

**Монголын соёлын өвийн судалгаанд машин
сургалтын арга ашиглах нь**

Пэрэнлэйлхүндэвийн ГАНТУЯА*

МУИС, МТЭС, Мэдээлэл компьютерын ухааны тэнхим

Намжилын БАЯРСАЙХАН**

МУИС, МТЭС, Мэдээлэл компьютерын ухааны тэнхим

Батсуурийн СУВДАА***

МУИС, МТЭС, Мэдээлэл компьютерын ухааны тэнхим

Received: Jun 15, 2024

Revised: Jul 16, 2024

Accepted: Aug, 23, 2024

Хураангуй: Өнөө үед дэлхийн улс орнууд өөрийн урлаг, соёлын судалгаанд хиймэл оюуны (*artificial intelligence*), арга, технологиудыг өргөн ашиглах болсон. Бид энэхүү ажлаар монголын соёл, утга зохиолын судалгаанд дээрх аргуудыг ашигласан. Үүнд монголын соёлын өвөөс адууны тамга, хадны зураг, утга зохиолоос уртын дууны шүлгийн өгөгдлийг сонгон өгөгдлийн багц үүсгэх, дүрс илрүүлэх, таниулахад хэрэглэсэн ерөнхий аргачлалыг танилцуулан, туршилтын үр дүнг тайлбарлав.

Түлхүүр үг: Адууны тамга, хадны дүрс, уртын дуу ангилах, танилт, объект илрүүлэх, машин сургалт

* © П.Гантуяа,
Email: gantuuya@num.edu.mn

** © Н.Баярсайхан
Email: nsbayaraa2006@num.edu.mn,

*** © Б.Сувдаа
Email: suvdaa@num.edu.mn

Application of Machine Learning Methods in the Study of Mongolian Cultural Heritage

GANTUYA Perenleillkhundev

NUM, School of Information Technology and Electronic,
Department of Information and computer science, Machine intelligence

BAYARSAIKHAN Namjil

NUM, School of Information Technology and Electronic,
Department of Information and computer science, Machine intelligence

SUVDAA Batsuuri

NUM, School of Information Technology and Electronic,
Department of Information and computer science, Machine intelligence

Abstract: Recently, countries worldwide have widely applied artificial intelligence (AI) methods and technologies to study their arts and culture. In Mongolia, research using machine learning methods has been conducted in oral literature, linguistics, history, and archaeology, focusing on tangible and intangible cultural heritage, and has produced promising results. In this study, we conducted experiments using these methods to research Mongolian traditional culture and literature. Specifically, we selected data sets from Mongolian cultural heritage, including horse stamp marks, petroglyphs, and long song lyrics from oral literature. We introduced the general methodology for creating data sets, detecting and recognizing patterns, and explained the experimental results.

Key words: horse stamp, petroglyphs, long song classification, recognition, object detection, machine learning

I

2. Танилцуулга

Монгол улсын соёлын өвийг биет болон биет бус өв гэж хоёр ангилах бөгөөд бид энэ судалгаандаа хадны зураг, адууны тамганы дүрс, уртын дууны шүлэг зэргээр бэлдсэн өгөгдлөөр туршилтаа хийсэн. Монгол улсад бүртгэгдсэн хадны зураг нь ази тивд төдийгүй олон улсын судлаачдын сонирхол татахуйц судалгааны сан болсоор ирсэн. Тэдгээрийг эрдэмтэд эртний овог аймгийн соёл иргэншлийн хөгжлийг тодорхойлох хэрэглэгдэхүүн гэж үздэг байна. Монгол оронд Рашаан хад, Говь-алтайн Цагаан гол, Архангайн Тайхар чулуу зэрэг хад цохионд монгол нутагт оршиж байсан эртний овгуудын тамганы цуглуулга бүхий баялаг дурсгал үлдсэнийг судлаачид олж илрүүлсэн байдаг. Эдний дотроос хамгийн баян цуглуулгатай нь 300 шахам тамганы дүрстэй Хэнтийн Рашаан хад юм.[9] Адууны тамга бол монголчуудын соёлын биет бус өвийн төлөөлөл бөгөөд оюун ухаан, сэтгэлгээний үр дүнд бий болсон дүрслэн хураангуйлсан бэлгэдэл, тодорхой утга агуулга бүхий өөрийн гэсэн онцлогтой таних тэмдэг юм.[7] Монголчуудын хувьд тамга гэдэг ойлголт нь ард түмний овгийн тэмдгээс эхлээд угсаатны зүй, түүх соёлын хувьд ихээхэн оролцоотой олон жилийн түүхтэй соёлын өв, оюуны үнэт зүйл юм.

