу масштаблашда юза келадиган хатлоликларни бартараф этиш имконини беради. Сўнгра ҳар бир шаклнинг барча нуқталари кўп ўлчовли фазода ягона ифодаловчи янги белгилар фазосига ўтказилади. Бунда юзга тегишли бўлган кўплаб нуқталар жойлашуви синхрон ўзгаради. Шунинг учун ортиқча маълумотлар муаммоси пайдо бўлади. Ортиқча маълумотлар муаммосини бош компонентлар таҳлили орқали ҳал этиш мумкин. Бунда сингуляр ёйиш орқали $S$ трансформация матрицаси ҳисобланади ва шакл векторлари кичик ўлчамли фазога ўтказилади [27].

Ўқув танланмаси доирасида рухсат этилган ҳар қандай шакл қуйидагича ифодаланиши мумкин [29]:

$$S = S_0 + S_p, \qquad (1)$$

бу ерда $S_0$ - ўртача шакл, $p$ - параметрлар вектори.

(1) тенглама шакл моделини (shape model) ифодалайди. Шунинг учун ААМ $p$ вектор аниқ топишга интилади.

Текстура модели (appearance model) ҳам юқорида келтирилган модел каби шакллантирилади. Бунда дастлаб ҳар бир текстура кўп ўлчовли фазода ягона векторга ўтказилади. Сўнгра барча векторлар тўпламга бош компоненталар усули қўлланилади ва мос текстура модели шакллантирилади:

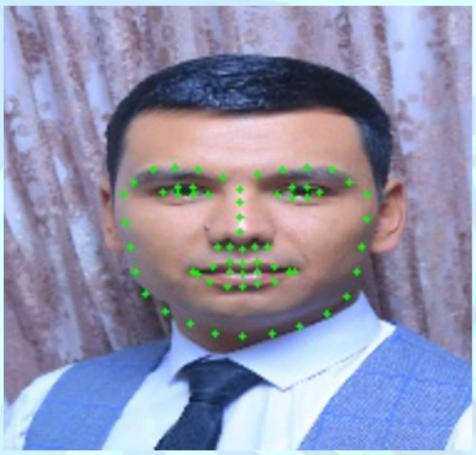
$$A(x) = A_0(x) + \sum_i \lambda_i \cdot A_i(x), \qquad (2)$$

бу ерда $A_0$ - ўртача текстура, $A_i$ - алмаштириш матрицасини $i$ -компоненти (устун-вектор), $\lambda_i$ - модел параметлари векторининг мос элементи.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, фаол намуна моделларининг мақсади модел ва ҳақиқий тасвир орасидаги энг яқин ўхшашликни аниқлашдан иборат бўлиб, бу оптималлаштириш масаласи ҳисобланади ва энг кичик квадратлар усули орқали ечилади.



ISSN 3030-3907



**1-расм. Махсус нуқтали юз шакли**

**Ҳиссиётларнинг статистик модели**

Таклиф этилган ҳис-туйғулар статистик модели Байес таснифлагичини бир кўриниши бўлиб, унда маълум бир махсус нуқталар орасидаги масофалардан белги сифатида фойдаланилган. Алгоритмни яна бир хусусияти ҳар бир белгини алоҳида қийматларини пайдо бўлиш эҳтимолиги тақсимоти нормал тақсимот графиги билан аппроксимацияланади. Фаол намуна модели каби, ҳиссиёт модели ҳам ўқитиш ва жорий этиш босқичларига эга бўлади.

Моделни ўқитиш учун кирувчи маълумотлар сифтида фаол намуна моделини қўллаш натижасида олинган шакллар тўплами ва ҳар бир шаклга мос синф олинади.

Моделни ўқитишда ҳар бир белги ва ҳиссиёт жуфтлиги учун олинган белги қийматлари тақсимотини ифодаловчи гистограмма қурилади.

Замонавий математик ва статистик иловаларда нафақат эҳтимоллик тақсимот графиги билан гистограммани аппроксимациялаш, балки тақсимот параметрларини ҳисоблаш мумкин. Тақсимот параметрларини билган ҳолда, ўрганилган олтита ҳиссиёт ҳар бири учун берилган белгини пайдо бўлиш эҳтимолигини ҳам ҳисоблаш мумкин. Математик нуқтаи назардан, бу эҳтимоллик графикни мос нуқтасида тақсимот функцияси қийматига тенг бўлади.

Умуман олганда айрим белгилар орасида боғлиқликлар мавжуд бўлади. Масалан, кўз марказидан қошгача бўлган масофани ортиши ҳар доим юқори ва пастки қовоқлар орасидаги масофани ортишига олиб келади. Бироқ, барча ички боғлиқликларни тўғри моделлаштириш ўта мураккаб. Шунинг учун ушбу ишда белгилар эркинлиги ҳақидаги фараздан фойдаланилади. Бундай ҳолда, ҳар бир ҳиссиёт учун кузатиладиган белгилар мажмуасини пайдо бўлиш эҳтимоллигини барча хусусий эҳтимолликлар кўпайтмаси сифатида ҳисобланиши мумкин:



ISSN 3030-3907

$$P(x_1, x_2, ..., x_n \mid E) = P(x_1 \mid E) \cdot P(x_2 \mid E) \cdot ... \cdot P(x_n \mid E), \quad (3)$$

бу ерда $x_1, x_2, ..., x_n$ - белгилар, $E$ - кузатилган ҳиссиёт.

