

NATIONAL UNIVERSITY OF MONGOLIA
School of Engineering and Applied Sciences

**MONGOLIAN JOURNAL OF
ENGINEERING AND APPLIED
SCIENCES**

No. 1(509)

Ulaanbaatar 2018

Editorial Board

Editor-in-Chief

Purevjav Enkhbayar (Biophysics)

Editorial Board Members

Ochir Altansukh (Environmental Science and Engineering)

Nachin Baatarbileg (Forestry)

Bazarragchaa Barsbold (Applied Mathematics)

Darkhijav Bayanjargal (Applied Mathematics)

Amgalan Bayarbaatar (Applied Mathematics)

Ganbat Baasantseren (Electronics)

Namsrai Oyun-Erdene (Computer Science)

Sambuu Uyanga (Information Technology)

Dolgor Erdenechimeg (Applied Chemistry)

This journal is devoted to original research articles in all areas of Engineering, Technology and Applied Sciences including Applied Mathematics, Computer Science, Information and Communication Technology, Nanotechnology, Electronics, Nuclear Engineering, Chemical Engineering and Technology, Biological Engineering, Renewal Engineering, Environmental Science and Engineering and Forestry. This is a peer-reviewed journal and the articles can be published in English or in Mongolian.

Address:

School of Engineering & Applied Sciences

National University of Mongolia

Ikh surguuliin gudamj-3,

Ulaanbaatar-14201, MONGOLIA

Tel.: +976-11-325631

Fax: +976-11-325305

e-mail: mjeas@seas.num.edu.mn

Web: <http://www.seas.num.edu.mn/mjeas/>

Edited by Purevjav Enkhbayar

NUM Press Publishing

МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БИЧИГ
Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэл

№ 1(509)

Улаанбаатар 2018

Редакцийн зөвлөл

Дарга:

П.Энхбаяр

Гишүүд:

О.Алтансүх

Н.Баатарбилэг

Б.Барсболд

Д.Баянжаргал

А.Баярбаатар

Б.Ганбат

Н.Оюун-Эрдэнэ

С.Уянга

Д.Эрдэнэчимэг

Тус сэтгүүл нь Хэрэглээний математик, Компьютерийн ухаан, Мэдээлэл, харилцаа холбооны технологи, Нанотехнологи, Электроник, Цөмийн инженерчлэл, Химийн инженерчлэл, технологи, Биологийн инженерчлэл, Сэргээгдэх эрчим хүчний инженерчлэл, Хүрээлэн буй орчин судлал ба инженерчлэл, Ой судлал зэрэг инженерчлэл, технологи, хэрэглээний шинжлэх ухааны бүх салбарт хийгдсэн, шинэ үр дүн бүхий судалгааны өгүүллийг хэвлэхэд зориулагдана. Мэргэжлийн түвшинд хянан магадлагаа хийгдэх бөгөөд Англи, Монгол хэлээр хэвлэгдэнэ.

Хаяг:

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

Монгол Улсын Их Сургууль

Улаанбаатар, Монгол улс

Утас.: +976-11-325631

Факс: +976-11-325305

e-mail: mjeas@seas.num.edu.mn

Вэб хуудас: <http://www.seas.num.edu.mn/mjeas/>

Хянан тохиолдуулсан: П.Энхбаяр

Хэвлэлийн эхийг: О.Батдорж, Ч.Намуун-Эрдэнэ

Цаасны хэмжээ: 210x297мм

Хэвлэлийн хуудас: 9.8

Хэвлэсэн тоо: 300

МУИС Пресс Төвд хэвлэв.

Contents

Preface	1
N.Byambajargal, B.Ankhubayar, Kh.Oyundolgor and A.Enkhubayar Noisy Point Clouds Registration using FFT based on Multi-Stage Noise Removal	3
Ch.Altangerel, D.Enkhjargal, B.Purevsuren, M.Zoljargal, Ch.Bayartsatsral and N.Oyundari Noun Phrase Chunker Development from Mongolian Treebank	13
S.Uyanga, N.Munkhtsetseg and Ch.Naranmandal Software Effort Estimation	19
S.Uyanga and B.Binderya Easy Solution for Automatic Registration of End Users' e-Receipt to VAT Promotion System	29
D.Nomin-Erdene and B.Ganbat Resolution-Enhanced Point Light Source Display	37
B.Lkhagvajargal, B.Batdelger, Ch.Sonomdagva, B.Bayarbat and M.Atsushi Characteristics and Concentration of White Dust and Particulate Matter (PM_{10}) in Erdenet city of Mongolia	43
D.Bayanjargal, M.Khulan and D.Enkhbileg The Ecosystem-Based Adaptation Approaches: A Buffer Zone Delineation and Protection of Endangered Bird . . .	53
B.Zorig, A.Tuvshinjargal, U.Batbayar, D.Sumiyakhand and Ch.Lodoiravsal Recognition of Emotional States during Oral Examination	67

Агуулга

Өмнөх үг	1
Н.Бямбажаргал, Б.Анхбаяр, Х.Оюундолгор, А.Энхбаяр Шуугиант цэгэн өгөгдлийг олон алхамт шуугиан арилгах аргад тулгуурлан Фурьегийн хурдан хувиргалтаар бүртгэх нь.	3
Ч.Алтангэрэл, Д.Энхжаргал, Б.Пүрэвсүрэн, М.Золжаргал, Ч.Баярцацрал, Н.Оюундарь Монгол хэлний нэрийн бүлгийн задлуурь модны сангаас үүсгэх нь.	13
С.Уянга, Н.Мөнхцэцэг, Ч.Наранмандал Программ хангамжийг бүтээх өртгийг таамаглах нь.	19
С.Уянга, Б.Биндэрьяа НӨАТУС-д эцсийн хэрэглэгчийн цахим төлбөрийн баримтыг автоматаар бүртгэх хялбар шийдэл	29
Д.Номин-Эрдэнэ, Б.Ганбат Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулах арга.	37
Б.Лхагважаргал, Б.Батдэлгэр, Ч.Сономдагва, Б.Баярбат, М.Ацуши Эрдэнэт хотын агаар дахь том ширхэглэгт тоосонцор (PM_{10}), цагаан тоосны агууламж, шинж чанар	43
Д.Баянжаргал, М.Хулан, Д.Энхбилэг Голын эргийн зурвас газрын хамгааллын аргуудыг өртөг-өгөөжийн шинжилгээ ашиглаж үнэлэх нь.	53
Б.Зориг, А.Түвшинжаргал, Ө.Батбаяр Д.Сумъяаханд, Ч.Лодойравсал Аман шалгалтын үе дэх сэтгэл хөдлөлийн хувирлыг тодорхойлох	67

ӨМНӨХ ҮГ

Тус сургуулийн хамт олон хэрэглээний шинжлэх ухаан болон инженерчлэлийн салбарыг хөгжүүлэх, судалгааны ажилд дүн шинжилгээний онолын болон техник, технологийн хосолмол аргуудыг ашиглан цаашид улс орны хөгжил дэвшилд хувь нэмэр болохуйц бодит үр дүнгүүдийг гаргасаар байна.

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль өндөр түвшинд бэлтгэгдсэн сайн инженерүүд, нарийн мэргэшсэн судлаачдыг бэлтгэн гаргахыг зорин ажиллаж сургалтын чанарыг дээшлүүлэх, судалгааны цар хүрээг нэмэгдүүлэх, багш судлаачдын судалгааны ажлын үр дүнг олон нийтэд түгээх, төрийн болон бизнесийн байгууллагуудад багш, судлаачдын судалгааны ажлын үр дүнг танилцуулах, мэдлэг шингэсэн бүтээгдхүүнийг хамтран бий болгох арга замыг тодорхойлох, хамтын ажиллагааг нэмэгдүүлэх, оюутан, залуу судлаачдад орчин үеийн чиг хандлагад нийцсэн эрдэм шинжилгээний шинэ бүтээлүүдийг эх хэл дээрээ судлах, бусдаас суралцах өргөн боломжийг олгох зорилгоор энэхүү сэтгүүлийг санаачлан анхны дугаараа уншигч олны хүртээл болгож байна.

Мөн энэхүү сэтгүүл хэвлэгдэн гарснаар залуу судлаачдад багаар ажиллах, бусад судлаачдын бүтээлтэй танилцаж хамтран ажиллах, өөрсдийн бүтээлээ бусдад таниулах, өндөр түвшинд хянан магадлагддаг сэтгүүлд бүтээлээ хэвлүүлэх өргөн боломжийг олгож байгаа бас нэгэн давуу тал бий болох юм.

Энэхүү эрдэм шинжилгээний сэтгүүлийг эрхлэн гаргах ажилд сэтгэл оюунаа шингээн ажилласан сэтгүүлийн зөвлөл, ерөнхий редакторт хамт олныхоо өмнөөс талархал илэрхийлье.

Мэргэн уншигчид та бүхний аливаа санал шүүмж бүтээлийн чанарыг улам сайжруулахад үнэтэй хувь нэмэр болно гэдгийг дашрамд дурдахыг хүсэж байна.

Эрдмийн хэт цахиваас хөгжлийн гал бадармой.

Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургуулийн захирал,
доктор, профессор Н.Баатарбилэг

Noisy Point Clouds Registration Using FFT Based on Multi-Stage Noise Removal

Byambajargal N.^{1*}, Ankhbayar B.², Oyundolgor Kh.¹ and Enkhbayar A.^{2*}

¹ Department of Information and Computer Sciences, School of Engineering and Applied Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

² Department of Applied Mathematics, School of Engineering and Applied Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

*enkhbayar.a@seas.num.edu.mn

Received on 03.06.2018; revised on 09.24.2018; accepted on 10.03.2018

Abstract

In this paper, we introduce a multi-stage fine registration technique for registering noisy point clouds. At each stage, discrete surfaces that overlap each other are simultaneously transformed into a frequency domain by a fast Fourier transform (FFT) algorithm. In the frequency domain, an adjustable function is used as the low-pass filter, and then discrete surfaces are reconstructed by an inverse Fourier transform. The iterative closest point algorithm is used to register the newly generated surfaces and obtain the registration parameters. We then registered the original point clouds by using these parameters. The next stages are implemented in the same way as in the above; only the parameters are changed in the filter. After a few stages, our method can give a better result for the registration of noisy point clouds. We experimented with the proposed method for registering many types of noisy point clouds such as noisy point clouds with different noise levels or noisy and sparse point sets.

Key words: Noisy point clouds, fast Fourier transform, discrete surfaces, ICP algorithm

1 Introduction

One of the important problems for reconstructing a three-dimensional (3D) model is the registration of the point clouds captured by scanning devices. Because of the complexity of an object, occlusion, self-occlusion, and the limitation of scanning devices, multiple scans are typically required to capture all surfaces of an object. To reconstruct a 3D model, we need to register the separate point clouds obtained from different scans into a common coordinate system.

In the last two decades, many methods have been developed to register point clouds (1), (2), (3), (4), (5). Most of the currently existing methods can be classified into two categories: rough registration and fine registration. Rough registration algorithms generate an initial alignment between two point clouds.

Various techniques are employed to generate the initial alignment of pairwise registration such as tracking the position of the scanner, placing additional markers, computing the local and global features, or using some external information. In

recent years, many local feature-based methods are commonly used for the initial alignment of point clouds (6).

For example, Guo et al. (7) proposed a rotational projection statistics (RoPS)-based feature descriptor, and Rusu et al. (8) presented point feature histograms as multidimensional features for registering point clouds. Recently, Yang et al. (9) proposed a novel feature descriptor called local feature statistics histogram, whereas Mellado et al. (10) introduced a growing least squares-based descriptor for the rough registration of point clouds.

In the second category, fine registration, the algorithms obtain the most accurate solution of the point clouds compared to the solution of those that have been roughly registered. The most popular fine registration method in practice is the Iterative Closest Point (ICP) algorithm (11), (12). The ICP algorithm computes the rigid transformation that minimizes the sum of the squared distances between two point clouds. The process is iterated until some convergence criteria are met. The ICP algorithm converges well under some conditions such as point clouds with a

good initial alignment, those with low noise, and those with similar resolutions. However, in the other cases, the ICP algorithm converges to a local minimum and fails to register the point clouds. To improve the ICP algorithm, other studies have proposed many variants and extensions (3), (13), (14), (15).

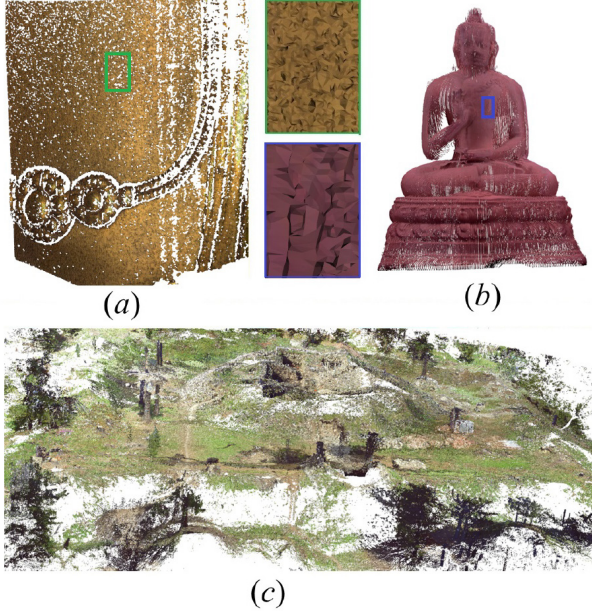


Fig. 1. Noisy point clouds were obtained by different scanners from various objects. The magnified sections show polygon meshes of point clouds.

The existence of noise in point cloud data is a challenging issue, not only in the ICP algorithm, but also in feature-based registration algorithms because some feature-based descriptors such as feature lines are unstable on noisy point clouds.

In practice, a point cloud captured by scanning devices includes some noise because of the limitation of such devices or the physical property of an object. For example, Fig. 1 shows some noisy point clouds. The part of a point cloud of a gilt-bronze statue scanned by a NextEngine 3D laser scanner is shown in Fig. 1(a). Because of surface shininess, the

laser is reflected too much, causing what is known as noise. Figure 1(b) shows a point cloud of a small clay statue obtained by a Matter and Form 3D scanner. The presence of strong noise in the point cloud, however, can be observed owing to the limitation of the scanner. In Fig. 1(c), a point cloud of grassland and herbage captured by a FARO laser scanner is shown. Because of the roughness of the land surface, there were some noises in the point cloud too. Therefore, a robust point cloud registration method for registering noisy point clouds is very important in practical applications. Taubin

(21) introduced polyhedral surface fairing based on signal processing techniques. He defined polyhedral surface smoothing by generalizing the discrete Fourier analysis to 2D discrete surface signals and reduced the surface smoothing problem to low-pass filtering. For mesh filtering, eigenvectors of the Laplacian operator are computed explicitly in the spatial domain via convolution. This iterative method, however, requires a high computational cost. In addition, Pauly and Gross (22) presented a method for processing point-sampled objects using a spectral method. In their method, point-sampled models are split into a number of patches, each patch is resampled geometrically, and low-pass filtering is conducted in the frequency domain by Fourier analysis such as FFT.

Our main contributions are as follows:

- A single-iteration algorithm for removing noise from point clouds using FFT and low-pass filtering in the frequency domain;
- A new and robust algorithm for registering noisy point clouds using adjustable filter functions.

2 Related works

Currently, many robust algorithms have been proposed for registering noisy point clouds. Some approaches improved the classical ICP algorithms, whereas others introduced a stable feature descriptor for noisy point sets.

Segal et al. (15) introduced a generalization of the ICP algorithm that performs plane-to-plane matching by combining the “point-to-point” and “point-to-plane” ICP algorithms into a single probabilistic framework. Their method is based on attaching a probabilistic model to the minimization process so that the surface information from both point clouds can be incorporated easily into the optimization algorithm. This is a robust approach for registration. Jian and Vemuri (23) proposed a similar approach based on a probabilistic modeling framework for registering noisy point clouds.

Gelfand et al. (13) proposed a point selection strategy to improve the registration performance of the ICP algorithm. They presented a method for detecting uncertainty in pose and minimized this uncertainty by choosing samples that constrain potentially unstable transformations. Meanwhile, Granger et al. (24) formulated point cloud registration as a maximum likelihood problem and presented a new variant of the ICP algorithm by applying the expectation maximization principle.

Fitzgibbon (25) introduced a variant of the ICP algorithm using matching points to the minimization strategy. The registration error is directly minimized using a generalpurpose nonlinear optimization algorithm.

Recently, Yang et al. (26) proposed a globally optimal algorithm for registering point clouds under the L_2 error metric defined in the ICP algorithm. The method is based on a branch-and-bound scheme that searches the entire 3D motion space ($SE(3)$). The authors derived novel upper and lower bounds for the registration error function by exploiting the special structure of $SE(3)$.

On the other hand, some authors proposed stable descriptors for registering noisy point clouds. For example, Zhong (27) introduced a new 3D shape descriptor called intrinsic shape signature (ISS) to characterize a local region of a point cloud. ISS uses the eigenvectors of the covariance matrix of a point to describe its neighbors. The algorithm gives a good result on noisy point sets.

Yang et al. (9) proposed a novel feature descriptor called local feature statistics histogram (LFSH) for the robust registration of point clouds. By combining a set of low-dimensional geometric features, LFSH incurs a minimal loss in the local shape descriptions, but it is robust to noisy and varying point cloud resolutions. Guo et al. (7) proposed a RoPS-based feature descriptor that is based on an accurate and robust algorithm for registering point clouds. Boughorbel et al. (28) presented a robust registration method based on Gaussian fields. They presented a Gaussian field criterion that consists of a Gaussian mixture, depending on the distance and point attributes such as the local shape descriptors. Later, Boughorbel et al. (29) extended the work in (28) by using a continuously differentiable energy function. The method (29) shows robustness in the presence of strong noise.

Amamra et al. (30) presented a recursive robust filtering method for feature-based point cloud registration. The algorithm is based on a recursive optimal state estimation. The registration problem was fitted to the Kalman filter scheme, and it was robust to uncertainties caused by noisy feature localization. Deng et al. (31) proposed a local feature

descriptor-based point pair local topology. The topology descriptor is defined by a histogram that is constructed using the weighting of the distance measures and angle measures based on a local point pair.

Sandhu et al. (32) presented a particle filtering approach for registering point clouds. In their work, stochastic motion dynamics are introduced to widen the narrow band of convergence which is used to tackle the registration task. The method works well on point clouds with poor initialization and noise without any geometric assumption on the point cloud density.

3 Two-dimensional discrete Fourier transform

Let $f(x, y)$ be a discrete function defined on $N \times M$ point sets. The discrete Fourier transform (DFT) $F(u, v)$ of a function $f(x, y)$ is given by the following equation:

$$F(u, v) = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) e^{-j2\pi(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{M})} \quad (1)$$

Similarly, $f(x, y)$ is obtained by the inverse discrete Fourier transform (IDFT) for the given $F(u, v)$ by the following equation:

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{M-1} F(u, v) e^{-j2\pi(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{M})}. \quad (2)$$

The DFT of a discrete surface or its IDFT can be accelerated by a FFT. A Fourier transform converts a signal from its original domain (often a time or space domain) to a representation in the frequency domain. The Fourier spectrum $|F(u, v)|$ is defined as

$$|F(u, v)| = [R^2(u, v) + I^2(u, v)]^{1/2}, \quad (3)$$

where $R(u, v)$ and $I(u, v)$ are the real and imaginary parts of $F(u, v)$, respectively (33). The Fourier spectrum reveals the frequency components in the input data.

In the frequency domain, the high-frequency components can be eliminated by a low-pass filtering operation as follows:

$$W(u, v) = |F(u, v)|H(u, v), \quad (4)$$

where $H(u, v)$ is a low-pass filter function and $W(u, v)$ is the power spectrum where the high-frequency components are eliminated. In signal processing, there are many low-pass filter functions such as Butterworth filter, Chebyshev filter and Gaussian filter.

A frequency-domain filtering operation can be represented in a spatial domain as follows:

$$w(x, y) = f(x, y) * h(x, y), \quad (5)$$

where $h(x, y)$ is the IDFT of $H(u, v)$, $w(x, y)$ is a smoothing function, and $*$ is a convolution operator.

4 Noisy point cloud registration

The input for our algorithm is two partially overlapped noisy 3D point clouds, $P = \{\mathbf{p}_i \in \mathbb{R}^3\}$ and $Q = \{\mathbf{q}_i \in \mathbb{R}^3\}$, obtained from a scanning device. Let P_l and Q_l be point sets on the overlapped area of the point clouds, and let P and Q be their explicit discrete surfaces, respectively.

Let $\bar{d}_P$ and $\bar{d}_Q$ be the average distance between points in point sets P_l and Q_l , respectively.

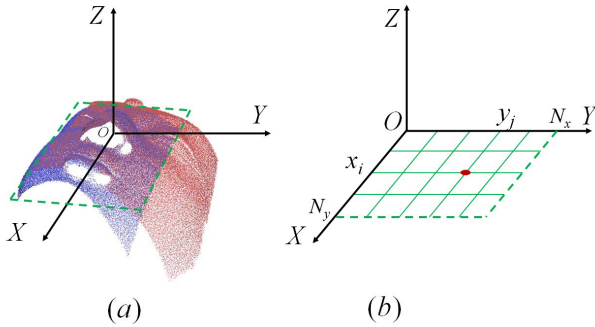


Fig. 2. (a) Two partially overlapped noisy point clouds and the minimum bounding rectangle; (b) 2D grid generation.

4.1 Point cloud resampling

To use a discrete Fourier transform, we resample point sets P_l and Q_l . The first stage of resampling is to construct a local coordinate system for point sets P_l and Q_l . Therefore, the covariance matrix C is defined from the union of two point sets, Pl and Ql , and denoted by $Pl \cup Ql$. If $\mathbf{v}_j$, ($j = 1, \dots, K$) are points of the set $P_l \cup Q_l$, then C can be defined as

$$C = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (\mathbf{v}_i - \bar{\mathbf{v}})^T (\mathbf{v}_i - \bar{\mathbf{v}}), \quad (6)$$

where $\bar{\mathbf{v}}$ is the average of the set, $\bar{\mathbf{v}} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \mathbf{v}_i$.

Let λ_1, λ_2 , and λ_3 ($\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3$) be the eigenvalues of matrix C , and let $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2$, and $\mathbf{e}_3$ be the corresponding eigenvectors. In principal component analysis, the eigenvector $\mathbf{e}_1$ to the smallest eigenvalue λ_1 estimates the normal vector of point $\bar{\mathbf{v}}$ (?) and a local coordinate system ($OXYZ$) can be constructed by the eigenvectors $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2$, and $\mathbf{e}_3$. The OZ axis is selected along the normal vector of point $\bar{\mathbf{v}}$.

In this coordinate system, a minimum bounding rectangle of the overlapping area of surfaces P and Q is established on the OXY plane. For example, Fig. 2(a) shows two noisy point clouds obtained from the face of a statue. Both point clouds contained strong noise and partially overlapped surfaces produced by the rough registration. The minimum bounding rectangle of the overlapping area is drawn by green lines.

Consequently, the bounding box is translated into the first quadrant of the coordinate plane OXY and a uniform 2D grid is constructed on the bounding rectangle. The grid size $N_x \times N_y$ and grid step size are chosen to be smaller than $\min(\bar{d}_P, \bar{d}_Q)$. In the constructed grid, the discrete surfaces P and Q are resampled into grid spaces. For example, the resampling values $f_P(x_i, y_j)$ ($i = 0, 1, \dots, N_x - 1, j = 0, 1, \dots, N_y - 1$) of point cloud P are computed by the following rules:

- For each grid at point (x_i, y_j) , only four neighbors are selected from point cloud P as

$$\bar{p}_1 = \{p_l | \min(d((x_i, y_j), (x_{p_l}, y_{p_l}))), x_{p_l} \leq x_i \text{ and } y_{p_l} \leq y_j, \forall p_l \in P\}, \quad (7a)$$

$$\bar{p}_2 = \{p_l | \min(d((x_i, y_j), (x_{p_l}, y_{p_l}))), x_{p_l} \geq x_i \text{ and } y_{p_l} \leq y_j, \forall p_l \in P\}, \quad (7b)$$

$$\bar{p}_3 = \{p_l | \min(d((x_i, y_j), (x_{p_l}, y_{p_l}))), x_{p_l} \leq x_i \text{ and } y_{p_l} \geq y_j, \forall p_l \in P\}, \quad (7c)$$

$$\bar{p}_4 = \{p_l | \min(d((x_i, y_j), (x_{p_l}, y_{p_l}))), x_{p_l} \geq x_i \text{ and } y_{p_l} \geq y_j, \forall p_l \in P\}, \quad (7d)$$

where $d((x_i, y_j); (x_{p_l}, y_{p_l}))$ is the distance between points (x_i, y_j) and point (x_{p_l}, y_{p_l}) , and x_{p_l} and y_{p_l} are respectively the first and the second coordinate of point p_l . By Eq. (7), the four closest points to the grid point (x_i, y_j) are found.

- The value of $f_P(x_i, y_j)$ is computed from points $\bar{p}_1, \bar{p}_2, \bar{p}_3$, and $\bar{p}_4$ by inverse distance weighting interpolation as

$$f_P(x_i, y_j) = \sum_{l=1}^4 \frac{w_l z_{\bar{p}_l}}{\sum_{r=1}^4 w_r}, \quad (8)$$

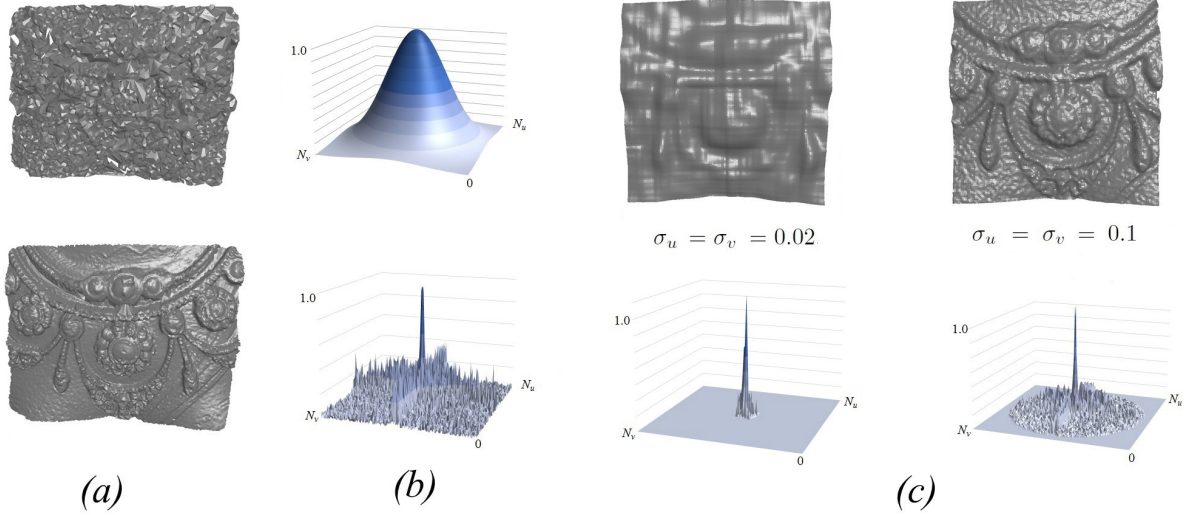


Fig. 3. (a) Point cloud with strong noise and an image of the original model; (b) Graph of the Gaussian function and Fourier spectrum of the point cloud; (c) The filtered Fourier spectra and the corresponding surfaces at various parameters

where

$$w_l = \frac{1}{d((x_i, y_j), (x_{\bar{p}_l}, y_{\bar{p}_l}))} \quad (9)$$

is the inverse distance weighting function, and $z_{\bar{p}_l}$ is the third coordinate of point $\bar{p}_l$.

The resampling values $f_Q(x_i; y_j)$ ($i = 0, 1, \dots, N_x - 1, j = 0, 1, \dots, N_y - 1$) of point cloud Q are computed in the same way as $f_P(x_i; y_j)$ by Eqs. (7)-(9) on the same grid. Figure 2(b) shows the uniform 2D grid constructed in the bounding rectangle.

4.2 Noise removal in the frequency domain

Two resampled surfaces, $f_P(x_i; y_j)$ and $f_Q(x_i; y_j)$, on the uniform grid can be transformed into the frequency domain by Eq. (1). To take advantage of FFT, we should make grid size N_x and N_y a power of 2. The Fourier spectra of $f_P(u_p; v_j)$ and $f_Q(u_p; v_j)$ are computed using Eq.(3), respectively.

To eliminate the high-frequency components of $|f_P(u_p; v_j)|$ and $|f_Q(u_p; v_j)|$, adjustable window function that is zero-valued outside of some chosen interval can be used. In typical applications, the window functions used are non-negative, smooth, bell-shaped surfaces such as Gaussian function, generalized normal, Dolph-Chebyshev function and Tukey function. In our research, we selected a Gaussian window function as a filter:

$$G(u_i, v_j) = e^{-\left(\frac{u_i^2}{2\sigma_u^2} + \frac{v_j^2}{2\sigma_v^2}\right)}, \quad (10)$$

where σ_u and σ_v are the parameters of the Gaussian function. By changing the σ_u and σ_v parameters, we can change the shape of the function; in order words, a filter function can be adjusted by the parameters.

A low-pass filter function in the frequency domain is formulated as follows:

$$H(u_i, v_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } |F(u_i, v_j)| \leq G(u_i, v_j) \\ 0, & \text{if } |F(u_i, v_j)| > G(u_i, v_j). \end{cases} \quad (11)$$

The high-frequency components of the Fourier spectrum are removed using this filter function in Eq. (4).

In the next step, a smooth discrete surface is constructed easily by transforming the filtered frequency data by IFFT in Eq. (2). In Fig. 3(a), a noisy point cloud bounded by the minimum rectangle and an image of the model constructed by a noiseless point cloud are shown. Figure 3(b) shows a Gaussian function for the filtering and the normalized Fourier spectrum of the noisy point cloud, whereas Fig. 3(c) shows the constructed smooth surfaces with the corresponding filtered spectra at various parameters of σ in a Gaussian function.

Once the smooth surfaces $\tilde{f}_P(x_i; y_j)$ and $\tilde{f}_Q(x_i; y_j)$ ($i = 0, 1, \dots, N_x - 1, j = 0, 1, \dots, N_y - 1$) are constructed on the grid, the surface points are pruned on the basis of the distance-based criteria. We formulated the criteria as follows: if the surface point $\tilde{f}_P(x_i; y_j)$ defined on the grid satisfies the following condition, then we assume that the point $\tilde{f}_P(x_i; y_j)$ belongs to the overlapping surface P_l

$$\min(d(\tilde{f}_P(x_i, y_j), \bar{p}_l), l = 1, 2, 3, 4) < \min(\bar{d}_P, \bar{d}_Q) \quad (12)$$

where, $d(\tilde{f}_P(x_i; y_j), \bar{p}_l)$ is the distance between points $\tilde{f}_P(x_i; y_j)$, $\bar{p}_l$ is defined by Eq. (7), and $\min(\bar{d}_P, \bar{d}_Q)$ is the average distance of input point clouds P and Q .

4.3 Point cloud registration

We can obtain two smooth surfaces, $\bar{P}_1$ and $\bar{Q}_1$,

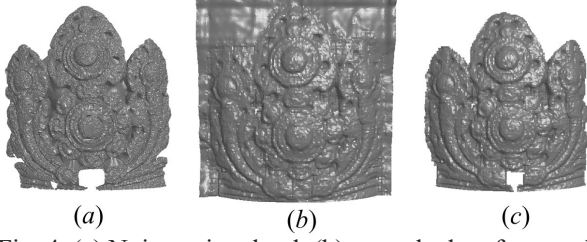


Fig. 4. (a) Noisy point cloud; (b) smoothed surface on the grid; (c) result after pruning the points.

overlapping each other by applying the techniques described in the previous sections. These point clouds can be registered by using the ICP algorithm (12), which uses the point-to-plane error metric:

$$E = \sum_i [(R\mathbf{p}_i + T - \mathbf{q}_i) \cdot \mathbf{n}_i]^2 \quad (13)$$

where R is a rotation matrix, T is a transformation matrix, and (p_i, q_i) are point pairs with normal $\mathbf{n}_i$. By implementing the algorithm in Eq. (13), we can obtain six parameters including the operations of the rotation and the translation.

In the final step, the original noisy point clouds can be registered by the parameters obtained by the ICP algorithm. However, depending on the noise level and the rough registration of the point clouds, the proposed technique will require a multi-stage implementation. For each stage, the same techniques such as resampling of point clouds, filtering of noise, and registration of a point cloud by the ICP algorithm are implemented. The only difference between the stages is the parameter value for the filtering function. For example, Fig. 5 shows the process for registering noisy point clouds. Figure 5(a) shows a point cloud with a strong noise and its initial alignments. For the registration of these point clouds, three stages are required. Figure 5(b)-(d) show point clouds whose noises were removed by the different parameter values of a Gaussian function in Eq. (10) and the registration result of noisy point clouds in each step. The parameter values such as $\sigma_{u,1} = \sigma_{v,1} = 0.02$, $\sigma_{u,2} = \sigma_{v,2} = 0.05$ and $\sigma_{u,3} = \sigma_{v,3} = 0.1$ are defined by the user. In the first stage, all noises and some small features are removed from the point clouds. Thus, the result of the stage is an improved rough alignment of the point clouds. Starting from the second and the third stages, the fine registration is performed between point clouds with certain features and a small level of noise.

A number of stages of the proposed method depend on the noise level of the point clouds and on the complexity of the original model. The registration process will continue until the average variation of the point clouds is stabilized. For the noisy point clouds, a distance-based registration

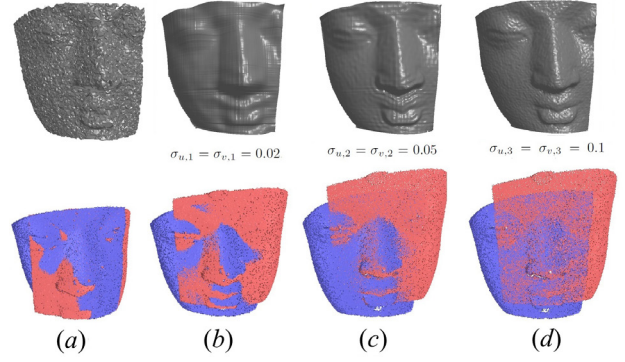
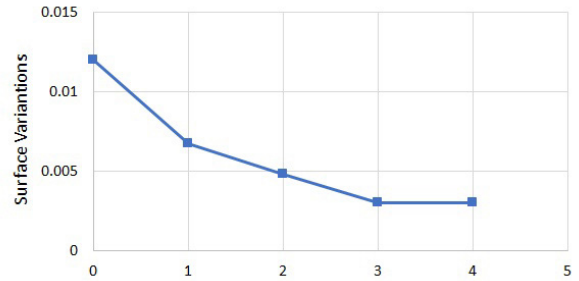


Fig. 5. (a) Original noisy point cloud and rough registration of point clouds; (b)-(d) resampled surfaces with different parameter values of and point clouds registration results at each stage.

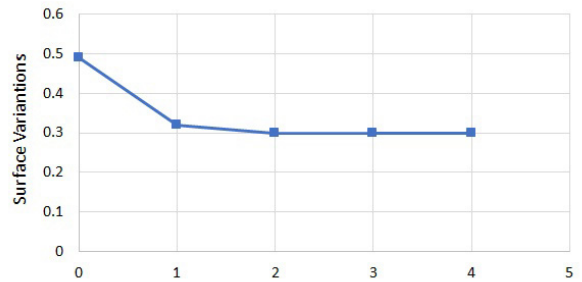
error is not efficient. Therefore, we considered an error measurement based on the average variation value of the registered point clouds. For the computation of the variation value for each point in the point cloud $P_i \cup Q_j$, the covariance matrix C is defined from each point and its closest K neighbors by Eq. (6) and the variation of point p is defined by the following function proposed by Pauly et al. (?):

$$\sigma(\mathbf{p}) = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2},$$

where λ_0 , λ_1 , and λ_2 are the eigenvalues of the covariance matrix C with $\lambda_0 \leq \lambda_1 \leq \lambda_2$.



(a)



(b)

Fig. 6. (a) Average variation; (b) average distance at each step of the proposed method.

Figure 6 shows graphs of the average variation value of the point cloud $P_i \cup Q_i$ and the average nearest distance value between point clouds P_i and Q_i at each step of the proposed method's process shown in Fig. 5.

The process for registering noisy point clouds is summarized in Algorithm

1.

Algorithm 1. Algorithm for registering noisy point clouds,

Input: Noisy point clouds P and Q

Input: σ_i parameters of the Gaussian function

1. **do**
 2. define overlapping areas P_i and Q_i
 3. get next σ_i
 4. construct the coordinate system $OXY Z =$ for $P_i \cup Q_i$
 5. define the uniform grid with a size of $N_x \times N_y$
 6. **for each** x_i and y_j
 7. compute the resampling values $fP(x_i, y_j)$ and $fQ(x_i, y_j)$
 8. **end for**
 9. compute $FF T(fP(x_i, y_j))$ and $FF T(fQ(x_i, y_j))$
 10. filter $|FP(u, v)|$ and $|FQ(u, v)|$ by using a Gaussian function
 11. compute $FF T(fP(u_i, v_j))$ and $IF F T(FQ(u_i, v_j))$
// $\tilde{fP}(x_i, y_j)$ and $\tilde{fQ}(x_i, y_j)$ are obtained
 12. implement the ICP algorithm on $\tilde{fP}(x_i, y_j)$ and $\tilde{fQ}(x_i, y_j)$
// 6 parameters for registration are obtained
 13. register point clouds P and Q by parameters
 14. **while** average variation not stabilized
-

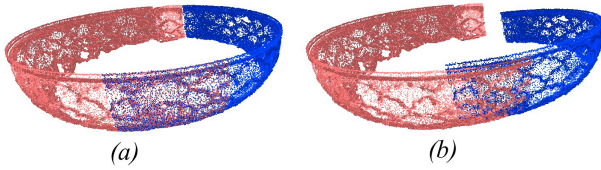


Fig. 7. (a) Result of the proposed algorithm; (b) failed registration of the point clouds by the ICP algorithm.

5 Experimental results

We applied the proposed method for registering different types of point clouds such as point clouds with strong noise or noisy point clouds with different resolutions or different amounts of noise. The experiments were performed on a machine with a 2.8-GHz Intel Xeon E5-1603 processor and 8GB of RAM.

In our experiment, the implementation was done for different types of point clouds such as those with

noise owing to the limitation of scanning devices or to the physical property of the objects. For the others, noises were created by adding Gaussian noise with zero mean and a variance of a certain percentage of the average distance of the point clouds.

For example, approximately 90% of noise was added to the point clouds in the experiment shown in Fig. 3. Rough registration was manually implemented by selecting the feature points. In the first experiment, we registered the point clouds of an object with a round shape. This type of object is good for showing the robustness of the method. To the point clouds, approximately 85% of noise was added. The proposed method requires two stages for registering point clouds. The final result is shown in Fig. 7(a). Figure 7(b) shows the result of the ICP algorithm that failed to register these point clouds.

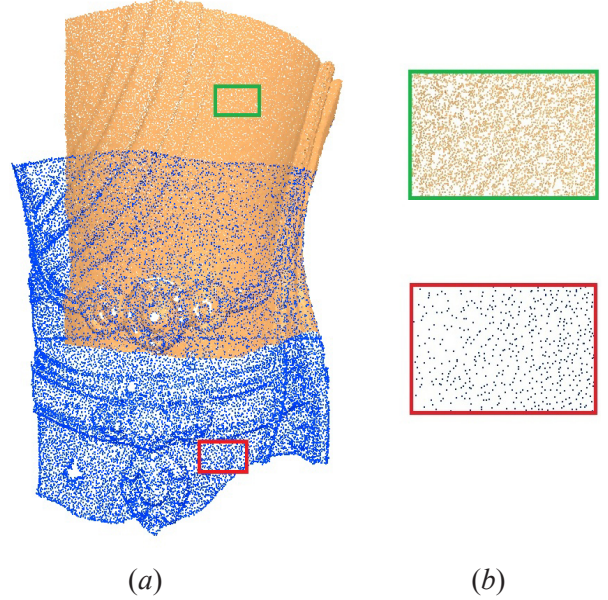


Fig. 8. (a) Result of the proposed algorithm for registering noisy point clouds with different densities; (b) the magnified sections of a point cloud with different densities

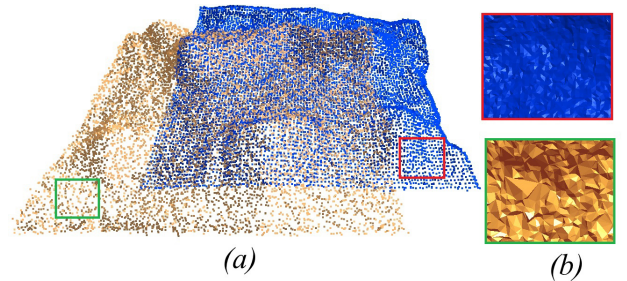


Fig. 9. (a) Result of the proposed algorithm for registering noisy point clouds with different amounts of noise; (b) the magnified sections show polygon meshes of point clouds with different noise levels.

In the next experiment, the implementation was done for the point clouds of a gilt-bronze statue (see Fig. 1(a)) scanned by a NextEngine 3D laser scanner.

Because of the surface properties of the shininess, there were noises in the point clouds. In addition, the point clouds captured by different modes of the scanner such as macro and wide range were used in the experiment. The density of the point clouds obtained by the macro-range mode was about five times higher than that of the point clouds obtained by the wide-range mode. Figure 8 shows the result of the proposed method on noisy point clouds with different densities.

In the last experiment, we registered the point clouds of a sandy terrain captured by a Kinect sensor. Both point clouds included some noise because of terrain roughness. For the experiment, we added 30% and 80% of noise to these point clouds, respectively. The registration result is shown in Fig. 9. The numerical results of our proposed algorithm are given in Table 1.

6 Conclusions and future work

In this paper, we presented a novel method for registering noisy point clouds. The main contributions of our research are as follows: (a) a single iteration method for eliminating noise from point clouds using FFT and low-pass filtering in the frequency domain and (b) a proposed new and robust algorithm for registering noisy point clouds.

To remove noise in point clouds, we resampled overlapped point clouds and transferred them to the frequency domain by FFT. The Fourier spectrum of the point clouds was filtered by a Gaussian function. At each stage of the method, we chose different parameters of the Gaussian function. By registering the smoothed point clouds with the ICP algorithm, we obtained the registration parameters for the original point clouds. In addition, we suggested an error measurement based on the average variation value of the registered point clouds. For noisy point clouds, this measurement was more efficient than the error measurement based on a distance.

In addition, the proposed method requires that the overlapped area of the point clouds should be an explicit discrete surface because of the DFT. This is one of the limitations of the proposed method. Another limitation of the method is that, if the number of points of the overlapped area is large, such as several millions of points, then the computation time of the method will be high because of the size of the FFT.

We experimented with our method on many different types of noisy point clouds, such as point clouds with strong noise, point clouds with different amounts of noise and noisy point clouds with different densities.

The proposed method showed robustness in the presence of strong noise. In the experiment, parameters of Gaussian window function are selected by user. The parameter values were depending on level of the noise and surface roughness.

In the future, research on automatic and optimal selection of the parameter values of the window function is required for improving application of the proposed method.