Монголчууд утга агуулга гүн гүнзгий, дуулах ур нь дээд цэгтээ хүрсэн дуугаа “уртын дуу” гэж нэрлэн түүнээ айзам, суман, бэсрэг гэж дуулах ур зүй, зохиомж хэлбэрийн хувьд гурван хэсэгт хуваан үздэг. Эдгээр нь дуулах газар, ёс заншил, зан үйлийн бэлгэдэл, аялгуу, шүлэг зэрэг бүхий л зүйлээрээ ялгаатай, өөр өөрийн онцлогтой байна. Монгол шүлэг, яруу найргийн уламжлал маш эртний түүхтэй ба уртын дууны шүлэг нь монголчуудын оюун сэтгэлгээний илэрхийлэл болдог.

Тархины бүтцийг математикаар дуурайх (neural network-nn), компьютер хараа (computer vision-cv), машин сургалт (machine learning-ml), гүн сургалт (deep learning-dl)-зэрэг орчин үеийн судалгааны арга технологийг олон талын судалгаанд ашигладаг бол монгол аман зохиол, соёлын өвийн судалгаанд ашиглан эхний үр дүнгүүд гарсан.

3. Судлагдсан байдал

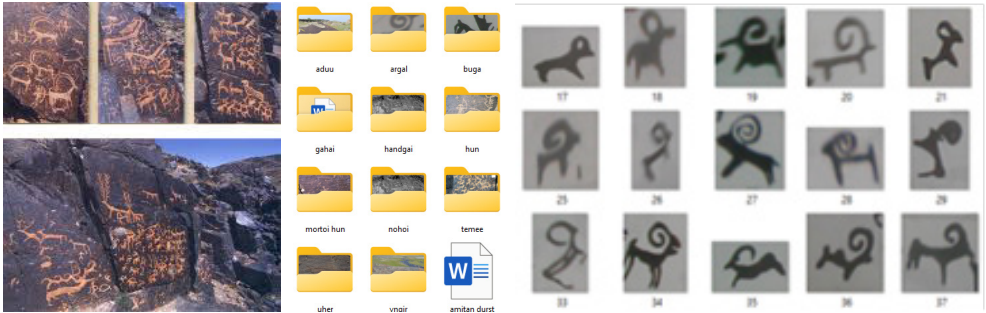
Соёлын өвийн өгөгдөлтэй холбоотой судалгааг Түүх археологи, урлаг соёлын талаас хийсэн байдаг боловч машин сургалтын арга ашигласан нь монгол соёлын өгөгдлийн жишээн дээр ховор байдаг. Бид адууны тамганы дүрсийн өгөгдөл дээр “Mongolian Traditional Stamp Recognition using Scalable kNN”[1] сэдэвт ажил, хадны зураг адууны зургаас объект илрүүлэх туршилтыг “Object Detection from Mongolian nomadic environmental image”[2] сэдэвт ажил, уртын дууны үгийн судалгаанд “Long Song type classification based on Lyrics”[3] сэдэвт ажлуудаар компьютер хараа, машин сургалтын аргуудыг ашиглан туршилт хийж үр дүнг харуулсан. Гадаадын судлаачдын судалгааг авч үзэхэд олон янзын тэмдэг, тэмдэглэгээг машин сургалтын PCA, SVM зэрэг аргаар таниулсан судалгаанууд байдаг. Мөн дүрс тэмдэг илрүүлэх танихтай холбоотой олон ажлыг гадаадын судлаачид хэвлүүлсэн нь бий. Жишээ нь “On the Use of Machine Learning Methods in Rock Art Research with Application to Automatic Painted” буюу Автоматаар будсан хадны зургийн судалгаанд машин сургалтын аргуудыг ашиглах тухай[4] гэх мэт.

Урлаг, соёлын судалгаанд байгаль, хүмүүнлэгийн ухааны хосолмол арга зүй ашиглах нь илүү үр дүнтэй байж болох юм. Эдгээр арга зүйн нэг нь бидний судалж буй машин сургалтын аргууд бөгөөд үүнийг тэмдгийн онол семиотикийг шинж тэмдгийн ухаан болгон өргөжүүлээд хэрэглэж болох юм. Археологийн өгөгдөлд дүрс боловсруулалт, машин болон гүн сургалтын аргуудыг ашигласан ажлууд дэлхий нийтэд олон төрлийн зорилгоор хийгдэж байна. Тухайлбал Weixing S. Mkwelo, et al. нар усны хагалбарын бүс аргыг хадны үзэгдлийн сегментчилэл болон ойрын байдлын ангилалд суурилсан шинэ алгоритмыг санал болгосон.[16] Зарим судлаач эргийн мэдээлэлд суурилсан чулуулгийн хэлбэр, согогийг илрүүлэх, танихад судалгааг үр дүнтэй дасан зохицох шүүлтүүрийн масштабын тохируулгын ирмэгийг илрүүлэх арга ашигласан[17], шуугиантай зураг дахь ирмэгийг илрүүлэх, тооцооллын статистик ба өгөгдлийн шинжилгээний аргыг танилцуулсан[18], олборлолт, судалгаанд чулуулгийн хэлтэрхийнүүдийн хэмжээ тархалтын тооцооллод

ашигласан дүрс сегментчилэл[19] зэрэг дүрс боловсруулалт, машин сургалтын аргуудыг хэрэглэсэн ажлууд олон улсад хэвлэгдээд байна.

