



Research Paper

<https://doi.org/10.5564/pib.v40i1.4010>

PROCEEDINGS OF
PIB
THE INSTITUTE OF BIOLOGY

Habitat Modeling and Conservation Concerns of the Gobi Bear-Mazaalai (*Ursus gobiensis* Sokolov & Orlov, 1992) in the Trans-Altai Gobi Region

Dulamtsuren ENKHBILEG^{1*} , Galsandorj NARANBAATAR¹ , Sodnompil BATDORJ¹ ,
Tserenbataa TUYA² , Tumendemberel ODBAYAR³ , Harry REYNOLDS² , Davaasuren DELGERCHIMEG¹ ,
Nasanbat BATTOGTOKH¹ , Ganbold DOVCHINDORJ⁴ , Amgalan BAYASGALAN⁵

¹Laboratory of Mammalian Ecology, Institute of Biology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

²International Gobi Bear Project, Mongolia & United States of America

³Laboratory of Genetics, Institute of Biology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

⁴Great Gobi "A" Strictly Protected Area Administration, Bayantooroi, Tsogt Soum, Govi-Altai, Mongolia

⁵National Committee for Fauna & Flora, Ministry of Environmental & Green Development, Ulaanbaatar, Mongolia

*Corresponding author: enkhbileg_d@mas.ac.mn <https://orcid.org/0000-0002-6409-9383>

Abstract. The Gobi Bear is a critically endangered species native to Central Asia, specifically found in small numbers in a limited area of the southwestern region of Mongolia, known as the Trans-Altai Gobi. Not only is the population of this unique bear species low, but its reproduction rate is also slow, and it survives in the harsh, arid conditions of the desert. There is an urgent need for scientific research to understand better the ecology and biology of the factors threatening its survival. However, the difficult terrain of its habitat poses challenges for researchers. Based on collar data from 2005 and 2009, further conservation efforts and scientific recommendations for Gobi bear conservation were suggested. In 2015, the Ministry of Environment and Green Development in Mongolia requested an assessment of the potential habitat range of the Gobi bear, based on data from a satellite collar and modeling. A modeling study utilizing data on endangered species confirmed that the suitable habitat range for the Gobi bear in the Trans-Altai Gobi, referred to as Part "A," was approximately 23619.18 km², based on historical presence data. There remains only 12829.7 km² of habitat for the Gobi bear. The habitats of five collared individuals overlapped by 40 to 60 percent, and these bears utilized 12 different ecosystem communities and 18 types of plant associations in the desert environment. Additionally, the study revealed that the Gobi bears frequently accessed 8 out of 22 available water points. It was found that the historical range of the Gobi bear has declined by 60 percent since the 20th century. However, climate change predictions indicate that the bear's current habitat is likely to remain stable in 2050. Moving forward, a detailed study is needed in the Trans-Altai Gobi region.

Keywords: Gobi bear-Mazaalai, MaxEnt modeling, habitat

Received 07 October 2024; received in revised form 13 December 2024; accepted 30 December 2024

© 2024 Author(s). This is an open access article under the [CC BY-NC 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Introduction

The Gobi bear is a critically endangered, endemic, extremely rare species with a limited distribution [1], [2]. This relict bear exists only in small areas of our country [3] and is classified as critically endangered on both international and regional levels [4]. Although its general appearance resembles that of the brown bear (*Ursus arctos* Linn., 1758), the Gobi bear is smaller in size. In the 1930s, it was found in various locations, including the western part of the Trans-Altai Gobi, the eastern part of Aj Bogd Mountain, the eastern area of Tost Mountain, and Nemegt Mountain, as well as to the north near Eej Khairkhan Mountain, Zakhui-Zarman Oasis, and the

Edren Range (Fig. 1). Currently, its distribution range has declined to only 18000 km², which is five times smaller than it was in 1960 [3], [5]. The Gobi bear survives in one of the harshest climates of the Trans-Altai Gobi, specifically in the southwestern Gobi. This unique species hibernates in caves, bamboo groves, tamarisk groves, burrows, and nests from November to March. During the summer, they primarily feed on Ephedra and Nitre bushes, while in spring and autumn, their diet includes rheum roots, reeds, sedges, tamarisk, Stipa, onions, as well as animal carcasses, and various mammals such as rodents, hares, gerbils, hamsters, birds, lizards, and insects. The Gobi bear is mainly nocturnal, consuming a diverse diet

that consists of 33 species of plants and 18 species of animals, varying with the seasons. The Gobi bear faces numerous challenges due to an extremely dry climate with significant year-to-year fluctuations, consistent shortages of water and food, and the destruction of bamboo and bushes that provide shelter for hibernation. Additional threats include human and livestock settlements, which limit their reproduction and survival rates. According to a camera trap survey conducted in the area, genetic research indicates that only 22 to 31 individuals remain in the Trans-Altai Gobi [3]. The research and conservation management of the Gobi bear population, which differs significantly from other bear species due to its unique habitat and ecological conditions, has attracted interest from scientists [5] both in Mongolia and internationally. There is an urgent need for further research and a legal [6] framework to support the development of modeling using methodologies. In this research, we aim to predict potential habitat models based on environmental factors and climate data affecting the ecosystem of the Great Gobi “A” Special Protected Area (SPA). The collar data for five Gobi bears was provided by the Ministry of Environment and Green Development. This data is part of a contract to conduct a habitat modeling survey to assess

their distribution. Based on this survey, recommendations and proposals will be developed for priority conservation measures to be implemented in the future.

The study was conducted in 2015 to accurately determine the distribution of species through ecological niche modeling in Mongolia. This advanced method has been intensively used recently in various countries, particularly for the conservation of endangered species. Numerous examples of niche modeling exist in animal biology and ecology research, helping to develop effective conservation recommendations for a diverse range of biological species, from the smallest viruses and bacteria to large mammals and birds. This software effectively maps the geographical distribution of various organisms, ranging from the smallest viruses and bacteria to large mammals and birds [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Modeling the geographic distribution of species has been extensively utilized in various fields, including climate change biology, landscape ecology, and conservation. According to a review by researchers, 11 types of modeling programs developed between 1972 and 2006 are commonly used by academics in their research. Among these, the programs GLM, GAM, ANN, CART, MaxEnt, and GARP are particularly popular in the field of climate

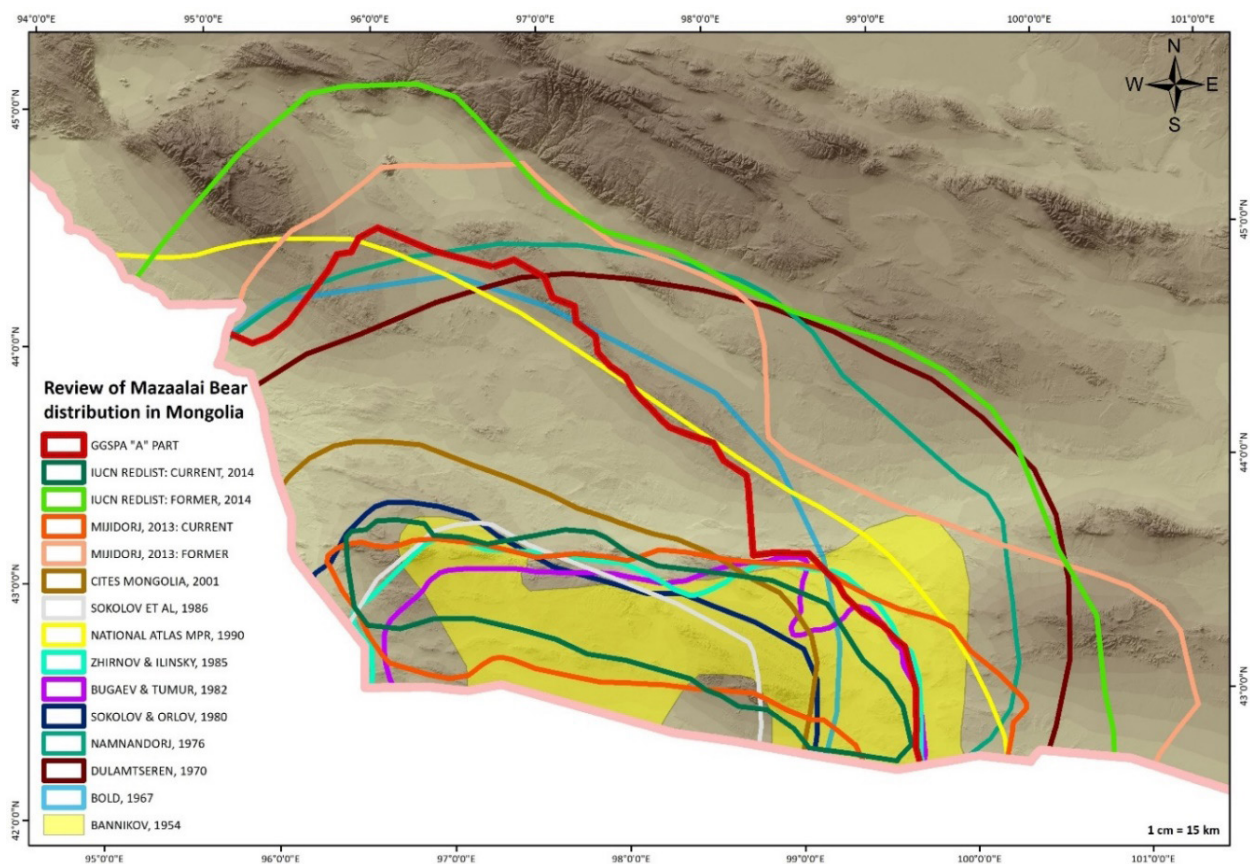


Fig. 1. Review of the distribution data for the Gobi Bear in the Trans-Altai Gobi region of Mongolia

change. User-friendly and integrated tools like MaxEnt and GARP are especially favored for species distribution modeling, prediction, and ecological niche modeling.

Materials & Methods

This study utilized collar data from five individual Gobi Bears, which were collared as part of the International Gobi Bear Project between 2005 and 2009. The data was obtained with permission from the Ministry of Environment and Green Development, by an existing contract. Noting that the collaring methodology, technology, and naming of the individuals are not addressed within this study. The MaxEnt 3.3.3k program (Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distribution), developed by works [15], [16], [17] is utilized for detailed mapping and modeling of species distributions. In the case of the Gobi bear, the program integrates known species presence data along with environmental factors such as climate data, food availability, and other environmental layers to produce precise scientific results. MaxEnt modeling can be applied in various fields, including species conservation planning, ecology, evolution, disease spread, and management of invasive species. The effectiveness of this modeling relies on actual data regarding species presence in specific areas, their geographic distribution, ecological niches, climate conditions, and other relevant environmental data [16].

According to the IPCC's recommendations [17], the bio-climate data for the Earth's surface, specifically Bio 19, was compiled using observations from 1960 to 2000. This data was interpolated with a resolution of 1 km (30 arc seconds: $0.93 \times 0.93 = 0.86 \text{ km}^2$), based on long-term averages derived from a meteorological database [18]. The 19 layers of Bio climate data are designed to compute the geographic distribution of animals using 19 variables related to precipitation (Prec), maximum temperature (Tmax), minimum temperature (Tmin), and average temperature. Additionally, when utilizing the normalized vegetation index (NDVI) data from 2006 to 2012 as the base layer, the data for the 241st and 249th days of each year—considered the peak of vegetation growth in the Gobi Desert was selected for analysis [19], [20].

Bioclimatic variables are derived from the monthly temperature and rainfall values to generate more biologically meaningful variables. These are often used in species distribution modeling and related ecological modeling techniques. The bioclimatic variables represent annual trends (e.g., mean annual temperature, annual precipitation) seasonality (e.g., annual range in temperature

and precipitation), and extreme or limiting environmental factors (e.g., temperature of the coldest and warmest month, and precipitation of the wet and dry quarters) [18]. A quarter is three months (1/4 of the year). They are coded as follows:

- bio1 = Annual Mean Temperature
- bio2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))
- bio3 = Isothermality (BIO2/BIO7) ($\times 100$)
- bio4 = Temperature Seasonality (standard deviation $\times 100$)
- bio5 = Max Temperature of Warmest Month
- bio6 = Min Temperature of Coldest Month
- bio7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)
- bio8 = Mean Temperature of Wettest Quarter
- bio9 = Mean Temperature of Driest Quarter
- bio10 = Mean Temperature of Warmest Quarter
- bio11 = Mean Temperature of Coldest Quarter
- bio12 = Annual Precipitation
- bio13 = Precipitation of Wettest Month
- bio14 = Precipitation of Driest Month
- bio15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
- bio16 = Precipitation of Wettest Quarter
- bio17 = Precipitation of Driest Quarter
- bio18 = Precipitation of Warmest Quarter
- bio19 = Precipitation of Coldest Quarter

This scheme follows that of ANUCLIM, except that for temperature seasonality the standard deviation was used because a coefficient of variation does not make sense with temperatures between -1 and 1).

To model the historical and geographical distribution of the Gobi bear, we utilized a climate model (Bio 19) that reflects conditions during the middle of the Holocene, approximately 6000 years ago. This analysis included an overview of the distribution of two species of bears found in Mongolia and China (Central Asia). The results of genetic research were also compared. To assess the future habitat conditions of the Gobi bear in comparison to the present, we employed the Hadley Centre's HadGEM climate model, specifically the RCP scenarios (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, and RCP 8.5) for the years 2041 to 2060. This model uses data outlined in the IPCC's Fifth Assessment Report [17]. The RCP scenarios represent different levels of atmospheric carbon dioxide (CO_2) and their effects on average air temperatures. For example, RCP 2.6 corresponds to CO_2 421 ppm or $+1^\circ\text{C}$, RCP 4.5 to 538 ppm or $+1.4^\circ\text{C}$, RCP 6.0 to 670 ppm or $+1.3^\circ\text{C}$, and

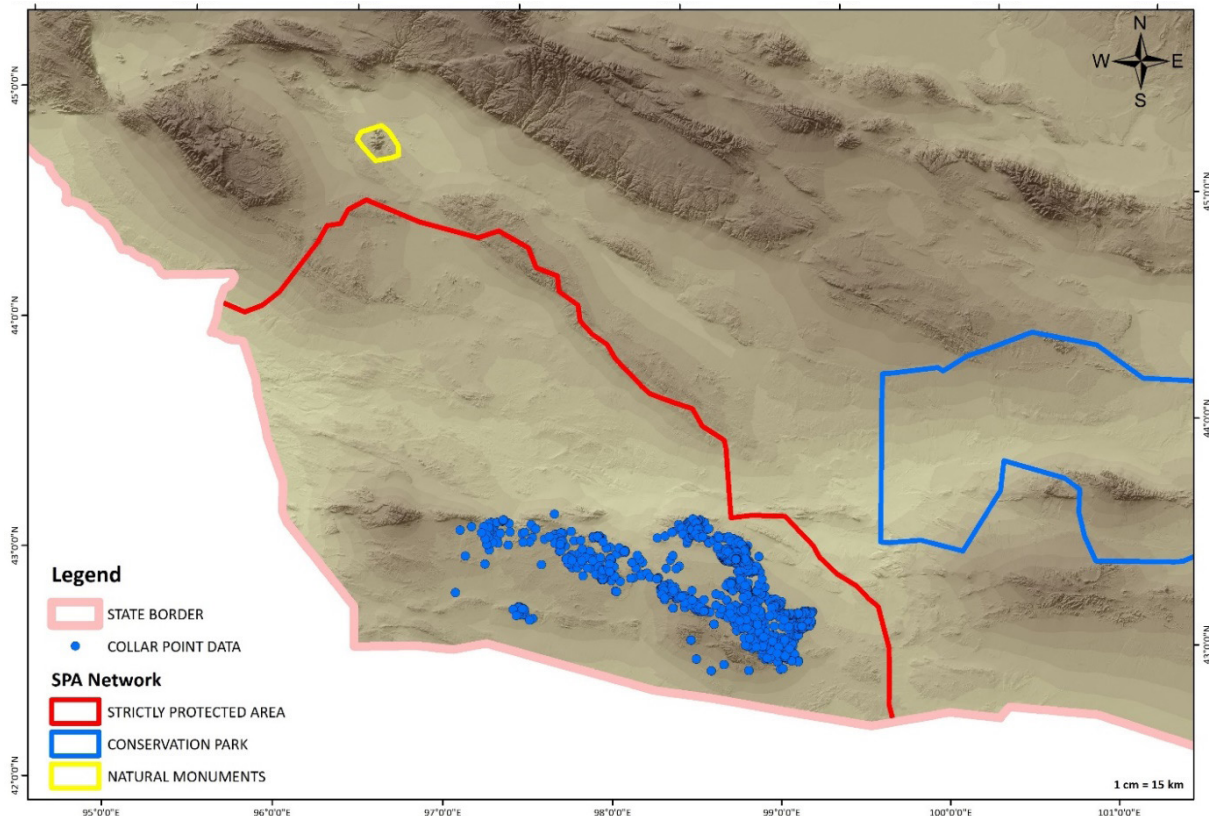


Fig. 2. Point data of Gobi Bear in Trans-Altai Gobi for used habitat modeling

RCP 8.5 is projected to increase by 936 ppm or $+2.0^{\circ}\text{C}$.

For our analysis, we utilized DIVA-GIS, ArcGIS 9.3, ArcGIS 10.1, and statistical analysis tools such as Minitab® 16.1.1, Statistica 7.0, and SPSS 17. In addition to climate data, which is a critical factor influencing animal distribution, we incorporated various layers, including Mongolia's Ecological Regions, Ecosystems, Soil types, Vegetation, Vegetation Regions, Landscape Classifications, Terrain Slopes, Directions, and Natural Zones [21] into our modeling. To accomplish this, we utilized ArcGIS Mask to align all the layers effectively. The ecosystem, plant community, and water use of the Gobi bears were analyzed using Similarity Euclidean Distance. The study utilized the widely recognized ArcGIS Minimum Convex Polygon (MCP) method to compare both newly introduced and existing modeling studies, as well as to understand the methodological advantages and disadvantages.

When modeling the habitat of the Gobi bear using collared individuals, seasonal data, historical data, and historical climate data, 20-25% of the total data points were tested for each species. The model's accuracy, indicated by the Area Under the Curve (AUC) of the Receiver Operating Characteristic (ROC) was under the agreed rate.

Results & Discussion

We used satellite collar data from five Gobi bears named Mother, Yokozuna, Alaska, Sugsug, and Unknown. This data was collected as part of the “Mazaalai the Gobi Bear” project between 2005 and 2009, and it supports habitat modeling based on a total of 2835 data points. The breakdown of the data points used in the modeling is as follows: 297 points (10.5%) correspond to Mother, 183 points (6.5%) to Yokozuna, 132 points (4.7%) to Alaska, 55 points (1.9%) to Sugsug, and 2165 points (76.5%) to the Unknown bear (Fig. 2).

Recent research on habitat modeling in Mongolia has been limited. There is also minimal application of this modeling approach to endangered carnivores, particularly bear species. Studies on the Apennine brown bear in Italy and the Malayan sun bear in Peninsular Malaysia share similar methodologies [12], [14], despite differing biomes, geographies, and ecosystems. As a result, there is a lack of significant comparative findings between neighboring countries and regions.

Selection of Ecosystems and Plant Communities for the Gobi Bear

According to collar data, the Gobi bear has been recorded to select eight types of ecosystems, with three types primarily noted as *Stony hamadas with extra-arid*

gypsic soils in combination with *Sympegma*, *Ephedra*, and shrubby desert on sair primitive soils (ID=42), Rock debris hamadas with extra-arid, locally gypsic, soils in combination with *Haloxylon*, *Ephedra* and shrubby deserts on sair primitive soils (ID=43), and *Petrophytic Anabasis*, *Salsola laricifolia*, *Sympegma*, *Amygdalus*, perennial saltwort deserts on grey-brown skeleton and grey-brown raw soils (ID=38) [21] (Fig. 3).

In the TransAltai Gobi, the distribution of Gobi bears reveals differences in the selection of ecosystem communities. Notably, the mazaalai “Unknown” inhabits many ecosystems (n=8), showing a fairly equal distribution among the primary four groups. In contrast, “Yokozuna” occupies the fewest ecosystems (n=4), with its main four communities closely resembling those of the “Mother” mazaalai. Furthermore, the “Mother” and “Alaska” mazaalai ecosystem communities are identical. The ecosystems of the “Yokozuna” and “Sugsug” mazaalai are similar, while the “Unknown,” “Mother,” and the “Alaska” mazaalai also share similarities in their ecosystems.