Таснифлагич чиқишида маълум белгилар тўпламини кузатиш эҳтимоллиги максимал ёки берилган бўсаға қийматдан катта бўлган ҳиссиёт ёки ҳиссиёт йўқ бўлади:

$$e' = \arg\max \prod_i P(x_i \mid E), \quad (4)$$

$$e = \begin{cases} e', & агар\ P(e') > t\ бўлса, \\ N, & акс\ холда \end{cases} \quad (5)$$

бу ерда $e$ - натижа ҳиссиёт, $e'$ - башоратланган ҳиссиёт, $t$ - бўсаға қиймати, $N$ - нейтрал юз ифодаси.

Мазкур усулда кузатилаётган белгиларга мос ҳис-туйғулар эҳтимоллиги эмас, балки ўрганилаётган ҳар бир ҳис-туйғулар учун белгиларни пайдо бўлиш эҳтимоллиги ҳисобланади. Ҳис-туйғуни пайдо бўлиш эҳтимоллигини тўғри ҳисоблаш учун уни априор эҳтимоллигни билиш зарур, буни эса синтетик маълумотлар асосида аниқлаб бўлмайди. Агар барча ҳис-туйғуларни пайдо бўлиши априор эҳтимоллиги тенг деб олинса, у ҳолда Байес теоремаси кўра $P(x_1, x_2, ..., x_n \mid E)$ ва $P(E \mid x_1, x_2, ..., x_n)$ қийматлар тўғри пропорционал бўлади.

**Натижалар**

FaceTracker кутубхонасидан [16, 17] усулни синовдан ўтказишда фойдаланилган бўлиб, у юздаги махсус нуқталарни юқори аниқликда топиш имконини беради. Ҳиссиёт статистик моделини қуриш учун белгилар сифатида информатив махсус нуқталар орасидаги масофалар олинган. Ўқитиш учун Пол Экман томонидан йиғилган тасвирлар тўпламидан фойдаланилган бўлиб, ундаги барча тасвирлар Экман томонидан ҳар бир ҳис-туйғу учун энг мос деб олинган. Энг яхши натижалар қувонч синфида 87%, энг паст натижа эса ғазаб синфида 62%ни ташкил этди. Буни махсус нуқталар нуқтаи назаридан ушбу туйғуни заиф ифодаланиши деб ҳисоблаш мумкин Бошқа синфлар бўйича таснифлаш аниқлиги 69 % ва 81% оралиғида бўлди. Таснифлаш аниқлигини паст бўлиши ҳис-туйғуларни ўзига хос хусусиятлари билан изоҳланади. Масалан, ғазаб қаттиқ сиқилган лаблар ёки кенг очилган лаблар билан ҳам ифодаланиши мумкин. Айнан бу жирканиш ҳақида ҳам айтиш мумкин. Бу каби муаммоларни икки йўл билан, яъни ҳар бир қисм ҳиссиётга мос алоҳида статистик моделларни яратиш ёки янада мураккаб тақсимот моделлари орқали ҳал этиш мумкин. Бунда иккинчи усул ностандарт тақсимот учун тақсимот функциясини ҳисоблаш билан боғлиқ



ISSN 3030-3907

бўлганлиги учун биринчи ёндашувдан фойдаланиш юқори самарадорликни таъминлаши мумкин. Таснифлаш аниқлигини оширишни яна бир йўли бу махсус нуқталарни аниқлашни янада яхшилаш учун фаол намуна моделини такомиллаштириш ва ҳис-туйғуга мос қўшимча белгиларни киритиш ҳисобланади.

**Хулоса**

Инсон юз тасвири махсус нуқталар орасидаги масофалар тақсимоти статистик моделига асосланган ҳис-туйғуларни таниб олиш усули таклиф этилди. Усул юз элементларини мумкин бўлган ўзгаришларини ифодалаш имкониятига эга бўлиб, таниб олинаётган ҳис-туйғуга тегишли бўлган махсус нуқталар жорий тўплами эҳтимолигини ҳисоблаш имконини беради.

## ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. García-Hernández R.A., Reyes-Galaviz O.F., et al. A Systematic Literature Review of Modalities, Trends, and Limitations in Emotion Recognition, Affective Computing, and Sentiment Analysis. // Applied Sciences. — 2024. — Vol. 14, Issue 12, Article 7165. — DOI: 10.3390/app14127165

2. Zhang J., Huang X., et al. Multimodal Emotion Recognition: A Comprehensive Review, Recent Trends and Open Challenges. // WIREs Data Mining and Knowledge Discovery. — 2024. — Vol. 14, Issue 3. — DOI: 10.1002/widm.1493

3. Picard R.W. Affective Computing. — Cambridge, MA: MIT Press, 1997. — 292 p.

4. Маматов, Н., Ниёзматова, Н., Тожибоева, Ш., Машанпин, Т., & Яхяев, Б. (2025). Инсон ҳис-туйғуларини юз тасвири орқали аниқлаш дастурий воситалари ва қурилмалари, Management And Economics Scientific Research Journal (1), 165-172.