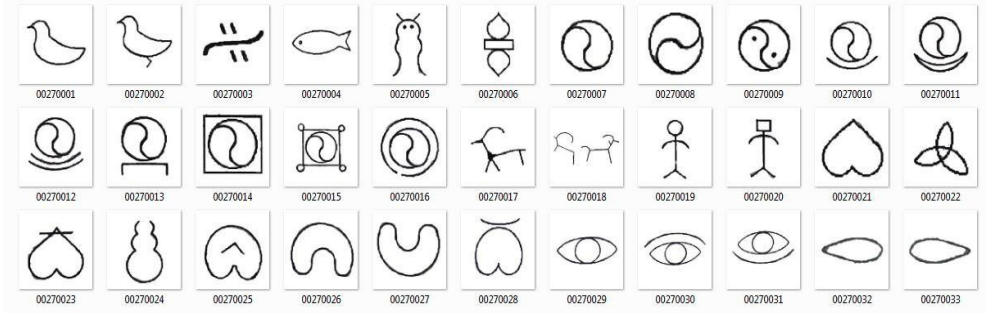
4. Судалгааны объект

Хадны зураг; Монгол улсад хийсэн археологийн судалгааны үр дүнд 500 гаруй хадны зургийн дурсгалт газрууд тогтоогдсон бөгөөд хайгуулын ажлаар энэ тоо жил бүр нэмэгдэж байна.[8] Хадны зургийн зосон, сийлмэл гэсэн үндсэн хоёр төрөл байдаг. Сийлмэл зургийн олдворын тоо зосон зургаас олон байдаг бөгөөд бид сийлмэл зургийг сонгон авсан. Үүнд булшны хашлага хавтан чулуунд ямарваа нэгэн тусгай багажийн (чулуу, төмөрлөг) тусламжтайгаар хүн, мал, амьтан, тамга тэмдгийн дүрсийг цоолборлон сийлж зурсан зургууд багтана. Бодит байдлаар ерөнхийлөн дүрсэлсэн хүн, ан амьтад, тэрэг болон бусад дүрслэлийг хүрлийн үед холбогдуулан үзэж болох бөгөөд харин амьтныг гоёмсог байдлаар болон загварчлан урласан нь хүрлийн сүүл төмөр зэвсгийн түрүү үед холбогдоно.[9] Дээрх сэдэв зохиомжуудаас ан амьтан, аж ахуйн сэдэвтэй, тамга тэмдэг, бусад үл ойлгогдох дүрслэл нь бараг хадны зургийн бүх дурсгалт газар нийтлэг, тогтвортой дүрслэгдсэн байдаг. Эдгээр зургаас бид энэ ажилд хамгийн түгээмэл дүрслэгдсэн амьтад болох зэрлэг ямаа, (янгир), дараа нь буга, махчин амьтан (чоно, үнэг гэх мэт), гахай, адуу, үхэр зэргийг сонгосон.



Зураг 1. Хадны зургийн өгөгдөл

Адууны тамга; Адууны тамганы дүрсийн судалгаанд судалгааны явцдаа олж бүртгэсэн[10], Х. Пэрлээ, Ж. Саруулбуян, А. Даваасамбуу[11] нарын болон бусад судлаачийн бүртгэсэн тамганы 3461 дүрсийг нэгтгэсэн өгөгдлийн санг ашигласан.



Зураг 2. Адууны тамганы өгөгдөл

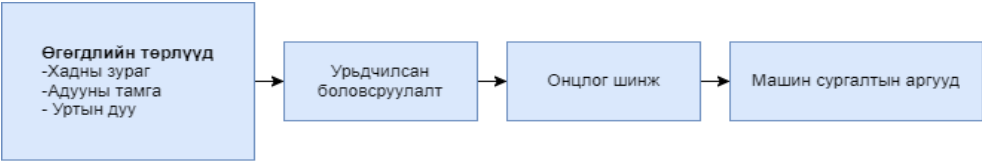
Монгол угсаатны хэмжээнд 3000 гаруй, монгол улсын хэмжээнд 1500 гаруй уртын дуу одоогоор бүртгэгдээд байна[13]. Бид энэхүү судалгаандаа төв халх уртын дууг бүрэн илэрхийлэхүйц 80 уртын дууг сонгон авч өгөгдөл бэлдсэн. Энэхүү 80 уртын дуунаас шүлэг болон аялгуун дээр тулгуурлан өгөгдлийг бэлтгэн судалсан.[12]

Д/д	Дууны нэр	Балгийн тоо	Мерийн тоо	Үгийн тоо	Ерөнхий утга	Хослуулсан утга	Дууны ангилал	Нэг түрлэгийн үргэлжлэх хугацаа (сек)	5 үгийн үргэлжлэх хугацаа (сек)	Хамгийн урт дуулагдах үгийн хугацаа (сек)
1	Эрдэнэ засгийн унага	2	8	27	Хүлэг морины тухай	Хүлэг сайн морь, аав ээжээ санасан сэтгэлтэй хослуулсан утгатай	Бэсрэг	52	52	15
2	Саруул талбай	4	8	30	Захиасын утгатай	Байгалийн үзэгдлийг хүний явдал мөртэй хослуулсан	Бэсрэг	54	45	15

Зураг 3. Уртын дууны өгөгдөл

1. Аргачлал

Энэхүү ажлын ерөнхий бүтэц дараах загвартай байна.