References

1. Diez, Y., Roure, F., Lladá, X., Salvi, J.: A qualitative review on 3d coarse registration methods. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 47(3), p. 45:1- 45:36 (2015)
2. Pottmann, H., Huang, Q.X., Yang, Y.L., Hu, S.M.: GeomWettry and convergence analysis of algorithms for registration of 3D shapes. *International Journal of Computer Vision*, 67(3), pp. 277–296 (2006)
3. Rusinkiewicz, S., Levoy, M.: Efficient variants of the ICP algorithm. In *3-D Digital Imaging and Modeling, Proceedings, Third International Conference* pp. 145–152 (2001)
4. Salvi, J., Matabosch, C., Fofi, D., Forest, J.: A review of recent range image registration methods with accuracy evaluation. *Image and Vision computing*, 25(5), pp. 578–596 (2007)
5. Tam, G.K., Cheng, Z.Q., Lai, Y.K., Langbein, F.C., Liu, Y., Marshall, D., Martin, R.R., Sun, X.F., Rosin, P.L.: Registration of 3D point clouds and meshes: a survey from rigid to nonrigid. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(7), pp. 1199–1217 (2013)
6. Holz, D., Ichim, A.E., Tombari, F., Rusu, R.B., Behnke, S.: Registration with the point cloud library: a modular framework for aligning in 3-D. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 22(4), pp. 110–124 (2015)
7. Guo, Y., Sohel, F., Bennamoun, M., Wan, J., Lu, M.: 2014. An accurate and robust range image registration algorithm for 3D object modeling. *IEEE Transactions on Multimedia*, 16(5), pp. 1377–1390 (2014)
8. Rusu, R.B., Blodow, N., Beetz, M.: Fast point feature histograms (FPFH) for 3D registration. In *Robotics and Automation, 2009. ICRA'09. IEEE International Conference*, IEEE, pp. 3212–3217 (2009)
9. Yang, J., Cao, Z., Zhang, Q.: A fast and robust local descriptor for 3D point cloud registration. *Information Sciences*, 346, pp. 163–179 (2016)
10. Mellado, N., Dellepiane, M., Scopigno, R.: Relative scale estimation and 3D registration of multi-modal geometry using Growing Least Squares. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 22(9), pp 2160–2173 (2016)
11. Besl, P.J., McKay, N.D.: A method for registration of 3-d shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 14(2), pp. 239–256 (1992)
12. Chen, Y., Medioni, G.: Object modeling by

- registration of multiple range images. *Image and Vision Computing*, 10(3), pp. 145– 155 (1992)
13. Gelfand, N., Ikemoto, L., Rusinkiewicz, S., Levoy, M.: Geometrically stable sampling for the ICP algorithm. In *3-D Digital Imaging and Modeling, Fourth International Conference*, pp. 260–267 (2003)
14. Marani, R., Ren, V., Nitti, M., D’Orazio, T., Stella, E.: A modified iterative closest point algorithm for 3D point cloud registration. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* (2016)
15. Segal, A., Haehnel, D., Thrun, S.: Generalized-ICP. In *Robotics: Science and Systems 2*, (4) (2009)
16. Lucchese, L., Doretto, G., Cortelazzo, G.M.: A frequency domain technique for range data registration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(11), pp. 1468–1484 (2002)
- human, D.I., Narang, S.K., Frossard, P., Ortega, A., Vandergheynst, P.: The emerging field of signal processing on graphs: Extending high-dimensional data analysis to networks and other irregular domains. *IEEE Signal Processing Magazine*, 30(3), pp. 83–98 (2013)
17. Song, R., Liu, Y., Martin, R.R., Rosin, P.L.: Mesh saliency via spectral processing. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 33(1), p.6, (2014)
18. Taubin, G.: Geometric signal processing on polygonal meshes, *Eurographics State of the Art Report* (2000)
19. Zhang, H., Van Kaick, O., Dyer, R.: Spectral mesh processing. In *Computer graphics forum* 29(6), pp. 1865–1894 (2010)
20. Taubin, G.: A signal processing approach to fair surface design. In *Proceedings of the 22nd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, pp. 351–358 ACM (1995)
21. Pauly, M., Gross, M.: Spectral processing of point-sampled geometry. *SIGGRAPH 01*, pp. 379–386 (2001)
22. Jian, B., Vemuri, B.C.: 2011. Robust point set registration using Gaussian mixture models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 33(8), pp. 1633–1645 (2011)
23. Granger, S., Pennec, X.: Multi-scale EM-ICP: A fast and robust approach for surface registration. In *European Conference on Computer Vision*, pp. 418–432 (2002)
24. Fitzgibbon, A.W.: Robust registration of 2D and 3D point sets. *Image and Vision Computing*, 21(13), pp. 1145–1153 (2003)
25. Yang, J., Li, H., Campbell, D., Jia, Y.: 2016. Go-ICP: a globally optimal solution to 3D ICP point-set registration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 38(11), pp. 2241–2254 (2016)
26. Zhong, Y.: Intrinsic shape signatures: A shape descriptor for 3d object recognition. In *Computer Vision Workshops (ICCV Workshops)*, 2009 IEEE 12th International Conference, pp. 689–696 (2009)
27. Boughorbel, F., Mercimek, M., Koschan, A., Abidi, M.: A new method for the registration of three-dimensional point-sets: The Gaussian fields framework. *Image and Vision Computing*, 28(1), pp. 124–137 (2010)
28. Boughorbel, F., Koschan, A., Abidi, B., Abidi, M.: Gaussian fields: a new criterion for 3D rigid registration. *Pattern Recognition*, 37(7), pp. 1567–1571 (2014)
29. Amamra, A., Aouf, N., Stuart, D., Richardson, M.: A recursive robust filtering approach for 3D registration. *Signal, Image and Video Processing*, 10(5), pp. 835–842 (2016)
30. Deng, W., Zou, H., Guo, F., Lei, L., Zhou, S.: Point-pattern matching based on point pair local topology and probabilistic relaxation labeling. *The Visual Computer*, pp. 1–11 (2016)
31. Sandhu, R., Dambreville, S., Tannenbaum, A.: Particle filtering for registration of 2D and 3D point sets with stochastic dynamics. In *Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2008. IEEE Conference on*, pp. 1–8 (2008)
32. Gonzalez, R.C., Woods, R.E.: *Digital Image Processing*, third ed., AddisonWesley, Reading, MA (1992)

Шуугиант цэгэн өгөгдлийг олон алхамт шуугиан арилгах аргад тулгуурлан Фурьегийн хурдан хувиргалтаар бүртгэх нь

Н.Бямбажаргал¹, Б.Анхбаяр², Х.Оюундолгор¹, А.Энхбаяр^{2*}

¹ Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль, Мэдээлэл компьютерийн ухааны тэнхим

² Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль, Хэрэглээний математикийн тэнхим

*enkhbayar.a@seas.num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.03.06, засварласан: 2018.09.24, зөвшөөрсөн: 2018.10.03

Хураангуй

Бид энэхүү өгүүлэлд шуугиант цэгэн өгөгдлийг бүртгэх олон алхамт аргыг танилцуулна. Алхам бүрт давхцсан дискрет гадаргуунуудыг нэгэн зэрэг Фурьегийн хурдан хувиргалт (FFT)-аар давтамжийн огторгуй руу хувиргана. Давтамжийн огторгуйд өгөгдсөн функцийн тусламжтайгаар нам давтамжуудыг шүүн авч, улмаар урвуу Фурьегийн хувиргалтаар дискрет гадаргууг дахин байгуулна. Энэхүү дахин байгуулсан гадаргууг хамгийн ойр цэгийн итераци (ICP)-ийн аргын тусламжтай бүртгэж, харгалзах бүртгэлийн параметруудийг тогтоосон. Эдгээр параметруудийг ашиглан өгөгдсөн шуугиант цэгэн өгөгдлийг бүртгэсэн. Дараагийн алхамуудыг дээрхтэй адил аргаар хэрэгжүүлсэн бөгөөд зөвхөн нам давтамжийг шүүх шүүлтүүрийн параметруудийг өөрчилсөн. Энэхүү процессийг цөөн алхам давтан хэрэгжүүлсний дараа бидний боловсруулсан арга шуугиант цэгэн өгөгдлийг бүртгэн авахад илүү сайн үр дүн өгсөн. Бид дээрх аргыг сийрэг цэгэн өгөгдөл, шуугианы түвшин өөр өөр байх олон төрлийн цэгэн өгөгдлийг бүртгэхэд туршиж үзсэн.

Түлхүүр үг: Шуугиант цэгэн өгөгдөл, Фурьегийн хурдан хувиргалт, дискрет гадаргуу

Монгол хэлний нэрийн бүлгийн задлуурьг модны сангаас үүсгэх нь

Чагнаагийн Алтангэрэл^{1*}, Дагвасүмбэрэлийн Энхжаргал², Базаржавын Пүрэвсүрэн²,
Мөнхжаргалын Золжаргал¹, Чүлтэмсүрэнгийн Баярцацрал¹, Нямдаваагийн Оюундарь¹

¹ Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль,
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

² Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх ухааны сургууль, Европ судлалын тэнхим

*altangerel@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.03.30, засварласан: 2018.05.28, зөвшөөрсөн: 2018.06.01

Хураангуй

Өгүүлбэрийн бүлгийн задлал нь өгүүлбэрийн гишүүдийг дэд бүлэгт (нэрийн, үйлийн болон бусад) хуваадаг үйлийг хэлдэг. Үүнийг хийдэг хэрэгсэл нь эх хэл боловсруулалтын үндсэн суурь хэрэгслүүдийн нэг бөгөөд үүний дотор нэрийн бүлгийн задлуур нь бичвэрээс нэр томьёо, мэдээлэл, мэдлэг гарган авах болон машин орчуулга зэрэгт хэрэглээ, ач холбогдол ихтэй, чухал хэрэгсэл юм. Энэхүү ажлаар тэмдэглэгээт модны сангаас нэрийн бүлгийг ялгаж нэрийн бүлгийн хөмрөг үүсгэх, түүн дээр сургасан нэрийн бүлгийн таниур загварыг үнэлэх, улмаар нэрийн бүлгийн сайн чанартай хөмрөг үүсгэх боломжийг судаллаа. Модны сангаас автоматаар үүсгэсэн нэрийн бүлгийн хөмрөгт тулгуурлан 89% нарийвчлалтай ажиллах нэрийн бүлгийн задлуурын загварыг гаргаж авлаа.

Түлхүүр үг: Хэлний нөөц, модны сан, нэрийн бүлгийн задлуур

1. Удиртгал

Эх хэл боловсруулалтын систем нь бичвэрийг ямар хэлээр бичигдсэнийг таних хэл илрүүлэгчээс эхлээд олон салаа утгатай үгийн тухайн өгүүлбэрт хэрэглэгдэж буй утгыг тэмдэглэх салаа утга таниур хүртэл хэл боловсруулалтын янз бүрийн түвшний олон хэрэгслийг агуулдаг. Системийн эдгээр бүрдэл хэрэгслүүдийг цогцоор хөгжүүлэх нь аливаа хэлний хувьд чухал ач холбогдолтой ажил юм. Ялангуяа энэ нь Монгол гэх мэтийн залгамал бөгөөд нарийн бүтэц зүй тогтолтой хэлний хувьд томоохон сорил байдаг.

Монгол хэлний хувьд Англи гэх мэтийн бусад хэлтэй харьцуулахад хэл боловсруулалтын хувьд маш бага судлагдсан, цахим хэлбэрт оруулан үүсгэсэн бичвэр, толь бичиг, гэх мэт хэлний нөөц багатай хэл юм. Монгол улсад кирилл бичигт зориулсан хэл боловсруулалтын судалгааны ажлууд голчлон хийгдэж байна (J.Purev and Ch.Altangerel, 2004). Харин монгол бичигт зориулсан үгзүйн задлуур, өгүүлбэрзүйн задлуур, нэрлэсэн нэгж таниур зэрэг судалгааг Өвөрмонголын Их Сургуульд эрчимтэй хийж байна (S.Sarula 2014, S. Loglo 2013).

Хэлний бүтэц зүй тогтлыг цахимд томьёолох судалгаанд хэрэглэгддэг дүрмийн болон эмпирик гэсэн үндсэн хоёр үзэл баримтлал байдаг бөгөөд эмпирик буюу өгөгдөлд суурилсан арга нь дүрмд суурилсан аргаас илүү их хэрэглэгдэж орчин үеийн төлөөлөгч нь болж байна. Учир нь гэвэл хэлний тэрхүү нарийн зүй тогтол бүрийг дүрмээр нэг бүрчлэн тогтоож өгөх нь маш их хөрөнгө, хүч шаардсан ажил байдаг байна. Харин өгөгдөлд суурилсан арга нь хэлний цахим баримт, бүртгэл дээр суурилсан, түүнээс зүй тогтлыг автоматаар гарган ашигладаг харьцангуй зардал багатай илүү динамик шинжтэй юм. Өгөгдөлд суурилсан аргаар эдгээр системийг хөгжүүлэхийн тулд тухайн хэлний нөөц болох хэлний төрөл бүрийн корпус чухал үүрэгтэй. Үүний дотор өгүүлбэрийн бүтцийг тэмдэглэсэн корпус болох модны сан тун чухал нөөц бөгөөд Монгол хэлтэй ойролцоо Түрк, Мажар гэх мэт хэлэнд модны сангаас нэрийн бүлгийн хөмрөгийг үүсгэн хэрэглэх талаар ажлууд хийгдэж байсан (Yildiz нар 2015, Reeski, G. 2014).

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд Монгол хэлний өгүүлбэрзүйн задлуур, тэр дотроо нэрийн бүлгийг таних хэрэгсэл, түүнд хэрэглэгдэх хэлний гол нөөц болох модны санг шинжилж

түүнээс үүсгэсэн нэрийн бүлгийн хөмрөгийг модны сангийн тэмдэглэгээний чанарыг үнэлэхэд хэрэглэж болох таамаг дэвшүүлэн туршилт хийлээ.

2. Материал, Арга зүй

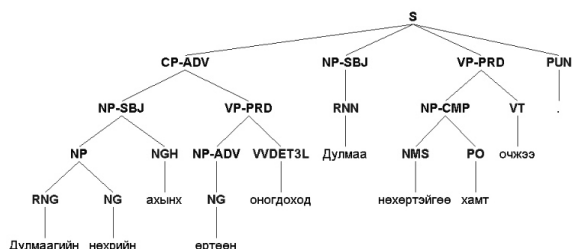
Өгөгдөлд суурилсан өгүүлбэрийн задлуур программыг сургах үндсэн сан болох Модны сан, түүний (Dependency treebank болон Structural treebank) төрлийн талаар мөн монгол хэлний өгүүлбэрийн онцлогийг судалж, Penn Treebank загвараар модны санг Монгол хэл дээр үүсгэхэд баримтлах мөрдлөгөөг (annotation guideline) боловсруулав. Үгийн аймгийн тэмдэглэгээг илүү нарийвчлан тодорхойлж, өгүүлбэрзүйн түвшний тэмдэглэгээг үүргийн тэмдэглэгээний хамт тодорхойлов.

Хүснэгт 1. Гараар тэмдэглэсэн модны сангийн хэмжээ

Бичвэрийн төрөл	Файлын тоо	Өгүүлбэрийн тоо	Хэмжээ*
Уран зохиол	12	4,509	~42K мөр/ 31K
Сонин	9	2,208	~35K мөр/ 33K
Нийт	21	6,617	

*нийт мөрийн тоо / үгийн тоо

Энэхүү боловсруулсан мөрдлөгөө ашиглан үгийн аймгийн тэмдэглэгээт МУИС-ийн материалын сангаас 40 гаруй мянган үгтэй, 6,700 гаруй өгүүлбэрийг хоёр хэл шинжээч гараар тэмдэглэж модны санг үүсгэсэн. Хэл шинжээч бүр нэг нэг төрлийн бичвэрийг тэмдэглэсэн. Өөрөөр хэлбэл давхардан тэмдэглэсэн бичвэр байхгүй гэсэн үг. Энэ нь нэг талаар адил бичвэрийг давхар тэмдэглэж хөдөлмөр үрэхгүй ч нөгөө талаар тэмдэглэгчдийн хоорондын нийцлийг шууд бодох боломжгүй болгодог. Иймээс тэмдэглэгч бүрийн ажилласан бичвэр дээр бичвэрийн төрөл дамжсан туршилтаар нийцлийг үнэлэхийг зорилоо. Хүснэгт 1-д модны сангийн хэмжээг бичвэрийн төрөл бүрээр жагсаан үзүүлээ.



Зураг 1. Модны сан дахь тэмдэглэсэн өгүүлбэрийн жишээ. Модлог хэлбэрээр.

Өгүүлбэрийн задлуурын хамгийн энгийн хувилбар болох нэрийн бүлгийн задлуур нь оролтын өгүүлбэрээс өгүүлбэрийн модны гүн бүтцийг үүсгэхгүйгээр нэг түвшин дэх нэрийн

бүлгийг ялган тэмдэглэдэг хэрэгсэл юм. Жишээ нь Зураг 1-д үзүүлсэн жишээ өгүүлбэрээс дараах дөрвөн нэрийн бүлэг тодорхойлж болно. Эдгээр нь:

[Дулмаагийн_RNG нөхрийн_NG] |
[Дулмаагийн_RNG нөхрийн_NG ахынх_NGH],
[өртөөн_NG],
[Дулмаа_RNN],
[нөхөртэйгөө_NMS хамт_PO] болно.

туршилтад үгийн аймгийн тэмдэглэгээг дангаар нь нэг онцлог болгон авах эсвэл дээд түвшний болон доод түвшний хоёр онцлог болгон хувааж авсан үед задлуурын гүйцэтгэлийг үнэлж үзлээ. Мөн нэрийн бүлгийн тэмдэглэгээг өгүүлбэрийн үүргээр нарийн ялган тэмдэглэх эсвэл нарийн ялгалгүй тэмдэглэх үед задлуурын гүйцэтгэлийг 10 нугалаат туршилтаар үнэллээ.

Модны сангаас автоматаар үүсгэсэн нэрийн бүлгийн хөмрөгөөр сургасан нэрийн бүлгийн таниур хэрэгслийн нарийвчлал нь тухайн модны сангийн тэмдэглэгээний чанар болон жигд байдлыг илэрхийлнэ. Мөн бичвэрийн төрөл бүр дээр сургасан таниурын гүйцэтгэлээр тэмдэглэгчдийн хоорондын санал нийцлийг харьцуулах болон бичвэрийн төрөл хоорондын онцлог ялгааг гаргаж болно гэж таамаглалаа.

Нэрийн бүлгийн задлуурын оновчтой загварыг гаргахын тулд нэрийн бүлгийн шатлал, үүргийн болон үгийн аймгийн тэмдэглэгээний олон хувилбараар туршиж харьцуулав.

Нэрийн бүлгийн шатлал

Модны сангаас нэрийн бүлгийг түүний шатлалаас хамаарч хоёр янзаар ялгаж болно. Үүний эхнийх нь хамгийн доод түвшний буюу модны 3 дугаар түвшин дэх нэрийн бүлгүүдийг ялгах.

(S	Дулмаагийн	RNG	B-NP
(CP-ADV	нөхрийн	NG	I-NP
(NP-SBJ	ахынх	NGH	O
(NP	өртөөн	NG	B-NP-ADV
(RNG Дулмаагийн)	онгодоход	VDET3L	O
(NG нөхрийн))	Дулмаа	RNN	B-NP-SBJ
(NGH ахынх))	нөхөртэйгөө	NMS	B-NP-COMP
(VP-PRD	хамт	PO	I-NP-COMP
(NP-ADV	Очжээ	VT	O
(NG өртөөн))		PUN	O
(VDET3L онгодоход)))			
(NP-SBJ	Дулмаагийн	RNG	B-NP-SBJ
(RNN Дулмаа))	нөхрийн	NG	I-NP-SBJ
(VP-PRD	ахынх	NGH	I-NP-SBJ
(NP-CMP	өртөөн	NG	B-NP-ADV
(NMS нөхөртэйгөө)	онгодоход	VDET3L	O
(PO хамт))	Дулмаа	RNN	B-NP-SBJ
(VT очжээ))	нөхөртэйгөө	NMS	B-NP-COMP
(PUN)))	хамт	PO	I-NP-COMP
	Очжээ	VT	O
		PUN	O

Зураг 2. Нэрийн бүлгийг ялгах 2 өөр шатлалын жишээ. 3 дахь түвшин болонбүрэн түвшингээр.

Энэ аргаар ялгавал *Дулмаагийн_RNG нөхрийн_NG ахынх_NGH* гэсэн нэрийн шаталсан тэмдэглээнээс зөвхөн *Дулмаагийн_RNG нөхрийн_NG* гэсэн нэрийн хэсэг гарах бөгөөд *ахынх_NGH* гэсэн хэсэг нь орхигдоно. Жишээг дараах зургаар үзүүлэв.

Нэрийн бүлгийг цогцоор нь авах удаах тохиолдолд *Дулмаагийн_RNG нөхрийн_NG ахынх_NGH* гэсэн нэрийн хэсэг ялгарна. Энэхүү цогц нэрийн нийлэмжээр авах тохиолдолд илүү урт буюу олон үгтэй нэрийн бүлэг үүснэ. Хүснэгт 2-т нэрийн бүлгийн 2 янзын шатлалд харгалзах статистикийг үзүүлээ.

Дээрх хүснэгтээс харахад энэхүү модны санд тэмдэг нэрийн үүрэгтэй нэрийн бүлгийн (NP-ADJ) тоо нь нэрийн бүлгийн шатлалыг өндөрсгөхөд огцом цөөрч байна. Энэ нь тэмдэг нэрийн үүргээр орсон энэ бүлэг бусад цогц нэрийн бүлгийн гишүүн болж орж байгааг харуулж байна. Мөн өгүүлэхүүний үүргээр орж байгаа бүлгийн (NP-SBJ) тоо ихсэж, түүний гишүүдийн дундаж тоо нь нэмэгдэж байна. Энэ нь өгүүлэхүүний бүлэг нь бас их шатлалтайгаар, нийлмэл байдлаар тэмдэглэгдсэн гэдгийг харуулж байна.

Хүснэгт 2. Нэрийн бүлгийн шатлал болон дундаж урт

NP төрөл*	3 түвшний NP тоо	3 түвшний Дундаж урт	Цогц түвшний NP	Цогц түвшний Дундаж урт
NP-ADJ	459	2.38	12	2.92
NP-ADV	1,315	2.34	1,257	2.45
NP-COMP	2,560	2.00	2,512	2.58
NP-CONJ	11	1.91	11	1.90
NP-OBJ	2,595	1.92	2,630	2.51
NP-PRD	208	2.28	313	3.78
NP-SBJ	4,822	1.91	5,870	2.59

NP-ADJ: тэмдэг нэрийн, NP-ADV: байцын, NP-COMP: шууд бус тусагдахуун, NP-OBJ: тусагдахуун, NP-PRD: өгүүлэгдэхүүн, NP-SBJ: өгүүлэхүүний үүргээр орсон нэрийн бүлэг тус тус болно.

Үүргийн болон үгийн аймгийн тэмдэглэгээ

Нэрийн бүлгийн тэмдэглэгээг түүний үүргийг оролцуулан илүү нарийвчлалтайгаар эсвэл үүргийн тэмдэглэгээг хэрэгсэхгүйгээр ерөнхийлөн хоёр янзаар тэмдэглэж болно. Онолын хувьд үүргийн тэмдэглэгээг агуулсан илүү нарийвчилсан нэрийн бүлгийн задлуурын ялгах ангиллын тоо их тул

гүйцэтгэлийн нарийвчлал нь ерөнхийлсөн нэрийн бүлгийн задлууртай харьцуулахад бага байна.

Модны сангийн үгийн аймгийн тэмдэглэгээ нь 2 түвшинтэй тул үүнийг мөн нарийвчилсан болон ерөнхийлсөн байдлаар 2 янзаар туршиж харьцуулав. Энэ нь нэрийн бүлгийг тодорхойлоход үгийн хувирах нөхцөлийн оролцоо хэр нөлөөтэй байгааг харуулах юм.

Ашигласан хэрэгсэл

Ийнхүү Модны сангийн гүн бүтцийг нэрийн бүлгийн тэмдэглэгээ рүү хөрвүүлсэн санг сургалтын өгөгдөл болгон туршлаа. Нэрийн бүлгийг таних загвараар дарааллыг таамаглах нөхцөлт санамсаргүй талбар (J. Lafferty нар 2001) -ийг хэрэгжүүлсэн CRF++ хэрэгсэл ашиглав. Модны сангийн гүн бүтцээс нэрийн бүлгийг ялгах, сургалт болон тестийн өгөгдлийг хуваах, туршилтын үр дүнг харьцуулах линукс орчны скрипт бичиж ашигласан.

3. Үр дүн

Дээрх аргаар бэлдсэн өгөгдөл дээр CRF хэрэгслээр эхлээд нэрийн бүлгийн үүргийн болон тэмплейтийн туршилт хийж дараа нь сургаж 10 нугалаат туршилтын үр дүнг гаргав.

3.1. Нэрийн бүлгийн үүргээр ялгах нь

Нэрийн бүлгийн үүргээр ялган сургах нь ерөнхий сургахаас ойролцоогоор 10 хувь харьцангуй бага нарийвчлалтай, F1 оноо ойролцоогоор 13 хувь бага байгааг Зураг 3-т дэлгэрэнгүй харуулсан байна.

Хүснэгт 3. Нэрийн бүлгийн задлуурын туршилтын үр дүн

Хувилбар*	Задлуурын Нарийвчлал (%)	Задлуурын F1 оноо
YAT=1, Үүрэг=-, Түвшин=3	85.44	68.40
YAT=2, Үүрэг=-, Түвшин=3	85.45	68.84
YAT=1, Үүрэг=-, Түвшин=3+	89.03	69.69
YAT=2, Үүрэг=-, Түвшин=3+	89.07	69.96

*YAT = (1: Үгийн аймгийн тэмдэглэгээг салгаагүй, 2: Үгийн аймгийн тэмдэглэгээг салгасан), Үүрэг = (+: Нэрийн бүлгийн үүргийг нарийвчилсан, -: Нэрийн бүлгийн үүргийг нарийвчлаагүй), Түвшин = (3: Нэрийн бүлгийн суурь түвшинд ялгасан, 3+: Нэрийн бүлгийг дээд түвшинд ялгасан)

Загвар 1 нь үгийн аймгийн ерөнхий тэмдэглэгээг ашигласан нэг дүрэмт загвар (unigram template) бөгөөд нийт 618,189 онцлогтой байв. Харин Загвар 2 нь үгийн аймгийн ерөнхий тэмдэглэгээг ашигласан хоёр дүрэмт загвар (bigram template) бөгөөд нийт 1,730,487 онцлогтой байв. Загвар 1 нь сайн үр дүнтэй байгаа тул дараах туршилтуудад ашиглалаа.

3.2. 10 нугалаат туршилт

Туршилтыг үгийн аймгийн тэмдэглэгээний 2 янз (1: үгийн аймгийн тэмдэглэгээг салгаагүй, 0: үгийн аймгийн тэмдэглэгээг салгасан), нэрийн бүлгийн түвшний 2 янз (3: нэрийн бүлгийн шатлал 3 дугаар түвшнээр ялгасан, 3+: нэрийн бүлгийн цогц түвшнээр ялгасан), нэрийн бүлгийн үүргийн тэмдэглэгээний 1 янз (-: үүргийг ялгаагүй) байдлаар хослуулан туршив.

Нэрийн бүлгийн үүргийг нарийвчлан авч сургах нь харьцангуй түвэгтэй байгаа нь өмнөх туршилтаас харагдсан тул үүргийг ерөнхийлөн дан NP-ээр авсан болно.

Туршилтын үр дүн Хүснэгт 3-аас харахад үгийн аймгийн тэмдэглэгээг салгасан, нэрийн бүлгийг цогц буюу дээд түвшинд ялган тэмдэглэсэн хувилбар дээр хамгийн сайн үр дүн үзүүлж байна.

3.3. Тэмдэглэгч болон бичвэрийн төрөл бүрээр

Туршилтыг мөн бичвэрийн төрөл бүр дээр болон төрөл дамнуулан туршив.

FineP-CourseC template1									
processed 5497 tokens with	found	1127	phrases	correct	794				
accuracy	87.17%	precision	71.02%	recall	69.38%	FB1	70.16		
NP	precision	71.02%	recall	69.38%	FB1	70.16			

template2									
processed 5497 tokens with	found	1127	phrases	correct	786				
accuracy	86.79%	precision	70.36%	recall	68.72%	FB1	69.5		
NP	precision	70.36%	recall	68.72%	FB1	69.5			

FineP-fineC template1									
processed 5483 tokens with	found	1000	phrases	correct	601				
accuracy	77.90%	precision	61.02%	recall	53.20%	FB1	56.82		
NP-CONJ	precision	0.00%	recall	0.00%	FB1	0			
NP-ADV	precision	50.70%	recall	31.61%	FB1	38.17			
NP-SBJ	precision	65.38%	recall	67.34%	FB1	66.3			
NP-OBJ	precision	73.35%	recall	73.80%	FB1	73.55			
NP-ADJ	precision	0.00%	recall	0.00%	FB1	0			
NP-SBJ-1	precision	20.00%	recall	1.15%	FB1	2.18			
NP-1	precision	0.00%	recall	0.00%	FB1	0			
NP	precision	29.48%	recall	19.48%	FB1	22.67			
NP-PRD	precision	41.81%	recall	9.72%	FB1	14.82			
NP-CMP	precision	49.20%	recall	38.21%	FB1	41.86			
NP-COMP	precision	30.38%	recall	26.35%	FB1	26.67			

template2									
processed 5497 tokens with	found	991	phrases	correct	580				
accuracy	76.82%	precision	59.53%	recall	51.17%	FB1	55.01		
NP-CONJ	precision	0.00%	recall	0.00%	FB1	0			
NP-ADV	precision	45.31%	recall	27.00%	FB1	33.33			
NP-SBJ	precision	63.15%	recall	65.49%	FB1	64.25			
NP-OBJ	precision	72.38%	recall	71.96%	FB1	72.14			
NP-ADJ	precision	0.00%	recall	0.00%	FB1	0			
NP-SBJ-1	precision	10.00%	recall	0.53%	FB1	1			
NP-1	precision	0.00%	recall	0.00%	FB1	0			
NP	precision	27.62%	recall	17.69%	FB1	20.57			
NP-PRD	precision	32.52%	recall	7.57%	FB1	11.97			
NP-CMP	precision	48.04%	recall	32.88%	FB1	38.2			
NP-COMP	precision	30.08%	recall	25.71%	FB1	26.72			

Зураг 3. Нэрийн бүлгийн үүргээр ялгасан туршилтын үр дүн

Хүснэгт 4. Бичвэрийн төрөл бүр дэх 10 нугалаат туршилтын үр дүн

Бичвэрийн төрөл*	Задлуурын Нарийвчлал (%)	Задлуурын F1 оноо
Уран зохиол	90.63	77.49
Сонин	81.82	62.46

Бичвэрийн төрөл дамнан туршихдаа нэг төрөл дээр сургасан загвараа нөгөө төрлийн сан дээр туршиж нарийвчлалын оноог бодсон болно.

Хүснэгт 5. Бичвэрийн төрөл дамнасан туршилтын үр дүн

Сургасан бичвэрийн төрөл	Шалгасан бичвэрийн төрөл	Задлуурын Нарийвчлал (%)	Задлуурын F1 оноо
Уран зохиол	Сонин	73.03	50.80
Сонин	Уран зохиол	83.14	59.77

4. Хэлэлцүүлэг

Модны сангаас нэрийн бүлгийг автоматаар ялгаж нэрийн бүлгийн хөмрөг үүсгэж түүнийг шинжих нь модны сангийн тэмдэглэгээний чанарын дам үнэлгээ юм. Өөрөөр хэлбэл сайн чанартай тэмдэглэсэн модны сангаас сайн нэрийн бүлгийн хөмрөг үүсгэж болно. Улмаар сайн нэрийн бүлгийн хөмрөг нь түүгээр сургасан нэрийн бүлгийн задлуур нь нарийвчлал сайтай байна. Энэ таамаглалаар үзвэл нийт модны сангийн чанар маань 89 хувийн нарийвчлалтай байгаа нь боломжийн үр дүн гэж үзэж байна.

Анхаарах асуудал нь F1 оноо нь 70 хувь орчим байгаа нь бас цаашид илүү сайжруулах хэрэгтэйг харуулж байна. Энэ оноо бага байгаагийн нэг шалтгаан нь тэмдэглэгч хэл шинжээчдийн хоорондын тэмдэглэгээний нийцэл (inter-annotator agreement) гэж үзэж байна. Энэ нь Хүснэгт 4 болон Хүснэгт 5-д үзүүлсэн туршилтын үр дүнгээс харагдаж байна. Тэмдэглэгч бүр харгалзах бичвэрийн төрлийг тэмдэглэсэн тул бичвэрийн төрөл бүрээр тусад нь хийсэн туршилт нь тухайн нэг тэмдэглэгчийн тэмдэглэгээний чанартай шууд холбоотой гэж үзэж болно. Энэ нь нэг хүн дангаараа хийвэл жигд чанартай хийж болно гэдгийг харуулж байна. Харин олон тэмдэглэгч оролцвол тэдгээрийн нийцэл буурч байгааг Хүснэгт 5-аас харж болно. Хэрвээ хоёр тэмдэглэгчийн нийцэл өндөр байвал бичвэрийн төрөл дамнасан туршилтын үр дүн харьцангуй өндөр гарах юм.

Удаах шалтгаан нь Монгол хэлний өгүүлбэрийн гишүүдийн онцлог мөн зарим ээдрээтэй тохиолдлыг нарийн тодорхойлсон

тэмдэглэгээний мөрдлөгөө юм. Өөрөөр хэлбэл тэмдэглэгээний мөрдлөгөөг сайжруулж нэг мөр болгох шаардлагатай.

5. Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол өгүүлбэрийн модны сангаас нэрийн бүлгийг автоматаар ялгаж нэрийн бүлгийн хөмрөг үүсгэж чанарыг үнэлэв. Ингэхдээ нэрийн бүлгийн хөмрөгөөс төрөл бүрийн загвараар сургаж 89 хувийн нарийвчлалтай ажиллах нэрийн бүлгийн загварыг гаргалаа. Модны санг тэмдэглэгчдийн нийцлийг нэгдсэн тэмдэглэсэн бичвэргүйгээр, тэдний тэмдэглэсэн өөр өөр бичвэр дээрээс үнэлж дүгнэв.

Талархал

Бакалаврын судалгааны ажлынхаа хүрээнд модны гүн бүтцээс нэрийн бүлгийг автоматаар ялгах, үгийн аймгийн тэмдэглэгээг салгах скрийпт бичиж, туршилтад тусалсан Ч.Очиргарьдад талархлаа илэрхийлье.

Зохиогчийн оролцоо

Ч.А, Д.Э, М.З туршилтыг зохиомжилж, Д.Э болон Н.О тэмдэглэгээг хийж М.З сургалтын хэрэгсэл, скрийпт бичиж, Ч.А туршилтыг хийж Ч.А өгүүллийг бичив.

Санхүүжилт

Энэхүү судалгааны ажлыг МУИС-ийн залуу судлаачийн №P2016-1118 төслөөс санхүүжүүлэв. The research has received funding from the Mongolian Science and Technology Fund under grant agreement SSA_024/2016.

Ном зүй

1. P.Jaimai, T.Zundui, A.Chagnaa, and O.Che ol-Young, "PC-KIMMO-based De-scription of Mongolian Morphology," *Int. J. Inf. Process. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 41–48, 2007.
2. Z.Munkhjargal and P.Jaimai, "Mongolian Trigram Part-of-Speech Tagger," in *The 7th International Conference on Multimedia Information Technology and Applications (MITA 2011)*, 2011, no. July, pp. 6–9.
3. P.Jaimai and O.Chimeddorj, "Part of Speech Tagging for Mongolian Corpus," in *Proceedings of the 7th Workshop on Asian Language Resources*, 2009, no. August, pp. 103–106.
4. Б.Нэргүй and О.Корфф, "Монгол хэлний хэл шинжлэлд хоёр түвшинт морфологийн аргын хэрэглээ," 1996.
5. S.Sarula, "Construction of a Mongolian Dependency Treebank," *Int. J. Knowl. www*, vol. 5, no. 2, pp.

- 32–42, 2014.
6. S.Loglo, "A Rule-Based Mongolian Dependency Parsing Model," *Int. J. Knowl. www*, vol. 4, no. 3, pp. 27–37, 2013.
7. J.Purev and Ch. Altangerel, "An outline of Mongolian syntax," МУИС, МТС эрдэм шинжилгээний бичиг (I), 64-98, 2004
8. B.Batjargal, G.Khaltarkhuu, and A.Maeda, "An Approach to Named Entity Extraction from Mongolian Historical Documents," *2015 Int. Conf. Cult. Comput. (Culture Comput.)*, pp. 205–206, 2015.
9. B.Bataa and K.Altangerel, "Word sense disambiguation in Mongolian language," in *2012 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST)*, 2012, pp. 1–4.
10. Recski, G. (2014). Hungarian Noun Phrase Extraction Using Rule-based and Hybrid Methods. *Acta Cybern.*, 21(3), 461-479.
11. H.Shen and A. Sarkar (2005). Voting between multiple data representations for text chunking. *Proceedings of the Eighteenth Meeting of the Canadian Society for Computational Intelligence*, Canadian AI 2005.
12. J.Lafferty, A. McCallum, and F.Pereira. Conditional random fields: Probabilistic models for segmenting and labeling sequence data, In *Proc. of ICML*, pp.282-289, 2001
13. Z.H.Huang, W. Xu, and K. Yu (2015). Bidirectional LSTM-CRF Models for Sequence Tagging. In *arXiv:1508.01991*. 2015.
14. Yıldız O.T., Solak E., Ehsani R., Gүргүн O. (2015) Chunking in Turkish with Conditional Random Fields. In: Gelbukh A. (eds) *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing. CICLing 2015. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9041. Springer, Cham
15. Yıldız O.T., Solak E., Çandır Ş., Ehsani R., Gүргүн O. (2016) Constructing a Turkish Constituency Parse TreeBank. In: Abdelrahman O., Gelenbe E., Gor-bil G., Lent R. (eds) *Information Sciences and Systems 2015. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 363. Springer, Cham
16. <https://taku910.github.io/crfpp/>

Noun Phrase Chunker Development from Mongolian Treebank

Altangerel Chagnaa^{1*}, Enkhjargal Dagvasumberel², Purevsuren Bazarjav²,
Zoljargal Munkhjargal¹, Bayartsatsral Chultemsuren¹ and Oyundari Nyamdavaa¹

¹ Department of Information and Computer Science, School of Engineering and Applied Sciences,
National University of Mongolia, Ikh surguuliin gudamj-3, Ulaanbaatar-14201

² Department of European Studies, School of Sciences, National University of Mongolia,
Ikh surguuliin gudamj-3, Ulaanbaatar-14201

*altangerel@num.edu.mn

Received on 03.30.2018; revised on 05.28.2018; accepted on 06.01.2018

Abstract

Shallow sentence parsing or chunking is one of fundamental tools in natural language processing. It simply divides sentence tokens into noun, verb or other phrases. The most used one of these is a noun phrase chunker which plays the key role in term extraction, information extraction and machine translation etc. This paper introduces a noun phrase corpus extracted from manually created Mongolian constituency treebank, and evaluated this corpus by evaluating a model trained with this corpus. Automatically created noun phrase corpus gives a noun phrase chunker which has about 89% precision.

Key words: Language resource, Treebank, Noun phrase chunking

Программ хангамж бүтээх өртөг тооцоход өгөгдөл олборлолтыг ашиглах нь

С.Уянга^{1*}, Н.Мөнхцэцэг¹, Ч.Наранмандал²

¹ Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль,
Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

² Жи-мобайл ХХК

*uyanga@seas.num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.03.20, засварласан: 2018.09.17, зөвшөөрсөн: 2018.09.20

Хураангуй

Хэрэглэгчийн хэрэгцээ шаардлагыг бүрэн хангасан, өндөр чанартай программ хангамжийн бүтээгдэхүүнийг хямд зардлаар, богино хугацаанд амжилттай хөгжүүлэхэд эдийн засгийн тооцоо, төслийн удирдлага ихээхэн үүрэгтэй. Программ хангамжийн инженерчлэлд программ хангамжийн өртөг, үр ашгийн шинжилгээ, тооцоо хийх, үнэлэх, тэр дундаа түүнийг бүтээх өртгийг бодитой тооцоолж, таамаглах нь чухал ач холбогдолтой. Энэхүү өгүүлэлд программ хангамжийн өртөг тооцоолох аргачлал, программ хангамжийг бүтээх өртгийг таамаглахад өгөгдөл олборлолтыг ашигласан нэгэн шийдлийг авч үзсэн.

Түлхүүр үг: Программ хангамжийг бүтээх өртөг, СОСОМО, өгөгдөл олборлолт, функцийн цэг, эшалгуур үзүүлэлт, Apriori алгоритм, WEKA

1. Удиртгал

Өдгөө байгууллагын хөгжил, стратеги төлөвлөлт, өрсөлдөх чадварт мэдээлэл, харилцаа холбооны технологийг чухалчлан авч үзэх болжээ. Мэдээллийн багтаамж, технологийн хүчин чадал асар хурдацтай өсөж буй өнөө үед мэдээллийн технологийн хэрэглээний хамтаар их хэмжээний өгөгдөл, түүнийг боловсруулах мэдээллийн системийн цогц шийдлийг авч үзэх учиртай. Ялангуяа программ хангамжийн амжилттай хөгжүүлэлт, түүний чанарын асуудлыг эдийн засгийн үр ашиг, хөрөнгө оруулалтын үр өгөөжтэй шууд холбон үзэх болсон. Үүнд программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн аргыг оновчтой сонгох зайлшгүй шаардлага тавигдаж байна. Программ хангамж үйлдвэрлэгчдийн үндсэн зорилго бол хэрэглэгчийн шаардлагыг бүрэн хангасан чанартай бүтээгдэхүүнийг хамгийн хямд зардлаар, төлөвлөсөн хугацаанд захиалагч, хэрэглэгчид хүргэх явдал юм. Ингэхдээ эдийн засгийн тооцоо, тэр дундаа программ хангамж бүтээх өртгийг үндэслэлтэй зөв тооцоолж, нөөцийг оновчтой удирдах нь чухал.

Программ хангамжийг бүтээх өртөг гэдэг нь тухайн программ хангамж, төслийн үйл ажиллагааны барагцаалсан өртгийн хэмжээ юм. Бүтээх өртгийн хэмжээ нь программын кодын мөр, функцийн цэгийн хэмжээнээс гол төлөв хамаардаг (Benala T.R., 2014).

Программ хангамж хөгжүүлэлтийг хэд хэдэн үйл ажиллагаанд хуваан үзэж, түүнийг бүтээх өртгийн тооцооллыг дор дурдсан асуултад хариулт авах зорилгоор хийдэг. Үүнд:

1. Үйл ажиллагаа бүрийг дуусгахад шаардлагатай хүчин чармайлт (хүн/сараар илэрхийлнэ.)
2. Үйл ажиллагаа бүрийг дуусгахад шаардлагатай хугацаа
3. Үйл ажиллагаа тус бүрийн өртөг.

Программ хангамж хөгжүүлэх нийт өртөгт дараах зардлыг авч үзнэ [1]. Үүнд:

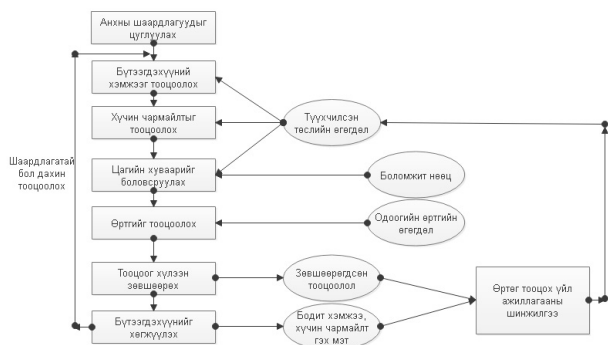
1. Техникийн үйлчилгээг багтаасан техник хангамж болон программ хангамжийн зардал
2. Чадавхжуулалт, сургалтын зардал
3. Хөгжүүлэгчдийн хүчин чармайлтыг үнэлсэн зардал (Capt Gregory E.Brown, April 2017).