We observed several associations to compare the main ecosystems of Gobi bears in the Trans-Altai Gobi based on the points data to their characteristics. The combination of *Rock debris hamadas with extra-arid, locally gypsic soils alongside Haloxylon, Ephedra, and shrubby deserts on primitive soils* (ID=42) showed a 100% similarity in multiple selections. Similarly, *The Stony hamadas, characterized by extra-arid gypsic soils in conjunction with Sympegma, Ephedra* (ID=43), and shrubby deserts

on primitive soils (ID=38), also exhibited the same level of similarity (39-47%). The community consisting of *Petrophytic Anabasis*, *Salsola laricifolia*, *Sympegma*, *Amygdalus*, and perennial saltwort deserts, found on grey-brown skeletal and grey-brown raw soils, showed a 50% similarity based on their uses by Gobi bears.

In terms of plant communities, the Gobi bear was observed in 88.8% (n=2518) of the Desert, 9.1% (n=258) of the Desert Steppe, and 2.1% (n=59) of the Mountain Desert. These areas encompass 10 distinct plant communities (Fig. 4). The most preferred community was the *Stony Sympegma and Sympegma-Anabasis*, which included *Haloxylon* (found in dry riverbeds) and accounted for 53.4% (n=1514) of the observations.

In the Trans-Altai Gobi, the habitat of the Gobi bear varies according to different plant communities. While the Alaska and Mother mazaalai have similar habitats (60%), These two bears can also be found in the plant communities of the Mother bear, which is 60% similar. Although the Yokozuna mazaalai has distinct communities at the individual level. The Unknown mazaalai is relatively identical (30%) to these two. The Yokozuna mazaalai occupy distinct communities at the individual level. The Sug Sug mazaalai is similar to the Unknown and Alaska mazaalai group (90%) comparing the abundance of selected plant communities (total number recorded).

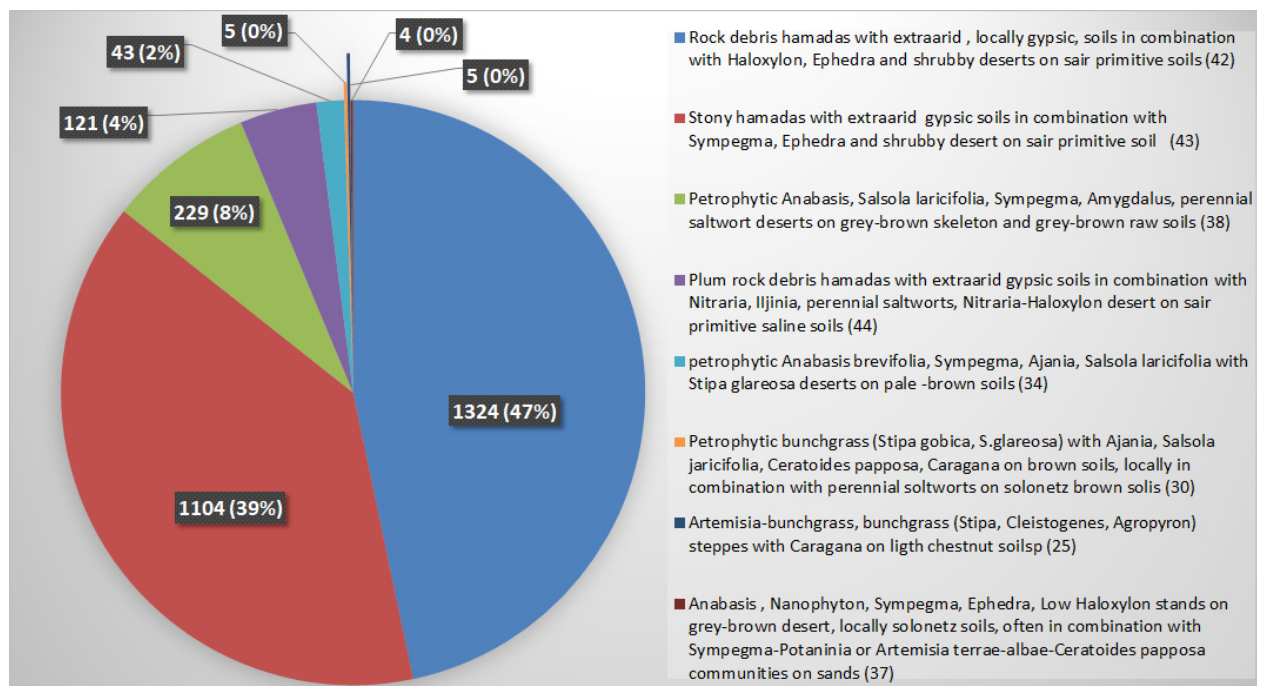


Fig. 3. The Gobi Bear recorded ecosystems by point data

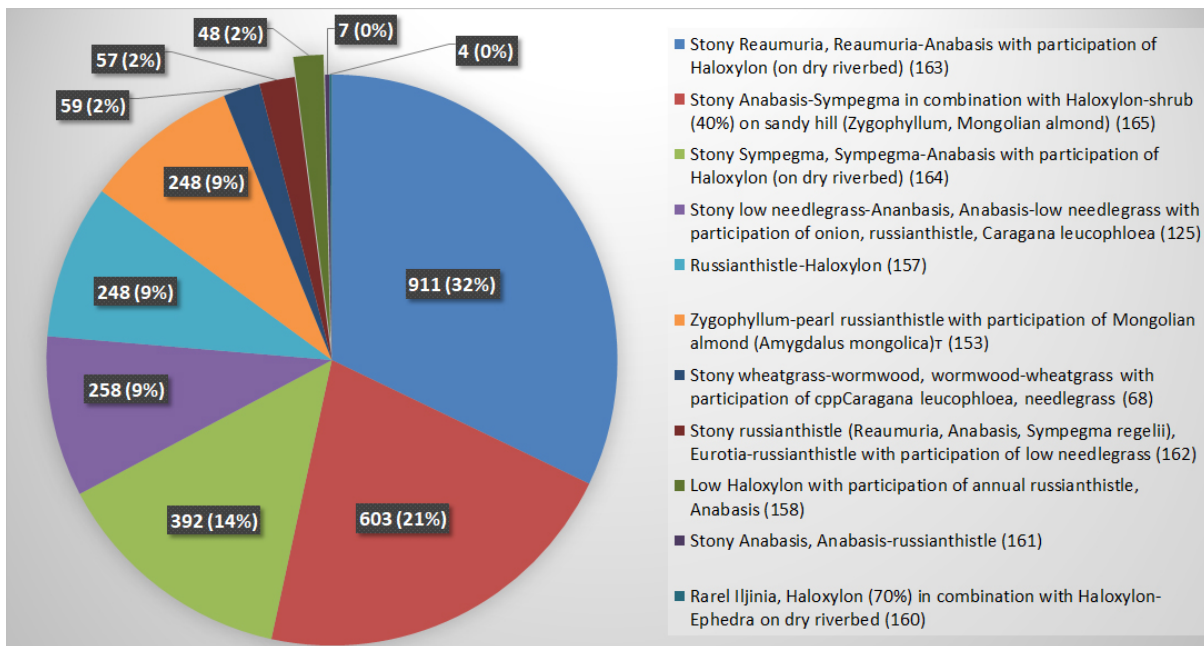


Fig. 4. The Gobi Bear documented data on plant communities at specific points

Four distinct plant communities were identified based on the abundance of ten examined communities among the bears. The plant communities preferred by Gobi bears exhibit several similarities.

Stony Anabasis-Sympegma in combination with Haloxylon-shrub (40%) on sandy hill (Zygophyllum, Amygdalus mongolica (ID=165), Stony Sympegma, Sympegma-Anabasis with participation of Haloxylon (on dry riverbed) (ID=164) and Zygophyllum-pearl russianthistle with participation of Mongolian almond (Amygdalus mongolica) (ID=153) show a complete similarity (100%). The Low Haloxylon with participation of annual russianthistle, Anabasis (ID=158) Anabasis, as well as the Stony low needlegrass-Anabasis and Anabasis-low needlegrass (ID=125) also demonstrate complete similarity (100%) in one group. Additionally, the Stony wheatgrass-wormwood, wormwood-wheatgrass with participation of Caragana leucophloea (ID=68) is similar with 158 and 125 communities by 50% in one group.

Stony Anabasis, Anabasis-russianthistle (ID=161) and Stony Reaumuria, Reaumuria-Anabasis with participation of Haloxylon (on dry riverbed) (ID=163), exhibiting a complete similarity (100%) in one group, while Stony russianthistle (Reaumuria, Anabasis, Sympegma regelii), Eurotia-russianthistle with participation of low needlegrass (ID=162), and Rare Iljinia, Haloxylon (~50%) in combination with Haloxylon-Ephedra on dry riverbed (ID=160), has a similarity of 70%.

The habitat of the Gobi Bear features a polygonal pattern

The minimum bounding geometry (MBG) for the Gobi bear was calculated using three different methods. The MBG calculated by the circle method is 25328.95 km²; by the rectangle method, it is 12476 km²; and by the convex method, it is 9573.51 km². This results in a total average MBG for the Gobi bear of 15792.82 km², with a mean $\pm$ standard error of 10951.7-20633.9 and a P-value of 0.028, within the Trans-Altai Gobi region of Altai (Fig. 5, 6). Among the three methods, the rectangle and geometric methods are considered more reasonable for this analysis.

In the past, this method was used to determine animal distribution until habitat modeling became available. Habitat modeling illustrates the differences, changes, and overlaps in the habitats of individual animals to some extent (Fig. 6, 14). The distribution area of each Gobi bear estimated using the MBG method differs from the area identified through Maxent modeling.

According to the minimum bounding geometry method, the average habitat estimations for Gobi bears are as follows: Alaska: 1345.81 km² (mean $\pm$ SE: 581.11 - 2110.50), Mother: 2172.51 km² (mean $\pm$ SE: 1407.09 - 2937.92; mean $\pm$ SD: 641.69 - 3703.33), Sugsug: 341.54 km² (mean $\pm$ SE: 220.76 - 462.32), Unknown: 2428.77 km² (mean $\pm$ SE: 1933.66 - 2923.88) and Yokozuna: 1974.54 km² (mean $\pm$ SE: 1423.00 - 2526.08).

When calculating the habitat of Gobi bears by season, the average estimations are as follows spring: 923.78

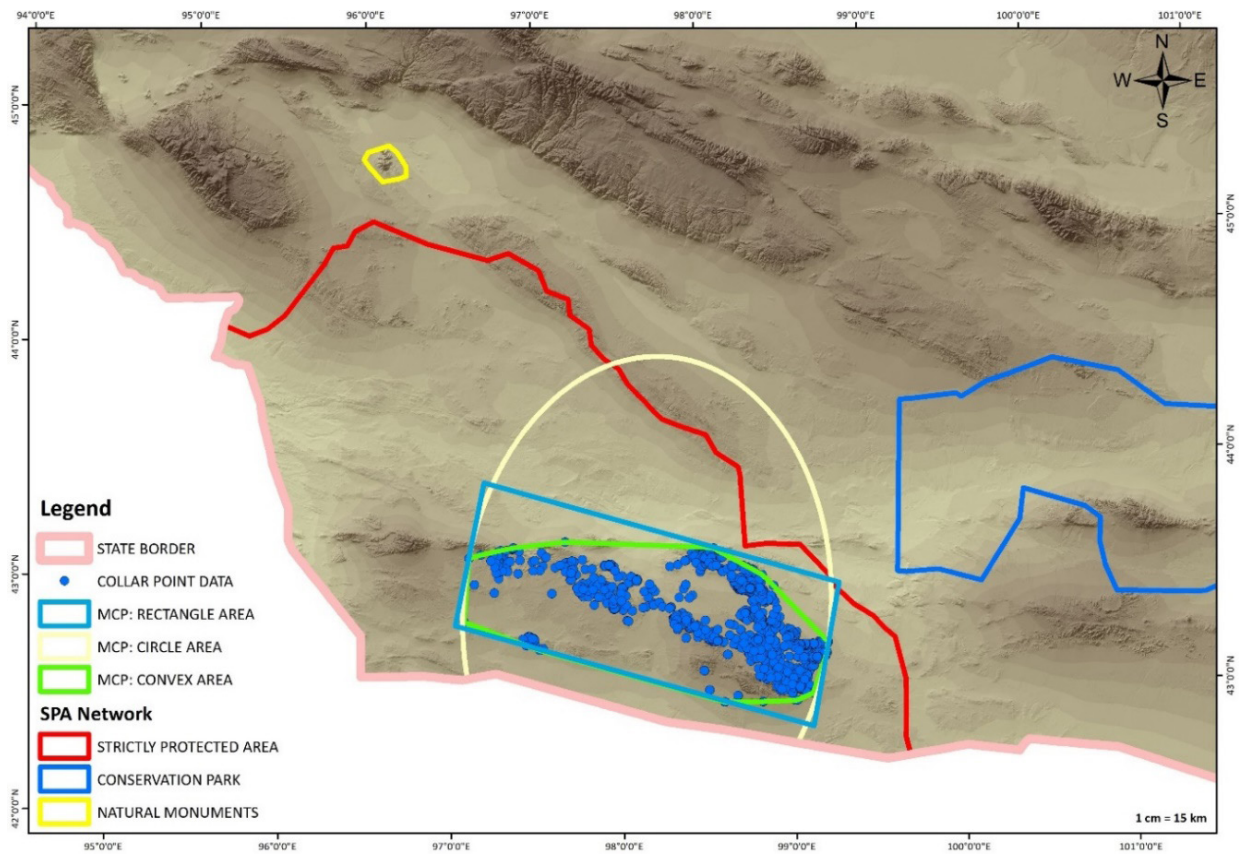


Fig. 5. The assessment of the Gobi bear habitat in the Trans-Alta Gobi using a minimum convex polygon

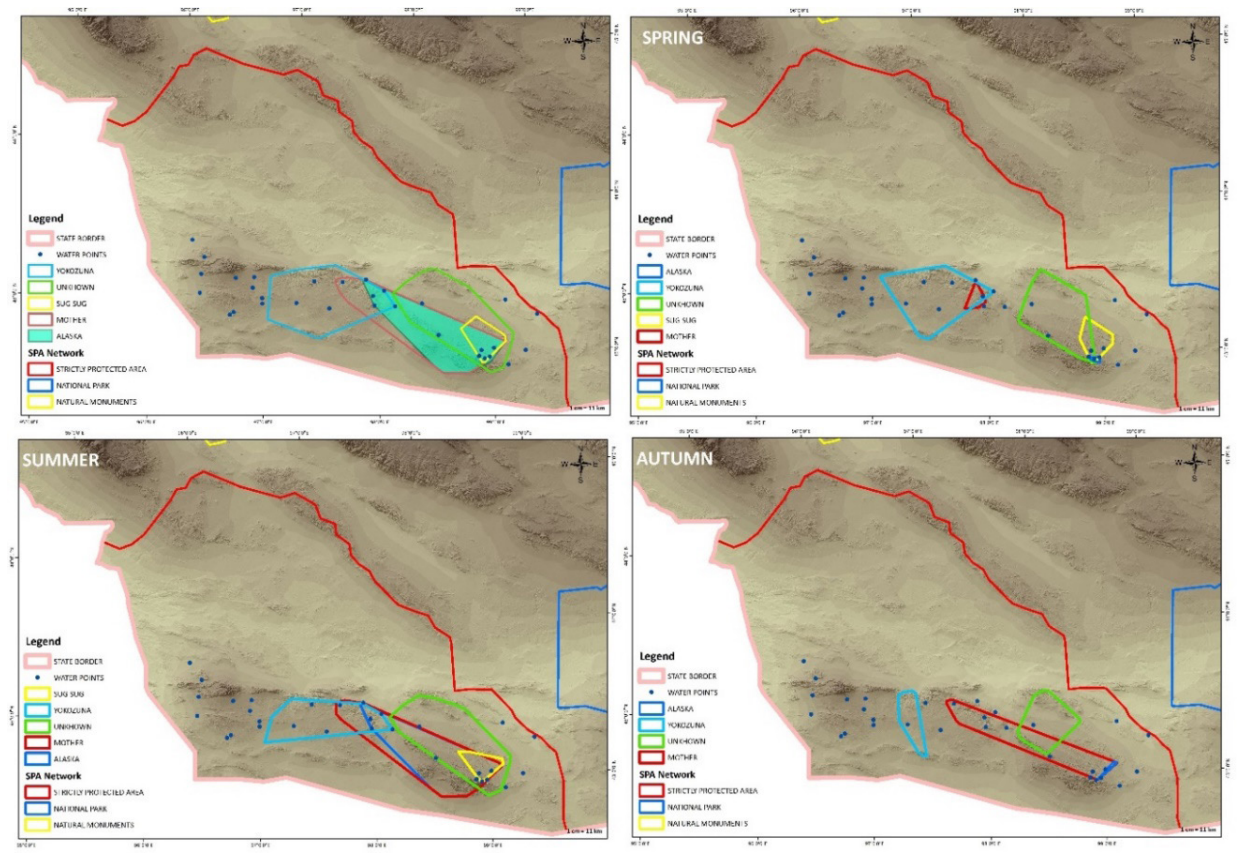


Fig. 6. The minimum convex polygon of Alaska includes Yokozuna, Sug Sug, Mother, and Unknown bears across three seasons

km² (mean $\pm$ SE: 479.03-1308.53; P-value: 0.123), Summer: 2343.08 km² (mean $\pm$ SE: 1815.99 - 2870.13; P-value: 0.148) and Autumn: 710.54 km² (mean $\pm$ SE: 358.96-1062.10; P-value: 0.432) (Fig. 6).

Habitat modeling for the Gobi bear

A habitat modeling study revealed that there is a suitable habitat area of 12829.69 km² for Gobi bears in the Trans-Altai Gobi region of the southwestern part of the country (Fig. 7). Notably, 95% of this area is covered and protected by the “A” section of the Great Gobi Strictly Protected Area (SPA). In the northeastern part of the Great Gobi SPA “A” area, suitable habitats have been identified in several locations: the Bayankhongor Aimag, Gurvantes Sum in Umnugovi Aimag, from the southern part of Balinkhar Mountain to the eastern Khar Ovoot Uul Mountain, Ulziit Well, and extending to the western part of the Gobi Gurvansaikhan National Park up to the southern Gobi of Khar Mountain. Researchers [22], [23], [24] have frequently observed Gobi bears in these areas.

Currently, 94.8% (12157.65 km²) of the Gobi bear’s habitat is located within the “A” section of the GGSPA, while 5.2% (672.04 km²) is part of the Gobi Gurvansaikhan National Park (GGSNP), and another 5.2% (672.04 km²) is situated in the buffer zone of the GGSPA “A” section (Fig. 7, 9).

In the designated protected area for Gobi bears, the estimated suitable habitat is classified according to the internal zoning of the Special Protected Area (SPA). Specifically, 36.9% (4643.54 km²) of the habitat falls within the Core zone, 30.7% (3863.90 km²) is in the Protected zone, 29% (3650.22 km²) is in the Limited zone, and 3.4% (421.13 km²) is part of the Buffer zone (Fig. 9). When comparing these areas, we find that 45.4% of the Core zone, 24.5% of the Protected zone, and 17.9% of the Limited zones provide suitable habitats for Gobi bears. However, only 1.9% of the overall environment is deemed suitable for this species. Preliminary analysis indicates that the primary habitat of the Gobi bear has not been fully encompassed by the virgin zone of the Khardakhan area.