Зураг 4. Судалгааны ажлын бүтэц

4.1. Урьдчилсан боловсруулалт

Монгол соёлын судалгаанд туршилт хийсэн өгөгдлийн хувьд цуглуулж бэлтгэсэн дижитал өгөгдлийн сан урьд нь байгаагүй тул хэвлэмэл материал болон гэрэл зургуудаас өгөгдлийн зургийг цуглуулж бэлдэх шаардлага бий болсон.

Хадны зургийг компьютерт оруулаад зурагтай хэсгийг тасалж аваад smoot 3,5,7,9,11,13,15-ийн утга тус бүр дээр ирмэг илрүүлээд Logic operation combination, Morphology, Result гарсан. Адууны тамганы зургийг 50x50 хэмжээтэй болгож авсан.

Эхлээд бид биетийг зөв илрүүлж, дараа нь чулуун зургаар хайчилж, биетүүдийг ангилах хэрэгтэй. Объектуудыг илрүүлснийхээ дараа өөр өөр хэмжээтэй зургуудыг ачаалж Octave/Matlab программыг ашиглан саарал хэмжээтэй 20x20 пиксел болгон өөрчилсөн. Оролтын зургуудад зарим чимээ

шуугиан байдаг учраас бид чимээ шуугианыг арилгахын тулд Гауссын тэгшлэх алгоритмыг ашигласан. Дараагийн алхам нь түгээмэл аргуудын дөрвөн (Canny, Roberts, Prewitt, Log) төрлийг ашиглан ирмэг илрүүлэлт, дараа нь логик үйлдлийг хэрэгжүүлснээр тэдгээрийн бүх боломжоос хамгийн сайн үр дүнг сонгоно.

4.2. Онцлог шинж задлах

Онцлог гаргаж авах / Feature extraction/ нь машин сургалт болон өгөгдлийн шинжилгээний маш чухал үйл явц юм. Энэ нь түүхий өгөгдлийг урьдчилан таамаглах загвар бүтээхэд ашиглаж болох шинж чанар эсвэл онцлогуудын багц болгон хувиргахыг хэлнэ. Зарим чухал хэрэглээ нь:

- Хэмжээс багасгах: Онцлог гаргаж авах нь өгөгдлийн багц дахь хувьсагчдын тоог багасгаж, зохицуулах, дүн шинжилгээ хийхэд хялбар болгодог.
- Илүү нарийвчлал: Хамгийн тохиромжтой онцлогууд дээр анхаарлаа төвлөрүүлснээр загварууд илүү сайн гүйцэтгэл, үнэн зөв байдлыг олж чадна.
- Үр ашиг: Өгөгдлийн нарийн төвөгтэй байдлыг багасгаснаар сургалтын үйл явцыг хурдасгадаг.

Онцлог гаргаж авахад хэрэглэгддэг түгээмэл арга техникүүдэд Principal Component Analysis (PCA), Linear Discriminant Analysis (LDA), Independent Component Analysis (ICA) ордог. Эдгээр арга нь өгөгдлийн хувьсах байдалд нөлөөлдөг хамгийн чухал онцлогуудыг тодорхойлоход тусалдаг.

PCA[15] нь том хэмжээний хувьсагчийн багцыг жижиг багц болгон хувиргадаг бөгөөд энэ нь том багц дахь гол мэдээллийг агуулдаг. Энэ нь өгөгдлийн өөрчлөлтийг хамгийн ихээр нэмэгдүүлдэг чиглэлийг (үндсэн бүрэлдэхүүнүүдийг) тодорхойлсноор хийдэг.

PCA-гийн гол алхмууд:

1. Стандартчилал: Өгөгдлийг үзүүлэлт бүрийн дундаж 0, стандарт хазайлт 1 байхаар масштаблах.
2. Коварианс матрицын тооцоолол: Хувьсагчид хоорондоо хэрхэн холбогдож байгааг ойлгохын тулд ковариансийн матрицыг тооцоолох.
3. Eigenvalue and Eigenvector Тооцоолол: Ковариансийн матрицын eigenvalues болон eigenvectors-ийг тодорхойлно. Eigenvectors нь үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн чиглэлийг төлөөлдөг бол eigenvalues нь эдгээр бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хэмжээг төлөөлдөг.
4. Үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн сонголт: Хамгийн өндөр eigenvalue-д тохирох хамгийн дээд k тооны eigenvectors (үндсэн бүрэлдэхүүн)-ийг сонгоно.
5. Хувиргалт: Анхны өгөгдлийг сонгогдсон үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдээр тодорхойлогдсон шинэ дэд орон зай руу хувиргах.