Программ хангамжийн үнэлгээг түүнийг хөгжүүлэх өртөг болон ашгийн нийлбэр хэмээн үзэж болно.



Зураг 1 . Программ хангамжийг бүтээх өртгийг тооцох үйл ажиллагаа

Бүтээх өртөг тооцох үйл ажиллагаа нь тодорхой алхамтайгаар хийгдэнэ. Программ хангамжийн хэмжээг тооцож, шаардагдах хичээл зүтгэлийг тооцоолсноор түүний зардал болон төслийн хугацааг тодорхойлох боломжтой болно. Өртөг тооцох үйл ажиллагаа ба программ хангамж хөгжүүлэх амьдралын циклийн хамаарах хамаарлыг Зураг 2 дээр харуулав.



Зураг 2. Программ хангамжийг бүтээх өртгийг тооцох нь

Программ хангамжийг бүтээх өртгийг түүний хөгжүүлэлтийн амьдралын циклийн эхэн үед урьдчилсан байдлаар тооцоолдог. Улмаар хөгжүүлэлтийн (төслийн) үе шат бүрд шинжлэн тооцоолох замаар тухайн төслийн бодит өртгийг тодорхойлдог (Dr.Ulbert, 2014) (Зураг 2).

2. Зардал тооцох аргууд

Зардлын тооцоо нь үйл ажиллагаа, арга гэсэн 2 хэсгээс бүрддэг. Энэ нь бодит болон нийт зардлыг тооцоход тусалдаг. Программ хангамж үйлдвэрлэгч нь хамгийн бага зардлаар (хямдаар), төлөвлөсөн хугацаанд чанартай бүтээгдэхүүнийг захиалагчид нийлүүлэх гол зорилготой ажилладаг. Программ хангамжийн зардлын тооцоо нь үндсэндээ системийн шинжээчид төсөлд шаардлагатай чухал нөөцүүд болон төслийн хугацааг нарийвчлалтайгаар авахад хэрэглэгддэг. Зардлыг тооцоолоход хэмжээ, цаг хугацаа, хичээл зүтгэл гэсэн үзүүлэлтүүдийг авч үзнэ. Зардлыг тооцох үйл ажиллагаа нь үндсэн 4 алхамтай. Хамгийн эхэнд программ хангамжийн хэмжээг тооцож, улмаар тухайн программ хангамжийг хөгжүүлэхэд шаардагдах хичээл зүтгэлийг тооцоолдог. Ингэснээр программ хангамжийг хөгжүүлэхэд шаардлагатай нийт зардал болон хөгжүүлэлтийн хугацаа гарна.

Программ хангамжийн зардлыг тооцоолоход төрөл бүрийн арга техник хэрэглэгддэг. Эдгээр аргыг гол төлөв алгоритмын болон алгоритмын бус гэж хоёр ангилдаг [4]. Алгоритмын арга нь математикийн тэгшитгэл дээр үндэслэх ба ийм аргуудаас COCOMA (Constructive Cost Model)

арга хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг. Алгоритмын аргууд нь олон давуу талтай боловч тэдгээрийг эзэмшиж, ашиглахад төвөгтэй, харьцангуй олон тооны өгөгдөл шаарддаг онцлогтой. Харин алгоритмын бус аргууд нь сурахад хялбар боловч тухайн программ хангамжийн төслийг түүнтэй ижил төстэй, өмнөх төслүүдтэй харьцуулж, тэдгээрийн өгөгдөл дээр тооцоолдог тул өмнөх төслүүдийн талаарх бүрэн мэдээллийг шаарддаг. Зардлыг тооцоолох дараах аргууд түгээмэл хэрэглэгддэг.

А. Алгоритмын бус аргууд

Алгоритмын бус аргууд нь адилтгах (analogy), хасах (deduction) үйл ажиллагаан дээр суурилж тооцоолдог. Иймээс хэмжээг нь тооцоолох программ хангамжаас өмнө хийгдэж байсан программ хангамжуудыг, тэдгээрийн ижил төстэй талуудыг мэдэх шаардлагатай байдаг. Зардлын үнэлгээ нь өмнөх программ хангамжийн төслийн үндсэн шинжилгээ эсвэл өгөгдлийн багц дээр хийгддэг. Алгоритмын бус онолын дараах арга, техник өргөн хэрэглэгддэг. Тухайлбал:

- *Адилтгалд суурилсан үнэлгээ.* Энэ нь зардлыг тооцоходоо тухайн төсөлтэй хамгийн ойр төстэй түүхт программ хангамжийг харьцуулж тооцдог. Өмнөх төслүүдийн өгөгдөл, үнийн дүнг харьцуулж тухайн төслийн зардлыг тооцоолон гаргадаг. Энэ аргыг мэдээллийн систем, эсвэл модулийн түвшинд аль алинд нь ашиглаж болно.

Адилтгал дээр үндэслэн тооцоход явагдах тодорхой үе шатуудтай. Үүнд:

1. Одоогийн төслийн шинж чанарыг тодорхойлох
2. Мэдээллийн санд хадгалагдаж буй шинж чанараараа ижил төстэй төслийг олох
3. Ижил төстэй төслүүдээс одоогийн төслийн зардлыг тооцоолох.

- *Мэргэжилтний үнэлэмжийн арга.* Энэ арга нь шинжээчийн мэдлэг, туршлагад түлхүү суурилдаг. Зардлын үнэлгээ нь тэдгээр төсөлд хэдэн шинжээч оролцсоноос хамаарна. Мэдээллийг тодорхойлох, илрүүлэх, цуглуулах үйл ажиллагаа хязгаарлагдмал үед энэ аргыг ашиглах нь тохиромжтой. Программ хангамжийн төслийн стратегийг тооцоолоход өргөнөөр ашиглагддаг. Мэргэжилтний үнэлэмж арга дээр суурылагдсан зардал тооцох арга бол Wide band Delphi арга юм.

- *Дээрээс-доош тооцооллын арга (Top-down Estimation).* Энэ арга нь алгоритмын болон алгоритмын бус аль аргад хэрэглэгддэг. Нийт зардлыг системийн хүрээнд гаргаад, улмаар тухайн зардлаа тухайн системийн бүрэлдэхүүн

хэсэг, модулиудад хуваагддаг. Энэ аргыг программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн эрт үед илүү ашигтай. Энэ аргын жишээ бол Putnam загвар юм.

- *Доороос-дээш тооцооллын арга (Bottom-up Estimation)*. Энэ нь өмнө дурдсан дээрээс-доош тооцооллын үнэлгээний эсрэг арга юм. Энэ арга нь программ хангамжийн модультус бүрийн зардлыг тооцож гаргаад улмаар тэдгээрийг нэгтгэж, нийт зардлыг гаргадаг. Системийн бүрэлдэхүүн хэсэг, дэд систем, модуль тус бүрийн үнэлгээг нарийвчлан тооцдог онцлогтой.
- *Price-to-Win арга*. Программ хангамжийн функциональ хамаарлаас илүүтэйгээр захиалагчийн төсөв дээр түлхүү анхаардаг арга. Программ хангамжийн нийт зардлыг хөгжүүлэлтийн үндсэн санал дээр харилцан тохиролцох замаар гаргадаг. Өөрөөр хэлбэл, программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн зардлыг төслийн төсвөөр хязгаарлагддаг.

Б. Алгоритмын аргууд

Алгоритмын аргууд нь математик болоод тооцооллын үндсэн дээр зардлыг тооцоолж гаргадаг. Зардал тооцоолох томъёо нь судалгааны үндэслэлтэй байж, оролт нь шугаман код, функцийн цэг, зардлын эх үүсвэр болох эрсдэлийн тооцоолол, программчлалын хэл, аргачлалын дизайн зэргээс бүрддэг. Энэ төрлийн загваруудаас COCOMO, Putnam, функцийн цэг загвар, SEER-SEM загвар өргөн хэрэглэгддэг. Тухайлбал:

COCOMO Ажлын өртөг загвар

Barry Boehm нарын гаргасан зардлын тооцоо, төслийн хөгжүүлэлтийн хугацааг зэрэг тооцдог түгээмэл хэрэглэгддэг арга бол COCOMO (ажлын өртөг загвар) юм. Энэ аргад ашигладаг параметр, томъёо нь өмнө нь хэрэгжүүлсэн программ хангамжийн төсөлтэй уялдаатай байдаг. Программын кодын хэмжээг KLOC буюу мянган кодын шугамаар, харин хөдөлмөр/ажлыг хүн, сараар илэрхийлдэг. Boehm COCOMO загварын 3 төрлийг санал болгосон байдаг. Үүнд:

- Энгийн COCOMO (анхны загвар). Томъёо нь: $\text{Хөдөлмөр} = a \cdot (\text{KLOC})^b$ Үүнд: kloc нь кодын хэмжээ, a болон b нь тогтмол хэмжигдэхүүн болно. a болон b утгын онцлогоос (төслийн төрөл, үндсэн эсэх, хагас тусдаа эсвэл нэгдсэн гэх мэт) хамаарна.
- Дундын COCOMO. Томъёо нь: $\text{Хөдөлмөр} = a \cdot (\text{KLOC})^b \cdot \text{EAF}$ (1), энд хүчин чармайлал тохируулах хүчин зүйл нь EAF болно.

- Нарийвчилсан COCOMO. Энэ нь дэд систем тус бүр дээр ажилладаг болон нэгэн төрлийн дэд системүүдээр ерөнхий системдээ дэмжлэг болдог.

COCOMO II арга

COCOMO ажлын өртөг загварууд систем болон программын шаардлага нь тогтмол, эсвэл урьдчилан тодорхойлогдоно гэж тооцоолдог. Гэвч мэдээллийн систем, программ хангамжийн төсөл үргэлж дээрх шиг байдаггүй. Уг загварын онцлогоос үүдэн 1990 онд өгөгдлийн багцын өргөн хүрээтэй COCOMO II загвар бий болсон. Энэ аргад шугаман код, функцийн цэг, объектын цэгүүдийг оролт болгон ашиглаж, өмнөх COCOMO загварын зардлын эх үүсвэр болох хүч чармайлтын үржүүлэлтийг өөрчилсөн. Гарсан үр дүн нь хэмжээ болон хүч чармайлтын тооцоогоор илэрхийлэгддэг бөгөөд түүнд үндэслэн төслийн хуваарийг боловсруулдаг.

Putnam загвар

Энэ загвар нь олон программын төсөл судалдаг бөгөөд хүн хүчийн хуваарилалтаас хамаардаг.

$$S = E \cdot \text{хөдөлмөр}^{1/3} \cdot \text{td}^{4/3} \quad (2)$$

Үүнд:

S нь программын хэмжээг мөр тус бүрийг кодоор илэрхийлдэг (LOC/нэг мөр код)
Тухайн орчны хүчин зүйл нь E хөгжлийн чадавхийг илэрхийлдэг. td нь программ бэлэн болох хугацааг илэрхийлэх ба хөдөлмөр нь хүн жилээр тооцогддог. Үүнээс гадна Putnam загварт нэг хамаарал олсон юм.

$$\text{Хөдөлмөр} = D0 \cdot t_d^3 \quad (3)$$

Энд хүн хүч илэрхийлдэг DO нь шинэ болон дахин боловсруулсан программд 8-27 хооронд хэлбэлздэг. Putnam загвар дээр үндэслэдэг SLIM гэх арга хэрэгсэл нь зардлын тооцоо болон хүн хүчний хуваарь гаргахад ашиглагддаг.

Функцийн цэг дээр үндэслэсэн шинжилгээ

Albrecht функцийн цэгийн шинжилгээг программ хангамжийн төслийн үйл ажиллагааг хэмжих зорилгоор хөгжүүлжээ [9]. Энэхүү аргачлал нь программын хэмжээг тодорхойлж, дотоод логикийн файл, гадаад интерфэйс, гадаад оролт ба гаралтыг хэмждэг. Жишээлбэл, *estimates* ба *SPQR/20* бол функцийн цэгийн судалгаан дээр үндэслэсэн арга болно.

2.1. Аргуудын харьцуулалт

Бид судалгааны ажлын хүрээнд дээр дурдсан аргуудын давуу ба сул талыг дараах байдлаар тодорхойлж байна. Хүснэгт 1.

№	Арга	Давуу тал	Сул тал
1	Адилтгалд суурилсан үнэлгээ	Өмнөх төслүүдийн өгөгдөл болон үнийн дүнгээс хамаарна. Үнэлгээний чадвараас зардлын тооцооллын оновчтой байдал хамаарна.	Шинжээчийг чухал хэрэгтэй мэдээллээр хангах төслийг тодорхой шинж чанараар тодорхойлох шаардлагатай байдаг. Төсөл бүр дээр ашиглах боломжгүй.
2	Мэргэжилтний үнэлэмжийн арга	Мэргэжилтний таамаглалаас хамаарч технологи, архитектур, программчлалын хэлийг ашиглана.	Баримтжуулахад төвөгтэй. Үнэлгээчин, шинжээчид бүрэн найдаж болохгүй.
3	Дээрээс-доош тооцооллын арга	Төслийн талаар дэлгэрэнгүй мэдээлэл шаарддаггүй.	Жижиг хэмжээний асуудал, системийн зардлын нэмэгдэл, нийлмэл асуудлыг харгалзан үздэггүй.
4	Доороос-дээш тооцооллын арга	Тооцооллын найдвартай байдал өндөр.	Баримт бичгийн боловсруулалттай холбоотой зардал зэрэг системийн түвшний үйл ажиллагаанд анхаардаггүй.
5	COCOMO загвар	Тооцоолоход хялбар.	Программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн эхэн үед хэрэглэдэг учир тооцооллын алдаа гарах магадлалтай.
6	COCOMO II	Үйлдвэрийн стандарт загвар. Үйл явц нь тодорхой, хялбар тохируулагддаг.	Жижиг хэмжээний төслийн үргэлжлэх хугацааны тооцоолол үндэслэлгүй гарах нь бий.
7	Putnam загвар	Цаг хугацаа, хэмжээ гэсэн хувьсах хоёр хүчин зүйлд үндэслэгддэг.	Программ хангамжийг хөгжүүлэх амьдралын циклын бусад асуудлыг авч үздэггүй.
8	Функцийн цэгийн шинжилгээ	Программчлалын хэл, хэрэгсэл, хэрэгжүүлэх аргаас хамааралгүй. Хөгжүүлэлтийн зардлыг программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн эхэн үе шатанд тооцоолж болно.	Цаг хугацаа их шаарддаг, гар ажиллагаа ихтэй. Функцийн цэгийн хэрэглээг баримжаалахад туршлага шаарддаг.

Программ хангамжийн зардлыг тооцоолох хамгийн сайн, шалгарсан нэг арга гэж байдаггүй. Иймээс нөхцөл байдалд нийцүүлэн тооцооллын аргыг оновчтой сонгон ашиглах нь чухал. Практикт тооцооллын хэд хэдэн аргыг хослуулан ашиглах нь зардлын тооцоог илүү оновчтой гаргадаг. Бид ажилдаа тооцоолоход хялбар арай илүү өндөр түвшинд тооцолдог учраас COCOMO аргыг сонгон хэрэглэсэн.

2.2 COCOMO Ажлын өртөг загвар

Өртгийн тооцоо, төслийн хөгжүүлэлтийн хугацааг зэрэг тооцдог COCOMO аргад ашиглах параметр, томьёо нь өмнө хэрэгжүүлсэн программ хангамжийн төсөлтэй уялдаатай байдаг. Энгийн регрессийн томьёог ашиглан параметруудийг өмнөх төслийн өгөгдлөөс гаргаж, хэрэгжиж буй төслийн шинж чанарт үндэслэн тохируулдаг. COCOMO арга нь үндсэн, дундын, нарийвчилсан гэсэн хэлбэртэй бөгөөд программ хангамжийн хөгжүүлэлтэд 3 горимоор тодорхойлдог (Robert E. Park, 1994).

Хүснэгт 1. COCOMO аргын хөгжүүлэлтийн горим

Шинж чанар	Органик	Хагас таслалтын горим	Угсармал
Бүтээгдэхүүн, зорилтуудын талаарх ойлголт	Нарийн нягт	Их	Ерөнхий
Хамааралтай программ хангамжийн системтэй ажиллах туршлага	Маш өндөр	Их	Дунд зэргийн
Урьдчилан тодорхойлсон хэрэглэгчийн шаардлагатай программ хангамжийн нийцтэй байдал	Хялбар	Их	Бүрэн
Гадаад интерфэйсийн техникийн нөхцөлтэй программ хангамжийн нийцтэй байдал	Хялбар	Их	Бүрэн

Үндсэн COCOMO нь программын функцийн хэмжээнээс хамааран түүнийг хөгжүүлэх хүчин чармайлтыг тооцдог. Хүчин чармайлтын хэмжээг кодын мөрийн хэмжээ (KDSI)-ээр тооцоолдог.

$$\begin{aligned}
\text{Хүчин чармайлт(хүн, сар)} &= a_i \times (KLOC)^{b_i} \times EAF \\
\text{Хөгжүүлэлтийн хугацаа (сар)} &= c_i \times (\text{Хүчин чармайлт})^{d_i} \\
\text{Бүтээмж} &= KDSI/(\text{Хүчин чармайлт}) \\
\text{Боловсон хүчний дундаж хэмжээ} &= \\
&(\text{Хүчин чармайлт})/(\text{Хөгжүүлэлтийн хугацаа}) \quad [1]
\end{aligned}$$

Үүнд:

KDSI (Kilo Delivered Source Instructions)-Кодын мөрийн хэмжээ KLOC(thousands of lines code) - мянган кодын мөрийн хэмжээ буюу программын эх кодыг хэмжих хэмжээс EAF (effort adjustment factor - программ хангамжийг бүтээх өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлсийн үржвэрээр тодорхойлогдсон хүчин чармайлт тохируулах хүчин зүйл COCOMO аргын тогтмол утгуудыг Хүснэгт 2 дээр харуулав.

Хүснэгт 2. Үндсэн COCOMO аргын тогтмол утгууд

Горим	a_b	b_b	c_b	d_b
Органик	2.40	1.05	2.50	0.38
Хагас таслалтын горим	3.00	1.12	2.50	0.35
Угсармал	3.60	1.20	2.50	0.32

2.3. Ажлын өртөг загвар COCOMO II арга

2000 онд гарсан COCOMO II аргад кодын мөрийн хэмжээ, программ хангамжийг бүтээх өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйл, функцийн цэгийг ашигладаг.

$$\begin{aligned}
\text{Хүчин чармайлт(хүн, сар)} &= 2.94 \times \text{Size}^E \times \prod EM_i \\
E &= 0.91 + 0.01 \times \sum SF_j \\
\text{Хөгжүүлэлтийн хугацаа} &= 3.67 \times (\text{Хүчин чармайлт})^F \quad [2] \\
SF &= 0.28 + 0.2 \times (E - 0.91)
\end{aligned}$$

Үүнд:

Size- Функцийн цэг эсвэл кодын мөрийн хэмжээ

E- Хүчин чармайлтын хэмжээ

SF- Хураангуйлсан хүчин зүйл (Scale factor)

EM- хүчин чармайлтын үржвэрүүд



Зураг 3. COCOMO II бүрэлдэхүүн хэсгийн төрлүүд

Зурагт 3 дээр COCOMO II аргуудын тооцооллын үндэслэл, тэдгээрийн хэрэглээг ялган харуулав. Программын бүрэлдэхүүн загварыг объектын цэгийн хэмжээг үндэслэн тооцоологддог бол өмнөх үеийн загварт кодын мөрийн хэмжээ тодорхойгүй тул функцийн цэгийн шинжилгээнд үндэслэж тооцоолдог байсан (Parthasarathy, 2007). Дахин ашиглалтын загварын тухайд түүхчилсэн өгөгдөлд үндэслэж дахин ашиглагдах кодын мөрийн хэмжээгээр тооцоолох ба архитектурын дараах загвар нь түүхчилсэн өгөгдөлд үндэслэж кодын мөрийн хэмжээгээр тооцоолдог.

COCOMO загварт өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг дараах 4 бүлэгт хуваадаг. Программ хангамжийг бүтээх өртөгт нөлөөлөх дараах хүчин зүйлийг авч үздэг. Үүнд:

ACAP: Шинжээчийн ур чадвар

PCAP: Программ зохиогчийн ур чадвар

RELY: Программ хангамжийн найдвартай байдал

DATA: Өгөгдлийн сангийн хэмжээ

CPLX: Бүтээгдэхүүний төвөгтэй байдал

TIME: Гүйцэтгэх хугацааны хязгаарлалт

STOR: Үндсэн санах ойн үзүүлэлтүүд

VIRT: Техник хангамж, программ хангамжийн хүчин чадал

TURN: Компьютер шинэчлэх хугацаа

AEXP: Программ хангамжтай ажиллаж байсан туршлага

VEXP: Виртуаль машинтай ажиллах туршлага

LEXP: Хэлний туршлага

MOD: Шинээр гарч байгаа программ хангамжийн технологитой ажиллах туршлага

TOOL: Программ хангамжийн хэрэгсэл ашиглах чадвар

SCED: Хөгжүүлэлтийн цагийн хуваарь

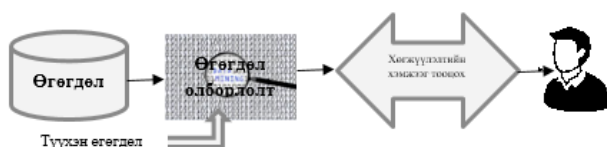
Хүчин зүйл	Маш бага	Бага	Дундаж	Их	Маш их	Туйлын их
ACAP	1.46	1.19	1	0.86	0.71	
PCAP	1.42	1.17	1	0.86	0.7	
AEXP	1.29	1.13	1	0.91	0.82	
MODP	1.24	1.1	1	0.91	0.82	
TOOL	1.24	1.1	1	0.91	0.83	
VEXP	1.21	1.1	1	0.9		
LEXP	1.14	1.07	1	0.95		
SCED	1.23	1.08	1	1.04	1.1	
STOR			1	1.06	1.21	1.56
DATA		0.94	1	1.08	1.16	
TIME			1	1.11	1.3	1.66
TURN		0.87	1	1.07	1.15	
VIRT		0.87	1	1.15	1.3	
RELY	0.75	0.88	1	1.15	1.4	
CPLX	0.7	0.85	1	1.15	1.3	1.65

3. Программ хангамжийг бүтээх өртгийг тооцоолох шийдэл

Өгөгдөл олборлолт нь их хэмжээний багц өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийж, өгөгдлийн утгыг компьютерийн тусламжтайгаар олборлох болон төрөл бүрийн хэтийн төлөвлөгөөнд хэрэгцээтэй мэдээлэлд дүн шинжилгээ, дүгнэлт хийх үйл явц юм (Ц.Лхамролом, 2015). Үүнийг өгөгдлийн сангийн их хэмжээний өгөгдөлд олон талаас дүн шинжилгээ хийж, тэдгээрийн далд, өмнө нь мэдэгдээгүй, ашигтай мэдээллийн холбоо хамаарлыг илрүүлж ашигтай загвар үүсгэн мэдлэг бий болгох үйл явц хэмээн тодорхойлж болно. Мэдлэгийн нээлтийн үйл ажиллагааны үе шатуудыг авч үзвэл:

- Олон тооны өгөгдлийн эх үүсвэрээс өгөгдлийг нэгтгэж, өгөгдлийн агуулах үүсгэнэ.
- Өгөгдлийг урьдчилан боловсруулж стандарт форматад оруулна.
- Өгөгдлийн уурхайн арга техникийг ашиглан загвар үүсгэнэ.
- Энэхүү үүсгэсэн загварыг ашиглан шинэ, ашигтай мэдлэгийг олж авна (Ш.Цэнд-Аюуш, 2015).
- Өгөгдөл олборлолтын аргыг программ хангамжийн үйл явцын чанарыг сайжруулах, хүчин чармайлтыг нарийвчлалтайгаар тооцоолоход COCOMO аргатай хослуулан программ хангамжийг хөгжүүлсэн түүхэн өгөгдлийг ашиглан өгөгдөл олборлолтын алгоритмыг хөгжүүлэлтийг хэмжээг тооцох боломжтой (Snehal A.Deshmukh, 2016).

Зураг 4.



Зураг 4. Өгөгдөл олборлолтын аргыг ашиглан хөгжүүлэлтийн хэмжээг тооцох ерөнхий загвар

3.1. Программ хангамжийг бүтээх өртгийг өгөгдөл олборлолтын аргатай хослуулсан ерөнхий загвар

COCOMO аргаар хүчин чармайлтыг тодорхойлоход кодын мөрийн хэмжээ шаарддаг. Хэрэв кодын мөрийн хэмжээ тодорхойгүй бол функцийн цэгийн шинжилгээний аргаар хүчин чармайлтыг тодорхойлох боломжтой. Иймд бид өртөг тооцоход COCOMO болон функцийн цэгийн шинжилгээний аргуудыг дэлгэрүүлж судалсан. Өгөгдөл олборлолтын аргыг COCOMO өртөг

тооцох аргын өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлс дээр шинжилгээ хийж, холбоо хамаарлыг илрүүлэхэд ашигласан (Koskenkyla, 29-30 April 2015).



Зураг 5. Программ хангамжийг бүтээх өртөг тооцох загвар

Түүхчилсэн бодит өгөгдөл дээр өгөгдөл олборлолтын алгоритмын тусламжтай загвар үүсгэсэн. Уг загвартаа одоогийн оролтын өгөгдлөөр шинжилгээ хийж, үр дүнд өртөг тооцох аргаар программ хангамжийг бүтээх өртгийг тооцоолох зорилго тавьсан. Өгөгдөл олборлолтыг ашиглан төрөл бүрийн хэтийн төлөвлөгөөнд хэрэгцээтэй мэдээлэлд дүн шинжилгээ, дүгнэлт хийдэг. Ийм төрлийн мэдээллийг орлого нэмэгдүүлэх, зардлыг бууруулахад ашиглаж болно. Программ хангамжийг бүтээх өртгийг тооцоолдог түгээмэл хэрэглэгддэг хүчин зүйлсээс хамгийн чухал хүчин зүйлсийг өгөгдлийн уурхайн Weka программ ашиглан харьцуулахыг зорьсон. Программ хангамжийг бүтээх өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг программ хангамжийн төслийг дуусгахад шаардагдах хүчин чармайлтыг тодорхойлоход ашигладаг (Shivangi Shekhar, May 2016). Эдгээр хүчин зүйлс нь өртгийн тооцооны загварын үндэс болдог. Түүхчилсэн өгөгдөл болох программ хангамжийг бүтээх өртгийг тооцох хүчин зүйлсийг шинэ төсөлтэй харьцуулж тооцоолдог. Судалгааны гол зорилго нь өгөгдөл олборлолтын технологийн тусламжтайгаар программ хангамжийг бүтээх өртгийн тооцооллын үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд оршино. Туршилтын өгөгдлийг бэлдэхэд COCOMO арга дээр тооцоологдсон их өгөгдөл шаардлагатай байсан тул бид PROMISE Data сангаас (Available: <http://promise.site.uottawa.ca/SERepository>) COCOMO арга дээр тооцоологдсон 60 төслийн багц өгөгдлийг ашигласан болно. PROMISE багц өгөгдөл нь программ хангамжийн инженерчлэлд давтагдаж болохуйц, шалгах, няцаалт өгөх, боловсруулж болох урьдчилан таамагласан загварыг олон нийтэд нээлттэйгээр тохируулсан мэдээллийн сан юм. Өгөгдлийн файл нь arff ба .csv форматтай, Weka болон бусад өгөгдөл олборлолтын программд шууд ашиглах боломжтой. Уг өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлс нь өгөгдсөн 300 гаруй багц өгөгдлийн 60 хувийг судалгааны өгөгдөл, үлдсэн 40 хувийг туршилтын өгөгдөл болгон ашигласан.

4. Программ хангамжийг бүтээх зардал өгөгдөл олборлолтыг ашигласан туршилт

Алхам 1. Өгөгдөл олборлолтын к-ын дунджаар бүлэглэх

Программ хангамжийг бүтээх өртгийг таамаглахын тулд туршилтын өгөгдлийг к-ын

Хүснэгт 4. Туршилтын өгөгдлийг к-ын дунджаар бүлэглэх аргаар 5 бүлэгт хуваасан ангиллын үр дүн

Хүчин зүйлс	Бүлэг -1	Бүлэг -2	Бүлэг -3	Бүлэг -4	Бүлэг -5
Программ хангамжийн найдвартай байдал / RELY/	Дунд, Их	Дунд	Бага, Дунд	Их	Дунд
Өгөгдлийн сангийн хэмжээ /DATA/	Бага	Дунд	Дунд, Их	Дунд	Маш их
Бүтээгдэхүүний төвөгтэй байдал / CPLX/	Их	Их	Дунд, Маш их	Их	Их
Гүйцэтгэх хугацааны хязгаарлалт /TIME/	Дунд	Дунд	Дунд	Их	Маш их
Санах ойд эзлэх хэмжээ /STOR/	Дунд	Дунд	Дунд	Их	Маш их
Техник ба программ хангамжийн хүчин чадал /VIRT/	Бага	Дунд	Бага	Бага	Бага
Компьютерийн шинэчлэх хугацаа / TURN/	Бага	Дунд	Бага, Дунд	Их	Их
Программ хангамжтай ажиллах туршлага / AEXP/	Дунд-Маш их	Дунд, Их	Дунд-Маш их	Их	Их
Программ зохиогчийн чадвар / PCAP/	Дунд-Маш их	Дунд, Их	Маш их	Дунд	Дунд
Шинжээчийн чадвар /ACAP/	Дунд, Их	Дунд, Их	Их	Дунд	Маш их
Виртуаль машинтай ажиллах чадвар / VEXP/	Дунд	Дунд	Бага, Дунд	Дунд	Бага
Хэлний туршлага / LEXP/	Их	Дунд, Их	Дунд, Их	Дунд	Их
Шинээр гарч байгаа программ хангамж, технологитой ажиллах туршлага / MODP/	Дунд, Их	Дунд, Их	Бага, Их	Бага	Маш их
Программ хангамжийн хэрэгсэл ашиглах чадвар /TOOL/	Дунд	Дунд	Бага, Дунд	Маш их	Маш их
Хөгжүүлэлтийн цагийн хуваарь / SCED/	Бага, Дунд	Дунд	Бага-Их	Дунд	Бага
Программын мөрийн хэмжээ / LOC/	5.5-302	8-90	70-423	21-219	12.8-48.5

дунджаар бүлэглэх алгоритмаар төслийн өртөгт нөлөөлөх шинж чанараар ангилж үзсэн. СОСОМО өртөг тооцоолох арга нь органик, хагас таслалтын, угсармал гэсэн 3 горимтой байдаг тул туршилтын өгөгдлийг 5 бүлэгт хувааж үзэхэд Хүснэгт 4-т харуулсан үр дүн гарсан.

Туршилтын өгөгдлийг 5 бүлэгт ангилснаар өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлсийг илүү нарийвчлалтай тодруулсан. Үр дүнгээс хамаарч бүлэг тус бүрийн СОСОМО 81 аргын горимыг дараах байдлаар тодорхойлсон (Snehal A.Deshmukh, 2016) (Хүснэгт 6).

Хүснэгт 6. Өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлсийн шинжээр тооцоолсон байдал

	Өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйлсийн шинжээр	
1	Бүлэг-1	органик горимд
2	Бүлэг-2	хагас таслалтын горимд
3	Бүлэг-3	хагас таслалтын горимд
4	Бүлэг-4	угсармал горимд
5	Бүлэг-5	угсармал горимд

Алхам 2. Бодит болон тооцооллын үр дүнгийн харьцуулалт

Туршилтын өгөгдөлд байгаа өртгийн хэмжээ нь бодит өртгийн хэмжээ бөгөөд СОСОМО аргаар тооцоолсон өртгийг органик, хагас таслалтын, угсармал горимд тооцоолж гаргасан. Алхам 1-д гаргасан горимын тодорхойлолтыг бататгахын тулд бүх туршилтын өгөгдлийг, 3 горимоор тооцооллоо (Sumeet Kaur Sehira, 2014). Үүнд:

- Хүснэгт 21. Бүлэг-1 өгөгдлийг органик горимын томьёогоор тооцоолж, бодит өртөгтэй харьцуулсан зөрүү
- Хүснэгт 22. Бүлэг-2 өгөгдлийг өртгийг хагас таслалтын горимоор тооцоолж, бодит өртөгтэй харьцуулсан зөрүү
- Хүснэгт 23. Бүлэг-3 өгөгдлийг хагас таслалтын горимын томьёогоор тооцоолж, бодит өртөгтэй харьцуулсан зөрүү
- Хүснэгт 24. Бүлэг-4 өгөгдлийг угсармал горимын томьёогоор тооцоолж, бодит өртөгтэй харьцуулсан зөрүү
- Хүснэгт 25. Бүлэг-5 өгөгдлийг угсармал горимын томьёогоор тооцоолж, бодит өртөгтэй харьцуулсан зөрүү.

Ахлам 3. Бодит болон тооцоолсон өртгийн алдааны зөрүү

Тооцоолсон утгуудыг ангилсан горимуудын хувьд тооцооллын зөрүүг хувиар илэрхийлсэн.

Хүснэгт 7. Бүлэг-1 өгөгдлийг органик горимоор тооцоолсон өртөг ба бодит өртгийн зөрүү, дүн

№	Бодит	Органик	Хагас таслалтын	Угсармал	Зөрүү утга
2	324	369.12	491.44	684.44	13%-иар их
5	117.6	86.02	101.31	122.71	26.8%-иар бага
8	60	65.31	75.51	89.57	8.85%-иар их
9	360	154.58	200.04	269.87	57.06%-иар бага
10	60	44.91	50.64	58.38	25.15%-иар бага
11	48	25.91	29.36	34.03	46.025%-иар бага
12	25.2	31.54	34.74	38.99	25%-иар их
13	60	115.56	138.08	170.06	92.6%-иар их
16	72	28.53	32.98	39.12	60.3%-иар бага
17	48	35.05	40.52	48.06	28%-иар бага
20	360	323.16	418.2	564.19	10.2%-иар бага
28	480	413.6	540.84	738.34	13.8%-иар бага
29	352.8	232.42	292.47	382.12	34.12%-иар бага
31	300	232.42	292.47	382.12	22.53%-иар бага
33	18	18.45	19.61	21.12	2.5%-иар их
34	400	191.33	243.55	322.43	52.1%-иар бага
35	2400	1174.03	1641.54	2419.3	48.9%-иар бага
Нийт өгөгдлөөс амжилттай (25% дотор), 25%-иас дээш зөрүүтэй тооцWоологдсон.					

Хүснэгт 8. Бүлэг-2 өгөгдлийг хагас таслалтын горимоор тооцоолсон өртөг ба бодит өртгийн зөрүү, дүн

№	Бодит	Органик	Хагас таслалтын	Угсармал	Зөрүү
3	60	63.71	76.12	93.75	26.9%-иар их
14	450	280.61	360.48	482.23	19.9%-иар бага
15	210	150.96	182.56	227.95	13.1%-иар бага
18	48	28.1	30.95	34.73	35.5%-иар бага
22	252	159.88	196.54	250.03	22%-иар бага
26	42	32.67	35.42	39.04	15.7%-иар бага
Нийт 6 өгөгдлөөс 4 нь амжилттай (25% дотор), 2 өгөгдөл нь 25%-иас дээш зөрүүтэй тооцоологдсон.					

Хүснэгт 9. Бүлэг-3 өгөгдлийг хагас таслалтын горимоор тооцоолсон өртөг ба бодит өртгийн зөрүү, дүн

№	Бодит	Органик	Хагас таслалтын	Угсармал	Зөрүү
0	2300	798.93	1143.73	1731.68	50.2%-иар бага
19	278	220.21	277.95	364.43	0.1%-иар бага
23	420	393.65	532.84	756.72	26.8%-иар их
Нийт 3 өгөгдлийн 1 нь амжилттай (25% дотор), 2 нь 25%-иас дээш зөрүүтэй байсан.					

Хүснэгт 10. Бүлэг-4 өгөгдлийг хагас таслалтын горимоор тооцоолсон өртөг ба бодит өртгийн зөрүү, дүн

Тох №	Бодит	Органик	Хагас таслалтын	Угсармал	Зөрүү
4	2120	1104.22	1509.59	2168.36	2.2%-иар их
6	370	234.16	288.67	368.44	0.4%-иар бага
7	107	146.63	170.12	202.57	89%-иар их
24	750	465.4	602.7	813.44	8.4%-иар их
Нийт 4 өгөгдлөөс 3 нь амжилттай (25% дотор), 1 нь 25%-иас дээш зөрүүтэй тооцоологдсон.					

Хүснэгт 11. Бүлэг-5 өгөгдлийг хагас таслалтын горимоор тооцоолсон өртөг ба бодит өртгийн зөрүү, дүн

Тох №	Бодит	Органик	Хагас таслалтын	Угсармал	Зөрүү
1	82	57.02	64.9	75.62	7.8%-иар бага
21	170	121.93	146.01	180.26	6%-иар их
25	239	184.66	227.33	289.68	21.2%-иар их
27	70	53.28	60.38	69.98	0.1%-иар бага
30	192	133.59	160.95	200.1	4.2%-иар их
32	62	45.85	51.43	58.94	4.9%-иар бага
Нийт 6 өгөгдөл бүгд амжилттай (25% дотор) тооцоологдсон.					

Туршилтын үр дүнд бүлэг-1 өгөгдлийг 40 хувь, бүлэг-2 өгөгдлийг 88.8 хувь, бүлэг-3 өгөгдлийг 100 хувь, бүлэг-4 өгөгдлийг 100 хувь, бүлэг-5 өгөгдлийг 66.6 хувийн амжилттай таамагласан. Нийт таамаглалын дундаж нь 79.1 хувийн амжилттай байсан. Амжилтгүй таамагласан шалтгааныг илрүүлэхээр өртөгт нөлөөлөх хүчин зүйл дээр шинжилгээ хийсэн боловч тодорхой үр дүн гараагүй болно.

Дүгнэлт

Судалгааны ажлын хүрээнд программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн хэмжээг урьдчилан тооцоолж, өгөгдөл олборлолтын алгоритм ашиглан таамаглах зорилго тавьж, дараах аргуудыг сонгон авсан. Үүнд:

- СОСОМО
- Өгөгдөл олборлолтын k-ын дунджаар бүлэглэх алгоритм
- Өгөгдөл олборлолтын Apriori алгоритм
- Өгөгдөл олборлолтын WEKA хэрэгсэл

Программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн хэмжээг тооцоход шаардлагатай туршилтын өгөгдөлд СОСОМО аргаар тооцоологдсон бэлэн багц өгөгдлийг ашигласан. Ингэхдээ программ

хангамжийг бүтээх өртгийг таамаглахын тулд k-ын дунджаар бүлэглэсэн байсан судалгааны загварт туршилтын өгөгдлийг оруулж тохирох бүлгийг сонгосон. Эдгээр бүлэг бүрийг судалгааны загварт авч үзсэн горим тус бүрээр тооцож үр дүнг харьцуулж үзлээ. Гарсан үр дүнд өгөгдөл олборлолтын аргаар таамаглах хувилбарыг авч үзсэн.

Судалгааны хүрээнд тодорхойлсон энэхүү хувилбарыг ашиглан жижиг хэмжээний программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн хэмжээг урьдчилсан байдлаар тооцоолж, үр дүнг таамаглах боломжтой хэмээн үзэж байна. Цаашид судалгааны ажлыг дараах байдлаар өргөтгөх боломжтой. Үүнд:

- Практикт хэрэгжиж байгаа болон хэрэгжсэн төслийн бодит өгөгдлийг цуглуулах замаар туршилтын өгөгдлийн сан үүсгэх,
- Программ хангамжийн хэмжээг тооцоолоход шаардлагатай авч үзэх хүчин зүйлсийг нэмж тодорхойлох,
- Тооцооллын үр дүнг таамаглах хувилбарыг боловсронгуй болгох.

Ном зүй

1. Benala T.R., M. R. (2014). Software Effort Estimation Using Data Mining Techniques. ICT and Critical Infrastructure: Proceedings of the 48th Annual Convention of Computer Society , vol 248. . India.
2. Capt Gregory E.Brown, U. E. (April 2017). An Investigation of Nonparametric Data Mining Techniques for Acquisition of Cost Estimation Nonparametric Data Mining Techniques ., , Vol24, №.2-302-332.
3. Dr.Ulbert, Z. (2014). Software development processes and software quality assurance, "Chapter 13. University of Pannonia.
4. HeydarNonori, A. (2000). Function point analysis. Koskenkyla, J. (29-30 April 2015). Cost estimation in global software development. Barcelona, Spain: IEEE.
5. Parthasarathy, M. A. (2007). Practical Software Estimation: Function Point Methods for Insourced and Outsourced Projects. USA: Addison-Wesley Professiona.
6. Robert E. Park, W. B. (1994). Software Cost and Schedule Estimating (Ботд. Special Report, CMU/SEI-94-SR-3). USA: Carnegie Mellon University.
7. Shivangi Shekhar, U. K. (May 2016). Review of
8. Various Software Cost Estimation Techniques. Vol 141(International Journal of Computer Applications).
9. Snehal A.Deshmukh, P. S. (2016). Im-plementation of using classification Data Mining Techniques for Software Cost Estimation. In-ternational Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication , Vol4, essue 5;.
10. Sumeet Kaur Sehira, J. K. (2014). Analysis of Data Mining Techniques for Software Effort Estimation . 11th International Conference on Information Technology.
11. Ц.Лхамролом. (2015). Классын алдаанд өртөмтгий байдлыг объект хандлагат зохиомжийн хэмжигдэхүүн ашиглан таамаглах нь".
12. Ш.Цэнд-Аюуш. (2015). Өгөгдлийн уурхайг хөл бөмбөгийн тааварт ашиглах нь.

Using Data Mining in Software Effort Estimation

Uyanga S.^{1*}, Munkhtsetseg N.¹ and Naranmandal Ch.²

¹ Department of Information and Computer Science, School of Engineering and Applied Sciences,
National University of Mongolia, Ikh surguuliin gudamj-3, Ulaanbaatar-14201

² G-mobile LLC

*uyanga@seas.num.edu.mn

Received on 03.20.2018; revised on 09.17.2018; accepted on 09.20.2018

Abstract

Cost estimation and project management play a key role in rapid development for high-quality software products at low cost. Software cost estimation and cost benefit analysis, especially accurate effort estimation are very important for software engineering. In this paper, we suggest cost estimation model using data mining tools. We used weka tools for data mining and COCOMO tools for software effort estimation.

Key words: Software effort estimation, COCOMO, data mining, function point, cost drivers, Apriori algorithm, WEKA

НӨАТУС-д эцсийн хэрэглэгчийн цахим төлбөрийн баримтыг автоматаар бүртгэх хялбар шийдэл

С.Уянга*, Б.Биндэрьяа

Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль, Мэдээлэл, компьютерийн ухааны тэнхим

*uyanga@seas.num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.04.02, засварласан: 2018.09.06, зөвшөөрсөн: 2018.09.20

Хураангуй

Нэмэгдсэн өртгийн албан татварын тухай хуулийн дагуу албан татвар төлөгч нь тухайн татварын жилд албан татвар суутган төлөгчтэй хийсэн худалдан авалтад төлсөн албан татварын 20 хүртэл хувийг буцаан олгох, сугалааны тохирлоор гэсэн 2 төрлийн урамшууллыг олгож эхэлсэн. Тус хууль хэрэгжиж эхэлсэн эхний жилийн үр дүнд 2017 онд нийт 497,465 иргэнд 31.5 тэрбум төгрөг, 2018 онд 654,168 иргэнд 78.1 тэрбум төгрөгийн буцаан олголтыг олгоод байна. Иргэдийн хувьд төлбөрийн баримтаа бүртгүүлэх идэвхтэй бүртгүүлж байгаа хэдий ч нийт хэвлэгдсэн баримтын 40 орчим хувь нь бүртгэгдэхгүй орхигдож байна. Энэ нь томоохон зах, худалдааны төв, сум суурин газарт үйл ажиллагаа эрхэлж буй татвар төлөгчид хуулийг бүрэн хэрэгжүүлэхгүй, төлбөрийн баримт олгохгүй, технологийн асуудал бүрэн шийдэгдээгүй байгаатай холбоотой. Иймээс татвар төлөгч болоод хэрэглэгч талдаа ямар нэгэн хүндрэл учруулахгүйгээр цахим баримтыг олгох, бүртгэх шийдэл шаардлагатай байна. Энэхүү өгүүлэлд бид Нэмүү өртгийн албан татварын урамшууллын систем (НӨАТУС)-д эцсийн хэрэглэгчийн цахим баримтыг автоматаар бүртгэх хялбар шийдлийг авч үзлээ.