Based on data collected from researchers [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33] regarding the distribution area of the Gobi bear in Mongolia (Fig. 1), the estimated average habitat size is 20693.51 km² (mean $\pm$ SE: 16486.72-24900.3; P-value = 0.006; 95% CI mean: 8049-33625). This area is where the Gobi bear is believed to reside. The researchers noted that the historical distribution area was defined to include either the entire protected region or a specific section of the plain. This can be attributed to the vast valleys, such

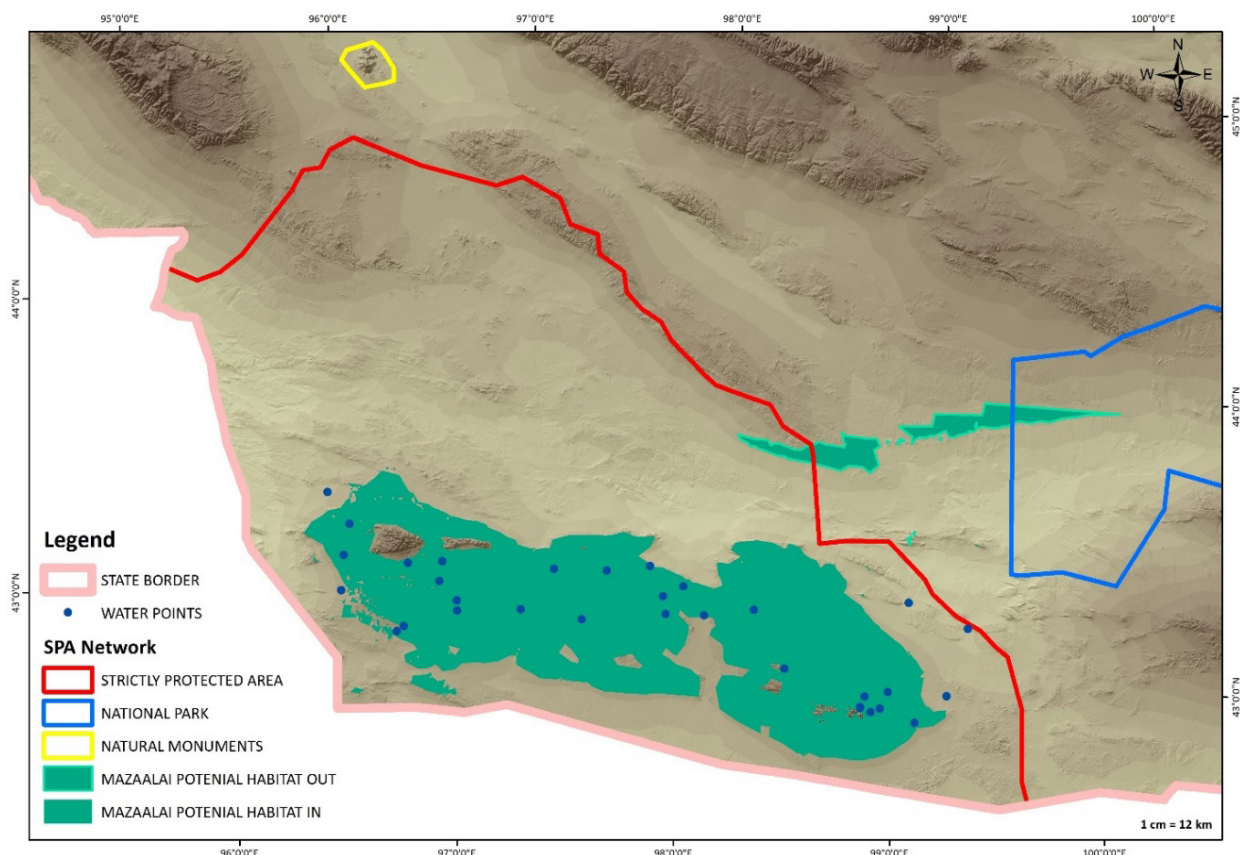


Fig. 7. Results of habitat modeling for the Gobi bear in the Trans-Altai Gobi region

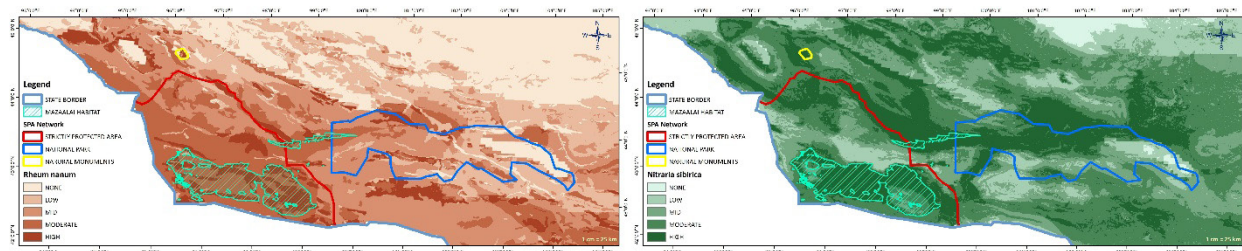


Fig. 8. Habitat modeling of Rheum and Nitraria, the primary food sources of the Gobi bear

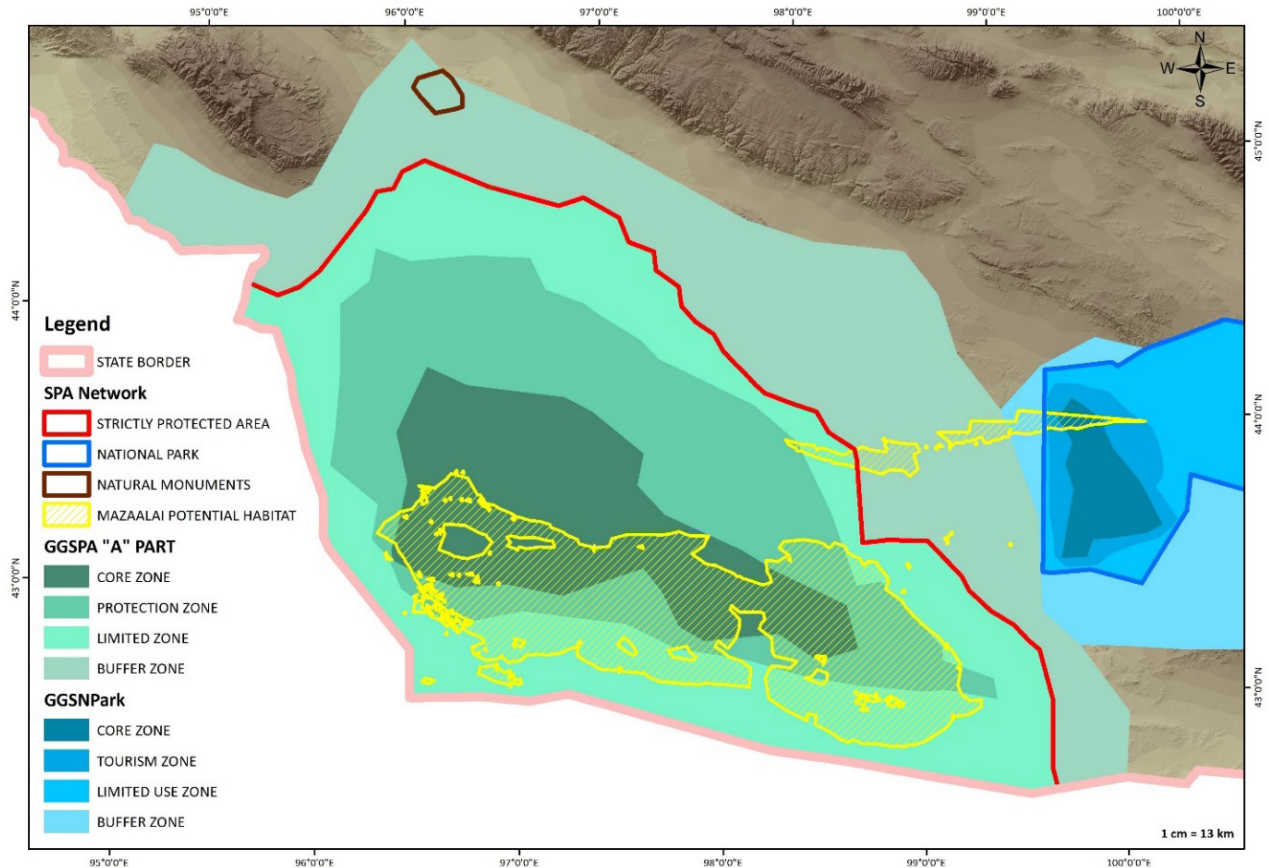


Fig. 9. The habitat of the Gobi bear is located within the Special Protected Area Network, which includes designated zoning areas.

as the Khar Sair Valley in the Trans-Altai Gobi of Altai, which were deemed unsuitable habitats according to the modeling results. When comparing the historical location data reported by Bannikov (1954) [32] and Bold (1967) [22] to the areas identified as suitable through modeling, it is evident that the historical range does not cover the regions appropriate for the Gobi bears. This indicates that the habitat during the Holocene period (approximately 6000 years ago) was only arginally represented (Fig. 12, 13, 19).

According to habitat modeling, the Gobi bear is found at altitudes between 1100 and 2000 m above sea level. The data indicates that this species does not inhabit areas below 1000 m in the Trans-Altai Gobi or above 2000 m. On average, an altitude of 1500 m above sea level is

considered ideal for the Gobi bear, aligning with the findings of Mijiddorj (2013) [24]. Based on a total of 2835 observation points, the average altitude where Gobi bears are located is 1446.6 m above sea level (95% CI: 1440.1 - 1453.1; $P = 0.005$; Mean $\pm$ St.D.: 1269.5 - 1623.7). Furthermore, the Maxent model supports these findings, indicating that Gobi bears typically occur at altitudes between 1200 and 1700 m above sea level, with a peak occurrence at 1500 m (0.6%).

The model's accuracy, measured by the Area Under the Curve (AUC) of the Receiver Operating Characteristic (ROC), is as follows: All individuals enterally AUC 0.966 (test AUC=0.966; SD 0.002), Mother AUC 0.994 (test AUC=0.994; SD 0.001), Alaska AUC 0.997 (test AUC=0.997; SD 0.001), Sugsug AUC 0.998 (test AUC=0.998; SD 0.000), Unkhwon AUC 0.976 (test AUC=0.975; SD 0.002), Yokozuna AUC 0.996 (test

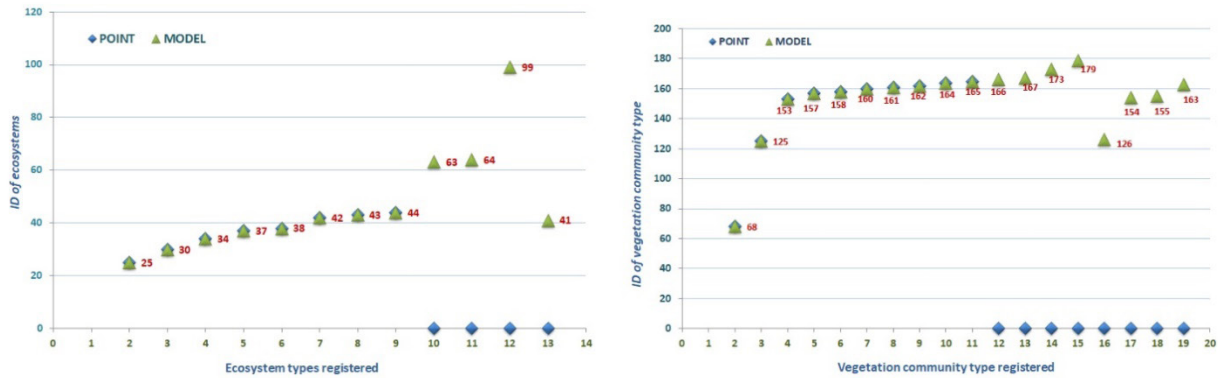


Fig. 10. Ecosystems and plant communities are documented by points and identified through modeling

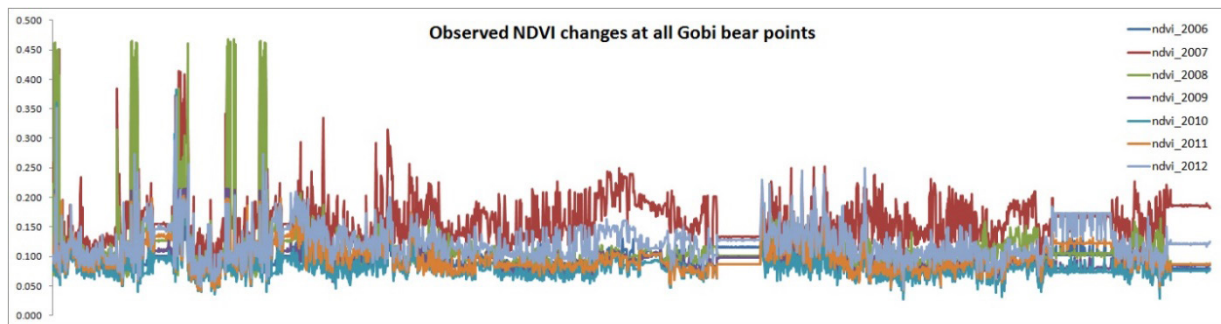


Fig. 11. Recorded NDVI data from the Gobi bear locations via collar from 2006 to 2012 in the Trans-Altai Gobi.

AUC=0.995; SD 0.001); historical habitat AUC 0.965 (test AUC=0.967; SD 0.002), season-2 spring AUC 0.990 (test AUC=0.988; SD 0.001), season 3-summer AUC 0.979 (test AUC=0.978; SD 0.002), season 4-autumn AUC 0.990 (test AUC=0.989; SD 0.001) and the Rheum (*Rheum nanum*) AUC 0.957 (test AUC=0.980; SD 0.012) and Nitre bush (*Nitraria sibirica*) AUC 0.903 (test AUC=0.849; SD 0.022) respectively.

Between 2006 and 2012, data from the satellite Normalized Vegetation Index (NDVI) was analyzed over six midsummer years (NDVI values from 241 to 249 days). This analysis, based on a point data mask of Gobi bear locations, indicated that these bears primarily inhabit areas where NDVI values range from -0.4 to +0.3 (Fig. 11). However, modeling results revealed that Gobi bears were found in regions with little to no green vegetation during those years. Notably, the probability of Gobi bear occurrence decreases significantly above an NDVI value of +0.3. This decline is likely linked to a reduction in the availability of key food species, despite an overall increase in plant yield and abundance. Therefore, further research is necessary to understand this phenomenon better. In terms of climate, several factors significantly contribute to the habitat modeling of the Gobi bear. These include the average annual temperature (bio 1), average cold season temperature (bio 11), annual precipitation (bio 12), precipitation during the wet month (bio 13), wet

season precipitation (bio 16), precipitation in the warm season (bio 18), minimum temperature in the cold season (bio 6), and average temperature in the dry season (bio 9). Particularly, it is believed that plants play a crucial role in the food composition of the Gobi bear [24]. Notably, the species *Rheum nanum* and *Nitraria sibirica* are (Fig. 8) significant in defining the ecological niche, as well as in influencing vegetation and plant districts. According to the modeling, the optimal climatic conditions for the Gobi bear are as follows: an ideal Annual mean temperature (Bio1) range of +2° to +7° degrees Celsius, a Mean temperature of Coldest quarter (Bio11) ranging from -13° to -10° degrees Celsius, total Annual precipitation (Bio12) between 4 to 10 mm, Wettest month precipitation (Bio13) between 15 to 23 mm, Precipitation of wettest Quarter (Bio16) between 25 to 70 mm, Driest quarter precipitation (Bio17) also between 1 to 4 mm, a Minimum temperature of Coldest month (Bio6) range of -21° to -18° degrees Celsius, and a Driest quarter mean temperature (Bio9) ranging from -10° to 7° degrees Celsius. The distribution modeling of *Nitraria sibirica* and *Rheum nanum*, which provide most of the food for Gobi bears [24], was the first study to utilize these plants as a foundational layer and filter (Fig. 8) for evaluating the habitat of the species based on relevant point data.

Based on the point data collected from collared Gobi bears, eight main communities within the ecosystem were

identified. However, a modeling study revealed a total of twelve communities, adding four more to the initial eight, which were fully included in the new findings (Fig. 10).

Furthermore, while ten plant communities were identified from the Gobi bear point data, the modeling study uncovered a total of eighteen communities, resulting in the identification of eight additional communities (Fig. 10).

Based on NDVI data from 2006 to 2012, the collared Gobi bears exhibited the following average values: in 2006, the average NDVI was 0.095 (95% CI: 0.0944-0.0959; $P < 0.005$; Mean $\pm$ St. Dev: 0.075-0.115), in 2007, the average increased to 0.162 (95% CI: 0.161-0.164; $P < 0.005$; Mean $\pm$ St. Dev: 0.161-0.163), in 2008, the average was 0.111 (95% CI: 0.109-0.112; $P < 0.005$; Mean $\pm$ St. Dev: 0.065-0.156), 2009, the average dropped to 0.091 (95% CI: 0.090-0.0921; $P < 0.005$; Mean $\pm$ St. Dev: 0.086-0.114), in 2010, the average was 0.0817 (95% CI: 0.0809-0.0825; $P < 0.005$; Mean $\pm$ St. Dev: 0.0592-0.1043), in 2011, the average increased again to 0.099 (95% CI: 0.098-0.100; $P < 0.005$; Mean $\pm$ St. Dev: 0.073-0.125), and finally, in 2012, the average was 0.122 (95% CI: 0.121-0.123; $P < 0.005$; Mean $\pm$ St. Dev: 0.092-

0.151). This NDVI data indicated by the modeling that the Gobi bears surviving poor vegetation environment.

The current distribution of Gobi bears should be analyzed in conjunction with historical research data on their range. Before 1950, the historical habitat of the Gobi bear was modeled using additional data provided by Bannikov (1954) [32], Bold (1967) [22], and Jirnov, Ilyinsky (1985) [31]. In their studies, they identified and documented reliable sources of information, which we have incorporated (Fig. 12, 13). The historical distribution area of the Gobi bear encompassed a total of 33171.47 km² in the southwestern and southern regions of the country. This figure represents a 15% reduction compared to the distribution area outlined by Bold (1967) [22] but is 50% less than the estimated area of approximately 75000 km² reported by the IUCN (2024) [30] and Mijiddorj (2013) [24], Lkhagvasuren et al [5].