Энэхүү ажлуудын хувьд бид онцлог шинжийг гаргаж авахын тулд PCA алгоритмыг ашиглаж, хадны дүрсээс бугын зургийг аргаль (зэрлэг хонь)-аас ялган танихын тулд өөр өөр ангиллын алгоритмуудыг туршиж үзсэн. Адууны тамганы дүрсийн хувьд мөн PCA аргыг ашигласан.

Уртын дууны хувьд түгээмэл дуулагддаг 300 дуунаас 80 дууг сонгон авч шүлгийг Excel программ дээр шивж оруулан онцлог шинжүүдийг гараар тодорхойлон тооцоолсон. Бэлтгэсэн өгөгдлөөс бүтцийн (айзам, суман, бэсрэг) ангилал хийхдээ дараах шинжүүдийг голлон авч үзсэн. Аязам уртын дуу нь шинж чанараараа суман дуутай төстэй байдаг бол суман дуу нь мөн шинж чанараараа бэсрэг дуутай төстэй байдаг тул нарийвчлан ангилахад эргэлзээтэй байдаг.

А. Зөвхөн текст өгөгдлөөр гаргаж авсан таван онцлог шинж: Уртын дууны өгөгдлөөс дууны нэр, бадгийн тоо, мөрийн тоо, үгийн тоо, шүлэг, зэрэг таван онцлог, ангиллын мэдээлэл (label) нэр (aizam, suman, besreg) ашигласан.

Б. Шүлэг болон аялгууны өгөгдлөөр гаргаж авсан 10 онцлог шинж: Уртын дууны өгөгдлөөс дууны нэр, бадгийн тоо, мөрийн тоо, үгийн тоо, ерөнхий утга, давхар утга, нэг бадгийн үргэлжлэх хугацаа, таван үгийн үргэлжлэх хугацаа, хамгийн урт нэг үгийн үргэлжлэх хугацаа, шүлэг зэрэг 10 онцлог (features), ангиллын мэдээлэл (label) нэр (suman, aizam, besreg) ашигласан.

В. Зөвхөн тоон өгөгдлөөр гаргаж авсан зургаан онцлог шинж: Уртын дууны өгөгдлөөс бадгийн тоо, мөрийн тоо, үгийн тоо, нэг бадгийн үргэлжлэх хугацаа, таван үгийн үргэлжлэх хугацаа, хамгийн урт нэг үгийн үргэлжлэх хугацаа, зэрэг зургаан онцлог, ангиллын мэдээлэл (label) нэр (suman, aizam, besreg) ашигласан.

4.3. Ангилал

Ангилал бол машин сургалт болон өгөгдлийн анализын үндсэн ойлголт юм. Энэ нь тухайн өгөгдлийн онцлог шинж дээр нь үндэслэн ангиллыг урьдчилан таамагладаг.[14] Ангиллын үндсэн алхмууд:

- Өгөгдөл цуглуулах: Ангилал өгөгдлийн багцыг бэлтгэн шошго/label/-жуулах.
- Онцлог шинж гарган авах: Ангиудыг ялгахад туслах хамгийн тохиромжтой онцлогуудыг тодорхойлох.
- Загвар/модел/-ын сургалт: Сургалтын өгөгдлөөс онцлог болон шошгуудын хоорондын уялдаа холбоог судлахын тулд ангиллын алгоритм ашиглах.
- Загварын үнэлгээ: Үнэн зөв, нарийвчлал, эргэн санах/recall/, F1 оноо зэрэг үзүүлэлтүүдийг ашиглан загварын гүйцэтгэлийг үнэлэх.
- Шинэ өгөгдөлд ашиглах: Ангиллын шошгыг урьдчилан таамаглахын тулд сургагдсан загварыг шинэ өгөгдөлд ашиглана.

Нийтлэг ангиллын алгоритмууд:

- Логик регресс (Logistic Regression): Хоёртын ангиллын шугаман загвар.
- Шийдвэр гаргах мод(Decision tree): Шийдвэр болон тэдгээрийн байж болох үр дагаврын мод хэлбэрт загвар.
- Санамсаргүй ой (Random Forest): Олон шийдвэрийн модыг ашигласан ансамблийн арга.
- Тулгуур вектор машин (Support Vector Machines /SVM): Ангиудыг хамгийн сайн тусгаарлах зааглагч векторууд олох арга.
- К-хамгийн ойр хөрш (K-Nearest Neighbors /KNN): К-хамгийн ойр хөршүүдийн олонхоор ангилах арга.
- Мэдрэлийн сүлжээ (Neural Network): Шугаман бус хамаарлыг барьж чаддаг цогц загварууд.