Түлхүүр үг: Татварын систем, татвар төлөгч, НӨАТУС, төлбөрийн баримт, ebarimt, бэлэн бус төлбөр

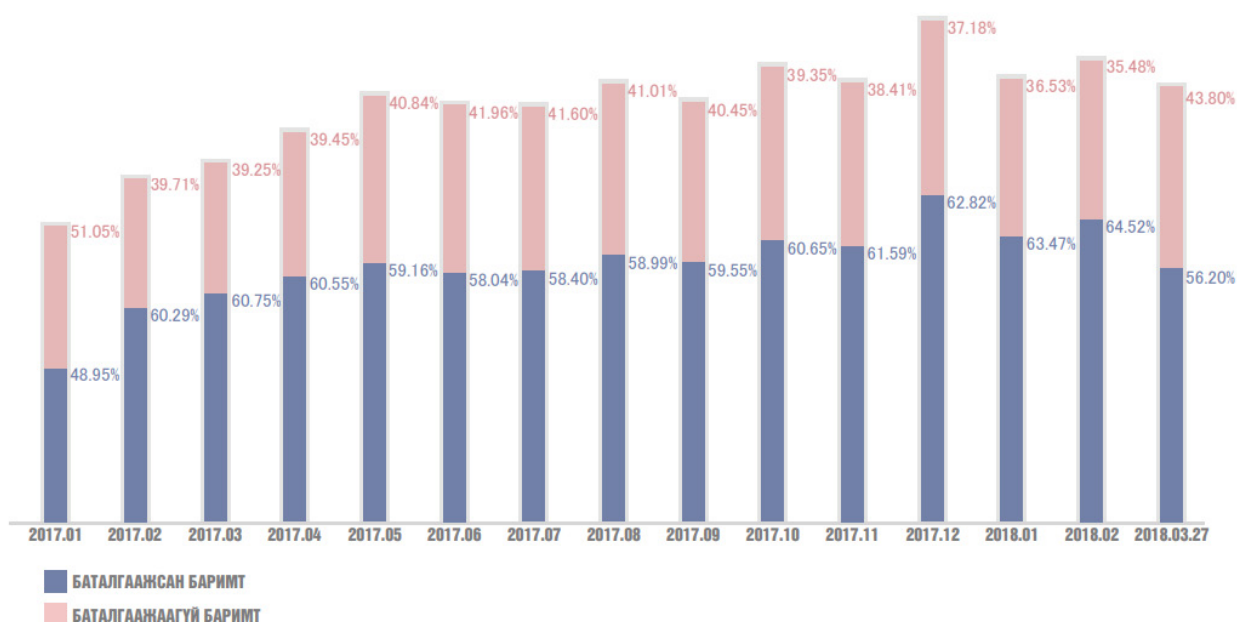
1. Нэмүү өртгийн албан татварын урамшууллын систем

Нэмэгдсэн өртгийн албан татварын тухай хууль нь хувь хүн, хуулийн этгээдийн Монгол Улсад импортоор оруулсан, эсхүл Монгол Улсаас экспортод гаргасан болон Монгол Улсын нутаг дэвсгэрт борлуулсан бараа, ажил, үйлчилгээнд албан татвар ногдуулах зорилготой. Хуулийн хэрэгжилтийг хангах үүднээс Монгол Улсад үйл ажиллагаа явуулж байгаа этгээдийн бараа борлуулсан, ажил гүйцэтгэсэн, үйлчилгээ үзүүлсний төлбөрийн баримтын мэдээллийг цуглуулах, боловсруулах, тайлагнах нэгдсэн систем болох Нэмэгдсэн өртгийн албан татварын урамшууллын систем (НӨАТУС)-ийг улсын хэмжээнд нэвтрүүлсэн.

Энэхүү системийг нэвтрүүлснээр НӨАТ төлөгч эцсийн хэрэглэгчийг урамшуулах замаар татвар төлөгч хувь хүн, хуулийн этгээдийн татвараас зайлсхийх оролдлого, нуун дарагдуулах, хуурамч баримт үйлдэх зэрэг олон сөрөг үйлдлийг илрүүлэх, улсын төсвийн орлогыг нэмэгдүүлэх, татварын суурь баазын бэхжүүлэх зэрэг олон давуу талыг

бий болгосон. Улсын төсөв 2016 онд 570 гаруй тэрбум, 2017 онд 1.3 орчим их наяд төгрөгөөр давж биелсэн нь уг хуулийн хэрэгжилттэй шууд холбоотой гэж үзэж болохоор байна. Гааль, татвар, санхүүгийн мэдээллийн технологийн төв улсын үйлдвэрийн газар (ГТСМТТ УҮГ)-аас гаргасан мэдээгээр НӨАТУС-д бүртгэгдэх шаардлагатай нийт татвар суутган төлөгчдийн (хувь хүн хуулийн этгээд) 50 гаруй хувь нь бүртгэгдээд байна. 2018 оны байдлаар уг системд 1.2 сая гаруй эцсийн хэрэглэгч бүртгэгдсэнээс 650-800 мянга нь идэвхтэй хэрэглэгч аж. Эдгээр хэрэглэгч нь жилд дунджаар 250 баримт бүртгүүлж, 120000 төгрөгийн буцаан олголтыг авдаг. 2017 оны байдлаар сард дунджаар 20000 гаруй баримт хэвлэгдэж, хэвлэгдсэн баримтын тоо нэмэгдэж байна [7]. Зураг 1. Гэвч эцсийн хэрэглэгч буюу татвар төлөгчийн баталгаажуулсан баримт 60 орчим хувьтай байна.

Хэвлэгдсэн болон системд баталгаажсан төлбөрийн баримтын үзүүлэлтээс харахад системийн хэрэглээ улам өсөн нэмэгдэж, бүртгэгдсэн баримтын тоо сар тутам тогтмол



Зураг 1. 2017/01-2018/03 сарын хооронд хэвлэгдсэн, баталгаажсан баримтын тоо, сараар

өсөж байгаа ч баталгаажгаагүй баримт харьцангуй өндөр хувийг эзэлж байна. Бидний үзэж буйгаар дараах нөхцөл байдал, шалтгааны улмаас системд холбогдох шаардлагатай татвар төлөгчдийг бүрэн хамруулж чадахгүй байна. Үүнд:

- Томоохон зах, худалдааны төв, сум суурин газарт үйл ажиллагаа эрхэлж буй татвар төлөгчид төлбөрийн баримт олгодоггүй.
- ААН-үүд төлбөрийн баримтаа олгосон НӨАТУС-д гүйлгээний мэдээллээ илгээдэггүй.
- Төлбөрийн баримтын хэвлэлтийн чанар шаардлага хангаагүйгээс баримтын дугаар, кодыг таних боломжгүй, улмаар хэрэглэгч системд мэдээллийг алдаатай оруулдаг.
- Төлбөрийн баримт олгох технологийн асуудал, нөхцөл бүрэн шийдэгдээгүй.
- Томоохон зах, худалдааны төв, сум суурин газарт үйл ажиллагаа эрхлэгч тухай бүр баримт хэвлэх, олгох боломжгүй.
- Хэдийгээр ухаалаг утастай хэрэглэгчийн тоо нэмэгдэж байгаа боловч ухаалаг утасны боломжийг бүрэн ашигладаггүй.
- Ухаалаг утас ашигладаг хэрэглэгчийн тооноос 2 дахин бага хэрэглэгч интернэт ашигладаг.
- Ихэнх хэрэглэгч татварын ашиг тус, давуу талыг ойлгодоггүй, дарамт шахалт гэж үздэгээс татвараас зайлсхийх, орлогоо нуун дарагдуулах хандлага их.

Иймээс татвар төлөгч болоод хэрэглэгч талдаа ямар нэгэн хүндрэл учруулахгүйгээр НӨАТУС-д

холбох, цахим баримтыг олгох, бүртгэх хялбар, хүртээмжтэй шийдэл шаардлагатай байна.

2. Төлбөрийн баримтын бүртгэлийн үйл ажиллагаа

Төлбөр тооцоо хийгдсэнийг нотлох он, сар, өдөр, дахин давтагдашгүй төлбөрийн дугаар бүхий нэгдсэн системээр баталгаажсан, албан татвар суутган төлөгч буюу худалдаа эрхлэгчийг таних тэмдэг бүхий нэр, хаяг, татвар төлөгчийн дугаар, худалдаа хийгдсэн бараа, ажил, үйлчилгээний нэр, код, тоо хэмжээ, үнэ, төлбөр тооцооны болон татварын дүн зэрэг мэдээллийг агуулсан зориулалтын тоног төхөөрөмжөөс гаргасан цаасан болон цахим баримтыг “төлбөрийн баримт” гэдэг [1]. Албан татвар суутган төлөгчийн борлуулалтыг төлбөрийн баримтад заагдсаны дагуу бүртгэж, бүртгэлийн мэдээллийг төлбөр тооцооны бүртгэлийн системд дамжуулах тусгай зориулалт бүхий кассын машин, түүний салшгүй хэсэг болсон ПОС терминал буюу түүнтэй адилтгах программ хангамж бүхий тоног төхөөрөмж буюу бүртгэлийн машин [3] ашиглана. Албан татвар суутган төлөгч бүр НӨАТУС-д бүртгүүлж, хэрэглэгчийн төлбөр хийсэн тухай бүр төлбөр тооцооны мэдээллийг системд бүртгэх, бараа, ажил, үйлчилгээг борлуулсан тухай бүр төлбөрийн баримтыг татвар төлөгчид олгох, хэрэглэгчийн системд бүртгэгдсэн төлбөрийн баримтын мэдээллийг 3 хоногийн дотор багтаан борлуулалтын нэгдсэн системд илгээх үүрэгтэй.

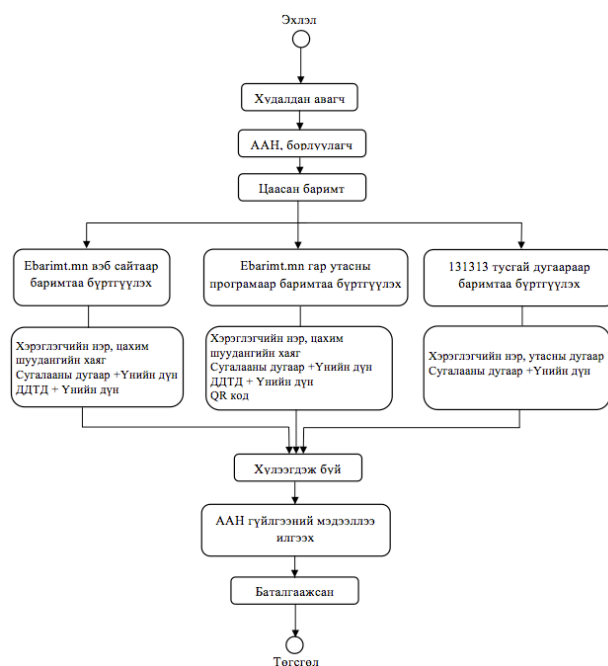
Төлбөрийн баримт нь дараах мэдээллийг агуулна [3]. Үүнд:

- Албан татвар суутган төлөгч буюу худалдаа эрхлэгч ба хувь хүний таних тэмдэг, нэр, хаяг, татвар төлөгчийн дугаар
- Дахин давтагдашгүй төлбөрийн дугаар
- Төлбөр тооцоо хийгдсэнийг нотлох огноо
- Бүртгэлийн машины дугаар
- Худалдаа хийгдсэн бараа, ажил үйлчилгээний нэр
- Худалдаа хийгдсэн бараа, ажил үйлчилгээний код
- Худалдаа хийгдсэн бараа, ажил үйлчилгээний тоо хэмжээ
- Худалдаа хийгдсэн бараа, ажил үйлчилгээний үнэ
- Худалдаа хийгдсэн бараа, ажил үйлчилгээний НӨАТ шингэсэн нэгж дүн
- Худалдаа хийгдсэн бараа, ажил үйлчилгээний НӨАТ шингэсэн нийт дүн
- Худалдаа хийгдсэн бараа, ажил үйлчилгээний төлбөр тооцооны дүн
- Нийт худалдаж авсан бараа, ажил үйлчилгээний НӨАТ шингэсэн нийт дүн
- Нийт худалдан авсан бараанд төлсөн НӨАТ-ийн дүн
- Төлбөр төлсөн дүн (бэлэн ба бэлэн бусаар харуулах)
- Төлбөрийн хариулт (бэлэн гүйлгээ)
- Сугалааны дугаар
- Буцаалтын бар код
- Нууцлалын QR код

НӨАТУС-д төлбөрийн баримт бүртгэх үйл ажиллагаа дараах байдлаар хийгддэг. Зураг 2. Үүнд:

1. Албан татвар суутган төлөгч эцсийн хэрэглэгчид төлбөрийн цаасан баримтыг олгоно.
2. Албан татвар суутган төлөгч системд гүйлгээний мэдээллийг илгээнэ.
3. Эцсийн хэрэглэгч боломжит (вэб сайт, гар утасны программ, 131313 утас) сувгаас сонгон төлбөрийн баримтаа системд бүртгэнэ. Төлбөрийн баримт нь албан татвар суутган төлөгч системд гүйлгээний мэдээллийг илгээх хүртэл “хүлээгдэж буй” төлөвт хадгалагдана.
4. Хэрэв албан татвар суутган төлөгч системд гүйлгээний мэдээллийг илгээсэн бол тухайн төлбөрийн баримт “хүлээгдэж буй” төлөвөөс “баталгаажсан” төлөвт шилжинэ.
5. Эцсийн хэрэглэгчид төлбөрийн баримтын төлөвийг системээс ангилан харуулна.

Монгол Улсад үйл ажиллагаа явуулж байгаа этгээдэд зориулсан бараа, агуулах, борлуулалтын бүртгэл, төлбөр тооцооны бүрэлдэхүүн хэсэг, бараа, ажил, үйлчилгээний нэгдсэн системтэй холбогдон ажиллах баталгаажсан тоног төхөөрөмж болон системийг хэрэглэгчийн систем [1] гэдэг. Дээр дурдсан үйл ажиллагааг хэрэгжүүлэхэд ААН, байгууллага нь хэрэглэгчийн системтэй байх шаардлагатай. Өдгөө НӨАТУС-д холбогдон эцсийн хэрэглэгчид төлбөрийн баримтыг олгож буй дийлэнх байгууллага, ААН нь хэрэглэгчийн системтэй буюу үйл ажиллагаа явуулж буй ажлын байрны хувьд тогтвортой, сүлжээний дэд бүтцээ шийдэж чадсан, кассын машин байршуулах зай талбайтай. Харин Нарантуул, Хархорин, Хүчит шонхор, Тэди, Зуун айлын барилгын материалын дэлгүүрүүд зэрэг томоохон зах, худалдааны төвүүдэд лангуу түрээслэн ажиллуулдаг татвар төлөгчид өнөөг хүртэл НӨАТУС-д холбогдох боломжгүй, кассын машин суурилуулах зай талбайгүй, сүлжээ ороогүй, кассын программгүй. Эдгээр шалтгааны улмаас үйлчлүүлэгчдэд төлбөрийн баримтыг олгохгүй, эцсийн хэрэглэгчийг хохироодог.



Зураг 2. Төлбөрийн баримтын бүртгэлийн үйл ажиллагаа

Иймээс одоогийн үйл ажиллагааг өргөжүүлэх замаар системийн хэрэглээг өргөжүүлэх, эцсийн хэрэглэгчийн бүртгүүлсэн, баталгаажуулсан баримтын үзүүлэлтийг дээшлүүлэх, татвар төлөгч хувь хүн, хуулийн этгээдийн татвараас зайлсхийх оролдлого, нуун дарагдуулах, хуурамч баримт үйлдэх зэрэг сөрөг үйлдлийг илрүүлэх, таслан зогсоох, улмаар улсын төсвийн орлогыг нэмэгдүүлэх боломжтой.

3. Санал болгож буй шийдэл

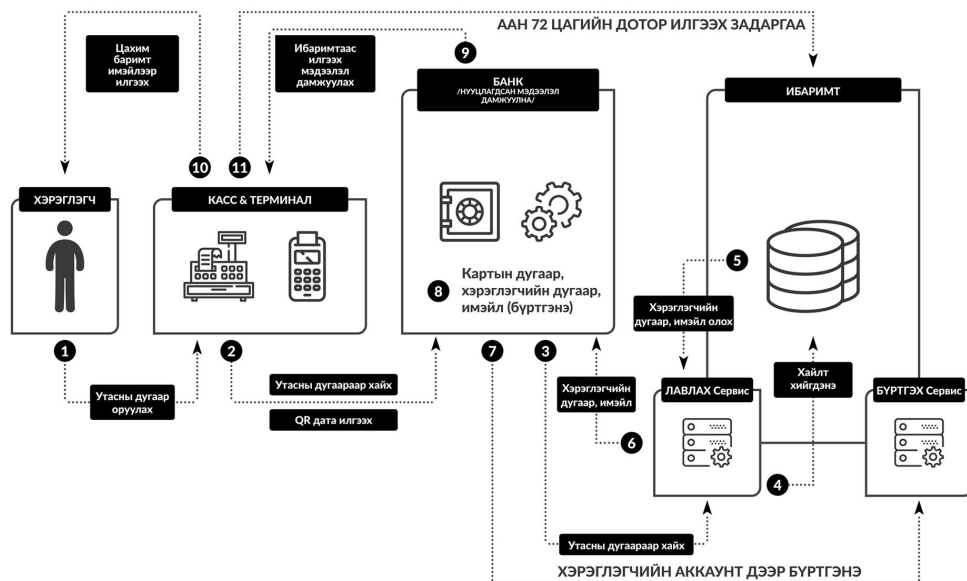
Төлбөрийн баримтын баталгаажилтыг нэмэгдүүлэх нэг арга бол хэрэглэгчийн худалдан авалт бүрийн баримтыг тухай бүр системд бүртгэх явдал юм. Үүний тулд хэрэглэгчийг тухайн байгууллага, иргэнээр үйлчлүүлэх үед нь түүнийг таньж чадах нь чухал. Хэрэглэгчийг танихад иргэний бүртгэл, үүрэн холбооны хэрэглэгчийн бүртгэл, арилжааны банкны дансны мэдээллийг ашиглах боломжтой. Эдгээрээс улсын хэмжээнд хамгийн том дэд бүтцийг бий болгосон салбар бол банкны салбар. Иймд арилжааны банкны төлбөрийн картны мэдээллийг НӨАТУС-ийн хэрэглэгчийн код ба цахим шуудангийн хаягтай уялдуулснаар тухайн хэрэглэгчийг бэлэн бусаар төлбөр тооцоо хийсэн тухай бүр таньж НӨАТУС-д автоматаар бүртгэх боломжтой хэмээн үзэж байна. Төлбөрийн карт ашиглах шийдлийг дараах үндэслэлээр сонгосон болно. Үүнд:

- Төлбөрийн картны хэрэглээ өндөр: Монгол банкны 2017 оны 3 дугаар сарын Төлбөрийн системийн тайланд дурдсанаар тайлант хугацааны байдлаар арилжааны банканд ашиглаж буй нийт 3,886,196 карт байгаагаас 1,650,128 нь идэвхтэй ашиглагдаж байна. Үүнээс 2,713,197 нь төгрөгийн карт [5].
- Төхөөрөмжийн тоо хангалттай: 2017 оны 3 дугаар улирлын байдлаар нийт 32,315 карт уншигч төхөөрөмж байгаагаас 24,868 нь ПОС терминал, 3,403 нь МПОС терминал, 2,019 нь ПОБ терминал, 2,025 нь АТМ төхөөрөмж байна [5].
- Интернэт ба мобайл хандалтын эрхтэй хэрэглэгчдийн тоо өссөн: Монгол банкны 2017 оны 3 дугаар сарын Хөдөлгөөнт

банкны тайланд дурдсанаар тайлант хугацааны байдлаар интернэт хандалтын эрхтэй хэрэглэгчийн тоо 3,087,452, үүнээс 1,378,428 нь орон нутгийн хэрэглэгч, үлдэх 1,709,024 нь Улаанбаатар, Дархан-Уул, Орхон хотын хэрэглэгч. Мобайл хандалтын эрхтэй хэрэглэгчийн тоо 3,087,962, үүнээс 216,989 нь орон нутгийн хэрэглэгч, үлдэх 1,039,973 нь Улаанбаатар, Дархан-Уул, Орхон хотын хэрэглэгч [4].

- Интернэт ба мобайл хандалтаар хийх гүйлгээний тоо өссөн: 2017 оны 3 дугаар сарын байдлаар интернэт хандалтаар банк хооронд 1,117 тэрбум төгрөгийн 2,485,496 гүйлгээ, банкны данс хооронд 4,092 тэрбум төгрөгийн 5,436,163 төлбөр тооцооны гүйлгээний хийгджээ. Харин мобайл хандалтаар банк хооронд 183,1 тэрбум төгрөгийн 973,117 гүйлгээ, банкны данс хооронд 26 тэрбум төгрөгийн 204,320 төлбөр тооцооны гүйлгээний хийгджээ [4].
- Арилжааны банкуудын ПОС терминал байршуулсан мерчантын тоо 13,000.

Судалгааны ажлын хүрээнд бид түүврийн аргаар Улаанбаатар хотын 300 гаруй хэрэглэгчээс худалдан авалтын төлбөр тооцоо, НӨАТУС-ийн хэрэглээний талаар асуулга явуулав. Санал асуулгаар (Зураг 3) судалгаанд хамрагдагсдын 96.4 хувь нь НӨАТУС-ийг идэвхтэй хэрэглэдэг, 58.3 хувь нь төлбөрөө бэлнээр, 41.7 хувь нь банкны картаар хийдэг гэсэн хариултыг тус тус өгчээ. Харин худалдан авалтаа өөрийн эзэмшдэг банкны картаар хийсэн тохиолдолд төлбөрийн баримтаа гараар бүртгэхгүйгээр мэдээллийг цахим баримтын бүртгэлд шууд автоматаар



Зураг 3. Санал болгож буй төлбөрийн баримтыг автоматаар бүртгэх шийдэл

бүртгэх шийдлийг нийт оролцогчдын 83.3 хувь нь дэмжиж, үлдэх 16.7 хувь нь “дэмжихгүй”, Хэрэглэгч худалдан авалтын төлбөрийн баримтаа автоматаар НӨАТУС-д бүртгүүлж цахим төлбөрийн баримтыг авахыг зөвшөөрсөн тохиолдолд дараах үйлдлүүд хийгдэнэ. Үүнд:

1. Хэрэглэгч НӨАТУС-д бүртгэлтэй гар утасны дугаараа арилжааны банкны ПОС терминал төхөөрөмжид оруулна.
2. Банкны ПОС терминал онлайн горимд ажиллах тул хэрэглэгчийн оруулсан утасны дугаар, QR мэдээллийг банкны системд хүсэлт хэлбэрээр илгээнэ.
3. Банкны систем нь хэрэглэгчийн утасны дугаараар НӨАТУС-тэй холбогдсон лавлах зориулалт бүхий сервисийг дуудна.
4. Лавлах зориулалт бүхий сервис нь НӨАТУС-ээс хэрэглэгчийн дугаар (ID), цахим шуудангийн хаягийг хайна.
5. Хэрэглэгчийн дугаар, цахим шуудангийн хаягийг хайлтын илэрцийг лавлах сервис илгээнэ.
6. Лавлах сервисээс банкны системд хэрэглэгчийн дугаар, цахим шуудангийн хаягийг илгээнэ.
7. Банкны системээс хэрэглэгчийн дугаар, харгалзах QR мэдээллийг НӨАТУС-ийн бүртгэх сервис илгээж бүртгүүлнэ.
8. Банкны системд хэрэглэгчийн картын дугаарын мэдээлэлд НӨАТУС-ийн хэрэглэгчийн дугаарыг нэмж хадгална.

Ингэснээр дараагийн удаа тухайн хэрэглэгчийн дугаарыг НӨАТУС-ээс дахин лавлах шаардлагагүй болж дээрх 3-6 дугаар үйлдлийг алгасах боломжтой болно.

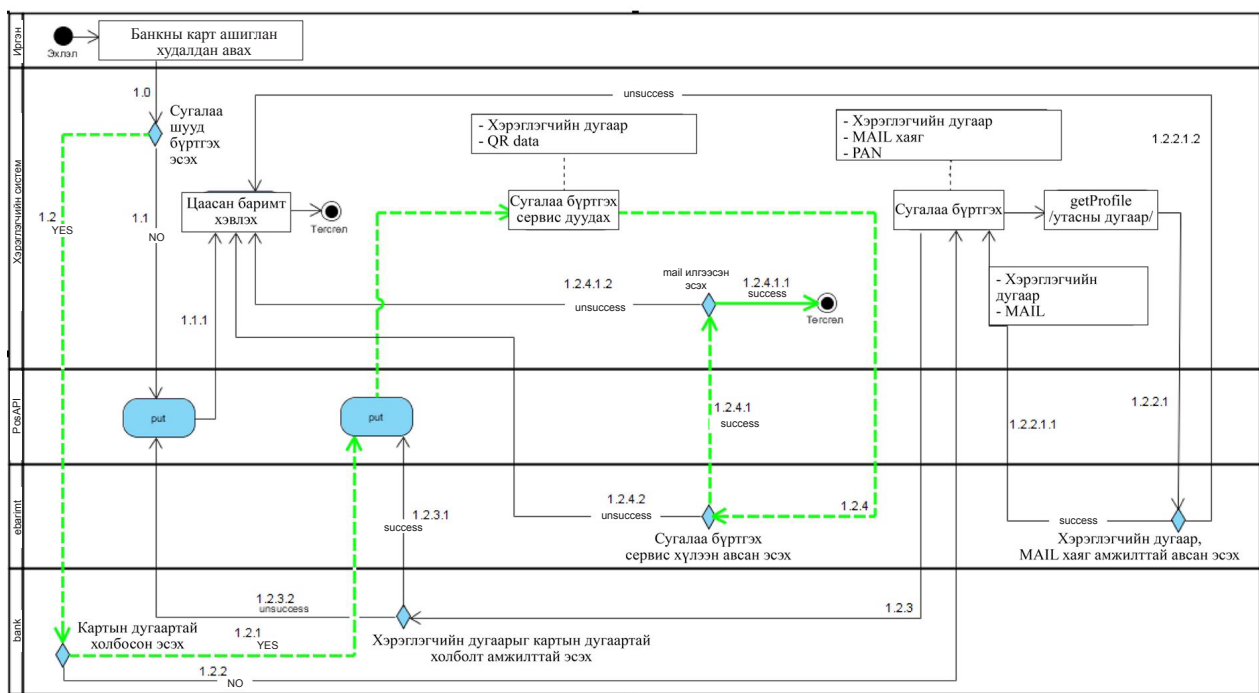
9. Хэрэглэгчийн цахим шуудангийн хаягийг тухайн ААН-д илгээнэ.
10. ААН-ийн кассын системээс төлбөрийн баримтыг хэрэглэгчид цахим шуудангаар илгээнэ.
11. ААН борлуулалтын мэдээллээ НӨАТУС-д 72 цагийн дотор илгээнэ

Дээр дурдсан үйл ажиллагааны 1-6 дугаар үйлдлүүд нь тухайн төлбөрийн картын хувьд нэг удаа хийгдэнэ. Арилжааны банкны системд төлбөрийн картыг НӨАТУС-ийн хэрэглэгчийн бүртгэлтэй холбосон мэдээллийн сан үүснэ. Ингэснээр гар утасны дугаар нь бүртгэгдсэн хэрэглэгчийн дараагийн худалдан авалтад гар утасны дугаарыг дахин оруулж, НӨАТУС-ээс хэрэглэгчийг лавлах шаардлагагүй болно. Тухайн хэрэглэгчийг банкны системээс хэрэглэгчийн ID дугаараар хайж олоод 7-12 дугаар үйлдлийг гүйцэтгэх юм.

Шийдлийг дараах байдлаар хэрэгжүүлнэ.

Үүнд:

- 1.0 Картаар худалдан авалт хийх бүрд үйлчлүүлэгчээс төлбөрийн баримтыг шууд бүртгүүлэх эсэхийг лавлана.
- 1.1, 1.1.1 Төлбөрийн баримтыг шууд бүртгэхгүй гэвэл цаасан баримтыг заавал хэвлэж өгнө.



Зураг 4. Санал болгож буй шийдлийг хэрэгжүүлэх зураглал

- 1.2 Хэрэв шууд бүртгүүлнэ гэвэл хэрэглэгчийн картыг хэрэглэгчийн дугаартай холбогдсон эсэхийг банкнаас шалгана.
- 1.2.1, 1.2.4, 1.2.4.1 Хэрэглэгчийн бүртгэл хийгдсэн тохиолдолд сугалаа бүртгэх сервисийг дуудаж, амжилттай холбогдсоны дараа баримтыг цахим шуудангаар илгээнэ. Цахим шуудан амжилттай илгээгдвэл цаасан баримт хэвлэх шаардлагагүй.
- 1.2.4.2, 1.2.4.1.2 Сугалаа бүртгэх сервис амжилтгүй, эсвэл цахим шуудан илгээгдээгүй тохиолдолд цаасан баримтыг заавал хэвлэж өгнө.
- 1.2.2, 1.2.3, 1.2.3.1 Хэрэглэгчийн бүртгэл бүрэн бус бол хэрэглэгчийн дугаар болон цахим шуудангийн хаягийг тухайн хэрэглэгчийн банкны картын дугаартай амжилттай холбосны дараа хэрэглэгчийн баримтыг шууд бүртгэнэ.
- 1.2.3.2 Хэрэглэгчийн дугаар болон цахим шуудангийн хаягийг тухайн хэрэглэгчийн банкны картын дугаартай холбож чадаагүй тохиолдолд цаасан баримтаа заавал хэвлэж өгнө.

Шийдлийг хэрэгжүүлэхийн тулд арилжааны банк, оператор байгууллагын тухайд:

- Хэрэглэгчийн дугаар, цахим шуудангийн хаягийг банкны карттай холбоно.
- Банкны ПОС терминал, хэрэглэгчийн систем хоорондоо хэрэглэгчийн худалдан авалтын мэдээлэл солилцоно.

Кассын системийн тухайд:

- Хэрэглэгч баримтаа цахимаар бүртгэх сонголттой байна.
- Цахимаар бүртгэхгүй, эсвэл интернэт холболтгүй үед цаасан баримт хэвлэх боломжтой байна.
- Хэрэглэгч бэлнээр төлбөр тооцоо гүйцэтгэж байгаа тохиолдолд худалдан авалт бүрд утасны дугаараар хэрэглэгчийг хайж, төлбөрийн баримтыг автоматаар бүртгэнэ.
- Сугалаа бүртгэх сервис ашиглаж байгаа тохиолдолд интернэт холболттой байж, баримтын мэдээллийг цахим шуудангаар заавал илгээнэ.

4. Дүгнэлт

Татварын хууль тогтоомжийг улсын хэмжээнд нэг мөр дагаж мөрдөх нөхцөлийг бүрдүүлэх, түүний биелэлтийг хангахтай холбогдуулан татварын албаны удирдах дээд байгууллагаас хууль тогтоомжид нийцүүлэн гаргасан журам, заавар, аргачлалыг хуулийн этгээд, хувь хүн дагаж мөрдөх үүрэгтэй [6]. Нэмэгдсэн өртгийн

албан татварыг ногдуулах, төсөвт төвлөрүүлэх, буцаан олгох, тайлагнахтай холбогдсон харилцааг зохицуулах [1] НӨАТ-ын тухай хуулийн хэрэгжилтийг хангахад НӨАТУС дорвитой хувь нэмэр оруулж, чухал үүргийг гүйцэтгэж байна. Бидний санал болгож буй шийдлийг улсын хэмжээнд бэлэн бус төлбөр тооцооны төлбөрийн баримтыг автоматаар бүртгэхэд ашиглах бүрэн боломжтой. Ялангуяа томоохон зах, худалдааны төв, сум суурин газарт үйл ажиллагаа эрхэлж буй татвар төлөгчид нэвтрүүлэхэд татвар төлөгч болоод хэрэглэгч талдаа ямар хүндрэл учруулахгүйгээр цахим баримтыг олгох, бүртгэх асуудлыг хялбараар шийдэх юм.

Хүснэгт 2. Хялбар бүртгэлийн сервисийн хамрах хүрээ

№	Байгууллагын нэр	Хэрэглэгчийн тоо	Бүртгэгдсэн баримтын тоо	Орчин
1	Хаан банк	6630	24443	Үндсэн
2	Голомт банк	146	1609	Үндсэн
3	Мобиком ХХК	35769	162355	Үндсэн
4	Юнител ХХК (Юнивишн)	70	103	Тестийн
5	Скайтел ХХК	94	102	Тестийн
6	Худалдаа хөгжлийн банк	1030	1320	Үндсэн

Хялбар бүртгэлийн шийдлийг 2018 оны 5 дугаар сараас эхлэн хэрэглээнд туршин нэвтрүүлсэн. Эхний ээлжинд Хаан банк, Голомт банк, Худалдаа хөгжлийн банк, Мобиком ХХК үндсэн орчинд, арилжааны 6 банк, үүрэн телефоны оператор байгууллага, банк бус санхүүгийн байгууллагууд туршилтын орчинд хэрэгжүүлж байна.

БАРИМТЫН ЖАГСААЛТ

6

Сугалаа	Бүртгэгдсэн огноо	Төлөв
WN70549889	2018-06-20 00:33:27	Хүлээгдэж буй
OT43486373	2018-06-17 21:56:29	Бүртгэгдсэн
IM21537569	2018-06-17 10:29:15	Бүртгэгдсэн
GE64874122	2018-06-16 13:11:22	Бүртгэгдсэн
XX26487043	2018-06-16 12:41:42	Бүртгэгдсэн
KR52312132	2018-06-16 12:41:11	Бүртгэгдсэн
XT27016873	2018-06-16 12:41:03	Бүртгэгдсэн
ZF39397536	2018-06-16 12:40:48	Бүртгэгдсэн
HO96726700	2018-06-13 21:28:33	Бүртгэгдсэн

Зураг 5. Төлбөрийн баримт бүртгэгдсэн байдал

Шийдлийн хэрэгжүүлэлтийн хүрээнд хэрэглэгчид утасны дугаараар бүртгэлтэй цахим шуудангаар илгээгдсэн WH70549889 сугалааны код бүхий төлбөрийн баримтыг Зураг 5-д, НӨАТУС-д тухайн баримт бүртгэгдсэн байдлыг Зураг 6-д тус тус харуулав.

Subject: Төлбөрийн баримт

From: vat-mailer@mobiocom.mn

To: tvshnm@yahoo.com

Date: Tuesday, June 19, 2018, 11:09:05 PM GMT+8

ЭРХЭМ ТАНД ЭНЭ ӨДРИЙН МЭНД ХҮРГЭЭ.

Төлбөр төлсөн баримтыг илгээж байна.

МОВИКОМ КОРПОРАЦИ
МОНГОЛ УЛС
НӨАТ Т/Д 2072572

Утасны дугаар 99008909
Худалдан авалт хийсэн огноо 2018-06-19 23:08:47
Сугалааны код WH 70549889
ДДТД 000002072572020180619000001083327

№	Барааны төрөл	Барааны код	Үндсэн үнэ	НӨАТ	Нийт
1	Худалдан авалт - 99008909	8413	1363.64	136.36	1500.00



Зураг 6. Цахим шуудангаар илгээгдсэн төлбөрийн баримт

Бэлэн бусаар хийгдсэн төлбөрийн баримтын бүртгэлийн үйл ажиллагааг автоматжуулснаар цаасан баримт олгох шаардлагагүй, цаас болон хэвлэлтийн зардал хэмнэх эдийн засгийн үр ашгаас гадна эцсийн хэрэглэгчийн болоод татварын албаны үйл ажиллагааг хялбар, шуурхай болгох давуу талтай. Тухайлбал:

- Төлбөрийн баримт хэвлэх цаасны зардал багасна.
- Цаас ашиглалтыг багасгах нь байгаль орчинд эерэгээр нөлөөлнө.
- Хэрэглэгчийн гаргадаг механик алдаа багасна.
- Баталгаажсан баримтын тоо эрс өснө.
- Хуулийн хэрэгжилт сайжирч, татварын орлого нэмэгдэнэ.
- Өдгөө ашиглаж байгаа бүртгэлийн сувгуудад QR код уншигдахгүй байх, баримт дээрх мэдээлэл стандартын шаардлага хангахгүй, бүдэг байх зэрэг төлбөрийн баримт бүртгүүлэхэд тулгардаг хүндрэлийг бүрэн шийднэ.

- Иргэдийн интернэт, цахим шуудан, ухаалаг утасны хэрэглээ өргөжинө.

Төлбөрийн баримтын хялбар бүртгэл шийдлийг нэвтрүүлснээр бүртгэлийн үйл ажиллагааг хялбар болгох төдийгүй, эдийн засгийн хувьд ихээхэн ашигтай. 2016-2017 оны төлбөрийн баримтын статистик мэдээлэлд үндэслэн хийсэн хялбар тооцооллыг Хүснэгт 3-т үзүүлэв.

Хүснэгт 3. Цаасны зарцуулалтын тооцоолол

Он	Хугацаа	Төлбөрийн баримтын тоо [7]	Харьцуулж тооцсон модны тоо*
2017	Жилд	365,768,830	5,978
2017	өдөрт	654,163	18
2016	Жилд	203,136,352	4,875
2016	өдөрт	556,537	14

* 12.2 өндөр, 15-21 см хөндлөн огтлолтой мод

НӨАТУС-ийн хэрэглэгчийн код ба цахим шуудангийн хаягтай уялдуулснаар тухайн хэрэглэгчийг бэлэн бусаар төлбөр тооцоо хийсэн тухай бүр таньж, НӨАТУС-д автоматаар бүртгэх санал болгож буй шийдлийг хэрэгжүүлэхэд татварын алба, арилжааны банкууд технологийн хувьд хүндрэлгүй, шийдэх бүрэн боломжтой хэмээн үзэж байна.

Ном зүй:

1. Нэмэгдсэн өртгийн албан татварын тухай хууль, <http://legalinfo.mn/law/details/11227>
2. Цахим төлбөрийн баримтын систем <http://www.ebarimt.mn/>
3. MNS 6529 Татварын нэгдсэн системд ашиглах төлбөрийн баримт. Ерөнхий шаардлага, МУ-ын стандарт, 2015 он
4. Хөдөлгөөнт банкны тайлан, 2017 оны 3 дугаар сар, Монгол Банк, <https://www.mongolbank.mn/documents/paymentsystems/2017Q3HB.pdf>
5. Төлбөрийн системийн тайлан, 2017 оны 3 дугаар сар, Монгол Банк, https://www.mongolbank.mn/documents/paymentsystems/201703_report_paymentsystems.pdf
6. Татварын ерөнхий хууль, <http://www.legalinfo.mn/law/details/473?lawid=473>
7. НӨАТУС-ийн статистик, 2016-2017, ГТСМТ УУГ

Easy Solution for Automatic Registration of End Users' e-Receipt to VAT Promotion System

Uyanga S.* and Binderya B.

Department of Information and Computer Science, School of Engineering and Applied Sciences,
National University of Mongolia, Ikh surguuliin gudamj-3, Ulaanbaatar-14201

*uyanga@seas.num.edu.mn

Received on 04.02.2018; revised on 09.06.2018; accepted on 09.20.2018

Abstract

According to VAT law, there are two promotions that individuals can enjoy, taxpayer have refund of up to 20% of tax paid that tax year from transactions made with tax withholder and participate in the lottery. Since the implementation of the law 31.5 billion tugrug was refunded to 497,465 individuals in the year of 2017 and 78.1 billion tugrug to 654,168 individuals in the year of 2018. Even though individuals actively register receipts, approximately 40% of all printed receipts are left unregistered. This is happening due to noncompliance of taxpayers operating at large markets, trade centers, sums and villages, as well as due to technological shortages and nonprinting of receipts. So there is need for solution to issue and register e-receipts without causing complication to taxpayers and end users. In this article we have addressed the easy solution for automatic registration of end users' e-receipts to VAT Promotion system.

Key words: Tax system, taxpayer, VAT Promotion system, payment receipt, ebarimt, non-cash payment

Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулах арга

Д.Номин-Эрдэнэ, Б.Ганбат*

Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль, Электроник, холбооны инженерчлэлийн тэнхим

*ganbat@seas.num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.03.30, засварласан: 2018.09.06, зөвшөөрсөн: 2018.09.15

Хураангуй

Тусгай зориулалтын нүдний шилгүйгээр гурван хэмжээст (3D)-ээр үздэг нийлмэл дүрсэн дэлгэцийн нэг төрөл болох Цэгэн гэрэл үүсгэгч буюу Point Light Source (PLS) дэлгэцийг энгийн хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд нэг цэгийн хэмжээ том буюу нягтшил бага, харагдах өнцөг бага зэрэг дутагдалтай. Энэхүү судалгааны ажлаар уламжлалт PLS дэлгэцийн нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан шинэ аргыг танилцуулна. Нягтшилыг сайжруулахдаа уламжлалт PLS дэлгэц дээр нэмэлт гэрэл үүсгэгч ашигласан. Туршилтын үр дүнгээс харахад линз матрицын нэг элементар линзийн ард есөн цэгэн гэрэл (хэвтээ 3, босоо 3) үүсэж байгаа бөгөөд цэгэн гэрэл үүсгэгчдийн хоорондох зай 3 дахин багассан учраас уламжлалт PLS дэлгэцийн нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан.