Notably, 71% of the historical distribution area (23619.18 km²) is now included in the current protected area network, with 51% of this area falling within the Great Gobi Strictly Protected Area. This protection is crucial for promoting research, restoration, and effective management of the Gobi bear's habitat, ensuring it aligns

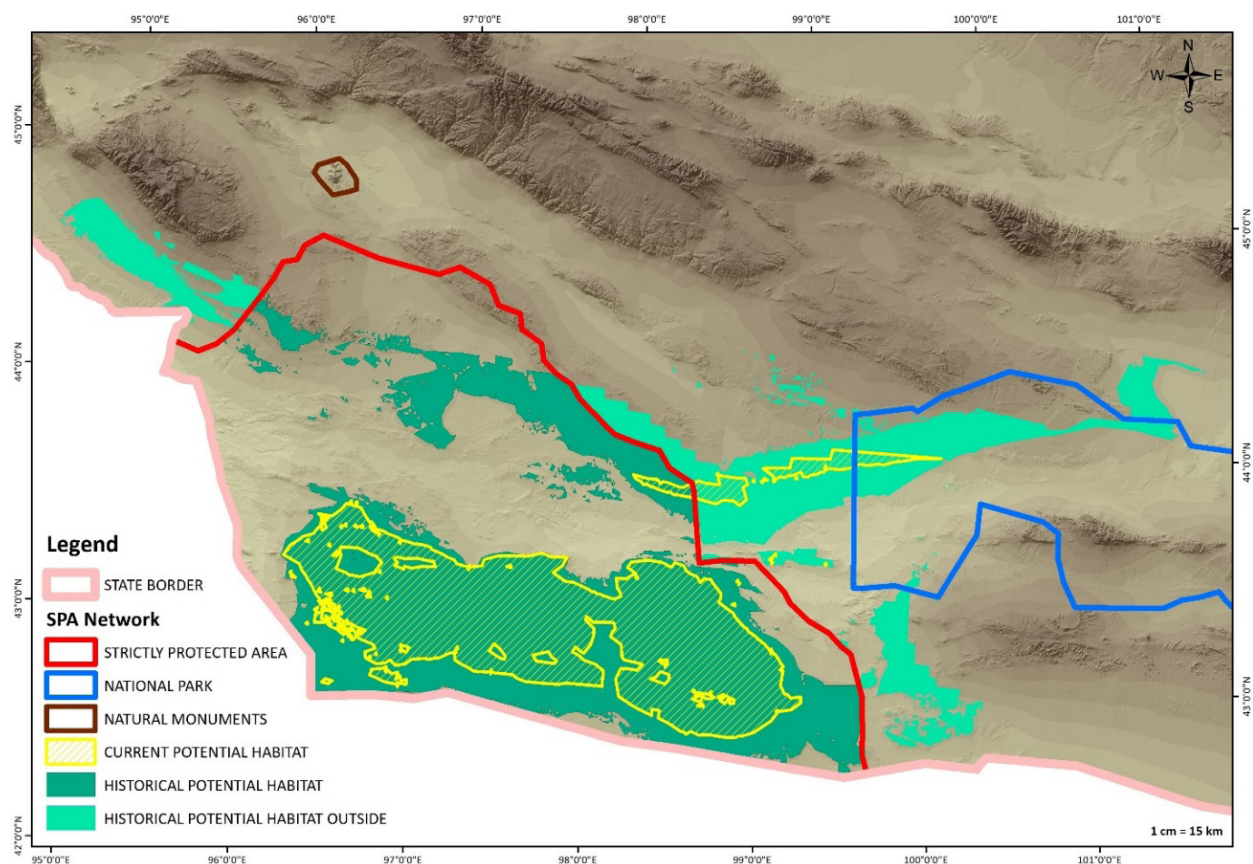


Fig. 12. The habitat range of the Gobi bear, both historical (before 1950) and current, has been modeled for better understanding

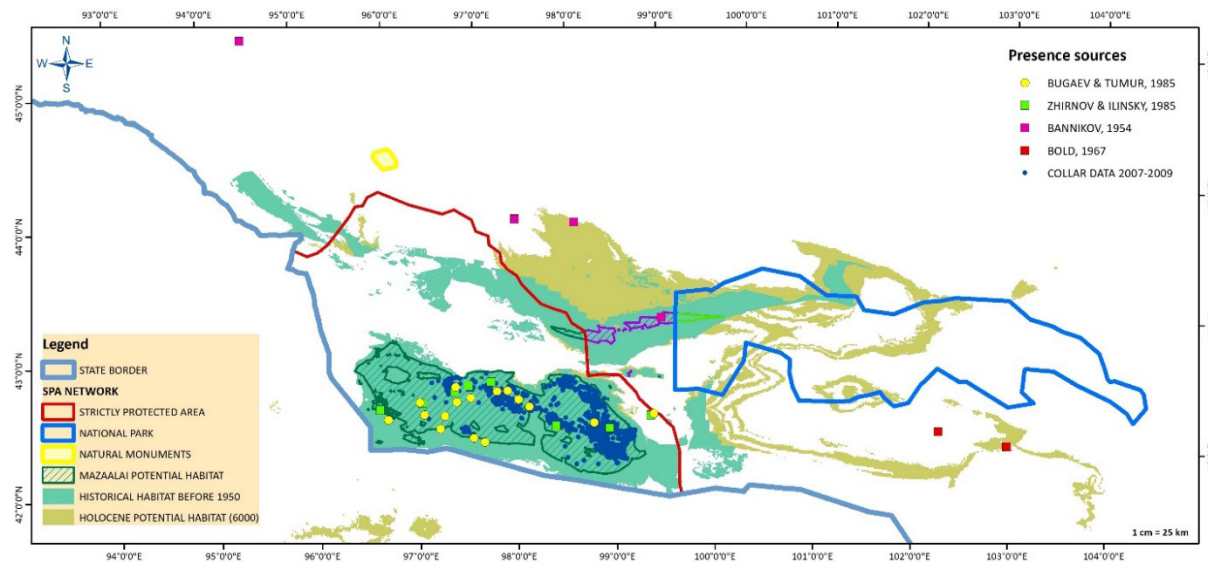


Fig. 13. Historical distribution before 1950, potential habitat range during the Holocene, and current modeling of Gobi bear habitats

with its historical range. Further clarification and detail on this aspect are necessary (Fig. 12).

Understanding habitat sharing and the harmonious relationships among individual Gobi bears

The habitat modeling study of the Gobi bear reveals that the selected bears are adapted to different habitats and range sizes (Fig. 6, 14, 15). Specifically, the Alaska bear occupies an area of 6399.22 km², concentrated in the eastern part of the Trans-Altaï Gobi. The Mother bear covers a range of 9629.88 km², with a distribution that is evenly spread throughout its territory. The Unknown bear has a habitat of 6779.5 km², located in the eastern and northeastern regions. Meanwhile, the Yokozuna bear inhabits an area of 6962.13 km² situated in the central part of the range. Lastly, the Sugsug bear is found in the

southeast, occupying an area of 2221.23 km².

According to the “The Gobi Bear” project [34], [35] conducted from 2005 to 2012, the habitat range data indicated that the territory of an adult female bear was 514 km². In contrast, the territories of two male bears were significantly larger, measuring 2465 km² and 2485 km² [35], which differed from the modeling results. Among five male individuals, excluding the mother bear, the average territory size of four males, measured by the minimum bounding geometry, was 1522.7 km² (95% CI: 512-3370.5), which is 38% lower than the average territory of the two males estimated in “The Gobi Bear” project. Considering the previously mentioned two female bear territories alongside our study of four female bears, as well as a total of six female bears, it is reasonable to es-

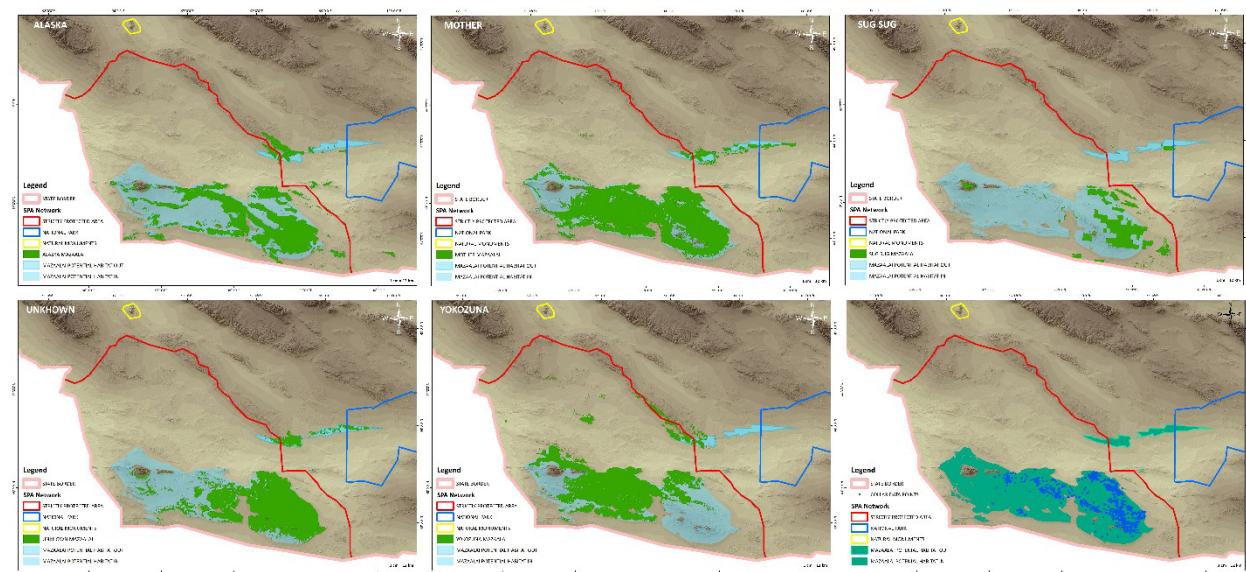


Fig. 14. Habitat modeling of Gobi bears in the Trans-Altaï Gobi

timate that an average adult female bear in the Trans-Altai Gobi occupies an area of 1840.1 km² (95% CI: 942-2738.1; $P=0.103$).

Furthermore, when comparing the average territory size of an adult female bear (514 km²) and a mother bear (2172.5 km²) to the average of six male bears (1840.1 km²), it is evident that the habitat range for male bears is larger than that of female bears.

The model indicates that compared to the overall suitable habitat range of the Gobi bear, which is 12829.69 km², the habitat ranges of other bears are as follows: the Alaska bear represents 50%, the bear Mother 75.1%, the Unknown bear 52.8%, the Yokozuna bear 54.3%, and the Sugsug bear 17.3%. In terms of habitat size, the bear Mother has the largest range at 9629.88 km². Considering this as 100%, the habitat of the Yokozuna bear is approximately 27.7% of the bear Mother's range, the Unknown bear's habitat is about 30%, the Alaska bear's habitat is around 33.5%, and the Sugsug bear's habitat is 76.9% smaller in comparison (Fig. 14). The Gobi bear - Mazaalai individuals are habiting and sharing their habitat across the entire suitable habitat of the Trans-Altai.

The habitat size of the Gobi bear varies with the seasons. In spring (March, April, May), the estimated habitat size is 9273.54 km². During summer (June, July, August), the habitat area increases by 30.9%, resulting in a summer habitat size of 12142.2 km², which adds 2868.66 km² compared to spring. In autumn (September, October, and November), the habitat area increases by 13.8%, reaching 10549.74 km², an increase of 1276.2 km² from spring. However, the autumn habitat size decreases by 13.1% (1592.46 km²) compared to the summer area (Fig. 15). The seasonal average habitat size for the Gobi bear is 10655 km² (95% CI mean $\pm$ SE: 7085-14225; P -value = <0.609 ; SD = 1,437).

The water sources used by the Gobi bears

Open springs play a crucial role in supporting the

biodiversity of the Gobi Desert region, particularly for the endangered Gobi bears [25], [36]. A total of 32 water points have been identified as being used by Gobi bears (Fig. 16, 17). Researchers [24] classified these water points into permanent, temporary, and visiting. To analyze their usage, we created buffers of 3 km, 6 km, and 9 km around each of the 32 water points (Fig. 16, 17, 18).

The water points in the Gobi region are numbered from west to east. Within the 9 km buffer of each water point, there were 926 recorded instances (33% of the overall total). This includes 119 instances (13%) attributed to Gobi bears from Alaska, 249 instances (27%) from the Mother, and 425 instances (46%) with an unknown origin. Additionally, there were 104 instances (11%) involving the bear Yokozuna and 29 instances (3%) involving the bear Sugsug.

According to the water point analysis, Gobi bears exhibit varying water use patterns throughout the year in the Trans-Altai Gobi. The data shows that in July and August, water usage was recorded for Alaska ($n=20$; 25), while Mother was noted in July, August, and September ($n=56$, 51, 40). Sugsug was recorded in May ($n=55$), and the Unknown bear was observed in June. In October, two instances were noted ($n=188$, 78). Yokozuna was found near water most frequently in May and July ($n=21$, 27). The analysis indicates that the peak water usage period for Gobi bears occurs from May to August, with June being the most intensive month (Fig. 16, 18). The monthly differences in Gobi bear water use can be attributed to variations in landscape and behavioral patterns. Interestingly, in November, an individual bear known as Unknown arrived at three water points: Zambilgeh ($n=5$), Khotol-Uls ($n=2$), and Muhar Zadgai ($n=71$), suggesting a delay in the typical hibernation period.

Furthermore, this bear was the earliest recorded individual to return to a water point in February (Fig. 16).

A total of 926 reported cases of Gobi bears visiting

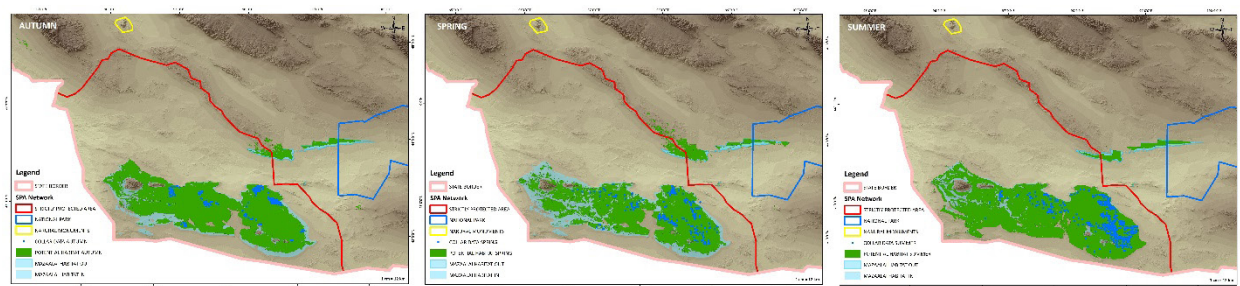


Fig. 15. Seasonal Habitat Variations of the Gobi Bear

water points were recorded over nine months, from February to October. The data was compared against 32 water points for each month. The findings revealed the following average number of visits by Gobi bears each month as February: 11 visits (mean $\pm$ SE: 13.6 - 35.6; P-value < 0.005), March: 16.6 visits (mean $\pm$ SE: 8.8 - 23.64; P-value = 0.307), April: 11.6 visits (mean $\pm$ SE: 8.1 - 15.12; P-value = 0.586), May: 17.6 visits (mean $\pm$ SE: 14.98 - 20.22; P-value = 0.518), June: 50.8 visits (mean $\pm$ SE: 16.21 - 85.38; P-value = 0.007), July: 29.2 visits (mean $\pm$ SE: 19.98 - 38.42; P-value = 0.796), August: 19.2 visits

(mean $\pm$ SE: 10.4 - 27.9; P-value = 0.394), September: 8 visits (mean $\pm$ SE: 1.77 - 15.16; P-value < 0.005), October: 6 visits (mean $\pm$ SE: 0.24 - 11.75; P-value < 0.005) and November: 15.6 visits (mean $\pm$ SE: 1.77 - 15.31; P-value < 0.005) (Fig. 16, 17).

Out of a total of 32 water points, Gobi bears visited 18, which accounts for 56%. On average, each bear visited a water point 51 times (95% CI: 26.6-76.25; Standard Deviation: 49.4; P=0.007). The average number of visits to water points varied among individual bears over a total period of 9 months. For instance, Alaska averaged

Count of NEAR_FID Column Labels																				
Row Labels	3	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	31	Grand Total	
Alaska			15	1	18	1		5			27	27	10		1		1	13	119	
April												6	10						16	
May												2					12		14	
June					1	5			3			1					1	1	12	
July			15		13	1		1											30	
August								1		22					1				24	
September										5		18							23	
mother			20	37	53	22	33		5		27	49			1		1	1	249	
March					5														5	
April					11		9												20	
May				2	23		1												26	
June				6	2	8			3			1					1	1	22	
July			3	29	4	13	6		1										56	
August			5		4	1	17		1		22					1			51	
September			12								5	23							40	
October					4							25							29	
SugSug											7	3	5	1		13			29	
April											1	2	2			1			6	
May											2		2			12			16	
June											4	1	1	1					7	
unknown						1			9	7	63	5	12	63	6	53	185	21	425	
February																	55		55	
March										3							40		43	
April										1									1	
May													3			3	1	6	13	
June											56	2	7	54	6	47	7	9	188	
July											7	3	2	9		3	9	6	39	
August						1			4	1							2		8	
November										5	2						71		78	
Yokozuna	1	10	25	43	6	14	1	1	3										104	
March			1	7	7	1			1										17	
April				1	8		8												17	
May			6	13		2													21	
June					4	1	1	1											7	
July			1	3	15		5			3									27	
August			2	1	9	2													14	
October		1																	1	
Grand Total	1	10	45	95	60	55	35	1	22	7	124	8	93	74	6	68	187	35	926	

Fig. 16. The water points utilized by Gobi bears in the Trans-Altai Gobi are categorized by district: the Atas Inges District is marked in orange, the Shar Khults District is marked in blue, and those in Tsagaan Bogd District are marked in green

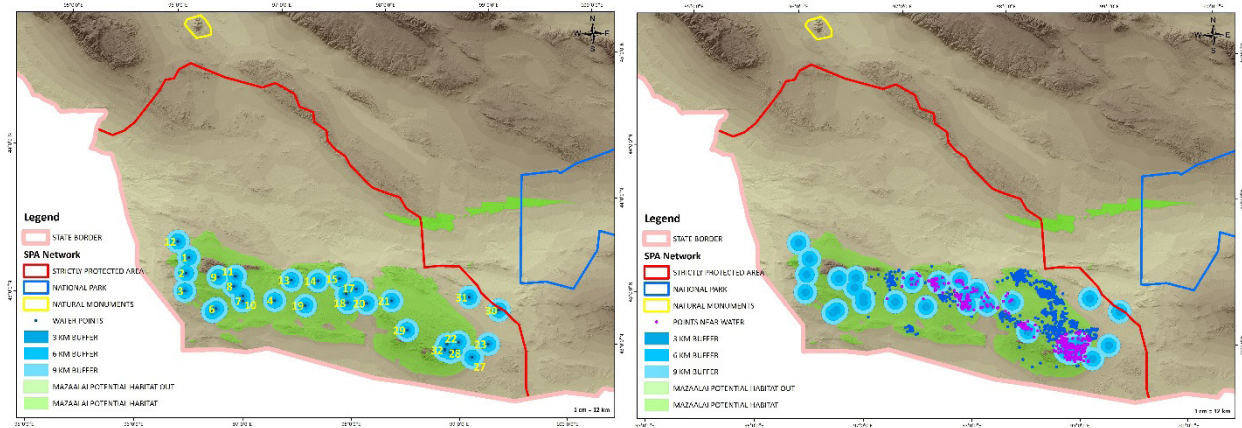


Fig. 17. The water points of Trans-Altai Gobi are used by Gobi bears

11.9 visits (mean $\pm$ SE: 8.27-15.5; $P=0.117$), Mother averaged 24.9 visits (mean $\pm$ SE: 18.6-31.2; $P=0.624$), Sug-sug averaged 3.2 visits (mean $\pm$ SE: 1.36-5.1; $P<0.005$), Unknown averaged 42.5 visits (mean $\pm$ SE: 24.2-60.7; $P=0.011$), and Yokozuna averaged 10.1 visits (mean $\pm$ SE: 7.2-13.5; $P=0.134$).

In the Trans-Altai Gobi, bears display selective use of water points, as Alaska and Mother Bears form a group that consistently utilizes similar water points, while Sug-sug and Unknown bears belong to another group. In contrast, Yokozuna bears tend to use specific water points on their own. When Gobi bears emerge from hibernation in the spring, they initially rely on a limited number of water points. However, as more water becomes available, the number of utilized water points increases significantly, with bears visiting over eight different points at their peak. This number starts to decline in August and September (Fig. 16, 18).

Gobi bears are often found near specific water points, as indicated by the frequency of collar data recorded at these locations. For instance, when the Alaskan bear

emerged from hibernation in the spring, it primarily stayed around the Khokh Ders and Altan Tevsh water points. However, in June and July, it migrated westward towards the central water points of the Gobi (Fig. 17, 18).

Between 2008 and 2009, a DNA study focused on hair samples was conducted at 13 water points in the Atas Inges, Shar Huls, and Tsagaan Bogd Districts [34], [35]. The study revealed that hair samples were collected at five water points not registered or used by Gobi bears. Out of the ten water points where Gobi bears were not detected, no hair samples were taken or used. Eight of these water points were classified as “temporary” by the researchers [24], while two were identified as “visiting.”

Out of the total 32 water points in Trans-Altai Gobi, four water points, including Baruun Tooroi, Khukh Khuls, Bogts Tsagaan Ders, and Suuj Bulag, were not recorded as Gobi bear by the collar. Samples were collected during the DNA survey [34] from eight water points that were not included in our survey. These points are Nuden Bulag, Ulzii Bilgeh, Zamin Bilgekh, Khardovon, Talyn Bilgeh, Khokh Ders, Dugui Bulag, and Ehyn Gol Oasis.