Дээрх аргуудыг ашиглан хадан дээрх амьтны дүрс, адууны тамганы дүрс болон уртын дууны бүтцийн ангилал хийсэн туршилтын үр дүнг Туршилт хэсгээс харна уу.

5. Туршилт

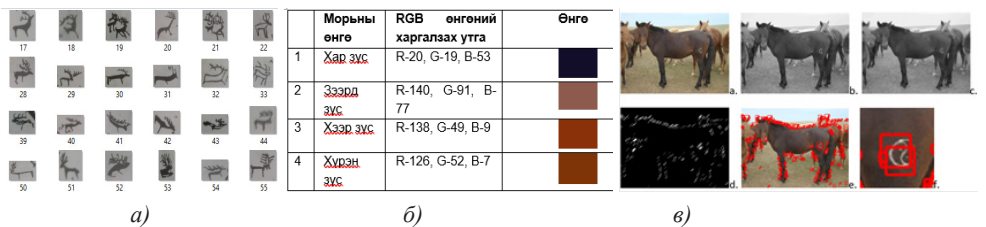
Нийт гурван төрлийн өгөгдлийг бэлтгэсэн байдлыг дараах хүснэгтээр харууллаа.

Хүснэгт 1. Өгөгдөл, бэлтгэсэн аргачлал

Өгөгдлийн төрөл	Оролтын өгөгдөл нь	Өгөгдлийн түүврийн тоо	Өгөгдөл бэлтгэхэд хэрэглэсэн арга
Хадан дээрх дүрс	Зураг	500	Дүрсийн хэмжээг 20*20, 50*50 хэмжээт хар цагаан зураг болгосон, шуугиан арилгасан, ирмэг илрүүлсэн, онцлог шинж илрүүлсэн, шошго хийсэн
Адууны тамга	Зураг	3461	
Уртын дуу	Шүлгийн текст	4215 үг	Текстээс дууны бадгийн тоо, мөрийн тоо, үгийн тоо, аялгууны үргэлжлэх хугацаа зэргийг тоолж бүртгэх зэргээр онцлог шинж гарган авсан, шошго хийсэн

5.1. Объект илрүүлэх

Нүүдэлчин байгаль орчны чулууны зургаас чулуу зурах хэсгийг илрүүлэхийн тулд бид зураг боловсруулах хэд хэдэн алхмыг ашиглан хамгийн сайн нийлбэр болон үзүүлэлтүүдийг практикаар олж мэддэг. Зураг дээр түгээмэл дүрслэгдсэн зарим амьтныг сонгон авч MATLAB программын тусламжтай Canny, Roberts, Prewitt, Log алгоритм ашиглан туршилт судалгааг хийсэн



Зураг 5. (а) Хаднаас объект илрүүлсэн, (б) Адууны зүсний өнгөний код, (в) Адууны дүрсээс тамга илрүүлсэн

5.2. Урьдчилсан боловсруулалт

Хүснэгт 2. Урьдчилсан боловсруулалтын арга

Өгөгдлийн төрөл	Арга	Урьдчилсан боловсруулалт (Smoothing Results & Logical operations, Edge detection)
Хадны зургийн	Шуугиан арилгах Дүрсийн шүүлтүүр	Цонхны утгыг 3-аас 15 хүртэлх өөр өөр хэмжээтэй ажилласны дараа хамгийн сайн үр дүнг сонгосон. Цонхны хэмжээ: 3-92.55%, 5-94.5%, 7-81.5%, 9-66.5%, 11-57.5%, 13-46%, 15-30%-тай үр дүн гарсан.
Адууны тамга	Ирмэг илрүүлэх аргууд /Canny, Roberts, Prewitt, Log/	4 төрлийн ирмэг илрүүлэх аргын үр дүнг логик AND болон OR үйлдлүүдийн хослолын үр дүнгээр үзэж хамгийн сайн болн хамгийн их алдаа хэсгүүдийг тодорхойлсон. [1-2].

5.3. Ангилах

Бэлтгэсэн өгөгдөлд ангилах туршилт хийн доорх хүснэгтүүдэд үр дүнг харуулав.