Түлхүүр үг: Integral Imaging Display, Point Light Source Display

1. Удиртгал

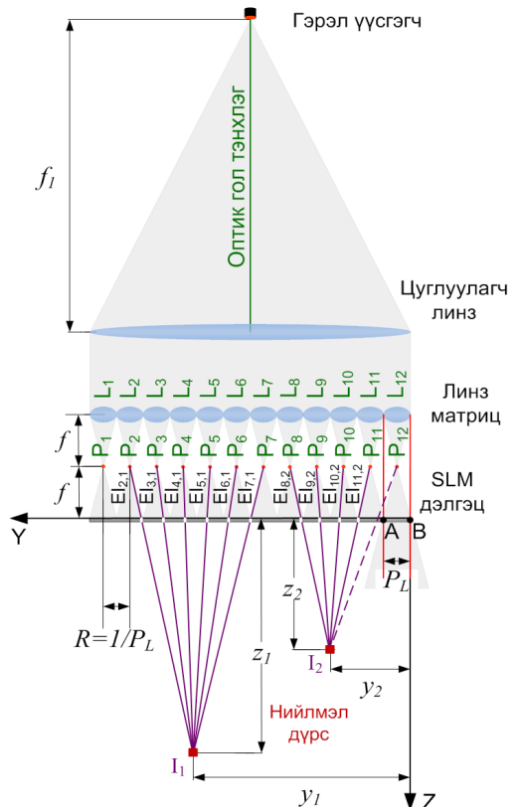
Гурван хэмжээст (3D) дэлгэцийн технологиуд олон төрөл байдаг [1-4]. Үүнээс нийлмэл дүрсэн [1, 4] дэлгэцийн нэг төрөл PLS дэлгэцийн үүсгэсэн бодит 3D дүрсийг үзэгч тусгай шилгүйгээр, өнгөт, хэвтээ болон босоо тэнхлэгийн дагуу 3D-ээр, үзэгчийн байрлалаас үл хамаарч хардаг гэх мэт олон давуу талтай. Үүнээс PLS дэлгэц нь нийлмэл дүрсэн дэлгэцээс гүний хязгаарлалтгүй, хоёр хэмжээст (2D) болон 3D горимд ажилдгаараа онцлогтой. Хэдий тийм боловч харагдах өнцөг бага [5-10], нягтшил бага зэрэг дутагдалтай [11-14]. PLS дэлгэцийн нягтшил нь хөрш цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зайгаар тодорхойлогддог. Уг дэлгэцийн үүсгэсэн бодит 3D дүрс нь нягтшил бага буюу цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зай их байгаа нь чанар муутай харагдаж энгийн хэрэглээнд нэвтэрч чадахгүй байна. Yongri Piao нар толь ашиглан нягтшилыг сайжруулсан боловч толь нь хийсвэр линз матриц үүсгэж байгаа мэтээр тооцоолсон элементар зураг нь хоорондоо давхардах, элементар зургийг удаан үүсгэх зэрэг дутагдалтай [15]. Yunhee Kim нар Pinhole массивыг (олон жижиг нүхтэй хаалт) X, Y тэнхлэг дагуу цахилгаанаар хөдөлгөн нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан боловч байнга механик хөдөлгөөн хийдэг, байрлал бүрд элементар зургийг өөрчилдөг дутагдалтай [16]. Jae-Hyeung Park нар PLS дэлгэцийн цуглуулагч линз болон

линз матриц хоёрын хооронд линз матриц нэмж байрлуулан дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулсан боловч линз матриц нэмэх тусам өртөг өндөртэй, зузаан дэлгэц болдог сул талтай [17]. Энэхүү өгүүлэлд 3 Ч 3 гэрэл үүсгэгч нэмж байрлуулснаар PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зайг 3 дахин багасгаж, нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан шинэ аргын туршилтын үр дүнг танилцуулна.

2. PLS дэлгэцийн нягтшил

Нийлмэл 3-D дүрсэн дэлгэцийн нэг төрөл болох PLS дэлгэцийн бүтцийг хажуугаас нь дүрслэн Зураг 1-д үзүүлэв. PLS дэлгэц нь гэрэл үүсгэгч, цуглуулагч линз, линз матриц, Spatial Light Modulator (SLM) дэлгэцээс бүрдэнэ. Линз матриц нь жижиг элементар линзүүдээс бүрдэнэ. Цуглуулагч линзийн фокусын f_1 зайд, оптик гол тэнхлэг дагуу гэрэл үүсгэгчийг байрлуулна. Гэрэл үүсгэгчээс цацарсан гэрэл цуглуулагч линзээр нэвтрэхдээ параллель цацрагууд болоод линз матрицын элементар линз бүрийн урд фокусын f зайд цугларч олон гэрэл үүсгэгч байгаа мэт харагдана. Үүнийг цэгэн гэрэл үүсгэгч гэж нэрлэнэ. Цэгэн гэрэл үүсгэгч бүрээс цацарсан цацрагууд линз матрицын элементар линз бүрийн PL хэмжээтэй талбайд хоорондоо үл давхцах ба $2 \cdot f$ зайд SLM дэлгэцийг байрлуулна.

Зураг 1-д үзүүлснээр PLS дэлгэцийн урд байх Z, Y тэнхлэгийн дагуу z_1 , y_1 зайд байрлах I_1 нийлмэл цэгийг (3D цэг) линз матрицын элементар L_2-L_7 линзүүдийн үүсгэж байгаа цэгэн гэрэл P_2-P_7 үүсгэгчээс цацарсан цацрагууд SLM дэлгэцээр модуляцлагдан Elemental Image (EI) $EI_{2,1}-EI_{7,1}$ -ийн хөндлөн огтлолцлоор үүсгэнэ.



Зураг 1. PLS дэлгэцийн ажиллах зарчим.

Мөн PLS дэлгэцийн урд байх Z, Y тэнхлэгийн дагуу z_2 , y_2 зайд байрлах I_2 нийлмэл цэгийг линз матрицын элементар L_8-L_{11} линзүүдийн үүсгэж байгаа цэгэн гэрэл P_8-P_{11} үүсгэгчээс цацарсан цацрагууд SLM дэлгэцээр модуляцлагдан $EI_{8,2}-EI_{11,2}$ -ийн хөндлөн огтлолцлоор үүсгэнэ. Цэгэн гэрэл P_{12} үүсгэгчээс гарсан цацрагууд нийлмэл цэг I_2 дээр ирэхгүй. Зураг 1-д үзүүлснээр AB цэгийн хоорондын зай нь L_{12} элементар линзийн хэмжээтэй тэнцүү учраас цэгэн гэрэл P_{12} үүсгэгчээс тархах цацрагуудын SLM дээр туссан хэмжээнээс хэтэрсэн байна. Өөрөөр хэлбэл цэгэн гэрэл P_{12} үүсгэгчээс тарах гэрлийн мужаас гадна байна. Уг цацрагийг тасархай зураасаар Зураг 1-д үзүүлэв. PLS дэлгэцийн нягтшил (R)-ыг өмнөх ажлуудад [11-14] линз матрицын нэг жижиг элементар линзийн хэмжээний (тэгш өнцөгт) урвуугаар тодорхойлсон байдаг.

$$R = \left(\frac{1}{P_L}\right) \quad (1)$$

Үүнд: P_L нь линз матрицын нэг жижиг линзийн хэмжээ бөгөөд мм-ээр хэмжигдэнэ. Томъёо (1)-ээс

линз матрицын элементар линзийн хэмжээ бага байх тусам PLS дэлгэцийн нягтшил сайжирна.

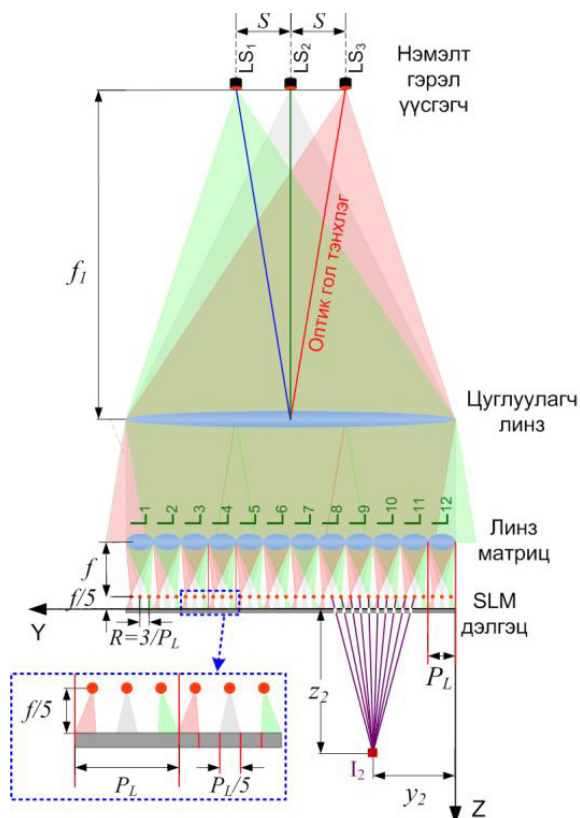
Жишээ нь: Томъёо (1)-ээр PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгч бүрийн хоорондын зайтай тэнцүү линз матрицын элементар линзийн хэмжээ 5 мм гэвэл нягтшил нь урвуугаар тодорхойлогдож $1/5=0.2$ болно. Энгийн хоёр хэмжээст LCD дэлгэцийн нэг цэгийн хэмжээ нь дунджаар 0.25 мм гэвэл нягтшил нь $1/0.25=4$ болно. Үүнээс PLS дэлгэцийн нягтшил нь энгийн хэрэглээнд маш бага байна. PLS дэлгэцийн нягтшил бага байдаг учраас нягтшилыг сайжруулах өөрсдийн шинэ аргыг санал болгож байна.

3. Нягтшилыг сайжруулах арга

Зураг 2-д бидний дэвшүүлж буй шинэ аргыг хажуугаас нь дүрслэн үзүүлэв. Уг PLS дэлгэц нь нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1-LS_3 , цуглуулагч линз, линз матриц, SLM дэлгэцээр бүрдэнэ. 3×3 ширхэг нэмэлт гэрэл үүсгэгчийг цуглуулагч линзийн ард (2)-р томъёогоор тодорхойлогдсон S зайгаар байрлуулна.

$$S = \left(\frac{P_L f_1}{n}\right) \quad (2)$$

Үүнд: f_1 нь цуглуулагч линзийн фокусын зай (мм), f нь линз матрицын фокусын зай (мм), n нь хэвтээ болон босоо тэнхлэг дагуух нэмэлт гэрэл үүсгэгчийн тоо.



Зураг 2. PLS дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулах арга.

Жишээ нь: Зураг 2-д үзүүлснээр нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_3 -ээс гарсан гэрлийн цацраг цуглуулагч линзээр нэвтрэн оптик гол тэнхлэгтэй параллель чиглэлтэй болж линз матрицын элементар линз бүрээр нэвтэрч түүний урд талд, фокусын f зайд цугларч есөн (хэвтээ 3, босоо 3) цэгэн гэрэл үүсгэгчийг үүсгэнэ.

Эдгээр цугларсан цэгэн гэрэл үүсгэгчийн тоо нь Зураг 1-д үзүүлсэн уламжлалт PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгчийн тооноос 3 дахин их болж, шинэ аргын цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зай 3 дахин багасна. Шинэ аргаар PLS дэлгэцийн нягтшилыг дараах томъёогоор илэрхийлнэ.

$$R = \left(\frac{3}{P_L}\right) \quad (3)$$

(1), (3) томъёонуудаас харахад уламжлалт PLS дэлгэцийн нягтшил 3 дахин сайжирна. Зураг 2-д үзүүлснээр линз матрицын урд талд, цэгэн гэрэл үүсгэгчээс тархах цацрагууд хоорондоо давхцахгүй зай болох фокусын зайнаас 5 дахин бага $f/5$ зайд SLM дэлгэцийг байрлуулна. Зураг 1-д үзүүлсэн нийлмэл I_2 цэг нь 4 ширхэг цэгэн гэрэл үүсгэгчээс цацарсан цацрагууд SLM дэлгэцээр модуляцлагдан 4 ширхэг EI-ийн хөндлөн огтлолцоор үүсэж байсан бол X, Z тэнхлэг дагуу ижил зайд байрлах Зураг 2-д үзүүлсэн нийлмэл I_2 цэг нь 10 ширхэг цэгэн гэрэл үүсгэгчийн 10 ширхэг EI-ийн хөндлөн огтлолцол дээр үүсэж байна.

4. Туршилт болон үр дүн

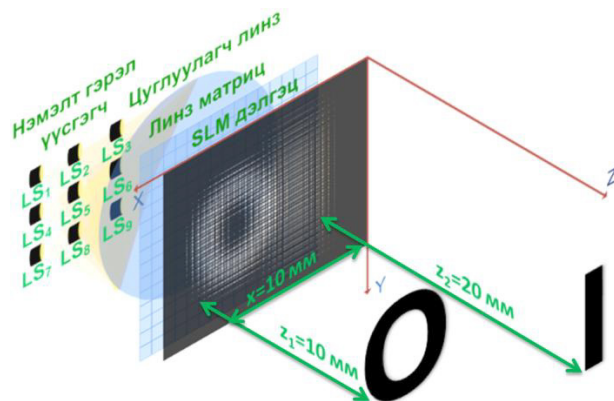
Туршилтад ашигласан элементүүдийн параметруудийг Хүснэгт 1-д үзүүлэв. Томъёо (2) ёсоор Хүснэгт 1-ийн үзүүлэлтийг ашиглан нэмэлт гэрэл үүсгэгч хоорондын зай нь $S=6.24$ мм болсон. Тиймээс гэрэл үүсгэгчээр Surface-Mount Device Light-Emitting Diode (SMD LED)-ийг ашиглав. SMD LED нь үнэ хямд, чадал бага зарцуулдаг, маш жижиг хэмжээтэй.

Хүснэгт 1. Туршилтын параметрууд

Зориулалт	Үзүүлэлт
SMD LED	1.25 мм (Б) Ч 2 мм (Х)
SMD LED-ийн тоо	3 (Б) Ч 3 (Х)
Цуглуулагч линзийн хэмжээ	50.8 мм (Б) Ч 50.8 мм (Х)
Цуглуулагч линзийн фокусын зай	61.8 мм
Линз матрицын элементар линзийн тоо	50 (Б) Ч 50 (Х)
Элементар линзийн хэмжээ	1 мм (Б) Ч 1 мм (Х)
Линз матрицын фокусын урт	3.3 мм
Линз матрицаас SLM дэлгэц хүртэлх зай	4.125 мм
SLM дэлгэцийн цэгийн тоо	768 (Б) Ч 1024 (Х)
SLM дэлгэцийн нэг цэгийн хэмжээ	0.036 мм
SLM дэлгэцийн хэмжээ	27.64 мм (Б) Ч 36.86 мм (Х)

^aБ – босоо, Х - хэвтээ

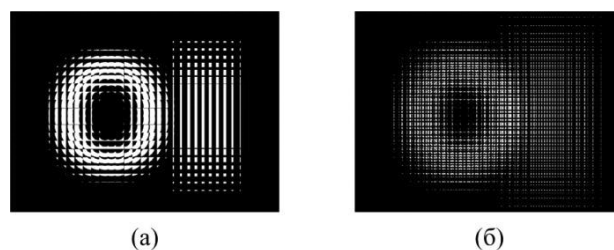
Нэмэлт гэрэл үүсгэгч нь хэвтээ болон босоо тэнхлэг дагуу 3 Ч 3 ширхэг байх ба нэмэлт гэрэл үүсгэгчийг Зураг 3-д үзүүлснээр голын гэрэл үүсгэгч LS_5 нь дангаараа асах эсвэл LS_1 - LS_9 нэмэлт гэрэл үүсгэгч бүгд асах унтраалгатай хавтан дээр гагнасан. Голын гэрэл үүсгэгч LS_5 нь дангаараа асах тохиолдолд уламжлалт PLS дэлгэцийн нөхцөл биелнэ. Нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_9 бүгд асах тохиолдолд бидний дэвшүүлж буй шинэ аргын PLS дэлгэцийн нөхцөл биелэх юм.



Зураг 3. PLS дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулсан аргын геометр байгуулалт.

Бидний дэвшүүлж буй шинэ аргын туршилтын геометр байгуулалтыг Зураг 3-д үзүүлэв. PLS дэлгэц нь хоорондоо 10 мм, SLM дэлгэцээс 10 мм болон 20 мм зайд байрлах 'O', 'I' нийлмэл дүрсийн үүсгэж байхаар туршилт хийсэн. Туршилтаа X, Z, Y=0 буюу хэвтээ тэнхлэг дагуу хийсэн. PLS дэлгэц нь Y, Z, X=0 буюу босоо тэнхлэг дагуу туршсан үр дүн нь хэвтээ тэнхлэг дагуух үр дүнтэй ижил юм.

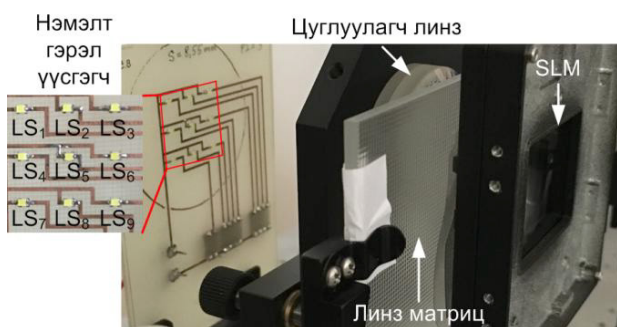
Туршилт хийхээс өмнө PLS дэлгэц нь Зураг 3-д үзүүлсэн геометр байгуулалтын дагуу хоорондоо 10 мм SLM дэлгэцээс 10 мм, 20 мм зайд байрлах 'O', 'I' нийлмэл дүрсийг үзүүлж байхаар EI-ийг үүсгэх шаардлагатай.



Зураг 4. Үүссэн EI (a) уламжлалт арга, (б) шинэ арга

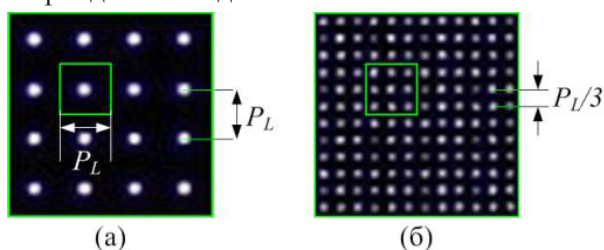
Уламжлалт PLS дэлгэцийн EI-ийг үүсгэхдээ нэг EI-ийн хэмжээ элементар линзийн хэмжээ P_L -тэй тэнцүү байна гэж үздэг. Өөрөөр хэлбэл EI-ийн цэг нь тухайн цэгэн гэрэл үүсгэгчээс цацарсан гэрлийн мужид байна гэсэн үг. Уг нөхцөлийн дагуу 'O' болон 'I'-ийг дэлгэцийн урд өөр өөр зайд байна гээд Matlab дээр үүсгэсэн EI-ийг Зураг 4(a)-д үзүүлэв.

Нэмэлт гэрэл үүсгэгчтэй нягтшилыг сайжруулсан PLS дэлгэцийн EI-үүд хоорондоо давхцахгүй байх ёстой гэдгээс EI-ийн хэмжээ нь $P_L/5$ -тай тэнцүү байна. EI цэг нь тухайн цэгэн гэрэл үүсгэгчээс цацарсан гэрлийн мужид байна гэсэн нөхцөлийн дагуу шинэ PLS дэлгэцийн EI-ийг үүсгэснийг Зураг 4(б)-д үзүүлэв. Шинэ аргад линз матрицын нэг элементар линз бүр есөн (3 хэвтээ, 3 босоо) цэгэн гэрэл үүсгэнэ. Ийм учраас EI-ийн хэмжээ багасна. Энэ нөхцөлийн дагуу үүсгэхээр SLM-ийн зарим хэсэг нь EI-гүй буюу үргэлж хар байна. Энэ хэмжээ нь нэг элементар линзийн хэмжээний $2 \cdot P_L/5$ байна. Өөрөөр хэлбэл шинэ арга нь P_L хэмжээтэй элементар линз бүр $2 \cdot P_L/5$ хэсгийг ашиглахгүй гэсэн үг. Үүнээс болоод Зураг 4(б)-д үзүүлсэн нягтшилыг сайжруулах шинэ аргын EI нь Зураг 4(а)-д үзүүлсэн уламжлалт PLS дэлгэцийн EI-ээс бүдэг харагдаж байна.



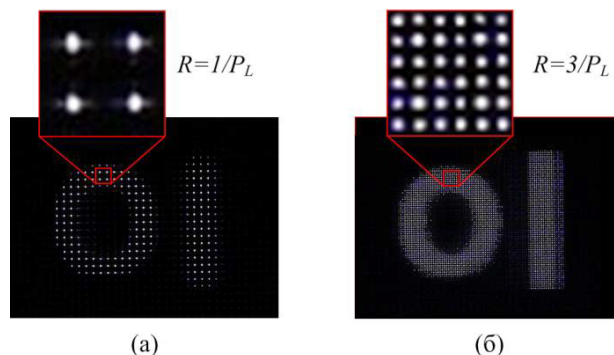
Зураг 5. Лабораторийн орчинд угсарсан PLS дэлгэц.

Зураг 5-д үзүүлснээр лабораторийн орчинд PLS дэлгэцийг угсарч линз матрицын фокусын f зайд камерын фокусыг тохируулж, PLS дэлгэцийн үүсгэж байгаа цэгэн гэрлийн туршилт хийсэн. Зураг 6(а)-д гэрэл үүсгэгч LS_5 -ыг асаасан буюу уламжлалт PLS дэлгэц нь цэгэн гэрэл үүсгэж байгааг, Зураг 6(б)-д нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_9 -ийг асаасан буюу нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан шинэ аргын PLS дэлгэц нь цэгэн гэрэл үүсгэж байгаа туршилтын үр дүнг үзүүлсэн байна. Туршилтад $P_L = 1$ мм линз матриц ашигласан учраас Зураг 6(а)-д цэгэн гэрэл үүсгэгч хоорондох зай 1 мм байна. Шинэ аргаар үүсгэсэн цэгэн гэрэл хоорондох зай 0.33 мм байна. Туршилтын үр дүнгээс харахад цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зай 3 дахин багассан байна.



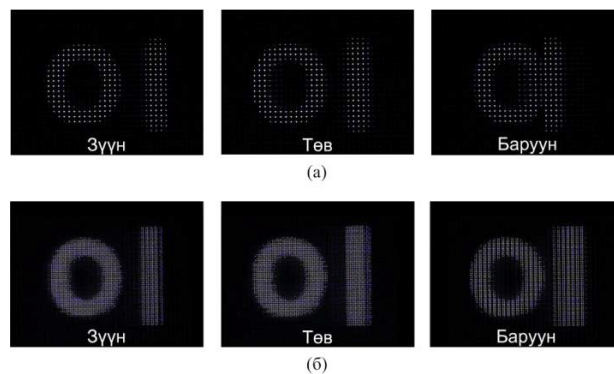
Зураг 6. Цэгэн гэрэл үүсгэж байгаа (а) уламжлалт PLS дэлгэц болон (б) шинэ аргын PLS дэлгэц

Уламжлалт PLS дэлгэцийг туршихдаа Зураг 5-ын гэрэл үүсгэгч LS_5 асааж, линз матрицын фокусыг 2 дахин авсан зайд SLM дэлгэцийг байрлуулж Зураг 4(а)-д үзүүлсэн EI-ийг SLM дэлгэцэд гаргасан. Үүний туршилтын үр дүнг Зураг 7(а)-д үзүүлсэн байна.



Зураг 7. Туршилтын үр дүн (а) уламжлалт PLS дэлгэц, (б) нягтшилыг сайжруулсан PLS дэлгэц

Нягтшилыг 3 дахин сайжруулах PLS дэлгэцийг туршихдаа Зураг 5-ийн нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_9 -ийг асааж линз матрицын фокусын зай дээр фокусын зайг 5 дахин бага зайг нэмсэн $f+f/5$ зайд SLM дэлгэцийг байрлуулж Зураг 4(б)-д үзүүлсэн EI-ийг SLM дэлгэцэд гаргасан. Нягтшилыг 3 дахин сайжруулах аргын туршилтын үр дүнг Зураг 7(б)-д үзүүлсэн байна. Зураг 7-д үзүүлснээр PLS дэлгэцийн нягтшил 3 дахин ихсэж байгаа нь харагдаж байна.



Зураг 8. Туршилтын үр дүн (а) уламжлалт PLS дэлгэц, (б) дэвшиүүлж буй PLS дэлгэц.

Зураг 8-аас уламжлалт болон шинэ арга перспектив ажиглагдаж байна. Өөрөөр хэлбэл баруун талаас харахад 'O', 'I' нийлмэл дүрсийн хоорондох зай ойртсон. Зүүн талаас харахад хоорондох зай холдсон байна. Тиймээс шинэ PLS дэлгэц нь 3-D дүрсийг амжилттай үүсгэж байна гэж дүгнэж болно. Зураг 8(а)-ын уламжлалт PLS дэлгэцийн үүсгэсэн нийлмэл дүрсийн цэг хоорондын зай нь нүдээр харахад мэдэгдэж байгаа бөгөөд хол зайтай хэдэн цэг буюу чанар муутай харагдаж байна. Зураг 8(б)-д шинэ дэлгэцийн үр дүнг үзүүлсэн бөгөөд уламжлалт аргын үр дүнтэй харьцуулбал цэгэн гэрэл хоорондох зай бараг

ажиглагдахгүй байна. Өөрөөр хэлбэл Зураг 8(а)-ын уламжлалт PLS дэлгэцийн үүсгэсэн нийлмэл дүрсийн нягтшилыг бодвол Зураг 8(б)-д шинэ аргын PLS дэлгэцийн нягтшил нь тасралтгүй үүсэж байгаа харагдаж байна. Бидний дэвшүүлж буй аргаар PLS дэлгэцийн нягтшил 3 дахин сайжирсан ба линз матрицын элементар линзийн хэмжээ 1 мм гээд PLS дэлгэцийн нягтшил нь 3 болж байна.

5. Дүгнэлт

Бидний дэвшүүлж буй аргад нэмэлт гэрэл үүсгэгчийг цуглуулагч линзийн ард Томъёо (2) зайтайгаар байрлуулснаар түүний цацрагууд нь линз матрицын элементар линз бүрийн урд цугларч гурван цэгэн гэрэл үүсгэж байгаа бөгөөд уламжлалт PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл хоорондын зайг 3 дахин багасгасан. Туршилтын үр дүнгээс харвал шинэ аргаар PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгч хоорондын зайг 3 дахин бага байгаагаас нягтшил 3 дахин ихсэж байна. PLS дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулснаар үзэгч 3-D дүрсийг чанартайгаар харах боломжтой болсон.

Зохиогчийн оролцоо

Д.Номин-Эрдэнэ тооцоо хийж EI үүсгэж, туршилтууд хийсэн. Б.Ганбат туршилтад гарсан алдааг засаж сайжруулан өгүүлэл бичсэн.

Ном зүй:

1. Poon, T.-C (2006) *Digital Holography and Three-Dimensional Display*, Springer, New York.
2. Halle, M.M. et al. (1997) *Computer Graphic: Autostereoscopic displays and computer graphics*, 2nd edn. ACM Siggraph, Vol. 31, pp. 58–62.
3. Knut, L. et al. (1998) *Proc: New portable FELIX 3D display*, SPIE 3296, pp. 204.
4. Lippmann, G. (1908) *Comptes-Rendus Academie des Sciences: La Photographie Integrale*, vol. 146, pp. 446.
5. Park, J.-H. et al. (2005) Viewing Angle Enhancement of Three-Dimension/TwoDimension Convertible Integral Imaging Display Using Double Collimated or Noncollimated Illumination. *Jpn. J. Appl. Phys*, vol. 44, pp. 991–994.
6. Park, J.-H. et al. (2001) Analysis of viewing parameters for two display methods based on integral photography. *Appl. Opt*, vol. 40, pp. 5217–5232.
7. Min, S.-W. et al. (2003) Enhanced three-dimensional integral imaging system by use of double display devices. *Appl. Opt*, vol. 42, pp. 4186–4195.
8. Choi, H. et al. (2005) Wide-viewing-angle 3D/2D convertible display system using two display devices and a lens array. *Opt. Express*, vol. 13, pp. 8424–8432.
9. Park, J.-H. et al. (2004) Depth-enhanced three-dimensional–two-dimensional convertible display based on modified integral imaging. *Opt. Lett*, vol. 29, pp. 2734–2736.
10. Choi, H. et al. (2006) A thin 3D-2D convertible integral imaging system using a pinhole array on a polarizer. *Opt. Express*, vol. 14, pp. 5183–5190.
11. Alam, A. et al. (2012) Resolution Enhancement of Integral Imaging Three-Dimensional Display Using Multi-Directional Elemental Images. *Journal of the Society for Information Display*, vol. 20(4), pp. 175–243.
12. Choi, H. et al. (2003) Multipleviewing-zone integral imaging using a dynamic barrier array for threedimensional displays. *Appl. Opt*, vol. 11, pp. 927–932.
13. Shin, D. et al. (2008) Resolution-enhanced three-dimensional image reconstruction by use of smart pixel mapping in computational integral imaging. *Appl. Opt*, vol. 47, pp. 6656–6665.
14. Hahn, J. et al. (2009) Uniform angular resolution integral imaging display with boundary folding mirrors. *Appl. Opt*, vol. 48, pp. 504–511.
15. Piao, Y. et al. (2016) Resolution Enhanced Computational Integral Imaging Re-construction by Using Boundary Folding Mirrors. *Optical Society of Korea*, vol. 20, pp. 363–367.
16. Kim, Y. et al. (2007) Point light source integral imaging with improved resolution and viewing angle by the use of electrically movable pinhole array. *Opt. Express*, vol. 15, pp. 18253–18267.
17. Park, J. et al. (2005) Resolution-enhanced three-dimension / two-dimension convertible display based on integral imaging. *Opt. Express*, vol. 13, pp. 1875–1884.

Resolution-Enhanced Point Light Source Display

Nomin-Erdene Dalkhaa and Ganbat Baasantseren*

Department of Electronics and Communication Engineering, School of Engineering and Applied Sciences,
National University of Mongolia

*ganbat@seas.num.edu.mn

Received on 03.20.2018; revised on 09.06.2018; accepted on 09.15.2018

Abstract

The Point Light Source (PLS) display is one kind of Integral Imaging that is the three-dimensional (3D) display. Limitations of the PLS display include those regarding the viewing angle and the resolution. A PLS display with the high resolution is proposed. We used the light source array (3 x 3) to increase the resolution of the PLS in the horizontal and vertical directions. From the experimental results, the proposed method enhances three times higher than conventional PLS display.

Key words: Integral Imaging Display, Point Light Source Display

Characteristics and Concentration of White Dust and The Particulate Matter (PM₁₀) in Erdenet city, Mongolia

Lkhagvajargal B.¹, Batdelger B.^{1,2}, Sonomdagva Ch.^{1*}, Bayarbat B.¹,
Atsushi Matsuki²

¹ Department of Environment and Forest Engineering, School of Engineering and Applied Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

² Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan

*ch_sonomdagva@num.edu.mn

Received on 04.12.2018; revised on 07.06.2018; accepted on 09.15.2018

Abstract

The purpose of this research was to determine characteristics and composition of white dust in the tailings pond of Erdenet Copper Mining (ECM) and to identify mass concentration of the particulate matter (PM₁₀) around Erdenet city. Based on these goals, we determined critical level of flaring speed for white dust and how to reduce this speed. Meteorological data and particulate matter (PM₁₀) were collected from the Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment (IRIMHE) and Air Quality Monitoring Station (AQMS) in Erdenet city. The mass concentration of particulate matter (PM₁₀) were analyzed and compared with WHO guidelines and Mongolian air quality standard (MNS4585:2016). Critical speed of flaring was tested in the laboratory condition and based on that we had estimated total number of days that white dust released into the air. In addition, in order to reduce flaring white dust, watering method was tested in the laboratory and based on that the moisture amount to avoid flaring of white dusts had estimated. Results were shown that spring and autumn have a significantly higher level of mass concentration of PM₁₀ in Erdenet city. It was caused by the stagnant atmosphere which leads to pollution's cumulative effect and white dust from the storage of tailings pond during spring and autumn. Particle size of white dust had two types, 2-0.05 mm sandy and 0.05-0.002 mm dusty; yet it had a high concentration of As, Pb, Zn and Cu that were higher than the Mongolian national standard of heavy metals for soil. The critical level of flaring speed was about 4-5 m/s. Based on this critical level of flaring speed for white dust, on average 25 days per month had flaring white dust. The test result in the laboratory was shown that 5 percent of moisture would reduce the flaring of white dust. Therefore, it is possible to use wastewater reserve for watering to reduce white dust flaring.

Key words: PM₁₀, white dust, characteristics, heavy metal, tailings pond

1. Introduction

Erdenet is definitely one of the most polluted cities and it might be the second polluted city in Mongolia in terms of annual mass concentration of particulate matter (PM₁₀). The population is increasing and due to manufacturing and its' pollution of city air quality has been above the standard limit for the last years (METM, 2015). One of the main pollution source of heavy metals and trace elements within the Erdenet Mining Corporation environment is the white dust from the storage of tailings pond. Erdenet Mining Corporation is one of the biggest ore mining and ore processing factory in Asia. The main mineral deposit, extracted by the Corporation was the Erdenetiin-Ovoo area which locates 400 kilometers

northwest from Ulaanbaatar city, 180 kilometers east from Dar-khan city, 60 kilometers northern from the center of Bulgan aimag (Ziadat et al., 2015). In 2006, there are 500 million tons' sands, 25 million m³ wastewater accumulated in tailings pond (Khukhuu et al., 2008). Moreover, white dust and heavy metals in it in ECM tailings are becoming problem for population of around Erdenet city in recent decades. Many researcher was studied the about it. For example; the result obtained from this research indicated that the area surrounding the copper mine in Erdenet, Mongolia is polluted with heavy metals especially with copper. This is attributed to the dust emission from mining activities in addition to vehicle emission in the area. This reflects the fact that mining activities

had a direct impact on atmospheric pollution with heavy metals in Erdenet, Mongolia (Baljinnyam et al., 2009). The general and mi-cro mode of country wind, humidity and, cold and warm air of the area effects for dissipation and disperse of white dust of tailings pond. The white dust distribution depends from the wind mode (Khukhuu et al., 2008). The white dust resulted from the mining process of Erdenet Mining Corporation is a fine dust, moves around when the wind speed is 5.4 m/sec or more landing on soil. Households, animals, plant near the industrial area is faced with the risk of being exposed to heavy metal and negative effect upon their health in the long run has been proven (Khukhuu et al., 2008; Bayalag, 2012).

In May and October, white dust dispersion would increase up to 38-68 km also these months are the

most spread months among all other months. During this time, mass concentration of PM_{10} was measured the highest in the air. Thereby, it's possible that white dust is the source of PM_{10} . White dust dispersion is related to precipitation, relative humidity and wind speed. From the analysis between rainy day and normal day, white dust distribution was four times lower when the rainy day. Therefore, precipitation is an important indicator that white dust spread (Lkhagvajargal et al., 2018).

2. (Materials &) Methods

2.1. Study area, materials and field study

Erdenet city, the second largest industrial city, is located in Western Mongolia at an elevation of 1580 meters above sea level character-ized by high annual sunshine exposure, short dry summer months and

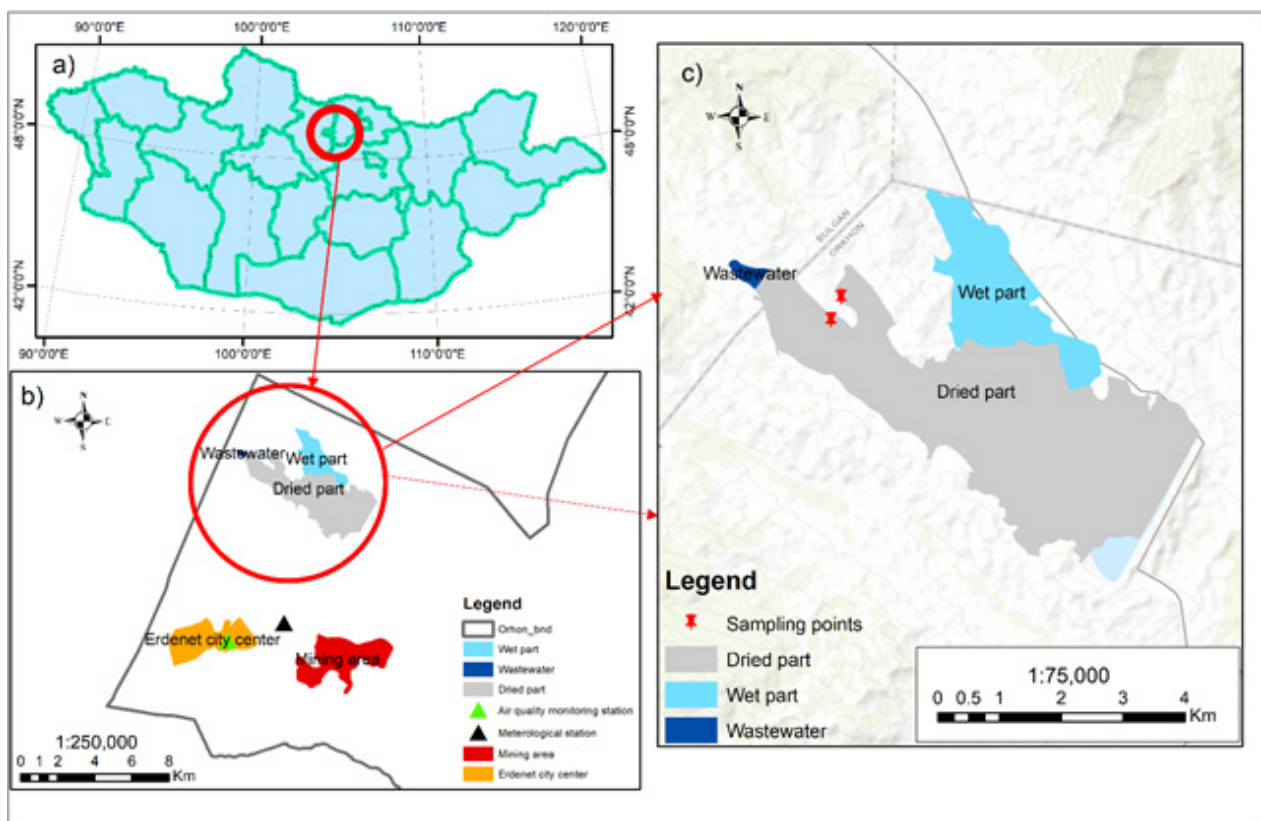


Fig. 1. Study area with sampling locations; (a) Erdenet city in Mongolia, (b) Erdenet mining area, (c) Sampling location of tailings pond area in Erdenet Copper Mining

long cold winter season climatic conditions (Badarch, 1971). Erdenet copper molybdenum mine and tailings pond is located northeast of Erdenet city (Fig. 1).

The mine area is a semiarid region with a typical continental climate of a short summer, long winter, and a vast temperature fluctuation. The coldest season is in January with a mean temperature of -22.2°C , while the warmest season in July has a mean temperature of 16.5°C . The dominant wind direction is from

the west and northwest, and the velocity reaches 20 m/s in spring. The maximum annual precipitation in the area is 355 mm, with 90 % falling between May and September. Average snow cover ranges from 5 to 8 cm (Tsegmid, 1969; Jambaaajamts, 2009).

The study was conducted a field study, a laboratory analysis, testing, experiments and statistical processing. Changes of the tailings pond area between 1985 and 2014 were used by measurement

data of ECM and tailings pond area of 2017 was calculated on satellite image. Meteorological data including precipitation, wind velocity, wind direction, air humidity and temperature was collected from a weather station in Erdenet, which is attached to the IRIMHE. The data of particulate matter (PM₁₀) was collected from AQMS in the Erdenet city (Tab. 1).

Tab. 1. The data used in the survey

№	Name of data, unit	Year	Time duration
1	Average wind velocity, m/s	2014-2015	Monthly average
2	Max wind velocity, m/s	2012-2015	Daily average
3	Wind direction	2014-2015	Monthly average
4	Precipitation, mm	2014-2015	Monthly average
6	Humidity, %	2014-2015	Monthly average
7	Temperature, °C	2014-2015	Monthly average
8	PM ₁₀ , µg/m ³	2014-2016	Monthly average
9	PM ₁₀ , µg/m ³	2014-2016	Daily average

We conducted a field survey of white dust sampling at tailings pond of Erdenet Copper Mining in August 2016 at Erdenet city (Fig. 2).



Fig. 2. White dust sampling /03 August 2016, 49°07'17" N 104°04'28" E/

2.2. Laboratory analysis

Laboratory analyzes were used for 300 g sample that taken from the dried part in the tailings pond. We have separated the sample that more than lowest 45 micrometers and between from 45 micrometers to 125 micrometers, prepared a use composition, worked on the inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Ultra-pure deionized water (18MΩcm-1) from a mille-Q analytical reagent-grad water purification system (mille pore) and ultrapure HNO₃ 60% (Lot-No B0157318 Merck) were used. In order to validate the method for determining the concentration of heavy metals, NCB ZC 73006 Certified Reference Material was used. For digestion of this reference material, an acid mixture 3 ml HNO₃ ultrapure 60% and 2 ml HF 40% was added to 0.1 g of sam-ple in a Teflon receptacle, tightly closed. Six such receptacles were inserted into a device made of six stainless steel cylinders mount-ed between two flanges, to confer pressure resistance. The whole system was put in an oven at 200°C for 12 hours. A colorless solution

resulted and ultrapure water was added up to 50 ml. Calibration standard solutions and internal standard were prepared by successive dilution of a high purity ICP-multi element calibration standard (10 µg/l from nineteen elements ICP-MS standard, 5% HNO₃, matrix, item N9300233, PerkinElmer Life and Analytical Sciences).

All plastic lab ware used for the sample treatment were new or cleaned by soaking 24 h first in 10 % HNO₃ then in ultrapure water (Voica et al., 2012).

2.3. Laboratory testing and experiments

We have developed some methodology in laboratory conditions. Here in:

- To determine a critical level of flaring speed for white dust by artificial wind
- To determine the moisture amount to avoid flaring of white dust
- To determine which of the sandy and dusty white dust are most likely to occur.

2.3.1. Method of critical level of flaring speed for white dust

Estimating critical level of flaring speed for white dust by artificial wind is between a wind speed of 1-2 m/s, 2-3 m/s, 3-4 m/s, 4-5 m/s and 5-6 m/s each time with 20 times and calculated the white dust emission threshold. The volume of emitted dust from the unit was measured by volume method and wind speed, air temperature, pressure and relative humidity were measured by Silva instrument (Fig. 3).

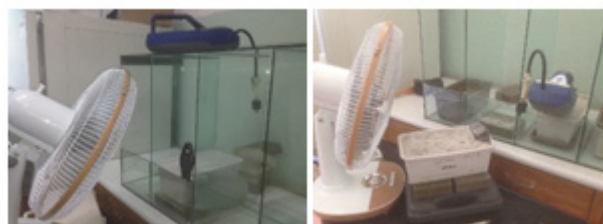


Fig. 3. Laboratory experiments process

2.3.2. Method of determination of moisture content

The moisture content of white dust was determined according to the method of A.N. Kachinski, which determines the moisture content of the soil. To determine moisture content, we weighed the sample and then dried at 104°C for six hours. Each 500 g of two types of samples were used for laboratory experiments. First, we measured the mass concentration of white dust with moisture con-tent of 20 percent by Dust Trak TSI instrument. Then we reduced the moisture content of white dust by 2 percent step until 0 percent

of moisture content is reached. Each moisture content of white dust was measured 20 times in the laboratory testing.

$$\text{Moisture content, \%} = ((\text{original weight} - \text{dry weight}) / (\text{original weight})) \cdot 100 \quad (1)$$

3. Results

3.1. Pollution of PM10 in around Erdenet city

First part of this study result was compared with last three years' daily and monthly average mass concentration of PM₁₀ between 2014 and 2016. Mass concentration of PM₁₀ was exceeded from the WHO AQG for all months other than in February, March and December 2014 and is 1.04–3.5 times higher in concentrations. The highest average concentrations per month were in October 2014, reached 142 µg/m³ and 1.4 times higher than the Mongolian AQS (MNS 4585:2016), 2.8 times higher than the WHO AQG. In October 2015, mass concentration of PM₁₀ reached 130 µg/m³, 1.3 times higher than the Mongolian AQS (MNS 4585:2016), 2.6 times higher than WHO AQG. But in 2016, the highest concentration of PM₁₀ was 105.6 µg/m³, which was 1.06 times higher than Mongolian AQS (MNS 4585:2016), 2.12 times higher than the WHO AQG (Fig. 4).