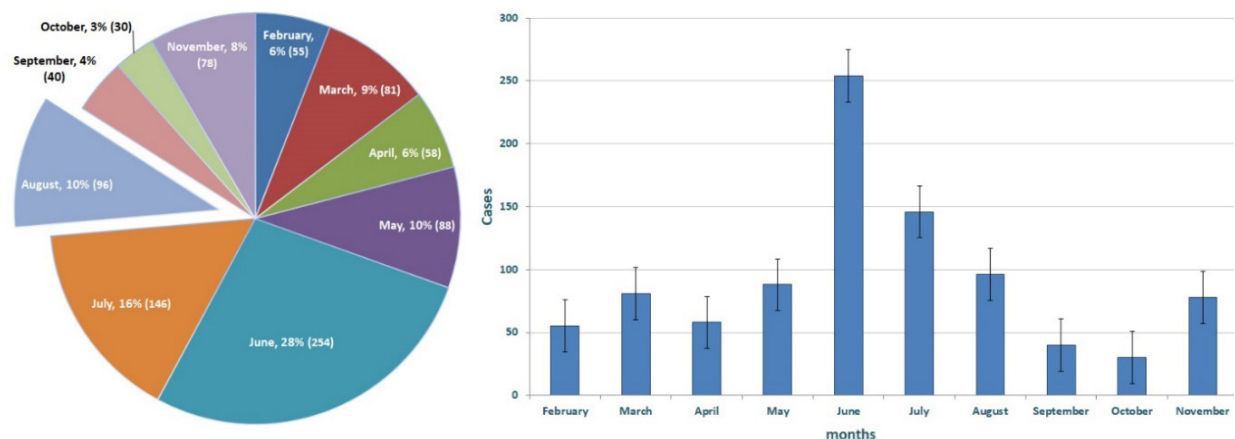


Fig. 18. The Gobi bears approach water points within a 9 km buffer of the Trans-Altai Gobi

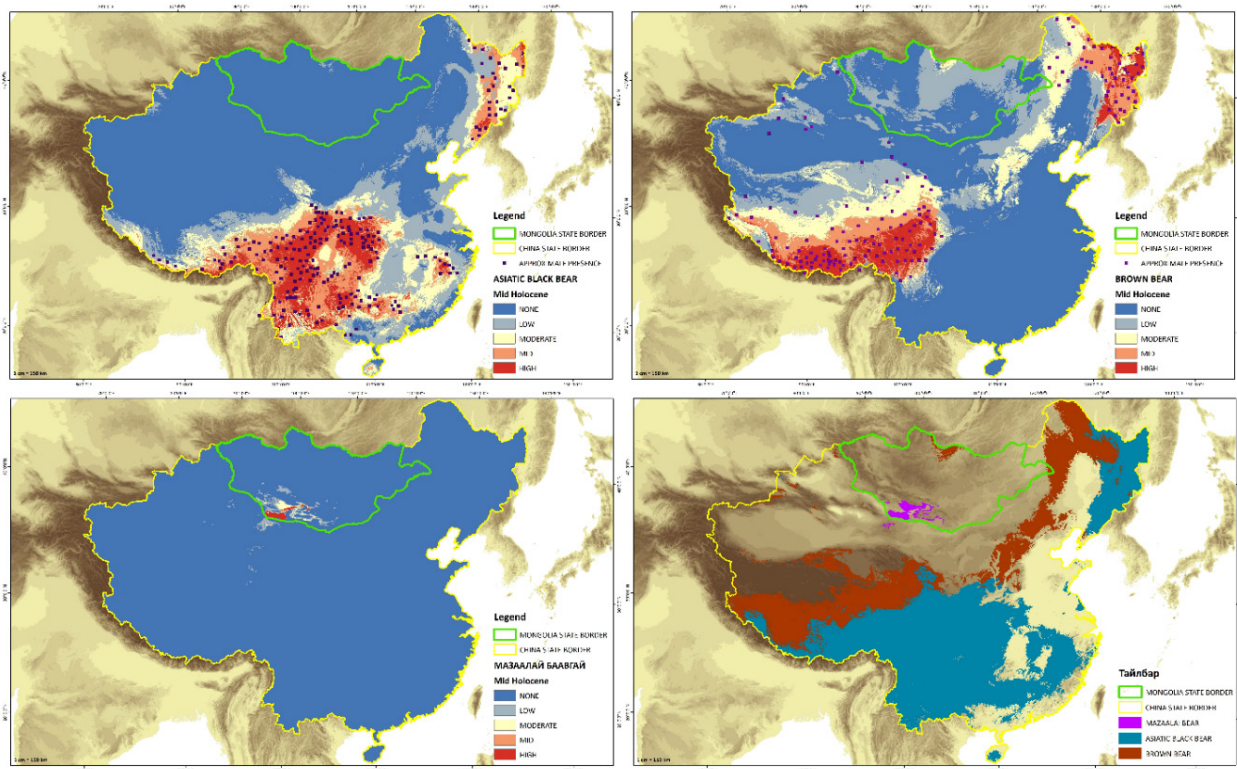


Fig. 19. Distribution modeling of Gobi bears *U. a. isabellinus*, Asian black bear *U. t. tibetanus*, and Brown bear *U. a. arctos* in Holocene (~6000) remodeling

According to a DNA study conducted in 2008-2009 [35] and habitat modeling from 2014, out of 32 water points in the Gobi bear range, 22 water points (69%) are utilized by Gobi bears. However, 8 of these water points (36%) are springs that have been favorably cleared.

The historical distribution and current habitat of the Gobi bear

Sokolov et al. (1996) [33] noted that, at that time, there was no information regarding the distribution of Gobi bears in China. They pointed out that in the second half of the 19th century, the range of Brown bears in the Eastern Tian Shan region extended only to the beginning of the Ili River. Additionally, they characterized the distribution of Gobi bears as that of a relict species. However, this species is not typically associated with the northern regions (as there were no forests in the southern Gobi-Altai). Instead, it is likely a remnant species from the Central Asian Pleistocene “lake period.” Masuda et al. (1998) [37] conducted a study on the phylogenetic status of Asian brown bears. They found that the Mongolian Gobi-1 brown bear is closely related to the lineage of the Western European brown bear, but it is separate from the Eastern European group. This finding aligns with the fact that the divergence of the Mongolian brown bear occurred approximately 0.74 million years ago during the Pleistocene epoch.

It is believed that the brown bear found in Mongolia may be an ancestor of the Western European brown bear. The Gobi bear, which is an isolated population residing in a vast desert, currently has no more than 30 individuals. This bear is recognized as a remnant or relic species in the [1], [2], [3], [5].

The climate projection model relevant to the genetic research mentioned earlier was developed using the Bio19 climate model, focusing on the middle of the Holocene, approximately 6000 years ago. During this period, the climate supported the presence of the Gobi bear (*Ursus arctos isabellinus*), the Asian black bear (*Ursus tibetanus*), and the brown bear (*Ursus arctos*). The goal of this research is to clarify the potential distribution of these species in Mongolia and China. To achieve this, we digitized and analyzed the presence data of three brown bear species recorded in the results of the most recent National Bear Survey conducted in China [5], [37] Phylogenetic status of Brown bears *Ursus arctos* of Asia: A preliminary result inferred from mitochondrial DNA control region sequences [38].

The comparative study’s results suggest that the distributions of the Asian black bear (*U. tibetanus*) and the brown bear (*U. arctos*) in China do not overlap with that of the Gobi bear. These species are geographically and climatically separated from one another. According to

Chinese researchers, the species *U.a.isabellinus*, found in the Tan-Shan Mountains, is geographically closest to the local population. In contrast, *U.a.arctos*, which is distributed in the Altai Mountains of northwestern China, is more similar to the bear population located in Bayan-Olgii Aimag, situated in the western part of the brown bear's range in our country (Fig. 19). During the Holocene, the northern range of the brown bear in China [38] merged with the southern part of the potential distribution area of the Gobi bear. However, their geographical distributions do not align (Fig. 19).

In terms of climate, the geographic distributions of the Gobi bear during the middle of the Holocene differ significantly from those of the brown bear and the Asian black bear in China. This disparity supports the findings of genetic research, but there is an urgent need for more detailed studies on the genetic and geographical aspects of these bears.

The significance of the species habitat model lies in its ability to be dynamically adjusted in response to future factors such as climate change. Climate change, one of the most pressing issues in the world today, was specifically modeled for the critically endangered Gobi

bear, native to Central Asia. This analysis projected four scenarios of future climate change using the HADGEM2 model, focusing on the year 2050.

According to simulations of future climate change, the potential habitat range of the Gobi bear, currently measuring 13865.69 km², is projected to change by 2050 (approximately 2041-2060) under various warming scenarios, including in the RCP 2.6 scenario, with average warming of +1°C (0.4-1.6°C), the habitat is expected to increase by 8.7% (1202.94 km²); in the RCP 4.5 scenario, with warming of +1.4°C (0.9-2.0°C), is projected to be increased by 16.3% (2254.41 km²); under the RCP 6.0 scenario, with an average warming of +1.3°C (0.8-1.8°C), the habitat increased at 19.9% (2765.28 km²), and finally, in the RCP 8.5 scenario, with warming of +2°C (1.4-2.6°C), the habitat is expected to increase by 6.4%, which corresponds to an increase of 889.57 km² (Fig. 20).

An expected climate change appears to create somewhat favorable conditions for the expansion of habitats for certain animals, such as the Gobi bear in the Gobi Desert region. However, this does not address changes in the availability of food, which are crucial for the species survival. Future climate change impacts the habitat

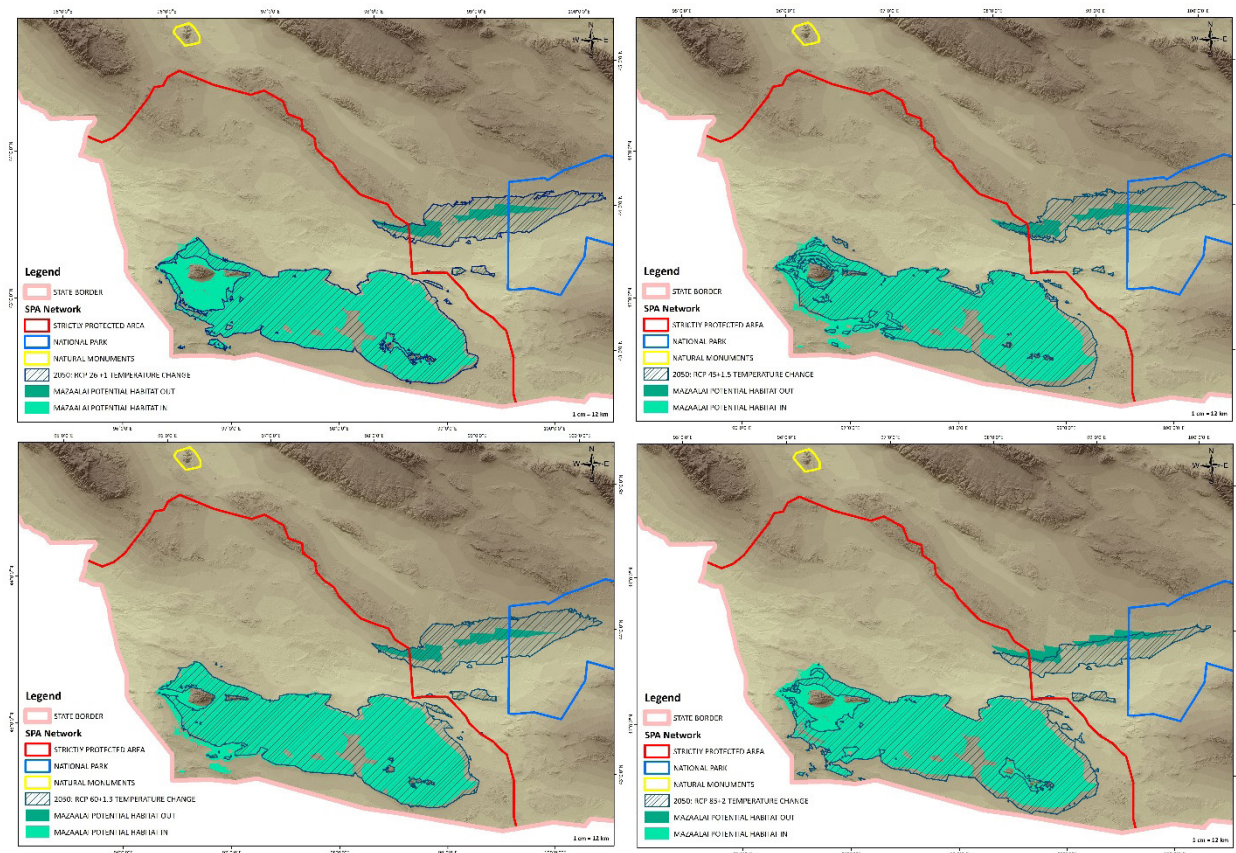


Fig. 20. Prediction of Future Climate Change Effects on the Habitat of Gobi Bears in the Trans-Altai Gobi Region by 2050.

of Gobi bears. However, their habitat is expected to remain stable in the future. Notably, the effects of climate change are more pronounced in the northeastern part of the region, particularly outside the eastern Special Protected Areas (SPAs) where suitable Gobi bear habitats exist according to the estimated polygon areas based on modeling.

Conclusion

- Habitat modeling indicates that there are 23619.18 km² of suitable habitat for Gobi bears in the “A” section of the GGSPA. However, only 54.3% of this habitat (approximately 12829.7 km²) is currently occupied by the species.
- The average potential range for adult Gobi bears is around 5590 km², although this can vary based on factors such as age, sex, and season. The habitat ranges of individual bears overlap by approximately 40-60%.
- Gobi bears inhabit 12 different ecosystem communities and 18 types of plant associations within the arid desert and desert steppe ecosystems of the Trans-Altai Gobi, where they share habitats.
- Gobi bears frequently visit water points from February to November when they are out of hibernation, with peak water use occurring in June and July.
- Out of 22 springs, Gobi bears use 8 of them permanently. The use of springs varies among individuals.
- Climate is the primary factor limiting the habitat of Gobi bears, and their population is both independent and isolated geographically.
- It has been confirmed that the habitat of Gobi bears has decreased by more than 60 percent since the end of the 20th century.
- The current range of the Gobi bear is expected to remain stable by 2050, due to the limited impacts of climate change (warming) on their habitat.

Acknowledgement

We thank the Ministry of Nature, Environment, and Green Development for funding the research project MNEGD-2014/05/15-1.

References

- [1] *Red Book of Mongolia's Peoples Republic.*, Shagdarsuren O. Ulaanbaatar, Mongolia.: Institute of General & Experimental Biology & Institute of Botany, MAS of MPR, and Council of Environmental Protection Association., 1987.
- [2] *Mongolian Red Book.*, Shiirevdamba Ts. Ulaanbaatar, Mongolia.: Mongolian Red Book. Ministry for Nature and Environmental of Mongolia., 1997.
- [3] *Red Data Book of Mongolia.*, Shiirevdamba Ts. (Ed. un Chief). Ulaanbaatar., 2013.
- [4] Clark E.L., et al., *Mongolian Red List of Mammals.* 2006.
- [5] Badamjav Lhagvasuren and Batmunkh Mijiddorj, “The Status of Bears in Mongolia.” *Understanding Asian Bears to Secure Their Future. Compiled by Japan Bear Network*, pp. 90-95., 2006.
- [6] *Government Statute-book 37.* The Presidential direction to the Government. Decrees by the President #121., 2014.
- [7] Papes M and P. Gaubert, “Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents.” *Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.)*, no. 13, pp. 890-902., 2007, <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00392.x>.
- [8] Sunil Kumar, Sarah A Spaulding, Thomas J Stohlgren, Karl A Hermann, Travis S Schmidt, and Loren L Bahls, “Potential habitat distribution for the freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in the continental US.” *The Ecological Society of America.*, vol. 7., no. 8, pp. 415-450 p., 2009, <https://doi.org/10.1890/080054>
- [9] Roger A. Baldwin., “Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Reserch.” no. 11, pp. 854-866., 2009, <https://doi.org/10.3390/e11040854>
- [10] Lozier, J.D., P.Aniello, and M.J.Hickerson., “Predicting the distribution of Sasquatch in western North America: anything goes with ecological niche modelling.” no. 36., pp. 1623-1627 pp., 2009, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02152.x>
- [11] Jane Elith, Steven J. Phillips, Trevor Hastie, Miroslav Dudík, Yung En Chee1, and Colin J. Yates., “A statistical explanation of MaxEnt for ecologists.” *Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.)*, vol. 17, pp. 43-57 pp., 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- [12] Theresa Adjeley Adjaye., “Maxent modelling of the apennine Brown Bear using incidental presence records: A Comparison of raw records and a kernel density in southern Majella NP.” 2011.
- [13] Youngah Lim, Munisamy Gopinath, Samuel Chan, and Michael Harte., “Predicting Potential Invasive Species Distribution: An Application to New Zealand Mudsnaills in the Pacific Northwest.” 2011, doi: 10.22004/ag.econ.103646.
- [14] Nazeri M, K.Jusoff, N. Madani, A.R.Mahmud, A.R. Bahman, and L. Kumar., “Predictive Modeling and Mapping of Malayan Sun Bear (*Helarctos malayanus*) Distribution Using Maximum Entropy.” *PLoS ONE*, no. 7(10), 2012, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048104>
- [15] Steven J. Phillips, Miroslav Dudík, and Robert

- E. Schapire., "A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling.," *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, pp. 655-662., 2004. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>
- [16] Steven J. Phillips, Robert P. Anderson, and Robert E. Schapir., "Maximum entropy modeling of species geographic distributions.," *Elsevier. Ecological Modelling*, vol. 190, pp. 231-259., 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- [17] IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*, [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.,
- [18] "Global climate and weather data.," Worldclim.org., 2024 2020.
- [19] Jane Elith, Michael Kearney, and Steven Phillips, "The art of modelling range-shifting species.," *Methods in Ecology and Evolution.*, no. 1, pp. 330-342., 2010, <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x>
- [20] Robert J. Hijmans, Susan E. Cameron, Juan L. Parra, Peter G. Jones, and Andy Jarvis., "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas.," *Int. J. Climatol.*, no. 55:, pp. 1965-1978., 2005. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- [21] "Environmental Database Division. Information & Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environmental. Geo-Information Database.," Ministry of Environment and Climate change, Mongolia. eic.mn/geodata/.
- [22] Bold A., "Gobi bear-Mazaalai and Brown bear.," *Proceedings of Institute of Biology.*, no. 2, pp. 5-51., 1967.
- [23] Tulgat R., "Biological Resources and Natural Condition of GGSPA. First Scientific Conference.," Recent & Earlier. Biological Resources and Natural Condition of GGSPA. First Scientific Conference., 1995, pp. 110-111.
- [24] Mijiddorj B., *Mazaalai the Gobi Bear*. Ulaanbaatar., 2013.
- [25] Bugaev K and Ch. Tumor., "Mazaalai.," *Proceedings of General & Experimental Biology.*, vol. 17., pp. 127-136 p., 1982.
- [26] Dulamtseren S., *Mammal identification book of Mongolia*. Ulaanbaatar., 1970.
- [27] *The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. CITES Mongolia Implementing Committee*. Ulaanbaatar.: MNE Mongolia & JIKA., 2001.
- [28] Namnandorj O., *Special protected area & Wildlife of MPR*. Ulaanbaatar, Mongolia., 1976.
- [29] Sokolov V.E and V.N.Orlov., *Mammal Identification Book of Mongolia*. Moscow.: Nauka., 1980.
- [30] *The IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- [31] Jirnov L.V and V.O.Ilinsky., *The Great Gobi Reserve - A Refuge for Rare Animals of the Central Asian Deserts*. Moscow, 1985.
- [32] Bannikov A.G., *Mammals of Mongolian People's Republic*. Moscow.: Pub. Russian Academy of Science. SSSR., 1954.
- [33] Sokolov V.E, et al., *Endangered species Mongolia*. Moscow.: Vertebrates., 1996.
- [34] "Report on the Genetic Study of the Gobi bear (*Ursus arctos*) 2013-2014.," Institute of Biology, MAS. 2014. Pp32.
- [35] Odbayar Tumendemberel, et al., "Gobi bear Population Survey.," Final Report. May 2011., 2009.
- [36] Tsendjav D and O.Dorjraa., "Gobi Bear Mongolia.," *National Commission for Conservation of Endangered Species & Institute of Biology, MAS.*, p. 93., 2006.
- [37] Ryuichi Masuda, Koichi Murata, Awirmed Aiurzaniin, and Michihiro C.Yochida., "Phylogenetic status of Brown bears *Ursus arctos* of Asia: A preliminary result inferred from mitochondrial DNA control region sequences.," *Hereditas.*, Brief Report, 1998.
- [38] Jien Gong and Richard B. Harris, "The Status of Bears in China.," *Understanding Asian Bears to Secure. Their Future. Compiled by Japan Bear Network*, pp. 96-101., 2006.