Хүснэгт 3.Хадны дүрсийн ангиллын үр дүнгийн хүснэгт

	Feature extraction	10		25		35		400	
		Cross Validation10	Train 66%	Cross Validation10	Train 66%	Cross Validation10	Train 66%	Cross Validation10	Train 66%
1	Naïve Bayes	99.33	100	100	100	100	100	38.88	59.18
	Naïve Bayes Multinomial	69.44	67.34	69.44	65.30	69.44	67.34	69.44	65.30
2	Logistic	97.9	97.9	98.61	100	99.30	100	59.72	67.34
	Functions SGD	100	100	100	100	100	100	47.22	59.18

3	IBK	100	100	100	100	100	100	58.33	61.24
	LWL	97.91	100	100	100	99.30	95.91	65.97	65.30
4	Adaboost M1	98.61	100	98.61	100	98.61	100	67.36	67.34
	Random Committee	100	100	100	100	100	100	64.58	67.14
5	Zero R	69.44	67.34	69.44	65.30	69.44	67.34	69.44	65.30
	J Rip	99.30	100	99.30	100	99.30	100	68.05	65.30
6	Decision Stump	98.61	100	98.61	100	98.61	100	66.66	65.30
	Random Tree	98.61	100	96.5	100	96.52	100	50.00	48.97
	Random Forest	100	100	100	100	100	100	63.88	65.30

Онцлог шинжийг PCA аргаар хэд хэдэн (10, 25, 35, 50, 100 болон 400 саарал цэгийн утга) утгаар туршсан үр дүнгээс харахад хамгийн сайн онцлогийн хэмжээ нь 25 байсан. Хамгийн сайн үр дүн нь Functions SGD, k-NN, Random forest байсан ба хамгийн муу арга нь Naïve Bayes Multinomial болон Zero R classifier байв.

Адууны тамганы туршилтад 3000 тамганы дүрсээс PCA, KNN аргыг ашиглан харьцуулсан. Адууны тамганы дүрсийг ангилахад машин сургалтын олон ангиллын аргаар туршилт хийсэн[2]-ээс жишээ болгон K ширхэг ойрын хөршийн аргын туршилтыг дээрх хүснэгтээр харууллаа.

Хүснэгт 4. Адууны тамганы дүрсийг ангилсан үр дүн

PCA		K1	K3	K5	K7	K9	K11	K13	K15
	30	58	55	58	60	60	62	62	61
	50	53	58	53	53	64	62	61	61
	100	48	51	59	58	56	56	56	62
	150	48	51	54	56	55	59	59	55

K параметрийн утга 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 үед, PCA-ийн 30, 50, 100, 150-ийн утга дээр хэдэн хувьтай таньж байгааг хүснэгтээс харж болно. Эндээс үзвэл K-ийн утга их болох тусам танилтын хувь их гарч байгаа нь тамганы дүрсийн ангиллыг илүү олон бүлгээр нарийвчлан ангилахад танилтын хувь ихсэх юм гэж үзсэн.

Хүснэгт 5. Уртын дууны ангиллын үр дүн

Уртын дууны төрөл	Precision	Recall	F1 score
Суман	0.647	0.786	0.710

Айзам	0.769	0.714	0.741
Бэсрэг	1	0.857	0.923
Дундаж	0.805	0.786	0.791

Уртын дууны ангилалд 14 айзам, 45 суман төрөл, 21 бэсрэг төрөл, нийт 80 шүлэг цуглуулж туршсан.[3] Бид өгөгдлийг зөвхөн текстийн онцлог, тэр дундаа тоон үзүүлэлтүүдээр туршиж үзээд текст болон тоон утгуудыг нэгтгэж туршсан. Хүснэгт 5-д гурван төрлийн ангиллын үр дүнгийн танилтыг харуулав. Дээр дурдсанчлан, айзам дуунуудыг бэсрэг дуунуудтай харьцуулахад буруу ангилдаг.

Соёлын биет ба биет бус өвийн өгөгдлийг хиймэл оюуны аргаар туршилт, дүн шинжилгээ хийсэн энэхүү судалгааны нийт өгөгдлийн танилтын үр дүнг дараах хүснэгтэд нэгтгэн харууллаа.

Хүснэгт 6. Үр дүнгүүдийг нэгтгэсэн хүснэгт

Үр дүн хэвлүүлсэн өгүүлэл	Өгөгдлийн багц	Ангиллын тоо	Өгөгдлийн багцын түүврийн тоо	Арга	Model/ Архитектур	Зөв танилт
Gantuya et al. 2019 [2]	Өөрийн	4	300 дүрс	Дүрс боловсруулалт, Машин сургалт	SGD, K-NN	66%
Gantuya et al. 2015 [1]	Өөрийн	6	234 дүрс	Дүрс боловсруулалт, Машин сургалт	K-NN	64%
Bayarsaikhan et al. 2022 [3]	Өөрийн	3	80 дуу	Аудио боловсруулалт, Машин сургалт	MLP neural network	74%