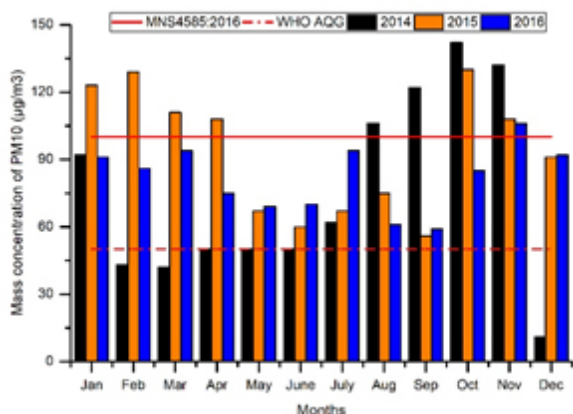


Fig. 4. Monthly mass concentration of PM10 between 2014 and 2016

In October and April mass concentration of PM₁₀ have increased dramatically. The average maximum concentration of PM₁₀ reached 321 µg/m³ on 14 October 2014, 249 µg/m³ on 14 April 2015, 261 µg/m³ on 3 October, 266 µg/m³ on 21 April 2016 and 265 µg/m³ on 18 November 2016, respectively. During these days PM₁₀ was 2.5–3.2 times higher than Mongolian AQS (MNS 4585:2016) and 5–6.4 times higher than the WHO AQG (Fig. 5).

Particulate matter spread in the air depending on precipitation and wind. Due to the fact that the average monthly mass concentration of PM₁₀ in recent years has been compared with meteorological indicators. Fig. 6 has shown that the local monthly average mass concentrations of PM₁₀, combined

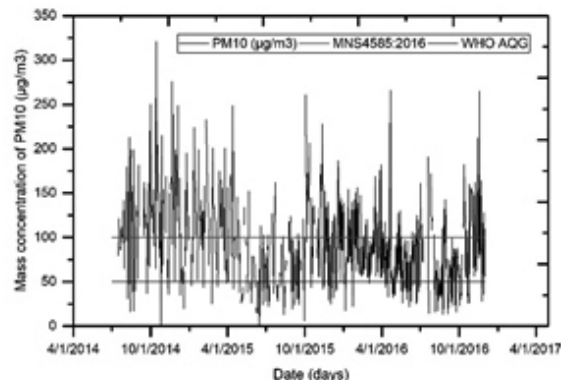


Fig. 5. Daily mass concentration of PM₁₀

with monthly precipitation and wind between 2014 and 2016. Fig. 6 reveals the trend of monthly average mass concentration of PM₁₀ from February to October, is consistent and takes a concave parabolic form, which is approximatively opposite to the trend of precipitation. The peak value of the monthly average mass concentration of PM₁₀ appears in February and October, reaching 113.3 µg/m³, 119 µg/m³, respectively, while the trough value is in June, reaching 65 µg/m³. On the contrary, the monthly total precipitation in August 149.5 mm, while those in January are both less than 3.3 mm. It is observed that mass concentrations of PM₁₀ in January, February, March, October and November exceed the daily average PM₁₀ upper limit of 100 µg/m³ as defined by the ambient Mongolian AQS (MNS 4585:2016), illustrating the severity of PM₁₀ pollution in the Erdenet area during late autumn, early spring, and winter (Fig. 6).

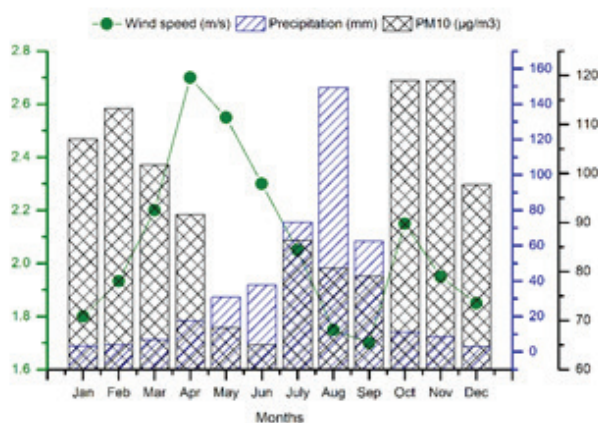


Fig. 6. Monthly variations of mass concentration of PM₁₀ with monthly total precipitation between 2014 and 2016

Fig. 7 illustrates local seasonal characteristics in the seasonal average mass concentration of PM_{10} . In this study, spring consists February, March and April; summer refers to May, June and July; autumn includes August, September and October; winter includes November, December and January.

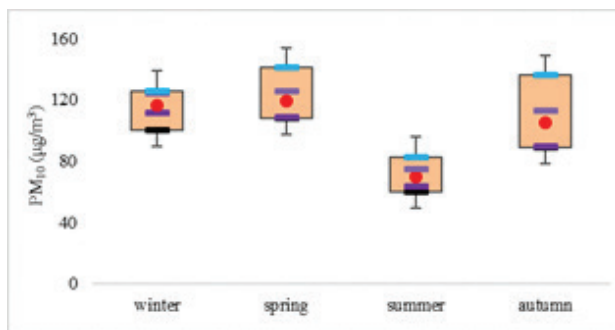


Fig. 7. Seasonal characteristics of mass concentration of PM_{10}

A red dot represents the mean value of PM_{10} in each season and a purple horizontal line and a yellow horizontal line represents the twentyfifth and seventyfifth percentiles (upper and lower edges of the box); a blue horizontal line represents the maximum; a black line represents the minimum value of PM_{10} in each season.

Fig. 7 indicates that regardless of particle size, summer has the lowest PM_{10} mass concentration. In contrast, spring has a significantly higher level of PM_{10} mass concentration, probably caused by the stagnant atmosphere which leads to pollution's cumulative effect and white dust from the storage of tailings pond in spring. From the figures above, based on the boxplot, which graphically depict numerical data via quartiles, it is demonstrated that there was a tiny minority of large values in summer, since the mean and median values are below the middle position between maximum and minimum, which could result from longstanding high temperature and low pressure with occasional precipitation in summer.

3.2. Changing tailings pond area and composition of white dust

The ECM produces flotation concentrate in the ore containing copper minerals, and the wastewater is collected into the tailings pond. This wastewater is drying up and spreading in the wind by the environmental climate, drying up over time (Fig. 8). Tailings pond has accounted for 1712.8 hectares of land. Sand, slimes and wastewater area are expanding at disposal every year. In 2017, there are 333.1 hectares of a wet part, 1345.7 hectares of dried part in tailings pond (Fig. 9).



Fig. 8. White dust externality (a) white dust accumulation in the tailings pond (b) white dust is spreading by the wind from the tailings pond

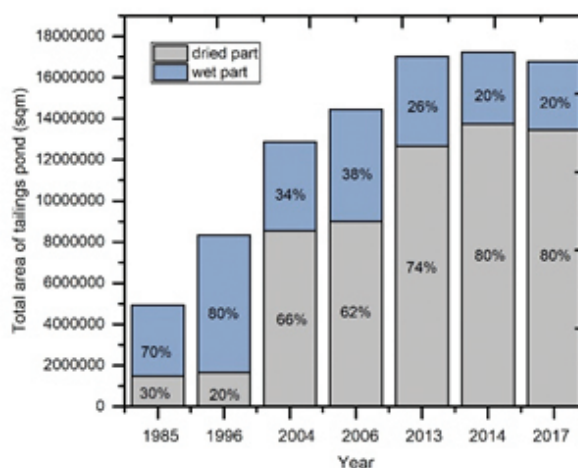


Fig. 9. Changing area of dry and wet parts of the tailings pond

According to the expansion of the tailings foundation, the tailings pond area covered 494 ha in 1985 and it has increased 1.7 times that 834 hectares in 1998, 1287 hectares in 2004, 1445 hectares in 2006, 1704 hectares in 2013, 1722 hectares in 2014 and 1713 in 2017, respectively. This result has shown that the tailings storage area is increasing year by year. From 2006 to 2017, the wet area of the tailings area is decreasing and the sand area has increased (Fig. 9). Changes in these areas form the basis for increasing dryness of white dust and expanding the distribution range.

White dust samples taken from tailings ponds were different in particle size. First sample of white dust were 75% of dust, 18% of clay and 7.4% of sand, and second sample were 43% of sand, 41% of dust and 17% of clay (Tab. 2). In laboratory testing and experiment, we named that first sample is dusty, second sample is sandy (Fig. 10).

Tab. 2. Particle size of white dust

Sample number	Particle size, %		
	Sand /2-0.05mm/	Dust /0.05-0.002mm/	Clay /<0.002mm/
Sample №1	7.4	74.6	18.0
Sample №2	42.5	41.0	16.5

**Fig. 10.** Different white dust sample (by particle size a) dusty sample and b) sandy sample)

3.1. Heavy metals study in the white dust

The samples were analyzed according to size distribution (fine < 45 μm and 45 ≤ coarse ≤ 125 μm). Concentration of 19 heavy metals (Cu, Pb, Zn, and Ni et al.) for both fine and coarse grain sizes were collected from the Erdenet mining tailing pond (Tab. 3).

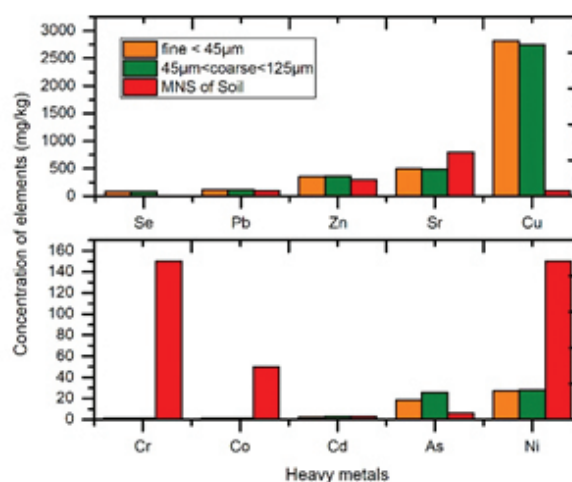
Tab. 3. The concentration of heavy metals in fine and coarse dust

№	Metals name	Concentration (mg/kg)	
		Fine	Coarse
1	Cr	1.2	1.1
2	Co	1.3	1.3
3	Cd	2.5	2.7
4	As	18.7	25.7
5	Ni	27.1	28.2
6	Se	88.4	89.0
7	Pb	119.7	118.0
8	Zn	353.3	363.7
9	Sr	498.6	490.4
10	Cu	2815.7	2746.0
11	V	0.5	0.5
12	Rb	5.8	5.2
13	Cs	1.5	1.5
14	Th	13.5	13.1
15	U	6.4	6.3
16	Ga	25.8	24.1
17	Tl	1.0	1.0
18	Bi	12.2	12.0
19	Ba	1375.6	1352.5

The concentration of copper (Cu) were the highest and the concentration of vanadium (V) was the lowest in fine and coarse dust in Tab. 3. That concentration of

copper (Cu) were the highest this result is due to the fact that such elements could be directly associated with emission from the mining activities.

We have selected the 10 heavy metals (Cu, Zn, Ni, Cd, and As et al.) that have in the Mongolian national standard (MNS) for soil from these 19 elements and compared these elements with Mongolian National Standard for soil. The concentration of Chromium (Cr), lead (Pb), Selenium (Se), Copper (Cu) in fine were higher than from concentration of coarse dust. Also the concentration of arsenic (As), lead (Pb), zinc (Zn), and copper (Cu) were the high-est from MNS for soil. Also copper was maximum and higher 27.46-28.15 times than MNS for soil. Chromium was the lowest (1.1-1.2mg/kg) from other elements (Fig. 11).

**Fig. 11.** Comparison of the concentration of heavy metals and with Mongolian National Standard of Soil

3.2. White dust experiment

May and October, white dust distribution was the highest (Lkhagvajargal et al., 2018), mass concentration of PM₁₀ were the highest in the Erdenet city. Thereby, it's possible that white dust was the source of PM₁₀. We tested the study of how to reduce white dust outbreak. The critical level of flaring speed for white dust is determined at the laboratory conditions (Fig. 12). There was no dusty and sandy samples in the air when the wind speed was between 1 m/s and 4 m/s. Then, to increase wind speed samples were breaking when about 4-5 m/s lost 23 g, about 5-6 m/s lost 30 g of sandy sample. For dusty samples, wind speed was about 4-5 m/s when white dust is a little breaking that lost 0.5 g, about 5-6 m/s lost 0.6 g. For both samples were outbreak to the around when wind speed was 4-5 m/s. Therefore, the critical level of flaring speed for white dust is 4-5 m/s. Sandy sample is more outbreak than dusty sample by the wind (Fig. 12).

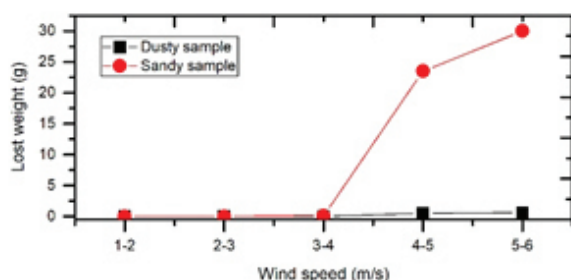


Fig. 12. Experiment of average value the critical level of flaring speed for white dust

The critical level of flaring speed is about 4-5 m/s. Based on on this critical level of flaring speed for white dust, we have calculated flaring white dust days from 2012 to 2015. On average 318 days in 2012, 324 days in 2013, 288 days in 2014 and 279 days in 2015 had flaring white dust. Between 2012 and 2015, on average 25 days per month had flaring white dust (Fig. 13).

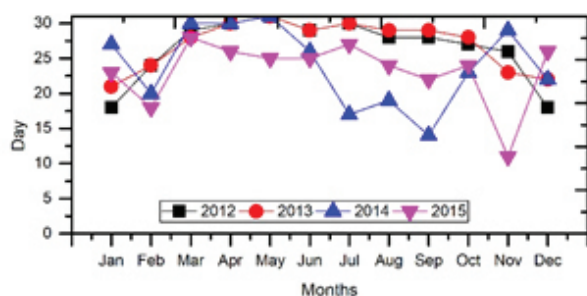


Fig. 13. Flaring white dust days

In April and October, the relative air humidity and precipitation were low, the average wind speed was high (Fig. 14). Therefore, these conditions have created better conditions for airborne white dust flaring.

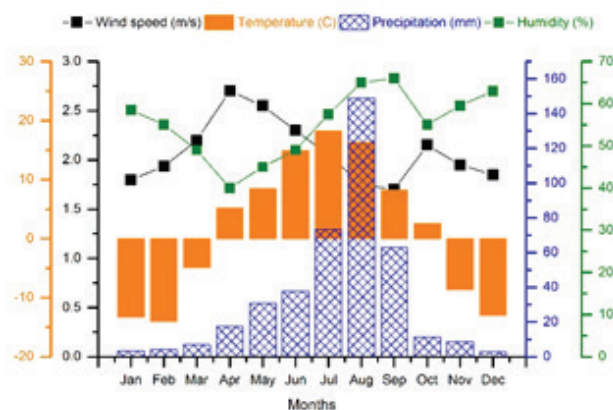


Fig. 14. Monthly average meteorological condition in Erdenet city

White Dust Program, Reduce Zeolite, Spray Cuts, Permanent Watercourses or Damps, Water Drainers/ Water Absorbers, Reduce Use of Waste Paper from Millennium, cover with Soil and Gravel, LENKO

NW-490 - artificial snow creation, water mist formation, spray engine oil on the surface, covering the surface of the dust with plastic material, recycling of waste (300 technology) side, some of the options were implemented in the tailings area, but were not successful. Due to the fact that we studied the world's most widely recognized copper and molybdenum mine tailings pond and studied the methods of solving the outbreaks of dry dust in the tailings pond. The following table summarizes the ways and means to minimize dust emissions from these works (Tab. 4).

Tab. 4. An international example of reducing the outbreak of tailings dust

№	Name of other mine and experi-ments	Cover with soil	Watering	Reforesta-tion	Polymer spraying	Planting plants
1	Rio Tinto's Kennecott Utah Copper, USA		+		+	+
2	Giant Mine, Canada		+			+
3	Highland Valley Copper Mine, Canada		+			+
4	Collahuasi copper mine, Chile		+			+
Total		0	4	0	1	4

From the international perspective used to reduce dust emissions, watering and planting is more used. It is possible to use the irrigation method to minimize the white dust emissions of the tailings foundation based on the international experience and previous findings of this study.

Therefore, the moisture content of white dust was determined at the laboratory condition and the had tested how may percent of humidity or moisture would reduce the flaring of white dust.

Result have shown that white dust is not flaring that mass concentration of $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ when dust moisture is from 6 to 17 percent. When moisture content was 5%, white dust was flaring that mass concentration was $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In order to reduce the moisture content to 4 percent, the concentration of white dust increased by 9.6 times and $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$. And white dust was measured with mass concentration of $2060 \mu\text{g}/\text{m}^3$ when no moisture in the white dust (Fig. 15).

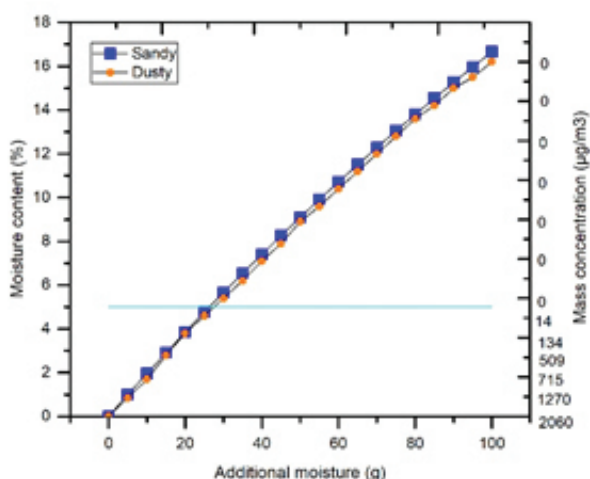


Fig. 15. The moisture content of white dust

The test result in the laboratory shown that 5 percent of moisture would reduce the flaring of white dust. Based on this result, the amount of water required for the irrigation was calculated. The area of the dried part is 1347.7 ha. The minimum moisture content of white dust is 5 percent and 23000 m³ water per day is required to calculate the amount of water required for the total area. The quantity of wastewater for the tailings pond is 25.5 million m³ and this water can be estimated at 1108 days or 3 years for watering. It is not necessary to conduct irrigation during the days with precipitation and winter season. According to the weather data, it is possible to watering the white dust for 6 years using the wastewater of the tailings pond.

4. Conclusions

Average monthly mass concentrations of PM₁₀ were 1.3-1.4 times higher than Mongolian AQS (MNS 4585:2016), 2.6-2.8 times higher than the WHO AQG in most months last three years in Erdenet city. In April and October, average daily mass concentration of PM₁₀ reached from 249 µg/m³ to 321 µg/m³ that it was 2.5-3.2 times higher than Mongolian AQS (MNS 4585:2016) and 5-6.4 times higher than the WHO AQG. Mass concentration of PM₁₀ was low when air humidity and precipitation was high.

The concentration of Chromium (Cr), Lead (Pb), Selenium (Se), Copper (Cu) in fine were higher for fine particles than coarse particles. Also the concentration of arsenic (As), lead (Pb), zinc (Zn), and copper (Cu) were higher than MNS of soil. The copper (Cu) was determined 2746 mg/kg in the coarse particles and 2815.7 mg/kg in the fine particles. It was 27.46-28.15 times higher than the Mongolian national standard of heavy metals for soil.

White dust had two types of particle size: sandy and dusty, sandy sample white dust is more likely to be windy. The critical level of flaring speed is about 4-5 m/s. Based on this critical level of flaring speed for white dust, on average 25 days per month had flaring white dust. The test result in the laboratory was shown that 5 percent and more of moisture would reduce the flaring of white dust. Due to the fact that it is possible to use wastewater reserve for watering to reduce white dust flaring.

Acknowledgements

The authors would like to thanks for Mr. S. Otgonbaatar, Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment in Erdenet city.

Author Contributions

L.B., and S.C. designed the fieldwork and analyses for PM₁₀. L.B., S.C., B.By and A.M. took samples and field measurements. B.By. performed ICPMS analysis. L.B., and B.Bo performed laboratory experiment and analysis. L.B. wrote the paper.

Funding

Financial support was provided by the Environmental Research Project (No. SSA_028/2016) from the Mongolian Foundation for Science and the Technology and Ministry of Education, Culture, Science and Sport of Mongolia.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References:

1. Voica, C. et al. (2012) Method validation for determination of met-als in soils by ICP-MS. Romanian Reports in Physics, 64, 221–231.
2. Ziadat, A.H. (2015) Bio-monitoring of heavy metals in the vicinity of copper mining site at Erdenet, Mongolia. J. Appl. Sci, 15, 1297–1304.
3. Badarch, N. (1971) Mongolian climate. Book section, Ulaanbaatar, Vol. 1.
4. Baljinnyam, N. et al. (2009) Heavy metals in the environmental objects of nonferrous industrial region of Mongolia, the town of Erdenet. The 2nd International Conference on X-Ray Analysis, pp. 185-193.
5. Bayalag, S. (2012) Survey on the environmental pollution of the “Erdenet Mining Corporation” LLC’s Industrial Zone. PhD Thesis.
6. Jambaaajamts, B. (2009) Mongolian climate. Book section, Ulaanbaatar.
7. Khukhuu, P. et al. (2008) Additional study of identify for white dust dispersion, transportation. Report of Study. Nemer Inter-national LLC, Ulaanbaatar, Mongolia.
8. Lkhagvajargal, B. et al. (2017) White dust simulation for tailings pond of erdenet copper mining using HYSPLIT. Proc. Mong. Acad. Sci. 57, 24–32.
9. Ministry of Environment and Tourism of Mongolia. (2015) Envi-ronmental Statistical Database.
10. Tsegmid, S. (1969) Physical geography of Mongolia. Book section, Ulaanbaatar.

Эрдэнэт хотын агаар дахь том ширхэглэгт тоосонцор (PM_{10}), цагаан тоосны агууламж, шинж чанар

Лхагважаргал Б.¹, Батдэлгэр Б.^{1,2}, Сономдагва Ч.^{1*},
Баярбат Б.¹, Ацуши Мацуки²

¹ Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль,
Хүрээлэн буй орчин, ойн инженерчлэлийн тэнхим

² Байгаль, хүрээлэн буй орчны технологийн сургууль, Каназава их сургууль, Каназава,
Ишикава 920-1192, Япон улс

*ch_sonomdagva@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.04.12, засварласан: 2018.07.06, зөвшөөрсөн: 2018.09.15

Хураангуй

Энэхүү судалгааны ажлаар Эрдэнэт хотын агаар дахь том ширхэглэгт (PM_{10}) тоосонцрын агууламж болон Уулын баяжуулах Эрдэнэт үйлдвэрийн хаягдлын сан дахь цагаан тоосны шинж чанар, найрлагыг тодорхойлохыг зорьсон. Энэхүү зорилгын хүрээнд цагаан тоос дэгдэх босго хурдыг тодорхойлж дэгдэлтийг сааруулах судалгааг хийлээ. Судалгаанд ашиглагдсан цаг уурын мэдээ, том ширхэглэгт (PM_{10}) тоосонцрын мэдээнд Эрдэнэт хотын УЦУОШГ болон агаарын чанарын автомат станцын мэдээг авч ашигласан. Том ширхэглэгт тоосонцрын (PM_{10}) агууламжийг агаарын чанарын стандарт MNS4585:2016 болон Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллагын зөвлөмжтэй харьцуулсан. Цагаан тоос дэгдэх босго хурдыг лабораторийн нөхцөлд тодорхойлж, цагаан тоос дэгдсэн нийт өдрүүдийн тоог тооцоолсон ба цагаан тоос дэгдэхгүй байх үеийн чийгийн агууламжийг тодорхойлов. Үр дүнгээс харахад Эрдэнэт хотод хавар, намрын улиралд том ширхэглэгт тоосонцрын агууламж өндөр байгаа бөгөөд энэ нь хавар, намрын улиралд хаягдлын сангаас дэгдэх цагаан тоосны дэгдэлтийн үетэй давхцаж буй нь эх үүсвэр нь цагаан тоос болохыг харуулж байна. Цагаан тоос механик бүрэлдэхүүний хувьд элсэрхэг болон тоосорхог гэсэн хоёр өөр хэв шинжтэй байгаа бөгөөд элсэрхэг цагаан тоос салхинд илүү дэгдэмтгий байна. Цагаан тоосон дахь хүнцэл, хар тугалга, цайр, зэсийн агууламж монгол улсын хөрсөнд агуулагдах хүнд металлын зөвшөөрөгдөх агууламжаас давсан байна. Цагаан тоос салхины хурд 4-5 м/с байхад агаарт дэгдэж байна. Дэгдэх хурдыг сааруулах туршилтын дүнгээр цагаан тоосыг 5 хувь болон түүнээс дээш хувийн чийгийн агууламжтай болгоход дэгдэлт нь саарч байна. Иймд цагаан тоосны дэгдэлтийг сааруулахад усалгааны арга ашиглах нь боломжтой болох нь харагдаж байна.

Түлхүүр үг: PM_{10} , цагаан тоос, шинж чанар, хүнд металл, хаягдлын сан

Голын эргийн зурвас газрын хамгааллын аргуудыг өртөг-өгөөжийн шинжилгээ ашиглах үнэлэх нь

Д.Баянжаргал^{1*}, М.Хулан¹, Д.Энхбилэг²

¹ Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль, Хэрэглээний математикийн тэнхим,

² Ерөнхий болон сорилын биологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи

*bayanjargal@seas.num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.03.29, засварласан: 2018.06.21, зөвшөөрсөн: 2018.09.20

Хураангуй

Номхон далайн ай савд хамаарах Онон, Улз, Халх голын сав газар усан сүлжээ сайтай, таг, тайга, ойт хээр, хээр талын ландшафтыг агуулдаг, Сибирь, Монгол, Манжуурын гаралтай амьтны зүйл харилцан нэвтрэлцсэн, Төв ази, Зүүн ази болон Өрнө Номхон далайн зэрэг дэлхийн нүүдлийн шувуудын томоохон 3 зам дайрч өнгөрдөг төдийгүй дэлхийн хамгаалах шаардлагатай экобүс болох Амар мөрний савд хамрагддагаараа монгол орны жигүүртний зүйлийн бүрдэл, олон янз байдал ялангуяа, ховордсон шувуудын амьдрах орчны хамгаалалд маш сонирхолтой нутаг юм.

Иймээс нүүдлийн шувуудын хувьд монголд төдийгүй дэлхийд нийтийн анхаарлын төвд байдаг тогорууны төрийн 4 зүйл (хархираа тогторуу *Grus grus*, цагаа тогторуу *G.leucogeranus*, цэн тогторуу *G.virio*, хар тогторуу *G.monacha*), 1 зүйл галуу (хошуу галуу *Anser cygnoides*) болон 1 зүйл тоодгийн (хонин тоодог *Otis tarda*) амьдрах орчныг шувуудад чухал нутаг, ус намгархаг газрын нэг Улз голын эргийн дагуух газрыг хамгаалснаар эдгээр 6 зүйл шувуу хавар ирж өндөглөн зусах таатай орчныг бий болгох боломжтой юм. Энэ нь шувуудыг цаашид тогтвортой байршуулж, тоо толгойг нэмэгдүүлэх томоохон арга хэмжээ болох төдийгүй түүнийг дагасан олон улсын судалгаа шинжилгээний төв бааз, байгаль-шувуу ажиглах, сонирхох фото сафари аялал жуулчлалыг хөгжүүлэхийн зэрэгцээ тодорхой газрыг малын хөлөөс чөлөөлснөөр талхигдсан хөрс, ургамлын зүйлийн бүрдэл, олон янз байдлыг сэргээх нөхцлийг бүрдүүлэх зэрэг ач холбогдолтой. Мөн усан болон хуурай газрын холбоос болсон голын эрэг, татмын нугын чухал экостемийг авран хамгаалах, тогтвортой амьжиргааг дэмжих олон талын эерэг үр дүн бий болох боломжит нутаг юм.

Голын эргийн татмын хамгааллыг хийхдээ боломжит 2 хувилбарыг дэвшүүлэн шаардагдах өртөг зардлууд болон ирээдүйд татмын хамгааллаас бий болох биологийн болон эдийн засгийн үр өгөөжийг өртөг-өгөөжийн шинжилгээ (СВА) ашиглан тооцоолсон болно. Хувилбар тус бүрээр хамгааллын арга хэмжээний ирээдүйн үр өгөөж нийт өртгөөс өндөр байгааг СВА –ний гол үзүүлэлтүүдээр илрүүллээ. Үнэлгээний үр дүнгээс хамгааллын 1-р хувилбар нь NPV өндөр тодорхойлогдсон ба өөрөөр хэлбэл хамгааллын бүс нутгийн дагууд мод, бутлаг ургамал тарьж ойн зурвас үүсгэж малын хөлөөс хамгаалах нь урт хугацаанд биологийн олон янз байдалд тогтвортой эерэгээр нөлөөлж экологийн үр өгөөжийг нэмэгдүүлэх боломж байгааг харууллаа.

Түлхүүр үг: уур амьсгалын өөрчлөлт, амьдрах орчин, өртөг-өгөөжийн шинжилгээ

1. Удиртгал

Байгаль Орчин, Ногоон Хөгжлийн Яамнаас хэрэгжүүлсэн “Экосистемд түшиглэсэн дасан зохицох арга хэмжээг уур амьсгалын өөрчлөлтөд өндөр эрсдэлтэй голуудын сав газарт хэрэгжүүлэх нь” төслийн хүрээнд монгол орны баруун болон зүүн бүсийн нутагт газар ашиглалт ба усан хангамжийн аюулгүй байдлыг сайжруулах,

экосистемийн үйлчилгээг хадгалахад дэмжлэг үзүүлэх зорилгоор энэхүү судалгааны ажлын зорилго оршино

Иймд зүүн бүс нутгийн төлөөлөл Дорнод аймгийн Дашбалбар сумын нутаг Улз голын сав газарт экосистемд түшиглэсэн дасан зохицох хувилбар жишиг аргыг үндэсний болон олон улсын сайн туршлага, энэ чиглэлээр хийгдсэн

судалгааны үр дүн, зөвлөмжид үндэслэн сонгож, тэдгээрийн өртөг-өгөөжийн шинжилгээ (СВА)-г хийж хамгийн сайн хувилбарыг санал болгох зорилтын хүрээнд ажиллав.

Энэхүү судалгааны ажил нь газарзүй, биологи, ус судлал, математик, эдийн засаг зэрэг олон өөр шинжлэх ухааны эрдэмтэн судлаачид хамтран ажиллаж, нэгдсэн үр дүн гаргаж авсан олон талын ач холбогдолтой, шинэлэг ажил болж чадлаа.

Тиймээс судалгааны ажил дараах үндсэн хэсгүүдээс бүрдэнэ. Үүнд:

- I. Судалгааны муж болох Улз голын сав газрын уур амьсгал ерөнхий төлөв болон биологийн олон янз байдлын судалгаа
- II. Судалгааны муж нутагт ирж зуншдаг шувуудын судалгаа болон хамгааллын бүс үүсгэх боломж, ач холбогдлыг MaxEnt загварчлалын тусламжтайгаар судлах
- III. Судалгааны мужийн нийгэм-эдийн засгийн судалгаа хийж, өмнөх судалгааны үр дүнгүүдэд үндэслэн хамгааллын хувилбаруудыг санал болгох, тэдгээрийн аль нь илүү үр ашигтай болохыг өртөг-өгөөжийн шинжилгээ(СВА) ашиглан үнэлэх зэрэг болно.

Улз голын сав газрын ерөнхий төлөв байдал

Улз гол нь Номхон далайн ай савд багтах бөгөөд Хэнтий аймгийн Норовлин сумын Их ба Бага бүрд хэмээх булгаас эх авч Хэнтий, Дорнод аймгийн нутгаар зүүн хойш улсын хил даван Тарь нуурын хотгорт орших Баруун Тарь нуурт цутгана. Зарим судалгааны эх сурвалжаас үзвэл Монгол орны нутаг дэвсгэрээр урсах Улз голын нийт уртыг 398 км эсвэл 409 км гэж хоёр өөрөөр тэмдэглэсэн байдагч 2013 онд судлаачид Улз голын уртыг улсын хил хүртэл 495 км болохыг байр зүйн зураг ашиглан тодорхойлж, голын сав газрын хилийг өндөр нарийвчлалтай өндөршлийн өгөгдөл ашигласнаар Улз голын ус хурах талбай 38345 км² болохыг тус тус тогтоосон байдаг.

Улз голын сав газарт Хэнтий аймгийн 4, Дорнод аймгийн 7 сумын нутаг дэвсгэр ямар нэг хэмжээгээр хамрагддаг бөгөөд засаг захиргааны хилээр тогтоосон талбайн 57.0 хувийг Улз голын сав газар эзэлнэ. Газарзүйн мужлалаар Дагуур-Монголын хээрийн их мужийн Улз голын сав газрын дэд мужид багтана. Энэ муж Монгол орны зүүн хойд хэсэгт Хэнтийн нурууны зүүн хэсгийн дэд мужаас Онон голын дэд мужийн зүүн өмнүүр баруун урдаас зүүн хойд руу чиглэлтэй оршино. Иймээс биологийн олон янз байдлаараа Улз, Онон нэгтгэж хамтад нь үзэхээс гадна мөн

Дорнод монголын нутагт ч хамруулан үзсэн байдаг нь(Цэвээнмядаг нар 2000; Дуламцэрэн 2001; Цэвээнмядаг 2001; Гомбобаатар 2002) ойр орчимдоо том жижиг орчны олон нуур, голууд нийлэн ус намгархаг газрыг бий болгосонтой холбоотой.

Улз голын сав газар Сибирийн их тайгын өмнөд хил, Дорнод монгол хээрийн экосистем хоорондын завсрын бүс (экотон) ойт хээр, хээрийн экосистем бүхий нутаг, Монгол орны хамгийн нам дор газрын хээр, ус намгархаг газар (Хөх нуур-560м) энд байдгаараа онцлог юм. Тодорхой нутгийн байгаль орчинд зохицож шүтэн амьдрах ургамал, амьтны зүйлүүдийн амьдрах орчныг тогтвортой оршин байхад ус хамгийн чухал нөлөө үзүүлж, хүчин зүйл болдог газар нутгийг ус, намгархаг газар гэнэ. Улз голын сав газарт Монгол Дагуурын дархан цаазат газар, Яхь нуур, Угтамын зэрэг нөөц газар зэрэг УТХГН-ууд байдаг. Тухайлбал, Монгол Дагуурын дархан цаазат газар: Хээр тал, амьтан, ургамал, нүүдлийн болон усны шувуудын таатай амьдрах орчин болсон ус намгархаг газар, нутгийг байгалийн төрхөөр нь хамгаалах, судалгаа шинжилгээ явуулах зорилгоор 1992 онд дархан цаазат газраар тогтоож, 1994 онд Монгол-Орос-Хятадын хамтарсан Дагуурын дархан цаазат газар болгон өргөжүүлжээ. 1997 онд зүүн хойд Азийн тогоруу хамгаалах олон улсын сүлжээний нутагт хамруулсан байна.

Улз гол нь эрэмбээр 5 дугаар зэргийн гол бөгөөд энэ голын сав газарт I эрэмбийн гол 498, II эрэмбийн гол 98, III эрэмбийн гол 21, IV дүгээр эрэмбийн гол 3 байна. Мөн олон жижиг нуурууд байдгаас шувуудад чухал газруудаас Улз гол ба Түргэн цагаан нуурууд (MN064), Угтам уул БНГ (MN65) болон Монгол дагуур (MN066) зэрэг (Нямбаяр нар 2009) газрууд энэ савд багтаж дэлхийн усны шувууд, ялангуяа монгол төдийгүй дэлхийд ховордсон тогоруу, галууны төрлийн шувуудын хамгаалалд чухал газруудын нэгд зүй ёсоор тооцогдож байна.

Уур амьсгалын ерөнхий төлөв

Улз голын сав газрын уур амьсгал нь уулархаг ойт хээрийн болон Дорнодын талын уудам хөндийн онцлогтой бөгөөд өвөл нь чийглэгдүү хүйтэн, зун нь голын эх хэсэгтээ сэрүүвтэр бусад тал хээрийн нутагтаа хуурайдуу дулаавтар, Хан Хэнтийн нурууны чийглэгдүү сэрүүн уур амьсгалаас хуурайдуу дулаан, хүйтэвтэр дэд мужид шилжих шилжилтийн шинжийг агуулсан байна. Энэ уудам нутагт жилийн дундаж агаарын температур -0.2...+1.5 градусын хооронд

хэлбэлзэнэ. Хамгийн хүйтэн сарын дундаж температур $-20...-22$ градус, өвөл хавар нь хахиршил их жиндүү, үнэмлэхүй хамгийн хүйтэн $-38...-40$ градус байна. Зуны хамгийн дулаан сард $+18...+20$ градус дулаан, үнэмлэхүй халуун $+38...+39$ градус байдаг. Жилдээ хур тунадас 270-350мм унадаг нь зүүн бүсийн уулархаг, тал хээр бүс нутгийн хувьд харьцангуй их хэмжээтэйд орно. Тогтвортой цасан бүрхүүл нилээд хожуу 11 сарын дунд үед тогтож, хавар нилээд эрт 3 сарын 20-ны үед ханзарч 120-150 хоногт хадаглагддаг. Хавар салхи, шуурга ихтэй хаврын сүүлрүү хуурайшилт эрс ихэсдэг. Намрын цаг агаар эхэндээ сэрүүн, сүүлрүүгээ хүйтэн салхилтай болдог.

Улз голын усны нөөц ба урсацын олон жилийн хувьсал өөрчлөлт: Олон жилийн ажиглалт, хэмжилтээр Улз гол 1970-80-иад онд бага устай, харин 1980-иад он сүүлч, 1990-иад оны дунд үе хүртэл элбэг устай жилүүд зонхилсон байжээ. Харин дэлхийн дулаарал, Монгол орны уур амьсгалын өөрчлөлт, гандуу жилүүдийн үргэлжлэлийн нөлөөгөөр 1990-иад оны сүүлчээс өнөөг хүртэл эрс татарч, ширгэж тасрах нь элбэг болсон байна.

Ургамлын зүйлүүдийн бүтэц, бүрэлдэхүүн: Улз голын савд 61 овог, 136 төрөл, 268 зүйл дээд ургамал бүртгэгдсэн байна. Улзын сав харьцангуй жигд, бичил амьдрах орчноор бусад уулархаг, ойт хээрийн бүсээс бага байдаг нь ч ургамлын олон янз байдалд ч нөлөөлнө.

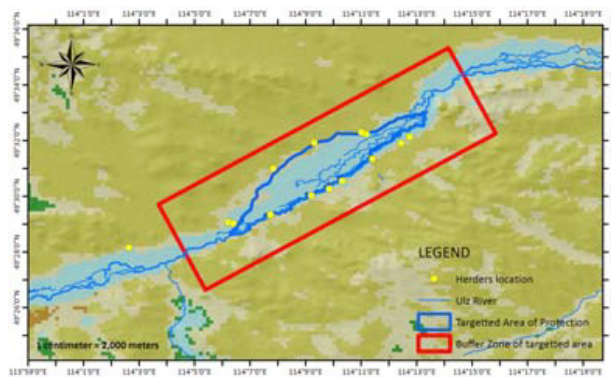
Судалгааны муж

Номхон далайн ай савд хамаарах Онон, Улз, Халх голын сав газар усан сүлжээ сайтай, таг, тайга, ойт хээр, хээр талын ландшафтыг агуулдаг, Сибирь, Монгол, Манжуурын гаралтай амьтны зүйлүүд харилцан нэвтрэлцсэн, дэлхийд ховордсон шувуудын зүйл олонтой зэргээрээ жигүүртний аймаг нь сонирхолтой. Шувуу судлаач А.Я.Тугаринов 1928 оны намар Буйр нуур, Халх голын район, Улз голын адагт ажиллаж 141 зүйл шувуу тэмдэглэн үнэтэй бүтээл үлдээжээ. Халх голын районд А.Я.Тугаринов 1928, А.Болд 1961,1962,1968, С.Цагаан 1965, 1968, 1969, Н.Хотолхүү 1965, О.Шагдарсүрэн 1968, Д.Эрэгдэндагва 1965-1967 оны судалгаа, А.Болд, Д.Эрэгдэндагва нарынхаар 260 орчим зүйл шувууг бүртгэснийг нэгтгэсэн энэ савын шувууны зүйлийн бүрэлдэхүүний тухай анхны томхон ажил болно.

Онон, Улз голын сав нутгийн ховор болон ус намгийн шувууны амьдрал, экологи, нүүдэл, тоо толгойн тухай бидний нийтлүүлсэн зарим

мэдээг эс тооцвол энэ сав нутгийн шувууны бүрэлдэхүүн, орших хэлбэрийг одоог хүртэл бүрэн нэгтгэн гаргаагүй байна. Харин хил залгаа ЗХУ-ын нутаг, тухайлбал Улз голын адаг Тарь нуурын жигүүртний талаар нилээд материал нийтлэгдсэнээс А.Н. Леонтьевын тус нуурт 216 зүйл шувуу бүртгэн 58 зүйл нь өндөглөдөг, 14 зүйл нь өвөлждөг тухай 1972 онд нийтлүүлсэн байдаг.

Иймээс жигүүртний аймгийн хувь монгол төдийгүй дэлхийд тогорууны чухал байршил нутгийг харгалзан үзээд манай орны хэмжээнд нэн ховор, ховордсон 4 зүйл тогторуу (хархираа тогторуу *Grus grus*, цагаа тогторуу *G.leucogeranus*, цэн тогторуу *G.vipio*, хар тогторуу *G.monacha*), 1 зүйл галуу (хошуу галуу *Anser cygnoides*) болон 1 зүйл тоодгийн (хонин тоодог *Otis tarda*) амьдрах орчныг Улз голын эргийн дагуу газрыг хамгаалахаар сонгож авсан болно. (Зураг.1)



Зураг.1. Улз голын дагуу хамгаалахаар сонгож авсан нутаг

Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоо

Судалгааны мужид байршлын голомт нутаг нь хамрагдсан зүйл шувуудын тухай доор товчхон авч үзье.