Алтайн өвөр говийн мазаалай баавгайн (*Ursus gobiensis* Sokolov & Orlov, 1992) амьдрах орчны судалгаа ба хамгааллын асуудал

Дуламцэрэн Энхбилэг^{1*}, Галсандорж Наранбаатар¹, Содномпил Батдорж¹,
 Цэрэнбатаа Туяа², Түмэндэмбэрэл Одбаяр³, Харри Рийнолдс², Даваасүрэн Дэлгэрчимэг¹,
 Насанбат БАТТОГТОХ¹, Ганболд Довчиндорж⁴, Амгалан БАЯСГАЛАН⁵

¹Монгол Улс, Улаанбаатар, Шинжлэх ухааны академи, Биологийн хүрээлэн, Хөхтний экологийн лаборатори

²Монгол Улс, Америкийн Нэгдсэн Улс, Олон Улсын мазаалай баавгай судлах хамтарсан төсөл

³Монгол Улс, Улаанбаатар, Шинжлэх ухааны академи, Биологийн хүрээлэн, Генетикийн лаборатори

⁴Монгол Улс, Говь-Алтай аймаг, Цогт сум, Говийн Их Дархан Цаазат Газар “А” хэсгийн Хамгаалалтын захиргаа

⁵Монгол Улс, Улаанбаатар, Байгаль орчин, Ногоон хөгжлийн Яам, Амьтан ургамлын үндэсний хороо

*Холбоо барих зохиогч: enkhbileg_d@mas.ac.mn <https://orcid.org/0000-0002-6409-9383>

Хураангуй. Мазаалай баавгай бол манай орны баруун өмнөд хязгаар, Алтайн өвөр говьд хязгаарлагдмал багахан нутагт, цөөн тоо толгойгоор тархсан Төв азийн уугуул нэн ховор зүйл баавгай юм. Угаас цөөн тоотой, үржил, төлжил удаан, жинхэнэ цөлийн хахир хатуу, хэт гандуу хүрээлэн орчинд амьдардаг энэ өвөрмөц зүйлийн тоо толгой цөөн төдийгүй хомсдолын шалтгааны экологи, биологийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй нарийвчлан судлах зайлшгүй шаардлага байгаа ч амьдарч буй нутаг нь судлаачид байнга очиход бэрхшээлтэй хэвээр байна. 2005-2009 оны хооронд мазаалай баавгайн хамгааллын бодлогын хүрээнд барьж хүзүүвчилсэн мэдээг ашиглаж шинжлэх ухааны бодит үр дүн зөвлөмжийг боловсруулсан. Алсын зайнаас тандан судлах технологи бүхий сансрын дохиололтой хүзүүвчний мэдээнд үндэслэн БОНХЯ-ны захиалгаар 2015 онд амьдрах загварчлалын дэвшилтэд арга зүй ашиглан мазаалай баавгайн боломжит тархац нутаг, амьдрах орчныг тогтоож, цаашдын хамгааллын менежментэд шаардлагатай үндэслэл боловсруулав. Шинэ тутам хөгжсөн шинжлэх ухааны дэвшилтэд арга зүйг ховор амьтанд анх ашигласан судалгаагаар ГИДЦГ “А” хэсэг, Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайд тохиромжтой амьдрах орчин 23619.18 км² нутаг байснаас одоо түүний 54.3% буюу 12829.7 км² голомт нутагт байршсаныг тогтоосон. Хүзүүвчтэй таван бодгаль мазаалайн амьдрах орчин хоорондоо 40-60% давхцаж, цөлийн экосистемийн 12 бүлгэмдэл, ургамлын 18 эвшлийг ашиглаж байна. Мазаалай баавгай 8 уст цэгийг байнга ашиглаж байгааг тогтоосон. Түүхэн тархац нутаг нь 20 зуунаас хойш 60% багассаныг дахин нотолж, уур амьсгалын төсөөллөөр 2050 оны орчим мазаалай баавгайн одоогийн амьдрах орчны хэмжээ тогтвортой байх хандлагатай. Цаашид амьдрах орчныг нарийвчлан судлах шаардлага бий.

Түлхүүр үгс: мазаалай баавгай, Максент, амьдрах орчны загвар

Хүлээн авсан 2024.10.07; хянан тохиолдуулсан 2024.12.03; зөвшөөрсөн 2024.12.30

© 2024 Зохиогч(д). [CC BY-NC 4.0 лиценз](#).

Оршил

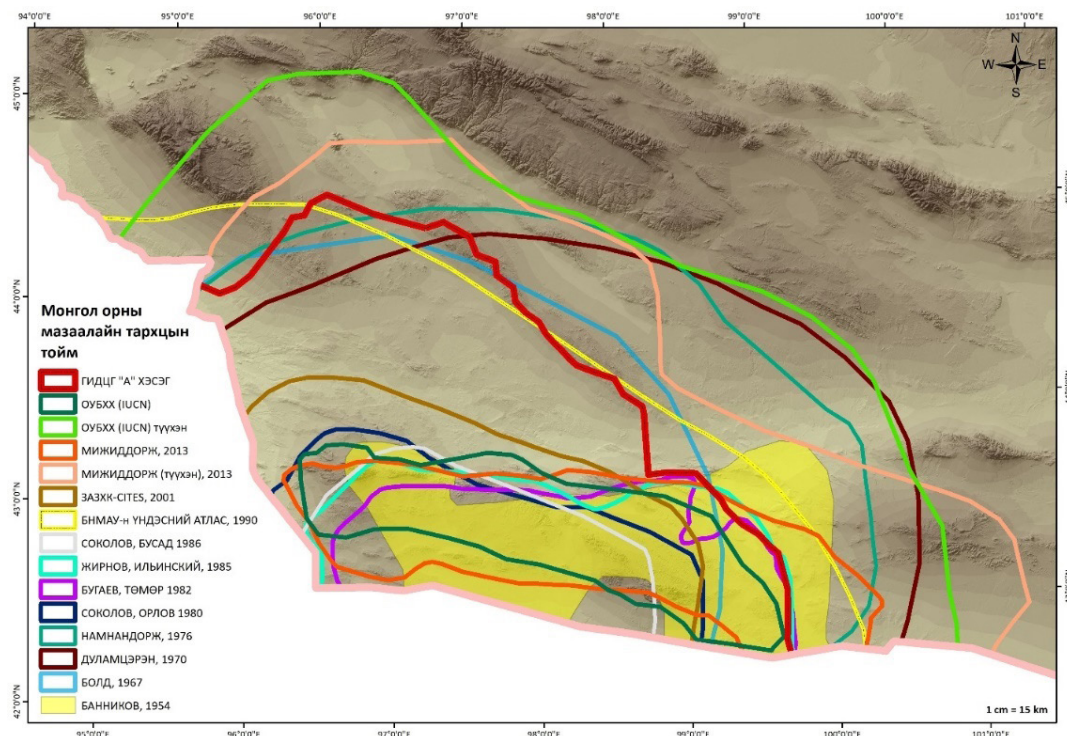
Мазаалай баавгай манай оронд бага нутагт маш цөөн, гоц ховор [1], нэн хязгаарлагдмал тархацтай, устах аюулд орсон [2], нэн ховор, үлдвэр зүйл [3] бөгөөд олон улсын болон бүс нутгийн хэмжээнд устаж байгаа [4] хөхтөн амьтан. Ерөнхий төрх хүрэн баавгайтай (*Ursus arctos* Linn., 1758) адил боловч биеэр бага бөгөөд 1930-аад оны үед манай орны Алтайн өвөр говийн баруунаа Аж богдын зүүн үзүүр, зүүнээ Тост, Нэмэгт уул, хойшоо Ээж хайрхан, Захуй, Зарманы баян бүрд, Эдрэнгийн нуруу, өмнөө улсын

хил хүртэлх нутагт тархаж байсан (1-р зураг) боловч одоо тархац нутаг 1960 оныхоос даруй 5 дахин хумигдаж 18000 км² нутагт тархсаныг тогтоожээ [3], [5]. Мазаалай Алтайн өвөр говийн хатуу ширүүн, эрс тэс уур амьсгалтай баруун өмнөд говьд амьдарна. XI-III сард агуй, хонгил, хулсан ширэнгэ, сухайн төгөл доогуур, нүх, хэвтэр засан ичдэг бөгөөд эвш жил өнжиж төллөдөг. Зун зээргэнэ, хармагийн жимс, хавар, намар бажуунын үндэс, зэгс, зээргэнэ, махирс, сухай, хялгана, хөмүүл зэрэг ургамал, амьтны сэг, туулай, чичүүл, шигшүү зэрэг мэрэгч хөхтөн, шувуу гүрвэл, шавжаар хооллоно.

Голдуу шөнө идэштэй бөгөөд мазаалай баавгайн тэжээлд 33 зүйлийн ургамал, 18 зүйл амьтны гаралтай тэжээл улирлаас хамаарч харилцан адилгүй оролцдог. Жилийн хэлбэлзэл ихтэй, хэт хуурай, эрс тэс уур амьсгал, ус, тэжээлийн байнгын гачаалтай байдал төдийгүй хоргодож үүрлэх, ичээлэх орчны хулс, бутан шугуй ширэнгийг хадаж хүн мал суурьших зэргээр хэвийн амьдралыг өөрчилснөөс дайжиж, хорогдож байгаа нь тоо толгой, үржил төлжлийг хязгаарлах хүчин зүйл болсон. Тархац нутагт нь байршуулсан автомат камер болон генетикийн судалгаагаар Алтайн өвөр говьд 22-31 бодгаль мазаалай байгааг тогтоосон байна [3]. Амьдрах орчин, экологийн нөхцөлөөр баавгайн бусад зүйлүүдээсээ эрс ялгаатай мазаалай баавгайн хамгааллын менежментийн асуудал анхаарал татах болсон нь байгаль хамгаалал болон [5] эрх зүйн нөхцөлийг [6] үндэслэн мазаалай баавгай хамгаалах менежментийг амжилттай хэрэгжүүлэхэд суурь болгох зорилгоор түүний амьдрах орчны загварчлалыг боловсруулах судалгааны зайлшгүй шаардлага тулгарсан. Говийн их дархан цаазат газрын (ГИДЦГ) уур амьсгал, экосистемийн бусад хүчин зүйлүүдэд үндэслэн Байгаль орчин ногоон хөгжлийн яамнаас гэрээний дагуу өгөгдсөн 5 мазаалай баавгайн хүзүүвчний мэдээллийг ашиглан амьдрах орчны загварчлалаар тархцыг тогтоож, цаашид хэрэгжүүлэх хамгааллын нэн тэргүүний арга хэмжээний зөвлөмж, санал боловсруулах зорилго дэвшүүлсэн.

Судалгааг гүйцэтгэсэн 2015 онд амьтны амьдрах орчны (экологийн “нишийн”) загварчлалаар зүйлүүдийн тархалтыг нарийвчлан тогтоодог дэвшилтэд арга зүй олон улсад эрчимтэй ашиглагдаж эхэлснийг Монголд, тухайлбал ховордсон зүйлийн хамгаалалд ашиглах даалгавартай байсан. Амьтны биологи, экологийн судалгаа шинжилгээнд эрчимтэй хэрэглэх болсон загварчлалыг хамгийн жижиг вирус бактериас эхлэн том хөхтөн, шувууд зэрэг биологийн олон төрөл зүйлүүдэд ашиглаж [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14] үр дүнтэй хамгааллын зөвлөмжүүдийг боловсруулсан жишээнүүд олон байна.

Зүйлийн газар зүйн тархалтыг таамаглах, загварчлах ажил уур амьсгалын өөрчлөлтийн биологи, ландшафтын экологи болон хамгааллын г.м олон салбарт эрчимтэй ашиглагдаж байна. Судлаачдын тоймлосноор 1972-2006 онд боловсруулагдаж ашиглагдаж байгаа загварчлалын 11 төрлийн программыг эрдэмтэн судлаачид судалгаандаа хэрэглэж байна. Эдгээрээс GLM, GAM, ANN, CART, MaxEnt, GARP програмуудыг уур амьсгалын өөрчлөлтийн салбарт түлхүү ашиглаж байгаа ч MaxEnt болон GARP аргыг хэрэглэгчид зүйлийн тархац, байршил нутгийг таамаглан тоймлох, экологийн нишийг загварчлах судалгаанд илүү ашиглаж байна.



1-р зураг. Монгол орны мазаалай баавгайн тархцын судалгааны тойм

Судалгааны материал, арга зүй

Судалгаанд Байгаль орчин ногоон хөгжлийн яамнаас гэрээний дагуу хүлээлгэн өгсөн 2005-2009 оны хооронд Олон улсын “Говийн баавгай” мазаалай төслийн хүрээнд хүзүүвчилсэн 5 бодгаль мазаалай баавгайн цэгэн мэдээллүүдийг зөвшөөрөлтэй ашигласан. Хүзүүвчилсэн арга зүй, технологи, бодгалиудыг нэрлэсэн нь энэ судалгааны хэсэг биш болно. Мазаалай баавгайн амьдрах орчны загварчлалыг боловсруулахдаа байгаль, хүрээлэн буй орчны хүчин зүйлүүд, тухайлбал, уур амьсгал, идэш тэжээл зэрэг суурь давхаргуудыг ашиглан зүйлийн “байсан” цэгэн мэдээнд үндэслэн нарийвчлан зураглаж, загварчлах Максент 3.3.3к (MaxEnt- Maximum entropy modeling of species geographic distribution) программыг [15], [16], [17] ашиглав. Максент загварчлал нь амьтны зүйлүүдийн хамгааллын төлөвлөлт, экологи, эволюц, өвчний тархалт, харь зүйлийн менежмент болон хүрээлэн буй орчны бусад салбарт тархац нутгийн хэмжээнд нь “байгаа” мэдээлэлд үндэслэн газар зүйн тархалт, амьдрах орчныг уур амьсгалын болон бусад хүрээлэн буй орчны мэдээнд үндэслэн тоймлон тооцдог [16].

Ажиглагдсан уур амьсгалын олон жилийн дунджийн суурь 1 км-н нарийвчлалтай (30 arc second: $0.93 \times 0.93 = 0.86$ км²) интерполяци хийсэн дэлхийн гадаргуугийн (~1960-2000) био-цаг уурын (Bio 19) мэдээг IPCC-н [17] зөвлөмж болгосноор Дэлхийн цаг уурын мэдээллийн сангаас авч ашиглав [18]. Биологийн цаг уур буюу Bio 19 уур амьсгалын мэдээний 19 давхарга нь хур тунадас (Prec), хамгийн их температур (*Tmax*), хамгийн бага температур (*Tmin*) болон дундаж температурын мэдээнүүдэд үндэслэн боловсруулагдсан 19 хувьсагч бүхий үзүүлэлттэй амьтны газар зүйн тархалтыг тооцоход зориулагдсан мэдээ юм [19], [20]. Мөн ургамлын нормчлогдсон индексийн (NDVI) 2006-2012 оны хооронд 7 жилийн мэдээг суурь давхарга болгож ашиглахдаа говьд тухайн жилийн ургамлын вегетацын оргил үе гэж үзсэн 241 ба 249 дахь хоногийн мэдээг сонгов.

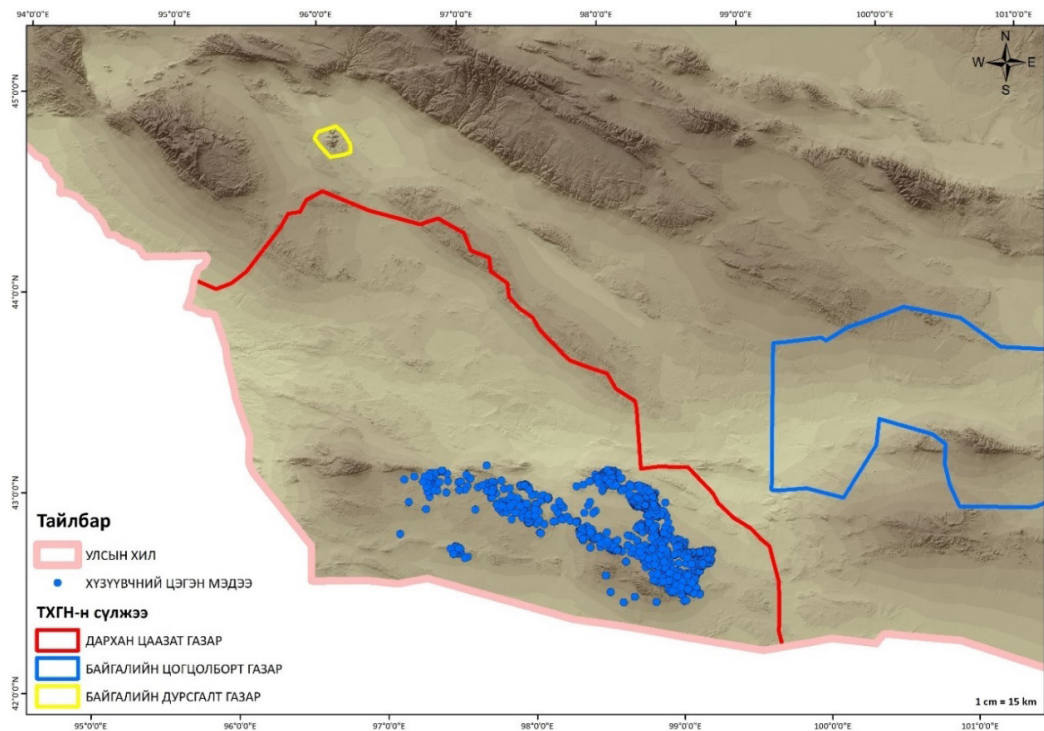
Био уур амьсгалын хэмжигдэхүүнийг боловсруулахад зориулан сарын дундаж температур болон хур тунадасны хэмжээнээс үүсгэдэг бөгөөд эдгээр нь экологийн нишийн загварт (BIOLIM, GARP зэрэг) байнга ашиглагддаг. Био-климийн хувьсагчууд нь жилийн (жилийн хур тунадас ба температур), улирлын (хур тунадас ба температурын 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 [18]. Нэг улирал гэдэгт гурван сарыг (жилийн сар) багтаан үзнэ. Тэдгээр хувьсагчуудыг дараах байдлаар кодлон үзүүлсэн:

- *Bio1-Жилийн температурын дундаж*
- *Bio2-Хоногийн дунджийн хязгаар (сарын дунджийн ((хамгийн их, хамгийн бага температур))*
- *Bio3-Изотерм (BIO2/BIO7) (* 100)*
- *Bio4-Улирлын температур (стандарт хазайлт *100)*
- *Bio5-Дулаан улирлын хамгийн их температур*
- *Bio6-Хүйтэн сарын хамгийн бага температур*
- *Bio7-Жилийн температурын хэлбэлзэл/хязгаар (BIO5-BIO6)*
- *Bio8-Чийглэг улирлын температурын дундаж*
- *Bio9-Хуурай улирлын температурын дундаж*
- *Bio10-Дулаан улирлын температурын дундаж*
- *Bio11-Хүйтэн улирлын температурын дундаж*
- *Bio12-Жилийн хур тунадас*
- *Bio13-Чийглэг сарын хур тунадас*
- *Bio14-Хуурай сарын хур тунадас*
- *Bio15-Улирлын хур тунадас (Хэлбэлзлийн коэффициент/итгэлцүүр)*
- *Bio16-Чийглэг улирлын хур тунадас*
- *Bio17-Хуурай улирлын хур тунадас*
- *Bio18-Дулаан улирлын хур тунадас*
- *Bio19-Хүйтэн улирлын хур тунадас*

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

Мазаалай баавгайн түүхэн газар зүйн тархалтыг загварчлах зорилгоор Голоценийн дунд үе буюу ойролцоогоор 6000 жилийн өмнөх уур амьсгалын (Bio19) загварыг ашиглаж Монгол болон Хятадын нутаг дэвсгэрт (Төв азийн) тархсан 2 зүйл баавгайн тархалтыг харьцуулан тоймлож, генетикийн судалгааны үр дүнг загварчлалтай холбож, харьцуулсан. Мазаалай баавгайн байршил нутгийн ирээдүйн төлөв байдлыг одоогийнтой харьцуулахдаа ирээдүйн (2050 (2041-2060)) уур амьсгалын загварыг Английн Хадли төвийн HadGEM загварын гср 26, гср 45, гср 60 болон гср 85 хувилбараар Bio19 загварыг авч ашиглав. Загварын хувилбар түүнтэй холбогдох мэдээллийг IPCC-н V тайланд [17] дурдсанаар тайлбарлаж, ашигласан. RCP буюу агаарт



2-р зураг. Мазаалай баавгайн амьдрах орчны загварчлалд ашигласан цэгэн мэдээ

хуримтлагдах нүүрстөрөгчийн давхар исэл (CO_2)-н хэмжээнээс хамааран агаарын дундаж хэм хэрхэн өөрчлөгдөх загвар бөгөөд rsp 26 нь CO_2 хэмжээ 421 ppm буюу $+1^\circ\text{C}$, rsp 45 нь 538 ppm буюу $+1.4^\circ\text{C}$, rsp 60 нь 670 ppm буюу $+1.3^\circ\text{C}$, rsp 80 нь 936 ppm буюу $+2.0^\circ\text{C}$ нэмэгдэнэ гэж тооцсон байна. Мэдээллийг боловсруулахад газрын зургийн DIVA GIS, Arc-GIS 9.3, Arc-GIS 10.1 болон статистик боловсруулалтын Minitab® 16.1.1, Statistica 7.0 программуудыг ашиглав. Мазаалай баавгайны сонгож байршсан ургамлын эвшил ба экосистем болон ус ашиглалтын төсөөтэй байдлыг SPSS-н төсөөтэй байдлын шинжилгээ (Similarity: Euclidean Distance) ашигласан. Судалгаанд түгээмэл ашиглагддаг ArcGIS-н Бага хүрээний талбайн (Minimum Convex Polygon-MCP) аргыг ашигласан нь шинээр нэвтрүүлж, ашиглаж буй загварчлалын судалгаатай харьцуулах, арга зүйн давуу болон харьцуулах чанаруудыг ойлгуулахад чиглэсэн.