Дүгнэлт

Энэ нийтлэлдээ бид монгол соёлын биет ба биет бус өвийн судалгаанд хиймэл оюуны арга ашиглах боломжийг өөрсдийн өмнөх хийсэн судалгааны үр дүнгүүдийг нэгтгэн харууллаа. Тухайлбал соёлын биет өвөөс хадны дүрс, биет бус өвөөс адууны тамга, уртын дууны шүлгийн болон аялгууны өгөгдөл орсон. Байгаль дээрх адууны дүрсийг илрүүлэхэд адууны зүсний өнгөний кодыг тодорхойлон адууг илрүүлсэн бол адууны бие дээрх тамгыг мөн дүрс боловсруулалтын аргаар илрүүлсэн. Харин хадны зургаас амьтны дүрстэй хэсгийг дүрс боловсруулалтын ирмэг илрүүлэх аргуудын хоршлоор тодруулан салгаж авсан. Хадан дээрх амьтны дүрс болон адууны тамганы дүрсийн өгөгдлийг ангилан танихад онцлог шинж илрүүлэх статистик суурилсан PCA арга болон машин сургалтын аргуудаар туршилт хийлээ. Уртын дууны шүлгийн текст өгөгдлийн хувьд тухайн дууны шүлгийн бадаг, мөр, үгийн тоо, аудионы хувьд нэг мөрийн, үгийн үргэлжлэх хугацааны утга зэргээр айзам, суман, бэсрэг гурван төрлийг ангилах туршилтыг хийсэн.

Эндээс дүгнэхэд энэхүү судалгааны хүрээнд ангилах үр дүн 60-70 хувьтай байгаа нь хиймэл оюуны арга нь монгол соёлын өвийн судалгаанд үр дүнтэй болох нь харагдаж байна. Гэсэн хэдий ч цаашид бидэнд салбар дундын судалгааг өргөжүүлэх, өгөгдлийг цуглуулах, нарийн судалж, бэлтгэх, ингэснээр ангилах аргуудын үр дүнг дээшлүүлэхэд анхаарах хэрэгтэй байна. Дэлхий нийтийн жишгээр их өгөгдөлтэй, өгөгдөл зөв зохион байгуулалттай бол ангилах, таних үр дүн 90 гаруй хувьд хүрсэн нь гадаадын судалгааны ажлуудаар батлагдаж байгаа.

Ном зүй

- [1] **Gantuya.P, Mungunshagai.B, Suvdaa.B.**, “Mongolian Traditional Stamp Recognition using Scalable kNN” International journal of advanced smart convergence Vol.4.no.2 170-176 (2015)
- [2] **Gantuya.P, Mungunshagai.B, Batnyam Battulga, Suvdaa.B.**, “Object Detection from Mongolian nomadic environmental image” Journal of Multimedia information system vol.6, no.4 June 2019(pp.173-178). Online
- [3] **Bayarsaikhan Namjil, Nandinbilig.G, Suvdaa.B.**, “Long Song type classification based on Lyrics” Journal of Multimedia information system vol.9, no.2 June 2022(pp.113-120). Online
- [4] **Andrea Jalandoni, Yishuo Zhang, Nayyar A. Zaidi** “On the Use of Machine Learning Methods in Rock Art Research with Application to Automatic Painted”
- [5] **N. A. Rasheed** “Classification and Reconstruction Algorithms for the Archaeological Fragments”
- [6] **F. C. Flores нар** “Automatic classification of digital images of archaeological arrowheads”
- [7] **B. Kazimi нар** “Deep Learning for Archaeological Object Detection in Airborne Laser Scanning Data”
- [8] **“Хадны зургийн шинэ судалгаа (чулуун зэвсгийн сүүлээс хүрлийн эхэн үе)”** суурь судалгааны төслийн тайлан. УБ 2023.
- [9] **Н.Батболд.** “Монголын хадны зураг” Монголын археологийн өв. Цуврал зурагт цомог, iv боть. УБ., 2016.
- [10] **P.Gantuya** “Адууны тамганы дүрсийг цахим хэлбэрт таниулах арга боловсруулах” 2018 он, УБ диссертаци
- [11] **Ж. Саруулбуян, Б. Даваасамбуу** “Монгол адууны тамганы ойллого”. УБ. Бэмби сан.2013
- [12] **Н.Баярсайхан** “Төв халх уртын дууны шүлгийг туршилтын аргаар шинжлэх нь” докторын диссертаци. УБ., 2024
- [13] **А.Алимаа** (2012). Уртын дууны бүртгэл. УБ: Тэнгэрлэг үсэг.
- [14] **Richard O. Duda (Author), Peter E. Hart (Author), David G. Stork (Author)** Pattern Classification 2nd Edition
- [15] **Greenacre, M., Groenen, P.J.F.,** Hastie, T. et al. Principal component analysis. Nat Rev Methods Primers 2, 100 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-wdoi.org>.
- [16] **S. Mkwelo,** et al. proposed a new algorithm that Watershed based segmentation of rock scenes and Proximity-based classification of watershed regions under uncontrolled lighting conditions for using mining applications
- [17] The rock shape and defect detection and recognition studies based on the edge information are introduced following researches. Effective Adaptive Filter Scale Adjustment Edge Detection Method
- [18] Edge Detection in Noisy Images, Computational Statistics and Data Analysis
- [19] Image Segmentation Technique Used in Estimation of The Size Distribution of Rock Fragments in Mining and Study and Comparison of Different Edge Detectors for Image Segmentation.



Open access: This is an open access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited, appropriate credit is given, any changes made indicated, and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.