Хархираа тогоруу Монгол Улсын Улаан номонд (2013)ховор зүйл, CITES болон CMS-н II хавсралтад бүртгэгдсэн, ДБХХ-ны (IUCN) Улаан дансны шалгуураар бүс нутагт ховордож болзошгүй зүйл. Монголын дорнод бүс нутагт Онон голын ай сав, Хэрлэн, Улз, Халх, Нөмрөг голын хөндийгөөр зусна. Туул голын ай сав, Онон голын эх хэсэг, Улз голын хөндий дагуу зусдаг бол Халх голын хөндийд нүүдлийн дайрч өнгөрдөг. Хархираа тогторууны үүрлэх хамгийн тохиромжтой нутаг нь хүн амьтны нөлөөнөөс зайдуу хэсэг бусаг зэгс, бутлаг ургамал зонхилсон голын дэргэдэх ойн зах, нуруудын хөндий намаг газар. Энэ зүйл тогоруу Онон, Улз, Нөмрөг голын савд голын хөндий нууруудыг хотгорын зэгс шагшуурга, өлөн сорвоо өндөр ургасан чийглэг нуга, намгархаг хэсгээр байршихдаа намгархаг

хасгийн ургамлын иш, навч болон усны цох, хорхой, зөөлөн биетэн, монгол бах, түүний шанаганцар, харин намар таримал ургамал улаан буудай, арвайгаар хооллож сүйтгэдэг сөрөг дагавартай. Үржлийн үед тайван байдлыг алдагдуулах, үүрлэсэн газарт нь хавар, зун, намар хүн малын нягтшил гэнэт ихсэх явдал нь үүр, өндөг залуу шувууд ихээр өртөнө. Томоохон голууд эргээ даван үерлэхэд голын татам, намгийн ойр байх үүр өндөг усанд автдаг. (Хавсралт.1)

Цагаан тогоруу Монгол Улсын Улаан номонд (1987,1997, 2013)нэн ховор, ЗГ-н тогтоолоор (2001)нэн ховор, Азийн Улаан номонд (2001) орсон, CITES I хавсралт болон CMS-н I, II хавсралтад бүртгэгдсэн, ДБХХ-ны (IUCN) Улаан дансны шалгуураар бүс нутаг болон олон улсад устаж байгаа зүйл. Монголын дорнод нутагт нүүдлийн зусах ба дайрч өнгөрдөг маш ховор зүйл. Манай оронд Онон, Улз, Хэрлэн голын хөндий өндөр ургамлын бүлгэмэдлтэй хэсэг, тэрчлэн голын ойролцоох зэгс шагшуурагтай гүн устай намгархаг газарт байршина. Цагаан тогоруу манайд ховор үүрлэдэг нь үүрлэх, үржих тохиромжтой орчин бүрэлдээгүйтэй холбоотой бөгөөд Онон, Улз, Балж, нөмрөг зэрэг дорнодын томоохон голуудын хөндийд үргэлжилсэн задгай ус намаг ховор, үржлийн хугацаанд голууд ихээхэн үерлэдэг мөн хавар, намар, зун хүн малын нягтшил хөл ихсдэгтэй шууд холбоотой (Гомбобаатар 2002). Харин сүүлийн жилүүдэд Биндэрийн нуур түүний орчмоор зуны улиралд хэд хэдэн толгойгоор байнга тохиолддог болсны зэрэгцээ (Улаан ном 2014) өндөгтэй үүр олсон байдаг нь (Судалгааны тайлан, Биологийн хүрээлэн 2014) манайд үрждэг болохыг нотолсон байна. 1995 оноос агнахыг хуулиар хориглож, дархалсан. Нэн ховор зүйл, CITES-н I хавсралт, CMS-н I, II хавсралтанд, Монгол улсын Улаан номонд (1987; 1997) болон Азийн Улаан номонд (2001) тус тус бүртгэгджээ. (Хавсралт.2)

Цэн тогоруу Монгол Улсын Улаан номонд (2013)нэн ховор, CITES II хавсралт болон CMS-н II хавсралтад бүртгэгдсэн, ДБХХ-ны (IUCN) Улаан дансны шалгуураар бүс нутаг болон олон улсад эмзэг зүйл.монголын дорнод хэсэгт өндөглөдөг, нүүдлийн ховор монотип зүйл. Манай орны цэн тогорууны ихэнх нь Онон, Улз, Хэрлэн, Халх, Нөмрөг, Балж голын савд өндөглөн зусдаг. Ялангуяа Улз гол цэн тогорууны нягтшил ихтэй. Томоохон голуудын өндөр өвс ургамалтай, мод, бут сөөг багатай татмын нуга, зэгс ихтэй жижиг нуур, тойрмоор байрших бөгөөд ялангуяа Улз голын адаг руу ойртох тусам зэгс шагшуурга их болж өвсний

бүлгэмдэл өндөрсөх нь амьдрах таатай орчинг бүрдүүлдэг. Ихэвчлэн ургамлын гаралтай тэжээл хэрэглэх боловч сээр нуруугүйтэн, хоёр нутагтан зэрэг амьтны гаралтай идэш тэжээлд оролцоно. Үүрлэх газарт намаг хатаж, газар хагалан таримал ургамал тариалах, хулгайгаар агнадгаас байгаль дээр дээр тоо толгой хомсдох шалтгаан болжээ. (Хавсралт.3)

Хар тогоруу Монгол Улсын Улаан номонд (1987,1997, 2013) нэн ховор, ЗГ-н тогтоолоор (2001)нэн ховор, Азийн Улаан номонд (2001) орсон, CITES I хавсралт болон CMS-н I хавсралтад бүртгэгдсэн, ДБХХ-ны (IUCN) Улаан дансны шалгуураар бүс нутаг болон олон улсад эмзэг зүйл.монгол орны дорнод бүс нутагт нүүдлийн ховор тохиолдох зүйл. Монгол орны дорнод хэсэгт Улз голын сав, Тарь, Дөрөө нуур, Дагуурын тал, хэнтий аймгийн Норовлин сум Ар хонхорын нуут зэрэгт гүүдлийн болон зусах үедээ тааралдана. Голын хөндийн өндөр өвс ургамал бүхий намгархаг хэсгээр нэлээд тохиолдохоос гадна тариан талбайд сүрэглэн бууж идэшлэнэ. Үүрлэх үедээ ихэвчлэн жимс, өлөнгийн үр цэцэг, хөвөн оройтын ургаль хэсгээр хооллоно. Зөөлөн биетэн, шавж зэрэг амьтны гаралтай тэжээл орролцоно. Идээшилж буй газарт нь хоёрнутагтан, ус орчмын шавж тэдгээрийн авгалдай зэрэг амьтны гаралтай тэжээл элбэг тохиолддог. (Хавсралт.4)

Хонин тоодог Монгол Улсын Улаан номонд (1987,1997, 2013)нэн ховор, ЗГ-н тогтоолоор (2001) ховор, Азийн Улаан номонд (2001) орсон, CITES I хавсралт болон CMS-н II хавсралтад бүртгэгдсэн, ДБХХ-ны (IUCN) Улаан дансны шалгуураар бүс нутаг болон олон улсад эмзэг зүйл.монгол оронд өндөглөн зусдаг, зарим өнтэй жил хааяа өвөлждөг. Хөрш улсууд болон Монгол улсын хэмжээнд тоо толгой цөөрч, тархац нутаг нь багассан ховор зүйл. Тархац нутгийн хувьд манайд жигд бус алаг цоог байршилтай бөгөөд тархсан байдлыг газарзүйн байдлаар нь 11 хэсэгт хуваан үзсэнээс харахад энэ зүйл шувуу Халх, Нөмрөг голын сав, Улз голын сав, Мэнэн-Дарьгангын тал, Орхон, Туул, Хар бух, Заамарын хөндий болон Онон голын савд илүү нягтшилтай тааралддаг байна. Хонин тоодог тэгш гүвээ толгод бүхий хялганат хээр тал, голын хөндий, нуга, заримдаа төгөл бүхий ойт хээрт зонхилох ба хавар, намрын улиралд голдуу тариан талбайд байршина. Хонин тоодог үржлийнхээ үед нуур, голын хөндий зэрэг устай орчинг илүү шүтэж байршина. Идэш тэжээлд шавж, ургамал болон заримдаа хулгана, ангаахай, гүрвэл, мэлхий г.м жижиг сээр нуруутан оролцоно. Хонин тоодгийн тоо толгой ховордож

буй үндсэн шалтгаан нь түүний байршил нутагт мал бэлчээрлүүлэх, хадлан авах, газар тариалан эрхлэх, химийн бодис хэрэглэснээс идэш тэжээл хомсдох, хээрийн түймэрт өртөх, зуд, үерт нэрвэгдэх, хулгайгаар агнуулах зэрэг байгаль, хүний нөлөөнүүд багтана. Дорнод монголд тоо толгойд нөлөөлж буй гол хүчин зүйл нь хээрийн түймэр юм. (Хавсралт.5)

Хошуу галуу Монгол Улсын Улаан номонд (1987,1997)нэн ховор, ЗГ-н тогтоолоор (2001) ховор, Азийн Улаан номонд (2001) орсон, CMS-н I, II хавсралтад бүртгэгдсэн, ДБХХ-ны (IUCN) Улаан дансны шалгуураар бүс нутагт устаж болзошгүй, олон улсад эмзэг байгаа зүйл.Өндөглөн зусдаг нүүдлийн ховор зүйл. Өнөөгийн байдлаар монгол орны баруун хагаст тархац нутагтаа тоо толгой элбэг биш бол зүүн хагастаа харьцангуй түгээмэл тохиолддог зүйл шувуу юм. Хошуу галуу зэгс, өндөр өтгөн шигүү ургамалтай нуур, голын хөвөө, намаг газраар голдуу байршина. Үржил нь томоохон гол, нуурын хөвөө, арал тохой бүхий газарт ториолдож хуурай дов, сондуул, бургас, зэгсэн дотор хүн мал хүрэх боломжгүй орчинд үүр засна. Дэлхий дээр 50 000 орчим толгой байдгаас түүний 70% монгол улсад бий гэдэг. (Хавсралт.6)

2. Арга зүй

2.1. Амьдрах орчны MaxEnt загварчлал

Манай орны Улзын савд нүүдэллэн ирж зусдаг, монгол орны ховордсон 6 зүйл шувууны зүйлүүдийг сонгон авч амьдрах орчны одоогийн болон ирээдүйн өөрчлөлтийн төлөв байдлыг **1. Тархац нутаг (habitat) 2. Геломт нутаг (core)** гэсэн 2 байдлаар тархцыг зурагласан болно. Үүнд манай орны хэмжээнд өмнө нь ашиглаж байгаагүй зэрлэг амьтны ирээдүйн тархацын өөрчлөлтийг тоймлон зураглах, уур амьсгалын мэдээнд үндэслэн загварчлах зорилготой MaxEnt (Maximum entropy modeling of species geographic distribution) загварыг (Corsi ба бусад., 1999; Peterson, Shaw, 2003; Peterson ба бусад., 1999; Scott ба бусад., 2002;) ашиглан 6 зүйл шувуудын тархацын өөрчлөлтийг загварчлав. (Хавсралт.1-6)

“MaxEnt” загвар аливаа зүйлүүдийн хамгааллын төлөвлөлт, экологи, эволюци, өвчний тархалт, харь зүйлийн менежмент болон хүрээлэн буй орчны бусад салбарт мэдэгдэж буй талбайд тухайн амьтны байгаа эсэх бодит мэдээлэлд тулуурлан тэдгээрийн газар зүйн тархалтыг уур амьсгалын мэдээнд үндэслэн тоймлон тооцдог.

Амьтны зүйлүүдийн одоогийн тархацыг 1960-2000 оны уур амьсгалын БИО-19 (Bio 19) буюу хур тунадас (prec), максимум температур (Tmax)

болон минимум температур (Tmin) мэдээнүүдэд үндэслэн боловсруулагдсан 19 хувьсагч бүхий үзүүлэлттэй 1 километрын нарийвчлалтай мэдээг *Global Climate Data* www.worldclim.org сангаас авч ашиглав.

Мэдээллийг боловсруулахад газрын зургийн *Arc-GIS 9.3, Arc-GIS 10.3* болон статистик боловсруулалтын *Minitab® 17.1.1, Statistica 7.0* программуудыг ашиглав. Иймээс өгүүлэлд тухайн дээр дурдсан уур амьсгалын 5 загвар тутамд 2050 болон 2070 онд тус бүр *RCP6.0* болон *RCP8.5* хувилбараар тухайн зүйл амьтны амьдрах орны өөрчлөлтийг тооцсон болно.

Уур амьсгалын суурь мэдээнээс гадна амьтдын тархац байршилд нөлөөлөх хүрээлэн буй орчны гол хүчин зүйлүүд болох Монгол орны экосистемийн мужлал, экологийн мужлал, хөрс, ургамлын мужлал, ургамалжилт, тэжээлийн ургамал, бэлчээр хадлан, ландшафтын ангилал, ландшафт, гадаргын налуу, зүг чиглэл, байгалийн бүс бүслүүр болон хиймэл дагуулын 2000 ба 2010 оны зургийг авч ашиглав. Мөн өндөршлийн (д.т.д) 1 км-н нарийвчлал бүхий зургийг суурь болгосон.

Зүйл амьтдын одоогийн (суурь2000 он гэж нэрлэв) оны тархац байршлын төлөвийг MaxEnt загвараар боловсруулсны үндсэн дээр дээр дурьдсан био 19 хувьсагч болон бусад суурь давхарга буюу шүүлтүүрүүдийн аль нь тухайн зүйл амьтдын байршил нутгийг тоймлон таамаглахад илүү нөлөөлж, хувь нэмэр оруулж байгаа эсэхийг Jackknife test дагуу тодруулсан.

Биоклим (BioClim) буюу уур амьсгалын хувьсагч хэмжигдэхүүнийг боловсруулахад зориулан сарын дундаж температур болон хур тунадасын хэмжээнээс үүсгэдэг бөгөөд эдгээр нь экологийн нишийн загварт (BIOCLIM, GARP зэрэг) байнга ашиглагддаг байна. Биоклимийн хувьсагчууд нь жилийн (жилийн хур тунадас ба температур), улирлын (хур тунадас ба температурын жилийн хэлбэлзэл) болон хүрээлэн буй орчны туйлын болон хязгаарлагч хүчин зүйлүүдийн (халуун болон хүйтэн сарын температур ба чийглэг болон хуурай сарын хур тунадас) өөрчлөлтүүдийг илэрхийлдэг. Нэг улирал гэдэгт гурван сарыг (жилийн сар) багтаан үзнэ.

Тэдгээр хувьсагчуудыг дараах байдлаар кодлон үзүүлсэн:

- Bio 1 Жилийн температурын дундаж
- Bio 2 Хоногийн дундажийн хязгаар (сарын дундажийн ((макс, минимум температур))
- Bio 3 Изотерм (BIO2/BIO7) (* 100)
- Bio 4 Улирлын температур (стандарт хазайлт

*100)

- Bio 5 Дулаан улирлын максимум температур
- Bio 6 Хүйтэн сарын минимум температур
- Bio 7 Жилийн температурын хэлбэлзэл/хязгаар (BIO5-BIO6)
- Bio 8 Чийглэг улирлын температурын дундаж
- Bio 9 Хуурай улирлын температурын дундаж
- Bio 10 Дулаан улирлын температурын дундаж
- Bio 11 Хүйтэн улирлын температурын дундаж
- Bio 12 Жилийн хур тунадас
- Bio 13 Чийглэг сарын хур тунадас
- Bio 14 Хуурай сарын хур тунадас
- Bio 15 Улирлын хур тунадас (Хэлбэлзлийн коэффициент/итгэлцүүр)
- Bio 16 Чийглэг улирлын хур тунадас
- Bio 17 Хуурай улирлын хур тунадас
- Bio 18 Дулаан улирлын хур тунадас
- Bio 19 Хүйтэн улирлын хур тунадас

Энэхүү схем нь ANUCLIM дагуу хийгдсэн бөгөөд нь -1 ба +1 температурын хооронд ямар нэг итгэлцүүрийн коэффициент байхгүй учир улирлын температурын стандарт хазайлтыг үл оролцуулсан болно.

2.2. Өртөг-өгөөжийн шинжилгээний үндсэн ойлголт

Экосистемд түшиглэсэн дасан зохицох арга хэмжээг үнэлэхдээ олон улсын түвшинд дараах арга хэрэгслүүдийг түгээмэл ашиглаж байна. Үүнд:

1. Өртөг-үр өгөөжийн шинжилгээ (Cost Benefit Analysis, CBA)
2. Өртөг - үр ашгийн шинжилгээ (Cost-Effectiveness Analysis, CEA)
3. Олон шинжүүрт шинжилгээ (Multi-Criteria Analysis, MCA)

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд өртөг-өгөөжийн шинжилгээ/СВА/-ний тусламжтай хамгааллын бүс бий болгох арга хэмжээг үнэлнэ. Өртөг-өгөөжийн шинжилгээ /СВА/ нь тодорхой төсөл хөтөлбөр, арга хэмжээний урт хугацааны өртөг ба өгөөжийг тооцох, олон хувилбарт арга хэмжээнүүдээс хамгийн өндөр өгөөжтэй хувилбарыг сонгон авч хэрэгжүүлэх болон шийдвэр гаргах үйл явцыг дэмжих тоон судалгааны арга хэрэгсэл юм. (Policy, 2008)

СВА нь бүх өртөг зардал, үр өгөөжийг мөнгөн дүнгээр илэрхийлэн тооцож, хүлээгдэж байгаа өртөг болон үр өгөөжийг харьцуулан шийдвэр гаргагчдад боломжит мэдээллийг өгдөг.

Дасан зохицох арга хэмжээний зардалд тухайн арга хэмжээг төлөвлөх, түүнд бэлтгэх, дэмжих болон хэрэгжүүлэх зардлууд болон шилжилтийн зардал багтдаг, үр өгөөж гэдэгт тухайн арга хэмжээг авч хэрэгжүүлснээр хүртэх үр өгөөжийг эсвэл уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллөөс зайлсхийсэн хохирлын зардлыг оруулна.

Бодит байдалд, эдийн засаг, нийгэм болон байгаль орчны зардал, өгөөжийг мөнгөн дүнгээр илэрхийлэхийн тулд үнэлгээний төрөл бүрийн аргачлалыг хэрэглэх зайлшгүй шаардлага гардаг ба энэ нь зах зээлийн шууд бус үнээр, зах зээлийн бодит үнийг бодит өртгөөс ялган харуулах зорилготой юм.

Тухайн арга хэмжээний талаар шийдвэр гаргагч нь тухайн хэрэгжүүлэх арга хэмжээнүүдийн аль нь урт хугацаанд үр ашигтай байхыг сонгохдоо дараах 3 үзүүлэлтийг үнэлж, ашигладаг. (Hoi Wen AU YONG, 2011) Үүнд:

1. Цэвэр өнөөгийн үнэ цэнэ (the net present value (NPV)) буюу өгөөжийн өнөөгийн үнэ цэнэ ба өртгийн өнөөгийн үнэ цэнийн ялгавар юм.

$$NPV = PV(B) - PV(C) \quad (1)$$

Энд B - өгөөж, C - өртөг, $PV(B)$ -өгөөжийн өнөөгийн үнэ цэнэ, $PV(C)$ - өртгийн өнөөгийн үнэ цэнэ. Өртөг болон өгөөжийн өнөөгийн үнэ цэнийг тооцохдоо дискаунтын коэффициент ашиглан бууруулан тооцох бөгөөд цэвэр өнөөгийн үнэ цэнэ дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ. Үүнд:

$$NPV = \sum_{t=0}^n atB_t - \sum_{t=0}^n a_t C_t = \frac{B_0}{(1+i)^0} + \frac{B_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{B_n}{(1+i)^n} - \frac{-C_0}{(1+i)^0} - \frac{C_1}{(1+i)^1} - \dots - \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

- Энд, $a_t = (1+i)^{-t}$ - дискаунтын коэффициент, t -хугацаа, i -дискаунтын хувь бөгөөд a^t нь хугацаан дах утгын өнөөгийн үнэ цэнийг олоход ашигладаг.
- B_t - нь харгалзан t хугацаан дах өгөөж болон өртөг юм.
- NPV нь тэгээс их бол тухайн хувилбарыг хэрэгжүүлэх боломжтой гэж үзнэ. Харин 2 ба хэдэн хувилбарыг харьцуулахдаа аль их NPV тооцоологдсон хувилбар сонгогдох боломж өндөр буюу $NPV(A) > NPV(B)$ үед A хувилбарыг хэрэгтэй гэж үздэг.

2. Өгөөж-өртгийн харьцаа (the benefit-cost ratio (BCR)) буюу өгөөжийн өнөөгийн үнэ цэнэ ба өртгийн өнөөгийн үнэ цэнийн харьцаа. Өртөг болон өгөөжийг сонгож авсан дискаунтын хувиар бууруулан тооцно.

$$BCR = PV(B)/PV(C) \quad (2)$$

Өгөөж-өртгийн харьцаа нь тухайн төслийн мөнгөний нийт үнэ цэнийг харуулна. Хэрвээ уг харьцаа 1-ээс их бол хувилбарыг хэрэгжүүлнэ. Мөн аль их BCR үнэлгээтэй хувилбар сонгогдох боломжтой байна.

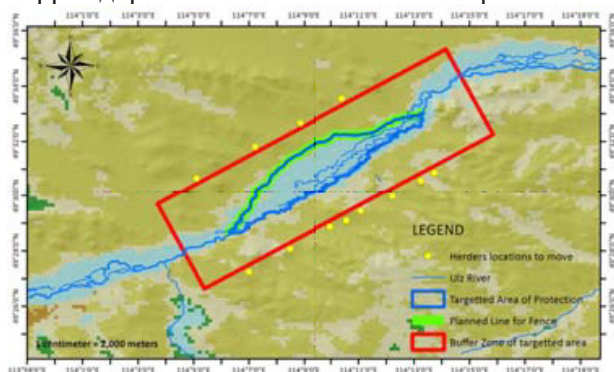
3. Өгөөжийн дотоод хувь (internal rate of return (IRR)) буюу NPV нь тэгтэй тэнцүү байх дикаунтын хувь. Өөрөөр хэлбэл

$$NPV=0 \quad (3)$$

Тухайн хувилбарын хувьд IRR өндөр байх тусам уг хувилбарын сонгогдох боломж ихэснэ.

3. Үр дүн

Хамгаалалтын арга хэмжээг төлөвлөсөн газрын нийт талбай 1700 га, нийт урт нь (периметр) 29.6 км болно. Төлөвлөж буй газрын гадуур тэгш өнцөгт бүхий орчмын бүсийг тогтоосон бөгөөд энэ хамгааллын шаталбар арга хэмжээний нэг арга бөгөөд сонгосон газарт байгаа малчдын зуслан, өвөлжөө, хаваржаа, намаржааг энэ талбайн дотроос хамгаалалтын бүсийн гадагшаа шилжүүлэн гаргана гэж тооцож байна. (Зураг.2) Зураг.2 Улз голын дагуу хамгаалахаар сонгож авсан зурвас нутаг болон орчмын бүс ба малчдын өвөлжөө, хаваржаа, зусланг нүүлгэх санал Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоо Зураг.3-оос харахад 1-р хувилбарын цэвэр үр өгөөж урт хугацаандаа илүү өндөр өсөлттэй байх төлөвтэй гарсан.



Зураг. 2. Улз голын дагуу хамгаалахаар сонгож авсан зурвас нутаг болон орчмын бүс ба малчдын өвөлжөө, хаваржаа, зусланг нүүлгэх санал

Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоо

Сонгосон газарт Улз голын хойд талаар голдрил гаргах нийт урт 14 км бөгөөд энэ дагууд хашаа барьж, сөөг бут тарьж мал амьтан орохоос сэргийлэхээс гадна тухайн эрэг дотор шувууд тайван үүрлэж, зусах нөхцлийг бүрдүүлэх үндсэн зорилго агуулж байна.

Улз гол-Улаан эрэг дагуух ус намгархаг 17000 га нутаг бүрэн хамгаалагдсанаар манай орны хэмжээнд шувууд хавар нүүдэллэн ирж тайван өндөглөн зусаж, цаашид тогтвортой байршиж тухайн татмын нугын экосистемийг хэвийн

болгосноор үндэсий болон гадаадын аялал жуулчлалыг хөгжүүлж, голын эргийг хүн, малын хөлөөс чөлөөлж буй анхны дорвитой жишиг, ажлын нэг болно. Хамгааллын ийм арга хэмжээ хэрэгжүүлснээр гарах ач холбогдол, үр өгөөж нь биологийн олон янз байдлын хамгаалал болон малчид, иргэдийн тогтвортой амьдрах нөхцлийг дам ба шууд сайжруулах тул тодорхой хугацаанд илэрч гарна.

Судалгааны жишиг арга хэмжээг хэрэгжүүлэх малчдын бүлэгт 8 өрх айл хамрагдсан бөгөөд хүн амын тоо нь 33, мөн 2800 орчим мал сүрэг бэлчээрлэж байна.

Нэн ховор болон ховор шувуудын амьдрах орчныг Улз голын эргийн зурвасаар хамгаалах үйл ажиллагааны өртөг – үр өгөөжийн шинжилгээг дараах 2 хувилбараар авав.

1-р хувилбар:

1-р хувилбарын хүрээнд хэрэгжүүлэх арга хэмжээ дараах үндсэн 6 үйл ажиллагаануудаас бүрдэнэ. Үүнд:

- I. Голын эргийн дагууд сонгосон газрын орчимд нутаглаж буй малчдын зуслан, намаржаа, өвөлжөө, хаваржааг тайлбарлан, таниулж зөвшилцсөний үндсэн дээр нүүлгэж хамгаалах бүсээс орчмын бүс нутагт шилжүүлэн, нүүлгэх
- II. Улз голын хойт эргийн дагууд 14 км зурвас дагууд малчин өрхүүдийн усны хэрэгцээнд зориулан голын хуучин голдрилыг сэргээн өөрчлөх ба бий болгосон голын гольдирлын дагуу 14 км-т дараах арга хэмжээг хэрэгжүүлэн хамгаална:
- III. Тухайн хамгаалсан нутагт мал, амьтны хөлөөс хязгаарлах зорилгоор нутгийн “буриад хашаа” барих
- IV. Сөөглөг ургамлуудыг хамгаалах бүс нутгийн дагууд тарьж, давхар ойн зурвас үүсгэн хамгаалах
- V. Голын эргийн дагууд хамгаалж буй газрыг харж, хамгаалах арчлах зорилго бүхий малчин өрхийг цалинжуулж ажиллуулах ба тодорхой дэмжлэгээр орлого олох зорилгоор зурвас газрын 5 га талбайд чацарганы бут суулгаж, арчлан тариалуулах.
- VI. Үндэсний болон гадаадын шувуу сонирхогчид, фото аялагчдад зориулсан орон нутагт тохирсон дэлхийн жишиг энгийн үйлчилгээ зохион байгуулах боломжтой гэж үзэв.

2-р хувилбар:

Энэ хувилбарт өмнөх 1-р хувилбарт авч үзсэн сөөглөг ойн зурвас үүсгэх үйл ажиллагаанаас бусад санал болгож байгаа үйл ажиллагаануудыг хэрэгжүүлэхэд ирээдүйн өртөг-үр өгөөж хэрхэн өөрчлөгдөх вэ гэдгийг тооцоолох юм. Учир нь сөөглөг ойн зурвас үүсгэх үйл ажиллагаа харьцангуй урт хугацааны арчилгаа шаардана гэж үзэн 2-р хувилбарын хүрээнд 5 үндсэн үйл ажиллагааг санал болгож байна. Үүнд:

- I. Голын эргийн дагууд сонгосон газрын орчимд нутаглаж буй малчдын зуслан, намаржаа, өвөлжөө, хаваржааг тайлбарлан, таниулж зөвшөлсөний үндсэн дээр нүүлгэж хамгаалах бүсээс орчмын бүс нутагт шилжүүлэн, нүүлгэх
- II. Улз голын хойт эргийн дагууд 14 км зурвас дагууд малчин өрхүүдийн усны хэрэгцээнд зориулан голын хуучин голдрилыг сэргээн өөрчлөх ба бий болгосон голын гольдирлын дагуу 14 км-т дараах арга хэмжээг хэрэгжүүлэн хамгаална:
- III. Тухайн хамгаалсан нутагт мал, амьтны хөлөөс хязгаарлах зорилгоор нутгийн “буриад хашаа” барих
- IV. Голын эргийн дагууд хамгаалж буй газрыг харж, хамгаалах арчлах зорилго бүхий малчин өрхийг цалинжуулж ажиллуулах ба тодорхой дэмжлэгээр орлого олох зорилгоор зурвас газрын 5 га талбайд чацарганы бут суулгаж, арчлан тариалуулах.
- V. Үндэсний болон гадаадын шувуу сонирхогчид, фото аялагчдад зориулсан орон нутагт тохирсон дэлхийн жишиг энгийн үйлчилгээ зохион байгуулах зэрэг болно.

Дээрх 2 хувилбарын хувьд голын эргийн зурвас газрыг хамгааллын өртөг-үр өгөөжийн шинжилгээг хийхэд зардал болон өгөөжүүдийн хэлбэр болон тоо хэмжээ, тухайн үеийн зах зээлийн үнэ ханш, инфляцийн түвшин, дискаунтын түвшин зэрэг мэдээ, өгөгдлүүдийг авч үзнэ.

Зардлын тооцоо

Голын эргийн хамгааллын нийт зардлыг тооцохдоо эргийн хамгааллын өмнө үзсэн боломжит 2 хувилбар тус бүрд гарах нийт зардлуудыг дараах хэсгүүдэд ангилан тооцов.

- Хөрөнгө оруулалтын зардал: Эргийн зурвас газар хамгаалахад шаардагдах бүхий л эд материалуудын зардлыг авч үзэх ба тухайн оны зах зээлийн ханшаар зардлыг тооцно.
- Тогтмол зардал: Үндсэн хөрөнгийн элэгдлийн зардлыг тооцсон.

- Үйл ажиллагааны зардал: Энэ хэсэгт эрэг хамгаалах үйл ажиллагаанд тогтмол гарах бүхий л зардлуудыг хамааруулна. Тухайлбал: хөдөлмөрийн зардал, бензин шатахууны зардал гэх мэт
- Байгаль орчны зардал: Энэхүү үйл ажиллагааг хэрэгжүүлсээр тухайн газарт бий болох байгаль орчны шууд доройтол зэргийг тооцох буюу тухайлбал, бутлаг ургамал зэргийг арчлах услахад гарах усны зардал гэх мэт зардлууд орно.

Үр өгөөж

Голын эргийн нуралтыг зогсоож хамгаалснаар бий болох үр өгөөжийг дараах үзүүлэлтүүдээр тооцов.

- Эдийн засгийн үр өгөөж: Энд тухайн арга хэмжээг хэрэгжүүлснээр эдийн засгийн хувьд ямар үр өгөөжтэй байх вэ? гэдгийг тусгана. Голын эргийн зурвас газрын хамгаалал нь байгаль орчныг сайжруулах, тухайлбал голын эрэг, татмын нугын экосистемийг хамгаалах зорилготой ажил бөгөөд шууд эдийн засгийн өндөр орлого ашиг тооцохоос илүүтэй зурвас газрыг хамгаалснаар даган бий болох эдийн засгийн үйл ажиллагааны орлогыг авч үзнэ. Тухайлбал, тэнд зусах нүүдлийн ховордсон шувуудын амьдрах таатай орчин бүрдүүлснээр шувуу судлаач эрдэмтэд, сонирхогч дотоод гадаадын жуулчдыг татах боломжийг бий болгосноор олох ирээдүйн боломжит орлого, малчин өрхийн орлогыг дэмжихээр тарьж ургуулсан чацарганы модны үр жимснээс олох орлого зэргийг тооцов.
- Нийгмийн үр өгөөж: Энэ хэсэг тухайн арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэхэд оролцох ажиллах хүчний нийгмийн даатгалын шимтгэл, ХАОАТ-ыг тооцож оруулсан. Мөн хамгаалах үйл ажиллагааг эхэлснээс дуусах хүртэл тухайн нутгийн иргэд, малчдад хүрээлэн буй орчныг хамгаалснаар тогтвортой амьдрах боломжуудыг бий болгох талаар шинжлэх ухааны үндэслэлтэй ойлголт, ухамсар сайжирснаар өөр бусад газруудад түгээн дэлгэрүүлнэ.
- Байгаль орчны үр өгөөж: Энэ хэсэгт тухайн үйл ажиллагааг авч хэрэгжүүлснээр зүйл шувуудын тоо толгой хэрхэн нэмэгдэх, чацарганы суулгацаас олох орлого болон ойн зурвасын байгаль орчны үр өгөөжийг мөнгөн дүнгээр тооцна.

Бусад байгаль орчны өгөөжүүд болох малын хөлд талхигдаж ургамлын зүйлийн болон шимт

чанар сайжрах, бус бусад зүйлийн шувууд олширч, хөхтөн, шавьжийн (ялангуяа, балт зөгий) зүйлийн бүрдэл нэмэгдсэнээр эндээс голын сав дагуу тархах биологийн олон янз байдлын цөм нутаг болж цаашдын дам өгөөжтэй өгөх зэрэг үйл явцыг хоёрдогч үр өгөөжөөр тооцно.

Өөрөөр хэлбэл, аливаа үйл ажиллагааны Байгаль орчны үр өгөөжийг анхдагч үр өгөөж болон хоёрдогч үр өгөөжөөр тооцно.

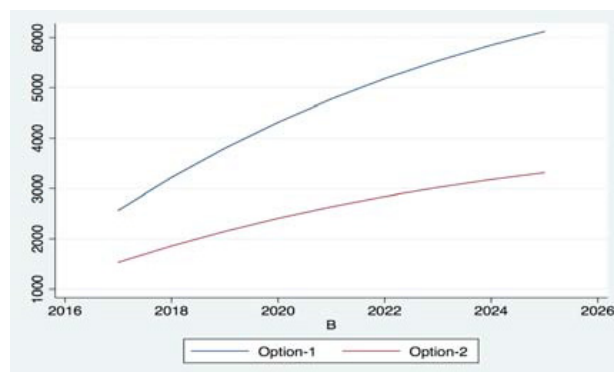
Энэхүү үйл ажиллагаа нь нэн ховор болон ховор шувуудын нутаглах таатай орчныг бий болгох бөгөөд дараах анхдагч болон хоёрдогч үр өгөөжүүд аажимдаадаган бий болж нэмэгдэнэ гэж тооцов.

Анхдагч үр өгөөж

1. (Улз голын дагуу нүүдэллэн ирж өндөглөн зусдаг болон нүүдлийн үедээ амарч буудалладаг орчин хамгаалагдаж, тогтвортой байрших нөхцөл бүрдэнэ. Энэ нь бидний хамгаалах нэн ховор болон ховор 4 зүйлийн тогоруу болон тоодог шувууны тоо толгой нэмэгдэх боломжийг бий болгоно.
2. Чацарганы бут тарьснаар бутны хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх нөлөөллөөс гадна чацаргана жимсний орлого бий болно.
3. Хамгаалалтын хаалт бүхий өргөст харганын зурвас нь хөрс бэхжүүлэх, нүүрс төрөгчийг шатааж хүчил төрөгч ялгаруулах, усыг татах үйл ажиллагааг нэмэгдүүлж мөн тухайн орчмын модлог ургамлын нөөцийг өсгөнө.
4. Хоёрдогч үр өгөөж
5. Хамгаалалтын зурвас газарт нүүдлийн шувууд ирснээр тухайн орчинд үзүүлэх эерэг нөлөөллүүд бий болж сав газрын энэ хэсэгт экосистемийн тэнцвэрт байдал хангагдана.
6. Улз голын дагуу 17000 га газар малын хөлөөс чөлөөлөгдөж ургамлын талхигдал үгүй болж сэргэн ургаж, ургамлын зүйлийн олон янз нэмэгдэж, цэцэгт ургамлууд ургаж, тоос хүртээгч зөгий байрших нөхцөл бүрдэнэ.
7. Бут, сөөг суулгаснаар мөн ургамлан бүрхэвч сэргэх нь хөрсний микро организм нэмэгдэж сайжрах нөхцөл болно.
8. Голын хуучин голдрилыг сэргээснээр хүн малын ундны усны хэрэгцээ хангаж, түүнийг зөөх хүч богинсож Улз голын энэ хамгаалсан орчимд урсгал сайжирч бохирдлыг бууруулна. (Тухайн улаан эрэг орчим замын хүмүүс ихээр буудалладаг)

Зурвас газрын хамгааллын өртөг өгөөжийн шинжилгээг дээрх зардал өгөөжийн зах зээлийн

ханш ашиглан тооцсон мөнгөн үнэлгээг 2025 он хүртэлх инфляцийн нөлөөгөөр нэмэгдүүлж, манай улсын нийгмийн дискаунтын хувиар бууруулж тооцсон нь хувилбар тус бүрийн өнөөгийн цэвэр үнэ цэнийг харуулна. (Зураг.2)



Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоо

Зураг.3 1 ба 2-р хувилбарын Цэвэр үр өгөөжийн өнөөгийн үнэ цэнийн харьцуулалт

Авч үзэж буй хувилбаруудын аль нь урт хугацаанд илүү өндөр үр өгөөжтэй байх вэ гэдгийг шинжлэхдээ өнөөгийн үнэ цэнэ/NPV/, өгөөж-зардлын харьцаа/BCR/, болон дотоод хүүний түвшин/IRR/ үзүүлэлтүүдийг үнэлж эцсийн шийдвэр гаргадаг. Голын эргийн дагуу хамгааллын бүс нутаг бий болгож хамгаалах үйл ажиллагааны 2 боломжит хувилбарын хувьд тооцоолсон үр дүнг Хүснэгт.1-д нэгтгэн харуулав.

Хүснэгт 1. Өртөг – Өгөөжийн шинжилгээний үр дүн (сая.төг)

Үзүүлэлт	1-р хувилбар	2-р хувилбар
Цэвэр өнөөгийн үнэ цэнэ /NPV/	6,252.30	3,619.30
Өгөөжийн дотоод хувь /IRR/	-	-
Үр өгөөж, зардлын харьцаа/BCR/	17.8	20.4

Хэрэгжүүлэх хувилбарын хувьд авч үзсэн 1-р хувилбарын үр өгөөж өгөөж-өртгийн харьцааны хувьд 2-р хувилбараас бага тодорхойлогдсон байна.

Хүснэгт.1-ээс харахад NPV(1-р хувилбар)> NPV (2-р хувилбар) буюу авч үзэж буй 2025 хүртэлх хугацаанд 1-р хувилбарын үр өгөөжийн өнөөгийн үнэ цэнэ 2-р хувилбартай харьцуулахад бараг 1 дахин өндөр байна.

Харин өртөг-өгөөжийн харьцаа буюу BCR(1-р хувилбар)< BCR(2-р хувилбар) буюу 2-р хувилбарын BCR үзүүлэлт 20.4 гэж 1-р хувилбарынхаас их үнэлэгдсэн байна.

Өгөөжийн дотоод хувь/IRR/ нь манай авч үзэж буй хугацааны туршид аль ч хувилбарын хувьд тодорхойлогдохгүй гэж гарсан байна.

Иймээс шийдвэр гаргалтанд NPV, BCR үзүүлэлтүүдийн үр дүнг ашиглан уг арга хэмжээний хувьд шийдвэр гаргана. Энэ тохиолдолд NPV(1-р хувилбар)-ийн утга NPV(2-р хувилбар)-оос хамаагүй илүү өндөр байгаа BCR-ийн утга үнийг багахан өөрчлөгтөд илүү мэдрэг өөрчлөгддөг зэрэг нь 1-р хувилбар буюу бутлаг ойн зурвас нэмж тарьж хамгаалах нь урт хугацаанд илүү өндөр өгөөжтэй болохыг харуулж байна.

4. Хэлэлцүүлэг

Улз голын эрэг орчмын зурвас газрыг хамгаалах шууд арга хэмжээнүүд нь байгаль хүрээлэн буй орчин, биологийн олон янз байдлыг хамгаалах, нөхөн сэргээх түүнээс нутгийн иргэд ашиг тусыг хүртэх тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлалыг хэрэгжүүлэхэд чиглэсэн үйл ажиллагааны жишиг арга хэмжээ бөгөөд өртөг-өгөөжийн шинжилгээнд ашиглагдах байгаль орчны үр өгөөжийг тооцоход тодорхой хэдэн хүчин зүйлсээр төлөөлүүлэн авч үзсэн болно. Өөрөөр хэлбэл, хамгааллын бүс нутаг орчмын экосистемийн тэнцвэрт байдал хангагдана, ургамлан бүрхэвч сэргэнэ зэрэг хоёрдогч үр өгөөжүүдийг мөнгөн дүнд шилжүүлэн тооцоход хүндэрэлтэй юм. Иймд цаашид байгаль орчны үйл ажиллагааны үнэлгээг хийх ажлыг сайжруулснаар СВА үнэлгээний үр дүнг дахин сайжруулах боломжтой юм.

Энэхүү судалгааны ажлын зорилт болох дасан зохицох арга хэмжээний үр ашгийг үнэлэхдээ олон улсын түвшинд өргөн хэрэглэгдэж байгаа аргуудын нэг болох СВА-г ашиглан, хамгийн тохиромжтой хувилбарыг санал болгох ажлын хүрээнд тодорхойлогдсон 1-р хувилбарын үр өгөөжийн тооцооллуудас зарим үр дүнг онцолж дурьдвал:

Энэхүү арга хэмжээ нь нэн ховор, ховор шувуудын нутагших, үүрээ засах, өндөглөх, тоо толгойг нэмэгдүүлэх боломжоор хангах ба шувуудын тоо толгой 2025 он хүртэлх хугацаанд дунджаар 8 хувиар өсөх тооцоолол гарлаа.

Мөн энэхүү арга хэмжээг дагасан аялал жуулчлалын үйл ажиллагааг тооцоход одоогийн байдлаар нийт манай улсад зорчиж байгаа жуулчдын 10 орчим хувь нь зэрлэг ан амьтан сонирхох шалтгаантай байгааг энэхүү арга хэмжээг хэрэгжүүлснээр нэмэгдүүлэх боломжтой гэж үзсэн ба уг статистик жил бүр 10 орчим хувиар өсөх боломжтой гэж тооцоологдсон байна. Энэ нь эдийн засгийн ашиг орлогыг мөн нэмэгдүүлнэ.

Арга хэмжээний бас нэгэн шууд нөлөө үзүүлж байгаа хэсэг бол тухайн нутаг орчмын малчин өрхүүд болон малын асуудал юм. Хамгааллын бүс байгуулах талбайд одоогоор нийт 8 айл өрхийн 33 хүн ам амьдарч, 2800 орчим мал бэлчээрлэж байна. Тиймээс эдгээр айл өрхүүд болон малын нөлөө нь шувуудын таатай амьдрах орчныг хамгийн их өөрчилж байгаа юм. Иймд 2 хувилбарт авч үзсэн айл өрхүүдийг орчны бүсээс нүүлгэж, ундны усны суваг татаж гаргах зэрэг арга хэмжээ нь зөвхөн эдийн зардалтай биш дам нөлөө асар үйл ажиллагаа юм. Энэ нь давхар малын хөлд талхигдсан газрын сэргэлт болон шувуудын өндөглөх зэрэгт сайнаар нөлөөлөх давуу талтай.

5. Дүгнэлт

1. Улз голын эрэг орчмын зурвас газар нь экосистемийн хувьд ач холбогдол өндөр нутаг тул түүнийг хамгаалах, нөхөн сэргээх үйл ажиллагааг цаг алдалгүй авч хэрэгжүүлснээр голын сав газрын экосистемийг тэтгэж, усны нөөцийг нэмэгдүүлж, эргийн ой шугуй, нуга татмын ургамлан бүрхэвчийг хамгаалж, сэргээснээр тэнд тархсан шувууд, зэрлэг амьтдын амьдрах орчинг сайжруулах нь экологи-эдийн засгийн хувьд үр өгөөжтэй байна.
2. Энэхүү зурвас газрыг хамгаалах, нөхөн сэргээх үйл ажиллагааны өгөөжийг тооцоход цөөн хэдэн хүчин зүйлсээр төлөөлүүлэн авч үзсэн бөгөөд зарим үзүүлэлтийг мөнгөн дүнгээр илэрхийлэх боломжгүй тул зөвхөн дурьдаад өнгөрсөн болно. Иймд цаашид байгаль орчны шууд ба дам зардал ба үр өгөөжийг тооцох боломжит аргуудыг дахин нарийвчлан судалж, экосистемийн үйлчилгээний өртөг, өгөөжийг мөнгөн дүнгээр илэрхийлэх нь өртөг-үр өгөөжийн шинжилгээний үр дүнг сайжруулах боломжтой.
3. Судалгааны ажлын хүрээнд анх удаагаа Монгол Улсад экосистемд түшиглэсэн дасан зохицох арга хэмжээний өртөг, өгөөжийн шинжилгээг иж бүрнээр хийх оролдлого хийсэн бөгөөд боловсруулан гаргасан загварыг цаашид сайжруулж, уур амьсгалын өөрчлөлтөд дасан зохицох бусад төрлийн арга хэмжээний өртөг, өгөөжийн шинжилгээг хийхэд ашиглах, сайжруулах боломжтой юм.