Амьтдын тархац байршилд нөлөөлдөг гол хүчин зүйл болох уур амьсгалын мэдээнээс гадна амьтдын амьдрах орчин, тархалтыг тодорхойлогч *Экологийн мужлал, Экосистем, Хөрс, Ургамалжил, Ургамлын мужлал, Ландшафтын ангилал, Ландшафт, Газар гадаргын налуу, Зүг чиглэл, болон Байгалийн бүс бүслүүрийн* мэдээг [21] цаг уурын мэдээтэй ижил хэмжээнд тохируулан (ArcGIS mask) суурь давхарга буюу шүүлтүүр болгон ашиглав. Бодгаль тус бүрээр,

улирлаар, түүхэн болон одоогийн амьдрах орчны загварчлалыг боловсруулахдаа нийт цэгэн мэдээний 20-25% хувийг шалгалтад авсан бөгөөд нийцэл болон шинж чанарын гүйцэтгэл (AUC) зөвшөөрөгдсөн хэмжээнд байсан. Судалгааг 2015 онд гүйцэтгэсэн тул тэрхүү оноос өмнөх эх сурвалж, хэрэглэхүүнүүдийг ашиглаж, эшилснээс гадна үр дүнгийн хэлэлцүүлэг, харьцуулалт болон боловсруулалтын зураг, графикуудыг тухайн оны үндсэн тайланд дурдсанаар нь өөрчлөлтгүй үзүүлсэн.

Судалгааны үр дүн, хэлэлцүүлэг

Мазаалай баавгайн амьдрах орчны загварчлахдаа Эж (Mother), Ёкозүна (Yokozuna), Аляска (Alaska), Сөг сөг (Sugsug), Нэргүй (Unknown) нэртэй 5 бодгаль мазаалайн сансрын дохиололтой хүзүүвчний нийт 2835 цэгэн мэдээнд үндэслэн боловсруулав. Судалгаанд ашигласан цэгэн мэдээнд Эж мазаалайн нийт 297 цэг (10.5%), Ёкозүна мазаалайн нийт 183 (6.5%) цэг, Аляска мазаалайн 132 (4.7%) цэг, Сөг сөг мазаалайн 55 (1.9%) цэг, Нэргүй мазаалайн 2165 (76.5%) цэгийг ашигласан (2-р зураг). Монголд амьдрах орчны загварчлал ашигласан судалгааны мэдээ хомс. Ховордсон мах идэштэн амьтад, тухайлбал баавгайны зүйлүүдэд загварчлалыг ашигласан цөөхөн хэрэглэхүүн, туршлага [12], [14] байна. Биом, газар зүй болон экосистемээр ялгаатай Италийн Апэнайнуулын хүрэн баавгай болон Малайзын хойгийн наран баавгайны амьдрах орчны загварчлалын судалгаанууд

арга зүйн хувьд л төсөөтэй тул харьцуулан онцлох үр дүн хөрш зэргэлдээ улс орон, бүс нутагт алга байна.

Мазаалай баавгайн экосистем ба ургамлын эвшлийн сонголт

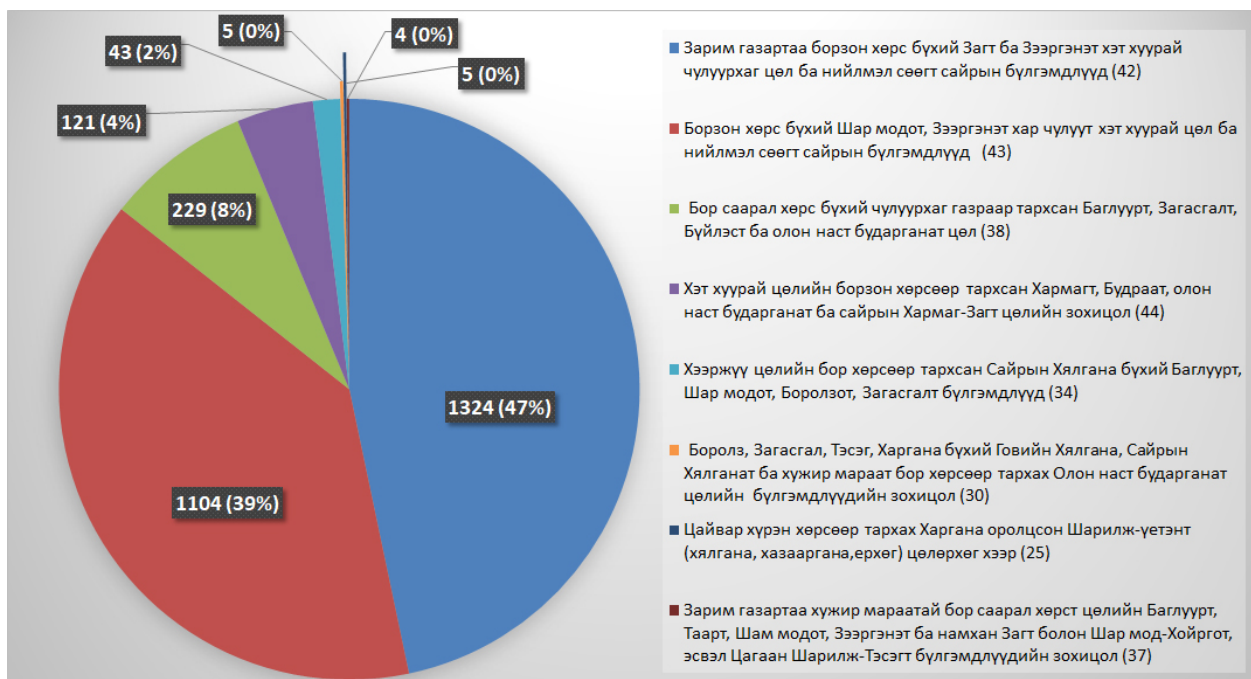
Хүзүүвчний цэгэн мэдээнүүдийн байршлаас үзвэл Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгай экосистемийн 8 бүлгэмдэлд тохиолдохоос зарим газартаа борзон хөрс бүхий загт ба зээргэнэт хэт хуурай чулуурхаг цөл ба нийлмэл сөөгт сайрын бүлгэмдлүүд (ID=42), борзон хөрс бүхий шар модот, зээргэнэт хар чулуут хэт хуурай цөл ба нийлмэл сөөгт сайрын бүлгэмдлүүд (ID=43), бор саарал хөрс бүхий чулуурхаг газраар тархсан баглуурт, загасгалт, бүйлэст ба олон наст бударганат цөл (ID=38) гэсэн 3 төрлийн бүлгэмдлийг [21] сонгож байна (3-р зураг).

Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайн экосистем бүлгэмдлийг сонгож байрших тархалт бүртгэгдсэн цэгэн мэдээгээр бодгаль тус бүрээр ялгаатай байна. Тухайлбал, Нэргүй мазаалай харьцангуй олон экосистемийг (n=8) хамрах ч үндсэн 4 бүлгэмдлээс бусдад нь жигд тохиолдож байна. Ёкозүна мазаалай цөөхөн экосистемийг (n=4) сонгосон нь Ээж мазаалайтай адилхан байна. Экосистемийн төсөөтэй байдлын шинжээрээ Ээж болон Аляска мазаалайнуудын сонголт 100%, харин Ёкозүна ба Сөг сөг хоорондоо ойролцоо байхад, Нэргүй, Ээж болон Аляска мазаалайнууд төсөөтэй байна. Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайн экосистемийн бүлгэмдлийн сонголтыг цэгэн мэдээнд үндэслэвэл

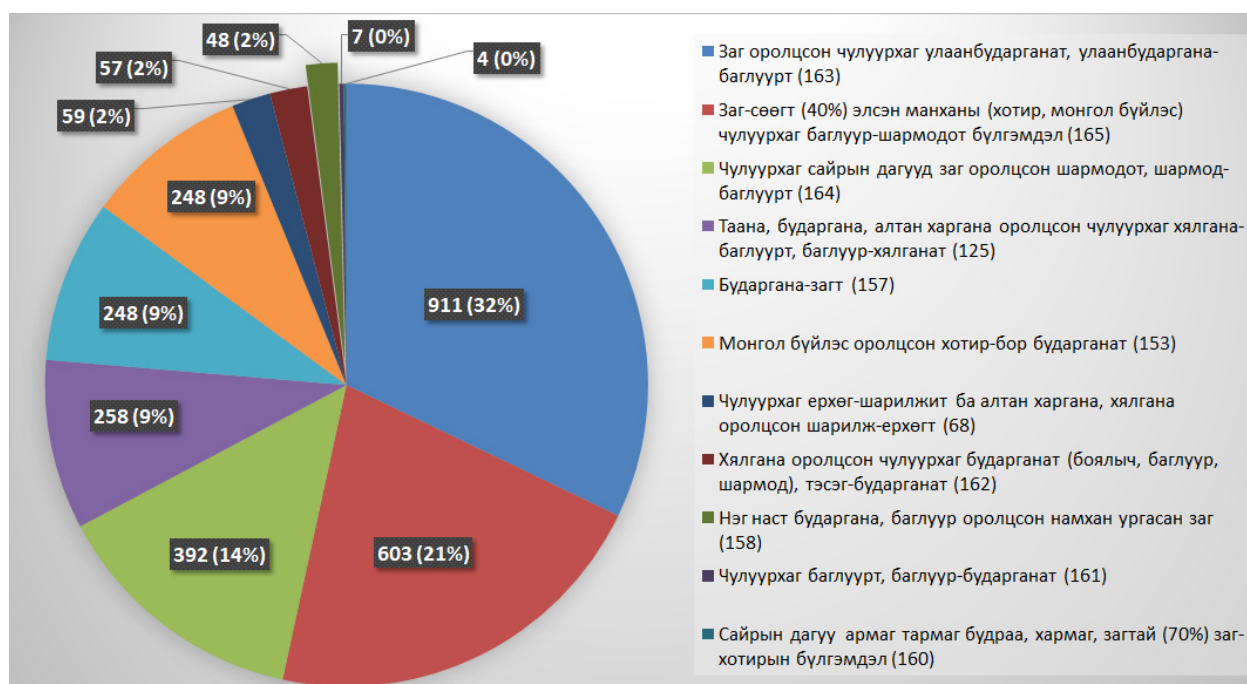
зарим газартаа борзон хөрс бүхий загт ба зээргэнэт хэт хуурай чулуурхаг цөл ба нийлмэл сөөгт сайрын (ID=42) бүлгэмдэл, борзон хөрс бүхий шар модот, зээргэнэт хар чулуут хэт хуурай цөл ба нийлмэл сөөгт сайрын (ID=43) бүлгэмдэл болон бор саарал хөрс бүхий чулуурхаг газраар тархсан Баглуурт, Загасгалт, Бүйлэст ба олон наст бударганат цөл (ID=38)-ийг мазаалай баавгайнууд хамгийн олон удаа (39-47%) сонгон ашигласан байна. Мазаалай баавгайн экосистемийн дээрх 3 бүлгэмдэл төсөөтэй байдлын шинжээрээ 100% ижил бүлэгт багтаж байна. Харин дээрх 3 бүлгэмдэл хэт хуурай цөлийн борзон хөрсөөр тархсан хармагт, будраат, олон наст бударганат ба сайрын хармаг-загт цөлийн зохицол (ID=44) бүлгэмдэлтэй ашиглалтаараа 50% төсөөтэй байна.

Ургамлын эвшлийн хувьд мазаалай баавгай цөлийн 88.8% (n=2518), цөлийн хээрийн 9.1% (n=258) болон уулын цөлийн хээрийн 2.1% (n=59) бүслүүрүүд бүхий 10 эвшилд тохиолдож байна (4-р зураг). Заг оролцсон чулуурхаг улаанбударганат, улаанбударгана-баглуурт (n=163) болон Заг-сөөгт (40%) элсэн манханы (хотир, монгол бүйлэс) чулуурхаг баглуур-шармодот бүлгэмдэл (n=165) эвшлүүдэд нийт цэгийн тохиолдлын 53.4% (n=1514) бүртгэгдсэн.

Алтайн өвөр говьд ургамлын эвшлийн сонголт төсөөтэй байдлын шинжилгээгээр бодгалиуд харилцан адилгүй. Аляска ба Ээж мазаалай төстэй



3-р зураг. Мазаалай баавгайн бүртгэгдсэн экосистемийн “ажиглагдсан” бүлгэмдэл



4-р зураг. Мазаалай баавгай сонгож байршсан ургамлын эвшил

(60%), харин энэ хоёрынх Нэргүй мазаалайтай харьцангуй төстэй (30%) байна. Ёкозүна мазаалай бусдаасаа эрс ялгаатай (100%) эвшлийг сонгож байна. Сөг сөг мазаалайн хувьд Ээж, Аляска болон Нэргүй мазаалайн бүлэгтэй төстэй (20%) байна.

Бүртгэгдсэн ургамлын эвشلүүдийг сонгосон арвиар нь 4 ялгаатай бүлгүүд ажиглагдсан буюу мазаалай баавгайнууд ургамлын 10 эвшлийг ялгаатай сонгож байна. Тухайлбал, хүзүүвчний цэгэн мэдээллийн байршлаас үзвэл мазаалай баавгай сонгосон ургамлын эвشلүүдийн хувьд *Заг-сөөгт* (40%) элсэн манхны (*хотир, монгол бүйлэс*) *чулуурхаг баглуур-шармодот* эвшил (ID=165) ба *Чулуурхаг сайрын дагууд заг оролцсон шармодот, шармод-баглуурт* эвшил (ID=164), *Монгол бүйлэс оролцсон хотир-бор бударганат* (ID=153) эвшил хоорондоо төсөөтэй (100%). *Нэг наст бударгана, баглуур оролцсон намхан ургасан заг* эвшил (ID=158) болон *Таана, бударгана, алтан харгана оролцсон чулуурхаг хялгана-баглуурт, баглуур-хялганат* эвшил (ID=125) хоорондоо төсөөтэй (100%) нэг бүлэгт байна. *Чулуурхаг ерхөг-шарилжит ба алтан харгана, хялгана оролцсон шарилж-ерхөгт* (ID=68) эвшил дангаар, 158 ба 125 эвшилтэй (50%) төсөөтэй байдлаараа нэг бүлэгт багтаж байна.

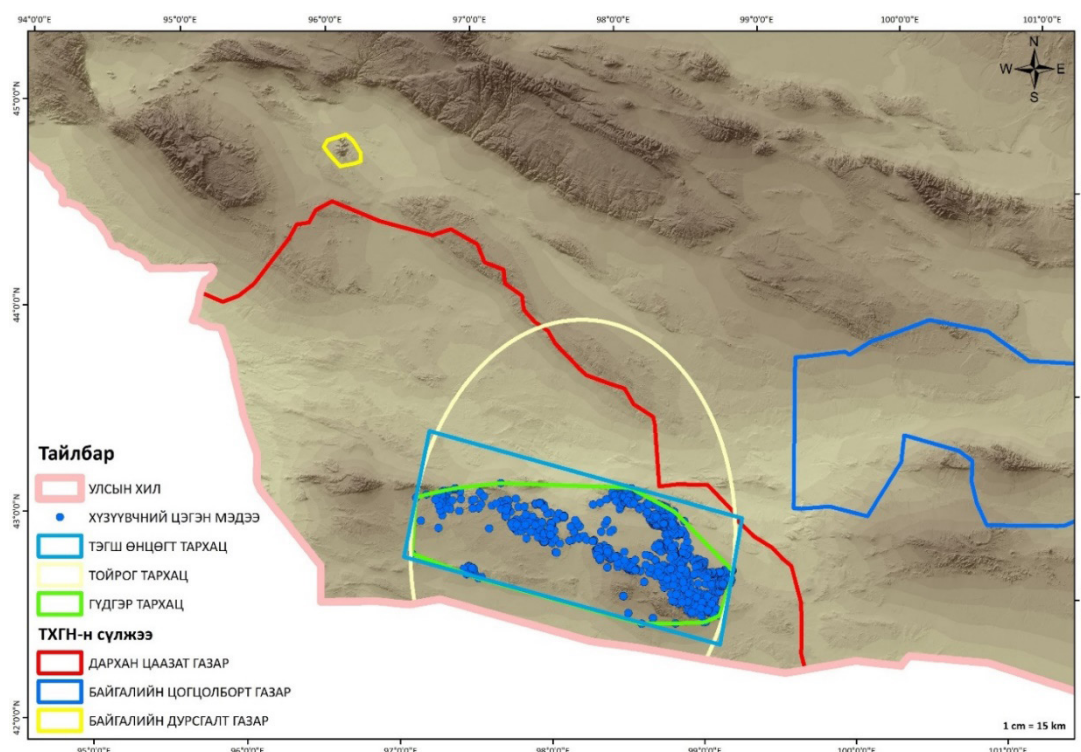
Харин *Чулуурхаг баглуурт, баглуур-бударганат* эвшил (ID=161) ба *Заг оролцсон чулуурхаг улаанбударганат, улаанбударгана-баглуурт* (ID=163) эвшилтэй төсөөтэй (100%) бүлэгт болон *Хялгана*

оролцсон чулуурхаг бударганат (баялыч, баглуур, шармод), тэсэг-бударганат эвшил (ID=162) ба *Сайрын дагуу армаг тармаг будраа, хармаг, загтай заг-хотирын* (~50%) (ID=160) төсөөтэй (70%) бүлэг эвشلүүд болж байна.

Мазаалай баавгайн байршил нутгийн дүрслэлийн арга

Мазаалай баавгайн цэгэн мэдээнд үндэслэн тархац нутгийг тандан судалгааны захын цэгүүдийг холбож тооцоолдог аргаар тооцоолсон бөгөөд загварчлалын үр дүнтэй харьцуулан жиших зорилготой. Энэ аргын дагуу хамгийн бага хүрээний талбайн (ХБХТ) (Minimum Convex Polygon-MCP) дүрслэлийн тойргийн (*circle*) аргаар тооцвол 25328.95 км² нутаг, тэгш өнцөгтийн (*rectangle*) аргаар бол 12476 км² нутаг, харин геометрийн дүрсийн (*convex*) хувилбараар тооцвол 9573.51 км² болно. Дүрслэлийн аргаар тооцсон Алтайн өвөр говийн мазаалай баавгайн 5 бодгалийн дундаж нутгийн хэмжээ 15792.82 км² (mean±SE=10951.7-20633.9; P-value=0.028) (5, 6-р зураг) байна.