5. Afzal S., Khan H.A., et al. A Comprehensive Survey on Affective Computing: Challenges, Trends, Applications, and Future Directions. // IEEE Access. — 2023. — Vol. 11. — pp. 1–20. — DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3245129

6. Ekman P., Friesen W.V. Facial Action Coding System (FACS): Manual. — Palo Alto: Consulting Psychologists Press, 1978.

7. Zeng Z., Pantic M., Roisman G.I., Huang T.S. A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2009. — Vol. 31, No. 1. — pp. 39–58.

8. Mehrabian A. // Psychology Today. 1968. Vol. 2 (11). P. 52.

9. Маматов, Н., Ниёзматова, Н., Тожибоева, Ш., Машанпин, Т., & Яхяев, Б. (2025). Инсон ҳис туйғуларини аниқлаш усул ва алгоритмлари. Inson kapitali va mehnatni muhofaza qilish, 2(5), 394-405



ISSN 3030-3907

10. Маматов, Н., Ниёзматова, Н., Тожибоева, Ш., Машанпин, Т., & Яхяев, Б. (2025). Инсон ҳис-туйғуларини аниқлашнинг нейрон тармоқ моделлари. Digital transformation and artificial intelligence, 3(3), 118-127.
11. Н., Ниёзматова, Н., Тожибоева, Ш., Машанпин, Т. (2025). Инсон ҳис-туйғуларини юз тасвири асосида аниқлаш алгоритмларини қўлланиш соҳалари ва истиқболи. Amaliy fanlar va texnologiyalar: sohalarga amaliy tadbiq etishning muammolari va yechimlari. Respublika ilmiy-amaliy anjumani, 333-335.
12. Mase K. // IAPR Workshop on Machine Vision and Applications. Tokyo, 1990. P. 195–198.
13. Mamatov N., Niyozmatova N., Tojiboyeva Sh., Mashanpin T., Yakhyayev B. (2025). Methods and algorithms for constructing facial landmarks for emotion recognition. The scientific journal vehicles and roads, 2, 49-64.
14. Tao H., Huang T. S. // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,Santa Barbara, 23–25 June, 1998.
15. Cootes T.F., Taylor C.J., Cooper D.H., Graham J. Active Shape Models — Their Training and Application. // Computer Vision and Image Understanding. — 1995. — Vol. 61, No. 1. — pp. 38–59.
16. Cootes T.F., Edwards G.J., Taylor C.J. Active Appearance Models. // Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV). — 1998. — Vol. 2. — pp. 484–498.
17. A.Samijonov, B.Samijonov, S.Tojiboyeva, T.Mashanpin, B.Yakhyayev. (2025). Python libraries for human emotion recognition. Scientific Collection «InterConf», (249), 556-564.
18. Pantic M., Rothkrantz L.J.M. Automatic analysis of facial expressions: The state of the art. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2000. — Vol. 22, No. 12. — pp. 1424–1445.
19. Cohn J.F., Zlochower A.J., Lien J., Kanade T. Automated face analysis by feature point tracking has high concurrent validity with manual FACS coding. // Psychophysiology. — 1999. — Vol. 36, No. 1. — pp. 35–43.
20. Valstar M., Pantic M. Fully automatic facial action unit detection and temporal analysis. // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2006. — pp. 149–156.
21. Sariyanidi E., Gunes H., Cavallaro A. Automatic Analysis of Facial Affect: A Survey of Registration, Representation, and Recognition. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2015. — Vol. 37, No. 6. — pp. 1113–1133.
22. Zeng Z., Pantic M., Roisman G.I., Huang T.S. A Survey of Affect Recognition Methods: Audio, Visual, and Spontaneous Expressions. // IEEE Transactions on



ISSN 3030-3907

Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2009. — Vol. 31, No. 1. — pp. 39–58.
23. Bezier P. Numerical Control: Mathematics and Applications. — John Wiley & Sons, 1972.
24. Matthews I., Baker S. Active Appearance Models Revisited. // International Journal of Computer Vision. — 2004. — Vol. 60, No. 2. — pp. 135–164.
25. Экман П., Дарвин Ч. О выражении эмоций у человека и животных. СПб, 2013.
26. Экман П. Психология лжи. СПб, 2009.
27. Cootes T.F., Edwards G.J., Taylor C.J. // In Proc. European Conf. on Computer Vision. 1998. Vol. 2. P. 484–498.
28. Matthews I., Baker S. // International journal of computer vision. 2004. Vol. 60 (2). P. 135–164.
29. Жабинский А.В. Метод распознавания эмоций на основе модели распределения ключевых расстояний. Доклады БГУИР. 2014;(1):59-64.



ISSN 3030-3907