Санхүүжилт

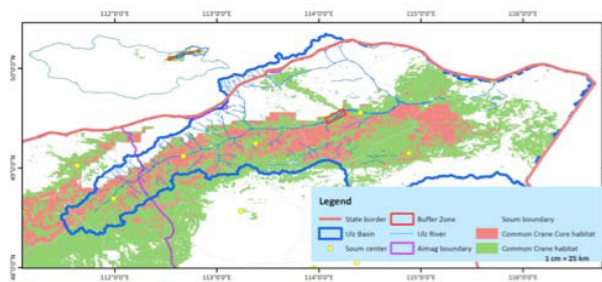
Киотогийн протоколын “Дасан Зохицох Сан”-гийн санхүүжилгээр НҮБ-ын Хөгжлийн Хөтөлбөр, БОНХАЖЯ-наас хэрэгжүүлж буй “Экосистемд түшиглэсэн дасан зохицох арга хэмжээг уур амьсгалын өөрчлөлтөд өндөр

эрсдэлтэй голуудын сав газарт хэрэгжүүлэх нь” (МОН/12/301) төслийн хүрээнд боловсруулав.

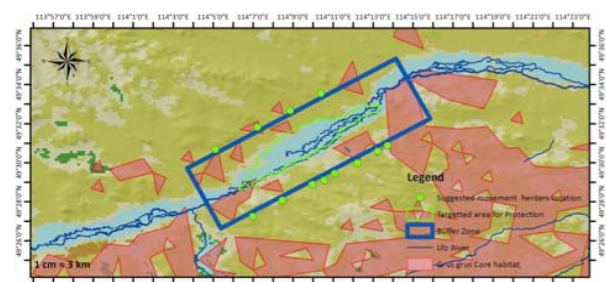
Ном зүй:

1. Шинжлэх Ухааны Академи. (2010): Ан амьтны экологи-эдийн засгийн үнэлгээний арга зүй ба үнэлгээ. Улаанбаатар.
2. Судалгааны ажлын тайлан. (2013): Алтайн уулс, их нууруудын хотгорын экологийн бүс нутгийн экосистемд түшиглэсэн дасан зохицох үйл ажиллагааны чиглэл.
3. Байгаль орчны засаглалыг бэхжүүлэх төсөл. (2012): Уурхайн зардал – үр ашгийн шинжилгээ. Улаанбаатар.
4. Ганзориг.Г (2010): Гамшгаас хамгаалах менежментийн өртөг – үр өгөөжийн шинжилгээн дэх цаг агаарын тодорхой бус байдлын нөлөө. Докторын диссертаци, Манчестрийн их сургууль, Англи.
5. ХХААЯ. ЖАЙКА (2006): Говийн бүсийн аймгуудын бэлчээрийн мал аж ахуйн тогтолцоог сайжруулах төлөвлөгөө боловсруулах судалгаа. Улаанбаатар. Эцсийн тайлан. х.6.
6. Дашням.Б. (1974): Дорнод Монгол ургамлын аймаг, ургамалшил. УБ.145 х.
7. Доржсүрэн Ч, Энхбат А. (2011): Цэвэр хөгжлийн механизмын төслийн таримал ойн нүүрсхүчлийн хийн шингээлтийн тооцоо. МУИС-ийн Эрдэм шинжилгээний бичиг.Биологи, 15 (346). УБ, Мөнхийн үсэг, х.29-38.
8. Дугаржав.Ч. (2006): Монгол орны шинэсэн ой. Улаанбаатар.
9. “Монгол Улсын уур амьсгалын өөрчлөлтийн үнэлгээ -2” хоёрдугаар илтгэл (2014). Улаанбаатар. х.88-89
10. Пүрэвцэрэн.Г. (1989): Газар ашиглалтын эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх арга зам. УБ хот. Улсын хэвлэлийн газар.
11. Цэрэнбалжир.Ц. Наранчимэг.Б. (2004): Газрын кадастр. УБ хот.Сурах бичиг. “Урлах эрдэм” ХХК
12. Усны газар. (2012): Усны нөөц болон экологи, эдийн засгийн үнэлгээ хийх арга зүйн гарын авлага. Улаанбаатар.
13. Hoi Wen AU Yong. Jonh MCDonagh. (2011): Assessing the costs and benefits of Adaptation options. -Cost Benefit Ananlysis Guide. International Development University of East Anglia.
14. Kurukulasuriya. P. and Mendelsohn. R.. (2006): A Ricardian analysis of the impact of climate change on African cropland. CEEPA Discussion Paper No. 8. Special series on climate change and agriculture in Africa. Discussion Paper ISBN 1-920160-08-6.
15. Phindile Shongwe. Micah B.Masuku & Absalom M.Manyatsi. (2014): Cost Benefit Analysis of climate Change Adaptation Strategies on Crop production Systems: A case of Mpolonjen Area Development Programme (ADP) in Swaziland. Susutaina-ble Agriculture Research; Vol. 3.
16. Scott J.Callan, Janet M.Thomas. (1996): Environmental Economics and Management. Irwin.
17. Shin Miyazaki, Mamoru Ishikawa, NachinBaatarbileg, SodovDamdinsuren, Namsambuu Ariuntuya, Yamkhin Jambaljav. (2014): Interannual and seasonal variations in energy and carbon exchanges over the larch forests on the permafrost in northeastern Mongolia. Polar Science.
18. European Commission. (2008): Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects.

Хавсралт.1

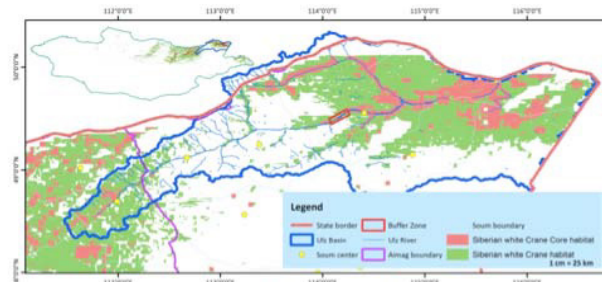


Зураг 1. Улз голын савд хархираа тогорууны (*Grus grus*) боломжит байршил, голомт нутгийн загвар ба сонгосон хамгаалахаар төлөвлөсөн газар

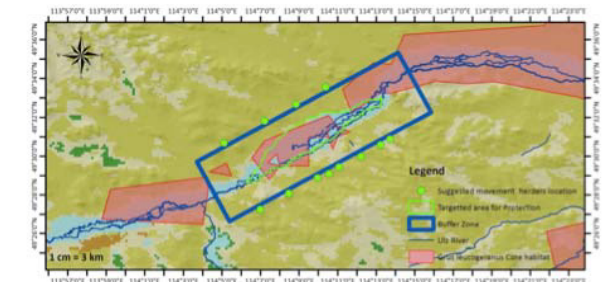


Зураг 1а. Улаан эрэг дагуу хархираа тогорууны (*Grus grus*) байршлын голомт нутаг хамрагдсан байдал

Хавсралт.2

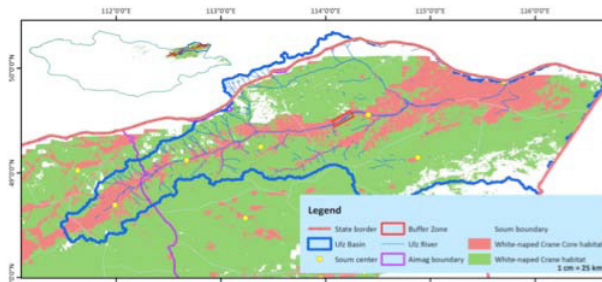


Зураг 2. Улз голын савд цагаан тогорууны (*Grus leucogeranus*) боломжит байршил, голомт нутгийн загвар ба сонгосон хамгаалахаар төлөвлөсөн газар

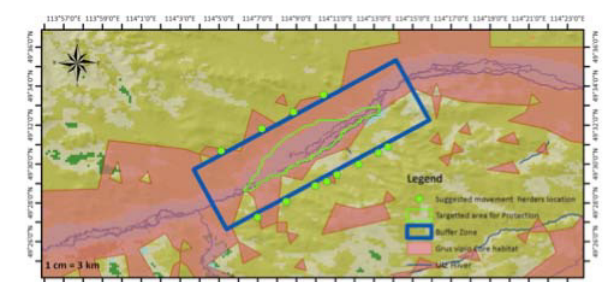


Зураг 2а. Улаан эрэг дагуу цагаан тогорууны (*Grus leucogeranus*) байршлын голомт нутаг хамрагдсан байдал

Хавсралт.3

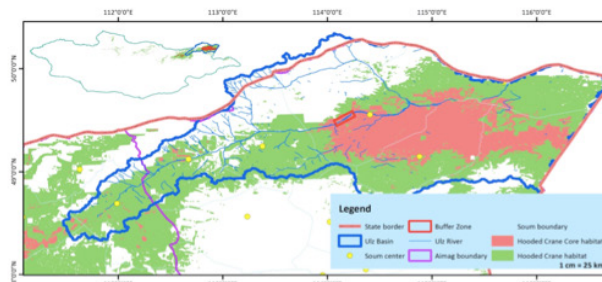


Зураг 3. Улз голын савд Цэн тогорууны (*Grus vipio*) боломжит байршил, голомт нутгийн загвар ба сонгосон хамгаалахаар төлөвлөсөн газар

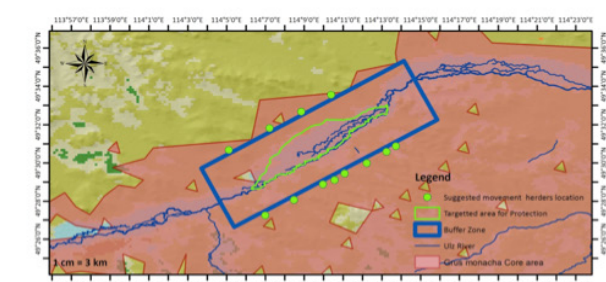


Зураг 3а. Улаан эрэг дагуу Цэн тогорууны (*Grus vipio*) байршлын голомт нутаг хамрагдсан байдал

Хавсралт.4

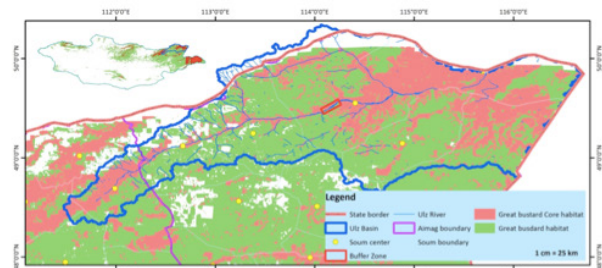


Зураг 4. Улз голын савд Хар тогорууны (*Grus mongolica*) боломжит байршил, голомт нутгийн загвар ба сонгосон хамгаалахаар төлөвлөсөн газар

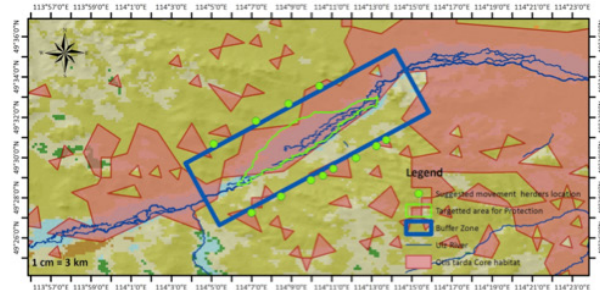


Зураг 4а. Улаан эрэг дагуу Хар тогорууны (*Grus mongolica*) байршлын голомт нутаг хамрагдсан байдал

Хавсралт.5

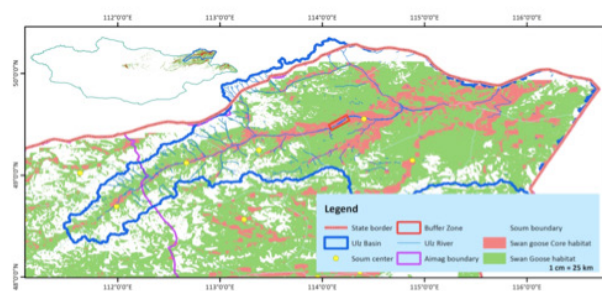


Зураг 5. Улз голын савд Хонин тоодог (*Otis tarda*) боломжит байршил, голомт нутгийн загвар ба сонгосон хамгаалахаар төлөвлөсөн газар

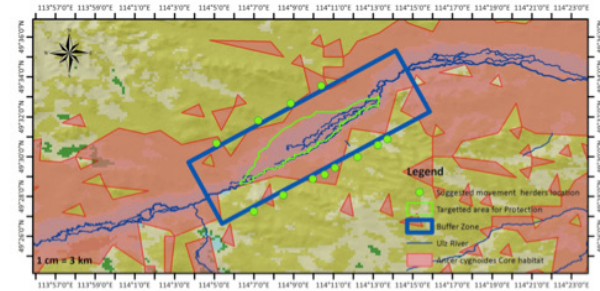


Зураг 5а. Улаан эрэг дэгуу Хонин тоодог (*Otis tarda*) байршлын голомт нутаг хамрагдсан байдал

Хавсралт.6



Зураг 6. Улз голын савд Хошуу галууны (*Anser cygnoides*) боломжит байршил, голомт нутгийн загвар ба сонгосон хамгаалахаар төлөвлөсөн газар



Зураг 6а. Улаан эрэг дэгуу Хошуу галууны (*Anser cygnoides*) байршлын голомт нутаг хамрагдсан байдал

The Ecosystem-Based Adaptation Approaches: A Protection of Buffer Zone for the Endangered Birds

Bayanjargal D.^{1*}, Khulan M.¹ and Enkhbileg D.²

¹ Department of Applied Mathematics, School of Engineering and Applied Sciences, National University of Mongolia

² Institute of General and Experimental Biology, Mongolian Academy of Sciences

*bayanjargal@seas.num.edu.mn

Received on 2018.03.29; revised on 2018.06.21; accepted on 2018.09.20

Abstract

The Onon, Ulz and Khalkh river basin which is located in Pacific Ocean consists of taiga, forest steppe and steppe landscapes. The river basin is a suitable habitat for some animal species originated in Siberia, Mongolia and Manchurian and the endangered birds not only in Mongolia, but also in the world. Therefore, it is very important to protect the buffer zone along Ulz River basin in order to save the endangered 4 species of the crane (*Grus grus*, *G.leucogeranus*, *G.vipio* and *G.monacha*), 1 species of the goose (*Anser cygnoides*) and 1 species of the bustard (*Otis tarda*). By establishing such a protection zone, it is possible to create a favorable environment for these 6 species of birds to come in the spring and furthermore to stay regularly in the summer and increase their numbers. So, it is a potential area of positive outcomes, including the development of research and tourism, as well as, the protection of soil and plants by releasing certain areas from livestock.

In this study, we proposed two adaptation approaches to delineate and protect the buffer zone for the endangered birds and investigated the costs and benefits associated with the approaches. Also we estimated the main indicators of Cost-Benefit Analysis (CBA) which is a quantitative analytical tool and often used to assess multi various adaptation options when efficiency is the only decision making criteria. The result of the study shows that the present value of benefits is greater than the present value of costs for each of the scenarios. Furthermore, the protection of the area from livestock by planting trees and shrubs that is considered in scenario 1 has a positive impact on biodiversity and increase ecological benefits.

Key words: Buffer zone, adaptation approaches, cost benefit analysis

Аман шалгалтын үе дэх сэтгэл хөдлөлийн хувирлыг тодорхойлох

Б.Зориг, Ө.Батбаяр, Д.Сумьяаханд, Ч.Лодойравсал*

* Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль, Электроник, холбооны инженерийн тэнхим

*lodoiravsal@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.03.20, засварласан: 2018.10.10, зөвшөөрсөн: 2018.10.15

Хураангуй

Үр дүнд суурилсан, оюутан төвтэй сургалтад шилжих шаардлагатай тулгараад буй өнөө үед оюутныг ойлгож, нөхцөл байдлыг нь мэдрэх, бодитоор үнэлэх асуудал сурах явцыг сайжруулах, шалгалтын арга хэлбэрийг илүү боловсронгуй болгох ач холбогдолтой юм. Оюутан өөрийн мэдлэг, шалгалтын бэлтгэл болон зан араншингаасаа хамааран аман шалгалтын явцад сандрах, баярлах, түгших хэлбэрээр сэтгэл нь хөдөлж улмаар энэ нь бодит үнэлгээнд нөлөөлөх талтай. Энэхүү ажлаар оюутны сэтгэл хөдлөл болон үнэлгээний хамаарлыг нөхцөл байдал, асуултын төрлөөс хамааруулан судаллаа. Сэтгэл хөдлөлийг тухайн оюутны арьсны цахилгаан дамжуулал, хөмсөг болон хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжилийн утгаар тодорхойлсон.

Туршилтыг хоёр үе шаттай явууллаа. 28 оюутныг мэдрүүлтэй болон ердийн гэсэн хоёр бүлэгт хуваан ижил агуулгаар аман шалгалт авсан эхний туршилтаар мэдрүүл зүүх нь оюутны сэтгэл хөдлөл, хариулсан үр дүнд мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлэхгүй гэж дүгнэж болохоор байна. Хоёр дахь туршилтад мэргэжлийн суурь болон мэргэшүүлэх хичээл сонгон тус бүр 10 оюутнаас энгийн тав, шалгалтын таван асуулт асууж сэтгэл хөдлөлийн өөрчлөлтийг судлав. Туршилтаар оюутан энгийн асуултад хариулахдаа сэтгэл хөдлөлийн төлөв нь бага өөрчлөгдөж байсан бол шалгалтын асуултад бүх оюутан илүү төвлөрснөөс гадна ахлах ангийн оюутнууд жигд бага зэрэг сөрөг сэтгэл хөдлөл үзүүлсэн бол бага ангийн оюутнууд эерэг сэтгэл хөдлөл илүүтэй харуулсан.

Энэ судалгааг цаашид өргөжүүлэн төрөл бүрийн мэргэжил, нөхцөл байдлаар өргөтгөснөөр шалгалтын арга хэлбэрийг шинэчлэх, оюутны сэтгэл хөдлөл өөрийгөө илэрхийлэхэд нөлөөлдөг эсэхийг тодорхойлох, улмаар онлайн сургалтын шалгалтыг илүү баталгаатай болгох суурь нь болно.

Түлхүүр үг: Аман шалгалт, Сэтгэл хөдлөлийн хувирал, Арьсны цахилгаан дамжуулал, Булчингийн цахилгаан идэвхжил

1. Удиртгал

Оюутан өөрийн мэдлэг, шалгалтын бэлтгэл болон зан араншингаасаа хамааран аман шалгалтын явцад сандрах, баярлах, түгших хэлбэрээр сэтгэл нь хөдөлж улмаар энэ нь бодит үнэлгээнд нөлөөлөх талтай байдаг [1]. Сэтгэл хөдлөлийг сургалтын амжилттай холбон судалсан судалгаа нэлээдгүй хийгдэж байна. Энэхүү ажлаар оюутны сэтгэл хөдлөл болон явцын үнэлгээний хамаарлыг нөхцөл байдал болон асуултын төрлөөс хамааруулан аман шалгалт өгч байх явцад нь биометр үзүүлэлтүүдийн хэмжиж судаллаа. Сэтгэл хөдлөлийг тухайн оюутны арьсны цахилгаан дамжуулал (АЦД)[2] хөмсөг болон хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжил (БЦИ) [3]-ийн утгаар тодорхойлсон. Асуулт сонсох үе,

хариулах гэж бодох хугацаа ба хариулах үеийн сэтгэл хөдлөлийн утгаар харьцуулалт хийсэн.

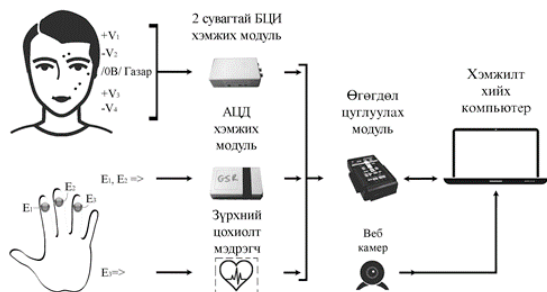
2. Арга зүй

Хүний сэтгэл хөдлөлийг дараах биометрийн хэмжигдэхүүнээр тодорхойлж болно [4]. Үүнд:

- Хурууны хээ
- Хүүхэн хараа
- Царай танилт
- Арьсны цахилгаан дамжуулал
- Нүүрний температур

Энэхүү судалгаагаар дээрх хэмжигдэхүүнүүдээс арьсны цахилгаан дамжуулал, нүүрний температурыг сонгон хэмжихээс гадна зүрхний цохилт, хацар болон хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжилийг Зураг 1-д

үзүүлсэн схемээр хэмжиж өгөгдөл цуглуулан боловсруулсан. Цаашид эдгээр хэмжигдэхүүнийг тулгуурлан царайны хувирал, хүүхэн харааны өөрчлөлтийг тодорхойлох судалгааны суурь болгож веб камераар туршилтын явц дахь дүрсийг цуглуулсан.



Зураг 1. Хэмжилтийн схем

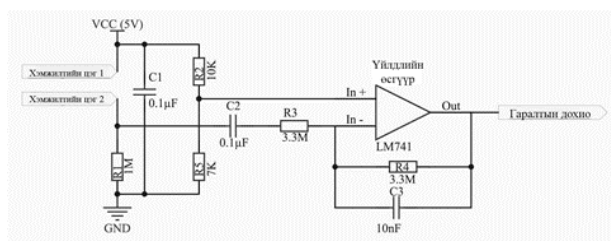
Нүүрний зүүн нүдний хөмсөг зангидах булчин (corrugator) дахь +V1,-V2 цэг, зүүн уруулыг татах булчин (zygomaticus) +V3,-V4 цэг дэх потенциалыг шанааны яс дахь газартай харьцангуй хэмжиж булчингийн цахилгаан идэвхжилийг тодорхойлно. Гарын долоовор хуруу дахь E1, дунд хуруу дахь E2 цэгийн хооронд арьсны цахилгаан дамжууллыг болон ядам хуруу дахь E3 цэгт зүрхний цохилтыг хэмжинэ. Өгөгдөл цуглуулах DT9804 төхөөрөмжийг ашиглан БЦИ болон АЦД хэмжих модуль болон зүрхний хэм мэдрэгчийн гаралтын дохиог секундэд 2048 удаа түүвэрлэж 16 битийн нарийвчлалтайгаар тоон дохионд хөрвүүлэн, компьютерт дамжуулсан. Веб камерын дуу, дүрсийг дараах үзүүлэлттэйгээр видео файл болгон хадгалсан. Үүнд:

- видео: 30 кадр/с, 640*480 цэг
- аудио: 2 суваг, 44100 түүвэр/сек

Эхний туршилтаар оюутны хөмсөг болон хацрын булчинд БЦИ-ийн мэдрүүл, гарын дунд болон долоовор хуруунд АЦД-ын мэдрүүл байршуулан хэмжсэн. Хоёр дахь туршилтад эрхий хуруунд зүрхний хэмийн мэдрүүл нэмж байршуулсан.

2.1. Арьсны цахилгаан дамжууллыг хэмжих

Гарын долоовор болон дунд хуруун дахь хоёр хэмжилтийн цэгийн хооронд гүүрэн хэлхээгээр хэмжин Зураг 2-д үзүүлсэн схемээр өсгөж, зурвасын шүүлтүүрээр нэвтрүүлэн 0-5.0В, 0.48-4.8Гц-ийн дохио болгон гаргана. Үүнд:



Зураг 2. Арьсны хүчдэлийн утгын өөрчлөлтийг хэмжих схем

Хэмжилтийн цэг-1 ба цэг-2 нь гарын долоовор хуруу ба дунд хуруунд тусгай электродоор холбогдоно.

- R1, R2 R3
- эсэргүүцлүүд нь хэмжилтийн хоёр цэгийн хоорондох эсэргүүцлийн хамт гүүрэн холболтын хэлхээ болно. Гүүрийн хоёр цэг тэжээл (+5В), газарт холбогдох бөгөөд эсрэг хоёр цэг нь үйлдлийн өсгөгчийн оролтууд руу холбогдоно.
- C2, R3-багтаамж, эсэргүүцэл хоёр нь 0.48 Гц-ээс дээш давтамжийг нэвтрүүлэх өндөр давтамжийн шүүлтүүрийн үүргийг үйлдлийн өсгүүртэй хамтран гүйцэтгэнэ,
- C3, R4-багтаамж, эсэргүүцэл хоёр нь 4.8 Гц-ээс доош давтамжийг нэвтрүүлэх нам давтамжийн шүүлтүүрийн үүргийг үйлдлийн өсгүүртэй хамтран гүйцэтгэнэ,
- Z_{R3C2} - R3, C2 цуваа хоёр элементийн ерөнхий эсэргүүцэл,
- Z_{R4C3} - R4, C3 зэрэгцээ хоёр элементийн ерөнхий эсэргүүцэл,
- V_{in+} нь үйлдлийн өсгүүрийн үл эргүүлэх оролт ба тогтмол 2.1В байна,
- V_{out} нь үйлдлийн өсгүүрийн гаралт буюу хэлхээний гаралтын хүчдэл болно.

Арьсны цахилгаан дамжууллыг томьёо 1-ээр тооцно:

Үүнд:

- S_a - Арьсны цахилгаан дамжуулал,
- V_{R1} - R1 эсэргүүцэл дээрх хүчдэлийн утга.

V_{R1} -г томьёо 2-оор олно.

$$V_{R1} = \left(\frac{Z_{R3C2}}{Z_{R3C2} + Z_{R4C3}} \right) V_{in+} - V_{out} \quad (2)$$

Хүн өдөөлт мэдрэснээс хойш хөлрөх хариу үйлчлэл арьсны цахилгаан дамжуулалд хэрхэн илрэхийг Зураг 3-т үзүүлэв. Арьсны цахилгаан дамжууллын лугшилтын оргил далайц нь симпатик мэдрэлийн системийн идэвхжилийг илэрхийлдгээрээ сэтгэл хөөрлийг тодорхойлох боломж олгодог [5].

1993 оны “АЦД-ыг хэмжихэд харгалзах сэтгэлзүйн төлөв”[6] нэртэй судалгааны үр

дүнгээр Ag/AgCl материал бүхий электрод нь арьсны цахилгаан дамжууллыг хэмжихэд хамгийн тохиромжтойг тогтоосны дагуу бид хэмжилтдээ энэ материалыг ашигласан.

2.2. Булчингийн цахилгаан идэвхжилийг хэмжих

Булчингийн цахилгаан идэвхжилийн дохиог шуугиан багатай хэмжиж өсгөх зориулалттай хоёр сувагтай БЦИ хэмжих модулиар хэмжсэн. Суваг тус бүр хоорондоо 1см зайтай хоёр электродын хүчдэлийн ялгаврыг 10000 дахин өсгөж гаргадаг.

2.3. Өгөгдөл цуглуулах төхөөмж ба программ

Мэдрүүлийн дохиог Зураг 1-д үзүүлсэн өгөгдөл дамжуулах DT9804 төхөөрөмжөөр цуглуулан компьютерт дамжуулж “SCOPE” программаар боловсруулсан. Өгөгдөл дамжуулах төхөөрөмжийн техникийн үзүүлэлтийг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Өгөгдөл дамжуулах DT9804-ийн техникийн үзүүлэлт

Нэр	DT9804
Аналог оролт	16-дан оролт 8-дифференциал оролт
Сувгийн нарийвчлал	16 бит
Оролтын муж	±1.25V, ±2.5V, ±5V
Нэвтрүүлэх чадамж	100 К түүвэр/секунд
Аналог гаралтууд	2
Сувгийн нарийвчлал	16 бит
Оролтын муж	±10V
Гаралтын хурд	50 Гц
Тоон оролт/гаралт	16
Тоолуур/таймер	2

2.4. Сэтгэл хөдлөл болон физиологийн (physiological) үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Аливаа сэтгэл хөдлөлийг хэвтээ тэнхлэгт эерэг сөрөг сэтгэл хөдлөл, босоо тэнхлэгт сэтгэл хөөрлийг тодорхойлох координатын хавтгайд дүрсэлж болно[5][7]. Эерэг сэтгэл хөдлөлийг хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжилээр, сөрөг сэтгэл хөдлөлийг хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжилээр, сэтгэл хөөрлийг арьсны цахилгаан дамжууллаар хэмжинэ [8][9]. Жеймс Рассел анх 1980 онд сэтгэл хөдлөлийн төлөвийг зураг 4-д үзүүлсэн координатын тэнхлэгээр дүрсэлж болохыг санал болгосон [10].

Ерөнхий цахилгаан идэвхжил нь нийт хацрын болон хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжилийг хооронд нь хасаж олно[11].

3. Туршилт

Туршилтыг давхардсан тоогоор нийт 58 оюутнуудыг хамруулан хоёр үе шаттай явуулсан.

28 оюутныг нэрсийн дарааллаар сөөлжүүлэн мэдрүүлтэй болон ердийн гэсэн хоёр бүлэгт хуваан ижил агуулгаар аман шалгалт аван мэдрүүл зүүх нь оюутны сэтгэл хөдлөл, шалгалтын үр дүнд нөлөөлөх эсэхийг судалсан бол хоёр дахь туршилтад мэргэжлийн суурь болон мэргэшүүлэх хичээл сонгон тус бүр 10 оюутнаас энгийн тав, шалгалтын таван асуулт асууж сэтгэл хөдлөлийн өөрчлөлтийг судлав.

3.1. Эхний туршилт

Мэргэжлийн суурь “Микропроцессор ба интерфэйсийн техник” хичээлийг судалж буй 28 оюутнаас 5 асуулттай аман шалгалтыг 15 оюутнаас энгийн байдлаар, 13 оюутнаас мэдрүүл зүүлгэн хоорондоо тусгаарлагдсан орчинд нэгэн хугацаанд ялгаатай багш нар авсан үр дүнг Зураг 5-д харуулав.

Дээр үзүүлсэн хэмжилтийн үр дүнгээс мэдрэгчтэй ба мэдрэгчгүй шалгалт өгсөн оюутнуудын авсан онооны абсолют дундаж хазайлтыг тооцоолбол:

$$AD_{X_{\text{шо}}} = (\sum_{n=1}^5 |\square_{\text{ШОмтэй}} - \square_{\text{ШОмгүй}}|) / 5 = 0.33 \text{ оноо}$$

Шалгалтын нэг асуултаас авах онооны дундаж хазайлт 0.33 оноо байгаа ба 3-р асуултаас бусад асуултын хувьд мэдрэгчтэй шалгалт өгсөн оюутнуудын дундаж оноо их байгааг харж болно. 3-р асуултыг оруулахгүйгээр оюутнуудын авсан онооны дундаж хазайлтыг тооцоолбол:

$$DX_{\text{шо}} = (\sum_{n=1}^4 |\square_{\text{ШОмтэй}} - \square_{\text{ШОмгүй}}|) / 4 = 0.18 \text{ оноо}$$

Шалгалтын нэг асуултаас мэдрэгчтэй шалгалт өгсөн оюутнууд 0.18 оноо илүү авсан байна. Энэ нь оюутнууд мэдрэгч зүүсэн үедээ асуултад илүү нухацтай хандах буюу анхаарлаа төвлөрүүлж байгаатай холбоотой байж болох юм.

Дараагийн хэмжилт болох оюутны арьсны цахилгаан идэвхжилтэй шууд хамааралтай R1 эсэргүүцэл дээр унаж байгаа VR1 хүчдэлийн асуулт сонсох, бодох, хариулах үеийн дундаж утгыг зураг 6-д үзүүлэв.

Энэ хэмжилт нь 5-н асуултын турш хийгдсэн. Томьёо 2-оос мэдрэгчийн хүчдэлийн утга буюу VR1 нь арьсны дамжуулал Sa-тай шууд хамааралтай болохыг харж болно. Арьсны цахилгаан идэвхжилийн абсолют дундаж хазайлтын хувийг тооцоолбол:

$$AD_{XX_{\text{аци}}} = (\sum_{n=1}^5 (|A_{\text{ЦИс}} - A_{\text{ЦИх}}|) / A_{\text{ЦИх}}) / 5 * 100 = 29.2\%$$

Эндээс харахад оюутнуудын арьсны цахилгаан идэвхжил нь асуултад хариулах үедээ тухайн асуултын сонсох үеийнхээс мэдэгдэхүйц нэмэгдсэн байна.

Хүний сэтгэл хөдлөлийн төлөвийг [9]:

$$СХТ = ХБЦИ - ХБЦИ (3)$$

томъёогоор тодорхойлно. Хэмжилт бүрэн хийгдсэн оюутнуудын сэтгэл хөдлөлийн төлөвийг шалгалтын үр дүнтэй харьцуулсан графикийг зураг 7-т үзүүлэв.

Зургаас харахад сэтгэл хөдлөлийн төлөв хэвийн бус оюутнууд өндөр эсвэл бага оноо авсан байна. Энэ нь шалгалтын асуултаа мэдэж байсан оюутны хувьд баярлах, тааруу мэдэж байсан оюутны хувьд сандрах сэтгэл хөдлөл үүссэн байж болох юм.

3.2. Хоёрдугаар туршилт

Туршилтаар энгийн болон шалгалтын асуулт асуух үеийн оюутны хацар, хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжилийн тоог зураг 8,9-д үзүүлэв. Энгийн асуулт асуух үед оюутнуудын сэтгэл хөдлөлийг илтгэх булчингийн цахилгаан идэвхжил нь шалгалтын асуулт асуух үеийнхээс мэдэгдэхүйц бага илэрсэн. Энэ нь энгийн асуулт асуух үед оюутнууд илүү тайван, сэтгэл хөдлөл багатай байгааг илтгэнэ.

Хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжилийн абсолют дундаж хазайлтын хувийг тооцоолбол:

$$АДХХхаби = \frac{(\sum_{(n=1)}^{20} ((ХабИэ - ХабИш)) / ХабИш)}{20} * 100 = 77.2\%$$

Хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжилийн абсолют дундаж хазайлтын хувийг тооцоолбол:

$$АДХХхөби = \frac{(\sum_{(n=1)}^{20} ((ХөБИэ - ХөБИш)) / ХөБИш)}{20} * 100 = 65.2\%$$

Туршилтын үе дэх оюутны энгийн болон шалгалтын асуултад хариулсан сэтгэл хөдлөлийг координатын хавтгайд дүрсэлснийг зураг 10-т харуулав. Босоо тэнхлэгийн дагуу өдөөлт буюу сэтгэл хөөрлийг, хэвтээ тэнхлэгийн баруун тал руу эерэг мэдрэмж буюу тааламжтай байдлыг зүүн тал руу сөрөг мэдрэмж буюу эвгүйцлийг илэрхийлнэ. Энгийн асуултын үеэр оюутны сэтгэл хөдлөлийн төлөв координатын тэнхлэгийн төвд ойрхон төвлөрсөн нь тэдний сэтгэл хөдлөл тайван байсныг илтгэнэ. Харин шалгалтын асуултын үеэрх оюутны сэтгэл хөдлөлийн төлөв нь координатын эхээс харьцангуй хол байрласан нь сэтгэл хөдлөл их байгааг илтгэнэ. Сэтгэл зүйн хувьд өдөөгдсөн боловч тааламжтай мэдрэмж төрсөн байгаа оюутан нь шалгалтын асуултаа

мэдэж байсан байх магадлалтай. Харин сэтгэл зүйн хувьд өдөөгдсөн боловч эвгүйцсэн мэдрэмж төрсөн оюутан нь бэлтгэлгүй байсан байж болно.

Туршилтад мэргэжлийн суурь “Микропроцессор ба интерфэйсийн техник” хичээлийг судалж буй 2-р курсийн оюутнууд болон мэргэшүүлэх “Удирдлагын систем” хичээл судалж буй 3,4-р курсийн оюутнуудыг хамруулсан. Мэргэжлийн суурь болон мэргэшүүлэх хичээл судалж буй оюутнуудын хооронд шалгалт өгөх үеийн сэтгэл хөдлөлийн хувиралд ялгаа байгаа эсэх таамаглал дэвшүүлж харьцуулан судалсныг зураг 11-д үзүүлсэн сэтгэл хөдлөлийн хавтгайгаас харж болно.

Түүнчлэн хацрын болон хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжил, арьсны цахилгаан дамжууллыг харьцуулсныг хүснэгт 2-т харууллаа. Энгийн асуултад хацрын болон хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжилийн хувьд 2-р курсийн оюутнууд харьцангуй илүү дундаж утгатай байсан бол арьсны цахилгаан дамжууллын хувьд 3,4-р курсийн оюутнууд илүү дундаж утгатай байна.

Шалгалтын асуултын тухайд арьсны цахилгаан дамжуулал харьцангуй ойролцоо байгаа боловч хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжилээр 2-р курсийн оюутнууд, хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжилээр 3,4-р курсийн оюутнууд дундаж утгаар илүү байна. Үүнээс шалгалтын асуултад 2-р курсийн оюутнууд илүү тааламжтай хандсан бол 3,4-р курсийн оюутнууд илүү эвгүйцэнгүй нухацтай хандаж байгаа гэж дүгнэж болох юм. Цаашид илүү олон түүврээр нарийвчлан судалж шинжлэх шаардлагатай.

Хүснэгт 2. Оюутны курсээр ялган харуулсан биометрийн үзүүлэлт

	Хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжил			
	Энгийн асуулт		Шалгалтын асуулт	
	MEAN	StDEV	MEAN	StDEV
2-р курсийн оюутнууд (N=10)	4.78	2.86	15.30	6.67
3,4-р курсийн оюутнууд (N=10)	2.11	1.54	17.11	6.01
	Хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжил			
	Энгийн асуулт		Шалгалтын асуулт	
	MEAN	StDEV	MEAN	StDEV
2-р курсийн оюутнууд (N=10)	1.11	1.27	8.40	11.85

3,4-р курсийн оюутнууд (N=10)	1.00	1.20	13.75	4.95
	Арьсны цахилгаан дамжуулал			
	Энгийн асуулт		Шалгалтын асуулт	
	MEAN	StDEV	MEAN	StDEV
2-р курсийн оюутнууд (N=10)	0.89	2.93	16.80	12.27
3,4-р курсийн оюутнууд (N=10)	1.70	3.20	22.60	13.75

4. Дүгнэлт

Оюутанд мэдрэгч зүүлгэн шалгалт авахад мэдрэгч нь шалгалтын үр дүнд сөрөг нөлөө үзүүлсэнгүй.

Шалгалтын асуултаа сонсохдоо оюутан өөрийн сэтгэл хөөрлийг тайвшруулж сурч байгаа нь асуултуудыг сонсох бүрд тодорхой харагдлаа. Асуултад хариулах агшинд сэтгэлийн хөөрөл ихсэж байгаа нь байх ёстой үр дүн гэж үзэж байна.

Хоёрдугаар туршилтын явцад энгийн асуултад сэтгэл хөдлөл бага, шалгалтын асуултад хариулахад оюутны сэтгэл хөдлөл их байсан. Бага энгийн оюутнууд шалгалтын хариуцлага багатай буюу шалгалтын үед анхлан энгийн оюутнуудыг бодвол илүү сэтгэл хөдлөлд автаж байсан.

Энэхүү хоёрдугаар туршилтаар оюутнуудын сэтгэл хөдлөлийг шалгалтын явцад үнэлэх аргачлалыг туршиж эхэлсэн. Цаашид судалгааны түүврийн тоог өсгөн, илүү нарийвчлан судлах шаардлагатай. Цаашид энэ судалгаа нь хүний сэтгэл хөдлөлийг тодорхойлох чадвартай төхөөрөмж бүтээх суурь судалгаа болно.

Зохиогчийн оролцоо

Д-р Ч.Лодойравсал – Судалгааны ажлын удирдагч, өгүүллийг бичсэн.

Докторант Ө.Батбаяр – Өгөгдлийн шинжилгээ хийсэн, өгүүллийг бичсэн.

Докторант Б.Зориг – Хэмжилтийн систем хөгжүүлэгч, хэмжилт хийсэн, өгөгдлийн шинжилгээ хийсэн, өгүүллийг бичсэн.

Докторант Д.Сумъяаханд – Хэмжилт хийсэн.

Санхүүжилт

Энэхүү судалгаа нь Монгол Улсын Их Сургуулийн өндөр түвшний судалгааны тэтгэлэг (P2017-2506)-ээр санхүүжигдэв.

Conflict of Interest/Ашиг сонирхлын зөрчилгүйн баталгаа

Энэхүү судалгааны ажил нь ямар нэг санхүүгийн болон бизнесийн ашиг сонирхлын зөрчилгүй болохыг зохиогчид баталж байна.

Ном зүй:

1. C. Valiente, J. Swanson, and N. Eisenberg, "Linking Students' Emotions and Academic Achievement: When and Why Emotions Matter.," *Child Dev. Perspect.*, vol. 6, no. 2, pp. 129–135, Jun. 2012.
2. S. Xiao and M. Li, "A Device for Measuring Skin Resistance Designed for Emotional Measurement," 2017.
3. Y.-B. Sun, Y.-Z. Wang, J.-Y. Wang, and F. Luo, "Emotional mimicry signals pain empathy as evidenced by facial electromyography.," *Sci. Rep.*, vol. 5, p. 16988, Dec. 2015.
4. C. Chandler and R. Cornes, "Biometric Measurement of Human Emotions," 2012.
5. J. J. Braithwaite, D. G. Watson, R. Jones, and M. Rowe BIOPAC, "A Guide for Analysing Electrodermal Activity (EDA) & Skin Conductance Responses (SCRs) for Psychological Experiments {via the BIOPAC MP36R & AcqKnowledge software}," *Psychophysiol. Boucsein Neurosci. Psychophysiol. Psychophysiol.*, vol. 49, no. 8, pp. 1017–1034, 2012.
6. J. Duchêne and F. Goubel, "Surface electromyogram during voluntary contraction: processing tools and relation to physiological events.," *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, vol. 21, no. 4, pp. 313–397, 1993.
7. P. J. Lang, "The emotion probe. Studies of motivation and attention.," *Am. Psychol.*, vol. 50, no. 5, pp. 372–85, May 1995.
8. D. C. Fowles, M. J. Christie, R. Edelberg, W. W. Grings, D. T. Lykken, and P. H. Venables, "Committee report. Publication recommendations for electrodermal measurements.," *Psychophysiology*, vol. 18, no. 3, pp. 232–239, 1981.
9. A. Nakasone, H. Prendinger, and M. Ishizuka, "Emotion Recognition from Electromyography and Skin Conductance," 5th Int. Work. Biosignal Interpret., pp. 219–222, 2005.
10. J. A. Russell, "A circumplex model of affect," *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 39, no. 6, pp. 1161–1178, 1980.
11. B. Systems, "Emotional State Recognition via Physiological Measurements and Processing," no. 805, 2014, pp. 1–5.

Recognition of Emotional States during Oral Examination

Zorig B., Tuvshinjargal A., Batbayar U., Sumiyakhand D., and Lodoiravsal Ch.*

Department of Electronics and Communication Engineering, School of Engineering and Applied Sciences,
National University of Mongolia

*lodoiravsal@num.edu.mn

Received on 2018.03.20, revised on 2018.10.10, accepted on 2018.10.15

Abstract

While learning methods has been tending to outcome based, student-centered approaches, understanding students, perceiving the situation and concrete assessments play significant role in improvement of learning process and examination. During the oral exam, students respond anxious, delightful, or fraught emotions that might cause improper assessment depend on their knowledge, exam preparation and personality. In this study correlation between students' emotion and assessment is shown by different conditions and question types. Emotions were defined by students' electro-dermal activity (EDA) and electromyogram (EGM) value of eyebrow and cheek muscles.

Experiment was conducted in two stages. In first stage, a total of 28 students were divided into "sensor attached" and "normal" groups. Both groups took same oral exam and the result shown sensor attachment does not influence the students' emotion and assessment significantly. In second stage, 10 students took an oral exam with 5 questions that chosen from fundamental professional courses or professional courses and answered 5 simple questions to observe students' emotional change. As a result, during the basic questions students' emotional state variates slightly, while oral exam questions changed all students' emotion to concentrated. Also, senior students responded bit negative emotions, while junior students' emotions were positive.

This study could be experimented for different professions in various conditions. Therefore, conventional exams could be changed to student-centered novel methods including valid online exams based on this reported result.

Key words: Emotion recognition, electrodermal activity, electromyogram