Дүрслэлийн аргын гурван хувилбараас тэгш өнцөгтийн болон дүрсийн арга нь үндэслэлтэй ч алиных нь ч хувьд байршлын цэгэн мэдээний хамгийн захын цэгүүдийг холбож тооцдогт оршино. Амьдрах орчны загварчлалын судалгааг ашиглах хүртэл энэ аргаар амьтны байршил нутгийн хэмжээг тодорхойлж байсан нь бодгалиудын байршил нутгийн талбайн ялгаа, өөрчлөлт, давхцалыг тодорхой



5-р зураг. Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайн байршил нутгийн талбайн дүрслэлийн үнэлгээ

хэмжээнд нэл (полигон) дүрсээр тодорхой харуулж чаддагтай холбоотой байв (6, 14-р зураг). Дүрслэлийн аргаар тооцсон мазаалай баавгайн байршил нутаг ялгаатай байхаас гадна бодгаль тус бүрийн тархсан талбайн тооцоолол Максент загварчлалаар тооцсон талбайтай харьцуулахад адилгүй байна.

Дүрслэлийн аргаар Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайн байршил нутгийг бодгаль бүрээр тооцооноос үзвэл дунджаар *Аляска мазаалайнх* 1345.81 км^2 ($\text{mean} \pm \text{SE}: 581.11-2110.50$), *Ээж мазаалайнх* 2172.51 км^2 ($\text{mean} \pm \text{SE}: 1407.09-2937.92$; $\text{mean} \pm \text{SD}: 641.69-3703.33$), *Сөг сөг мазаалайнх* 341.54 км^2 ($\text{mean} \pm \text{SE}: 220.76-462.32$), *Нэргүй мазаалайнх* 2428.77 км^2 ($\text{mean} \pm \text{SE}: 1933.66-2923.88$), *Ёкозүна мазаалайнх* 1974.54 км^2 ($\text{mean} \pm \text{SE}: 1423.0-2526.08$) тус тус тооцоологдсон. Харин мазаалай баавгайн байршил нутгийг улирлаар тооцвол дунджаар хавар 923.78 км^2 ($\text{mean} \pm \text{SE}: 479.03-1308.53$; $P\text{-value } 0.123$), зун 2343.08 км^2 байхад ($\text{mean} \pm \text{SE}: 1815.99-2870.13$; $P\text{-value } 0.148$), намар 710.54 км^2 ($\text{mean} \pm \text{SE}: 358.96-1062.10$; $P\text{-value } 0.432$) болж байна (6-р зураг).

Мазаалай баавгайн амьдрах орчны загварчлалын арга

Манай орны баруун өмнөд хэсэг Алтайн өвөр говийн 12829.69 км^2 нутагт мазаалай баавгайн амьдрах тохиромжтой нутаг загварчлалаар тогтоогдсон (7-р зураг) төдийгүй тооцоолсон нийт амьдрах

орчны 95% нь ГИДЦГ-н “А” хэсэгт хамрагдаж, хамгаалагдсан байна. ГИДЦГ “А” хэсгийн зүүн хойд хэсэг Баянхонгор аймгийн нутаг ба Өмнөговь аймгийн Гурвантэс сумын нутаг, Балин хар уулын өмнөд хэсгээс зүүн тийш Хар овоот уул, Өлзийт худаг, Говь Гурвансайхан байгалийн цогцолборт газрын (ГГСБЦ) баруун хэсэг Хар уулын өмнөд говь хүртэл нутагт мазаалай баавгай байршин амьдрах тохиромжтой нутаг байгааг загварчлав. Судлаачдын мэдээгээр [22], [23], [24] энд дурдагдсан нутагт мазаалай баавгай гүйдлээр үзэгддэг байжээ. Тиймээс одоогийн байдлаар мазаалай баавгайн амьдрах орчны 94.8% (12157.65 км^2) ГИДЦГ “А” хэсэгт, 5.2% (672.04 км^2) Өмнөговь аймгийн ГГСБЦГ-н нутаг дэвсгэрт болон ГИДЦГ-н “А” хэсгийн орчны бүсүүдэд хамаарагдаж байна (7, 9-р зураг).

Дархан цаазат газрын нутагт хамрагдсан мазаалай баавгайн амьдрах тохиромжтой нутгийг ТХГН-н дотоод бүсчлэлээр ангилбал 36.9% (4643.54 км^2) онгон бүсэд, 30.7% (3863.90 км^2) хамгаалалтын бүсэд, 29% (3650.22 км^2) хязгаарлалтын бүсэд, 3.4% (421.13 км^2) орчны бүсэд харьяалагдаж байна (9-р зураг). Дотоодын бүсчлэлийн талбайг судалгааны дүнтэй харьцуулбал онгон бүсийн 45.4%, хамгаалалтын бүсийн 24.5%, хязгаарлалтын бүсийн 17.9% мазаалай баавгайн тооцоолсон амьдрах орчныг хамарсан байна. Харин орчны бүсийн 1.9% энэ зүйлийн амьдрахад тохиромжтой нутаг байна. Загварчлалын

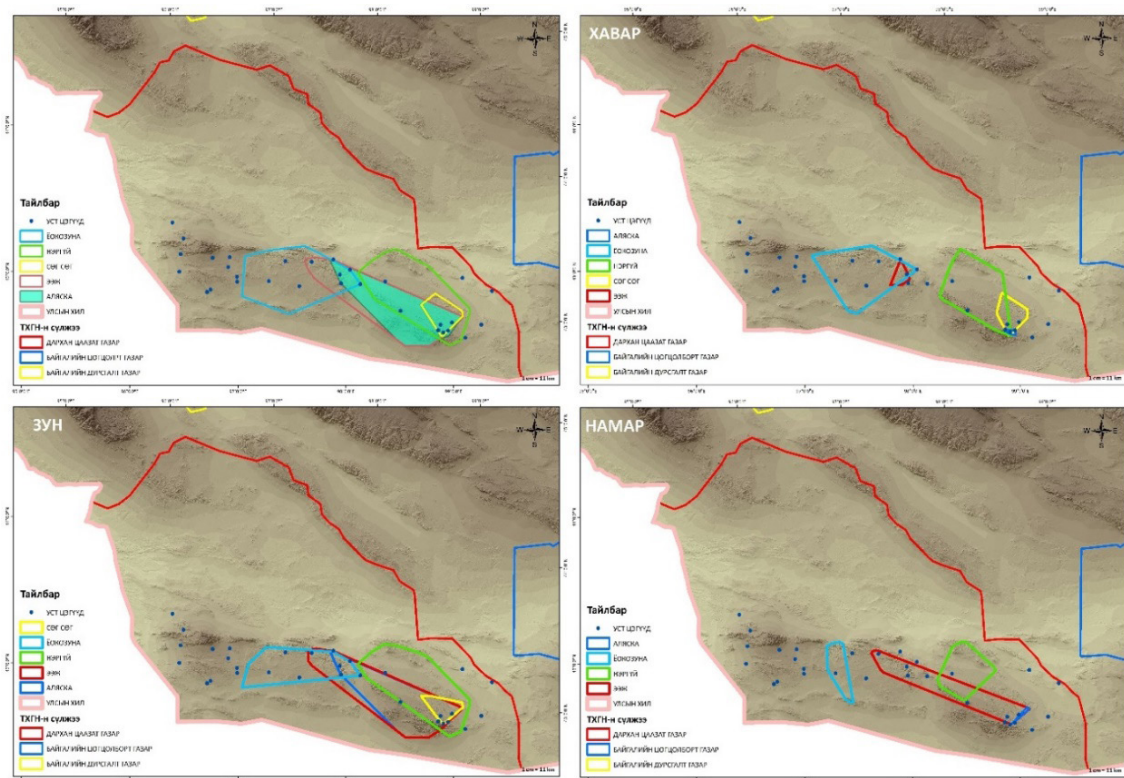
судалгааны урьдчилсан дүнгээр мазаалай баавгайн гол амьдрах орчин дархан газрын онгон бүсэд бүрэн хамрагдаж чадаагүйг харуулж байна.

Монгол орны мазаалай баавгайн тархац нутгийн талаарх өмнөх судлаачдын судалгаануудын мэдээг [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33] нэгтгэж, (1-р зураг) сэргээж зурагласнаас үзвэл дунджаар Алтайн өвөр говийн 20693.51 км² (mean±SE: 16486.72-24900.3; P-value=0.006; 95% CI mean: 8049-33625;) нутагт энэ мазаалай баавгай тархаж байжээ.

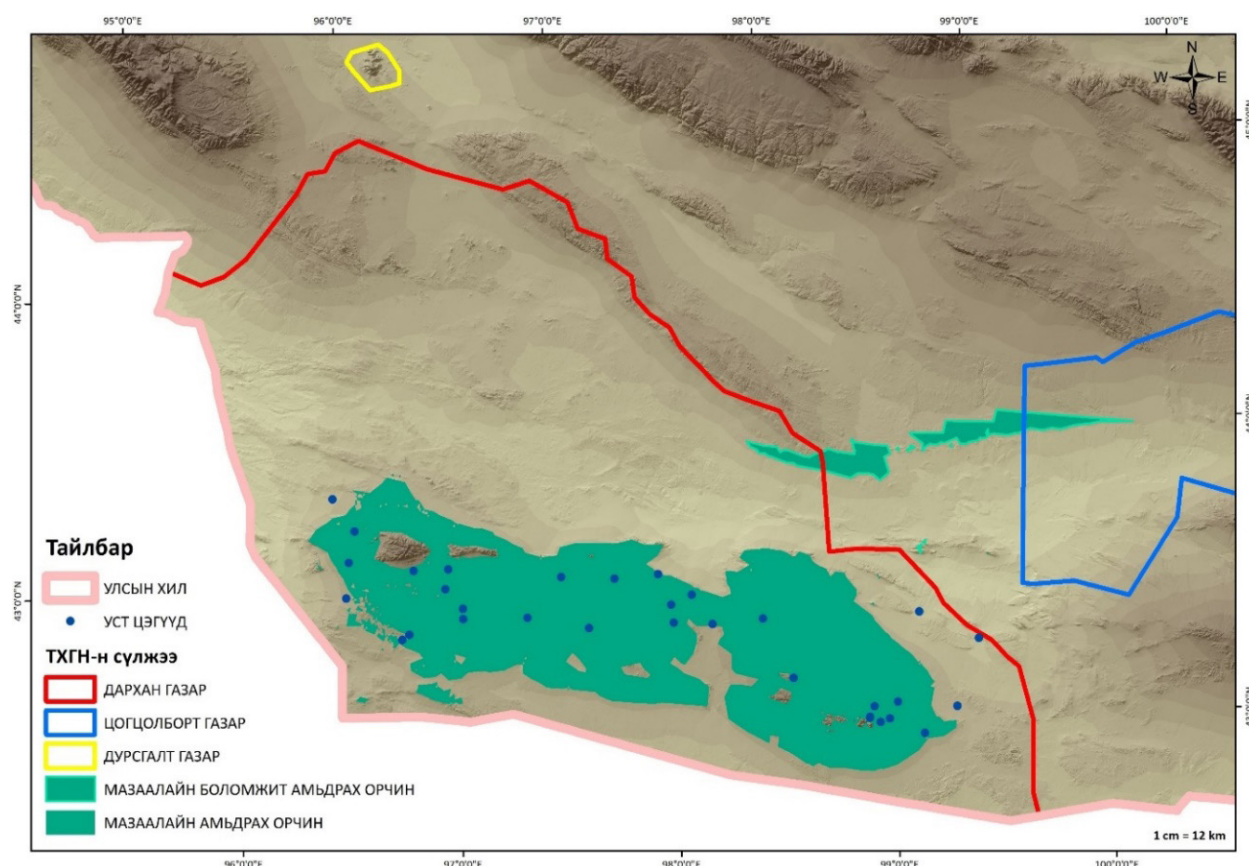
Судлаачид түүхэн тархац нутгийг дархан цаазат газрыг бүхэлд нь хамруулан, эсвэл тодорхой газар нутгийг хэсэгчлэн нэл талбайгаар тооцож байсныг цаашид анхаарах хэрэгтэй болсныг Алтайн өвөр говийн Хар сайрын хөндий зэрэг уудам нутаг загварчлалаар боломжгүй байршилд тооцогдсоноор тайлбарлаж болно [22], [32]. Банников (1954) ба Болд (1967) нарын түүхэн эх сурвалжийн байршлын мэдээг загварчлалаар тооцоолсон нутагтай харьцуулахад мазаалай баавгайд тохиромжтой нутагт хамрагдахгүй байгаа нь Голоценийн үеийн (ойролцоогоор 6000 жил) уур амьсгалын мэдээнд үндэслэсэн загварчлалын үр дүнгийн (12,13 ба 19-р зураг) багахан хэсэгт

хамрагдсан нь харуулна.

Амьдрах орчны загварчлалын нийцэл болон шинж чанарын гүйцэтгэлийн хувьд мазаалайн нийт (n=5) амьдрах орчин AUC 0.966 (test AUC=0.966; SD 0.002), Ээж мазаалайнх AUC 0.994 (test AUC=0.994; SD 0.001), Аляска мазаалайнх AUC 0.997 (test AUC=0.997; SD 0.001), Сөг сөг мазаалайнх AUC 0.998 (test AUC=0.998; SD 0.000), Нэргүй мазаалайнх AUC 0.976 (test AUC=0.975; SD 0.002), Ёкозүна Yokozuna AUC 0.996 (test AUC=0.995; SD 0.001); 1950 оноос өмнөх түүхэн тархац нутаг AUC 0.965 (test AUC=0.967; SD 0.002), улирал 2 (хавар) AUC 0.990 (test AUC=0.988; SD 0.001), улирал 3 (зун) AUC 0.979 (test AUC=0.978; SD 0.002), улирал 4 (намар) AUC 0.990 (test AUC=0.989; SD 0.001) болон идэш тэжээлд тооцсон намхан бажууных (*Rheum nanum*) AUC 0.957 (test AUC=0.980; SD 0.012) ба сибирь хармагийнх (*Nitraria sibirica*) AUC 0.903 (test AUC=0.849; SD 0.022) тус тус илэрхийлэгдсэн нь үр дүнг хүлээн зөвшөөрөхүйц байна. Амьдрах орчны загварчлалаас үзвэл мазаалай баавгай д.т.д 1100-2000 м өндөрт тохиолдож байгаа нь Алтайн өвөр говьд д.т.д 1000 метрээс доош, харин д.т.д 2000 метрээс дээш өндөрт мазаалай тохиолдохгүй бөгөөд дунджаар д.т.д 1500 м өндөр энэ зүйл амьтанд хамгийн тохиромжтой өндөр



6-р зураг. Аляска, Ёкозүна, Сөг сөг, Ээж болон Нэргүй мазаалайн байршил нутгийн дүрслэлийн тооцоолол ба улирлын ялгаа



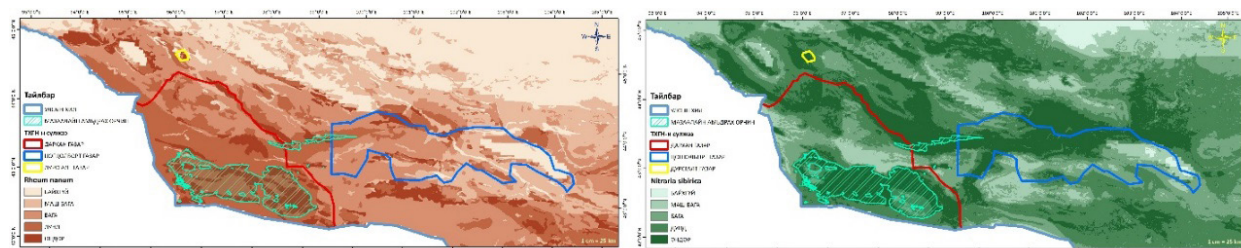
7-р зураг. Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайн амьдрах орчны тархалтын загвар

гэдэг судлаачдын [24] мэдээтэй ижил байна. Нийт 2835 цэгт үндэслэвэл мазаалай баавгай дунджаар д.т.д 1446.6 метрийн (95% CI=1440.1,1453.1; $P=0.005$; $Mean \pm St.D = 1269.5-1623.7$) өндөрт байршина. Харин Максент загварын дүнд мазаалай баавгай д.т.д 1200-1700 метр өндөрт (0.6%=1500м) тохиолдоно гэсэн үр дүн нь ажиглагдсан дундажтай тохирч байна.

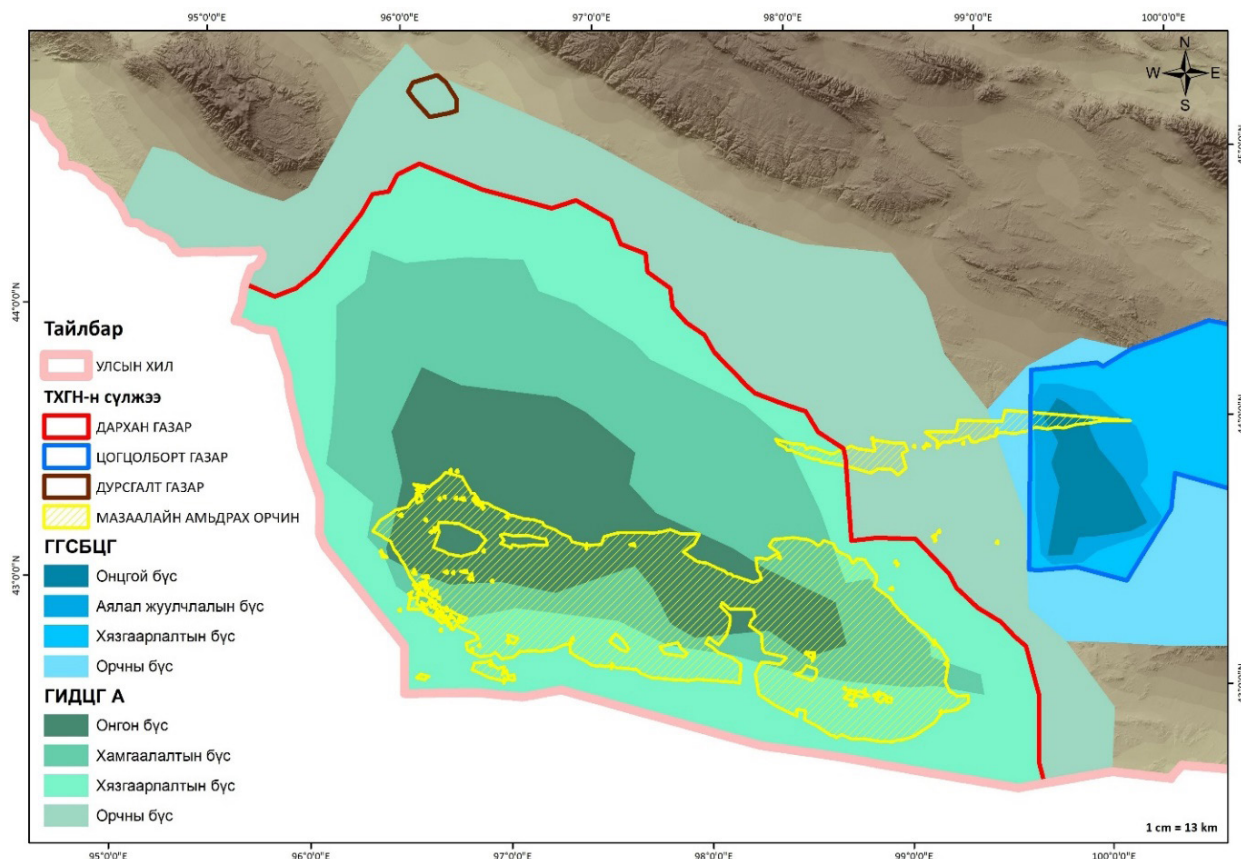
Ургамалжлын нормчлогдсон индексийн (УНИ-NDVI) хиймэл дагуулын 2006-2012 оны хооронд 6 жилийн зуны дунд сарын (NDVI 241-249 өдөр) мэдээнд хүзүүвчний цэгэн байршлуудтай харьцуулснаас үзвэл мазаалай баавгай УНИ-н хэмжээ -0.4- +0.3 бүхий нутгийг сонгон байршиж байна (11-р зураг). Мазаалай баавгай тухайн жилүүдийн ногоон ургамал сийрэг, эсвэл огт байхгүй газруудаар байрших боломжтойг загварчлалын үр дүн бас харуулж байна. Загварчлалаар мазаалай баавгай УНИ хэмжээ +0.3 дээш нэмэгдэхэд тэнд тохиолдох магадлал буурч байгааг ургамлын гарц, арви ихсэх ч түүний идэш тэжээлд оролцдог гол зүйлүүдийн тоо багасдагтай холбоотой гэх үндэслэлтэй учир цаашид судлах шаардлагатай.

Уур амьсгалын хувьд мазаалай баавгайн амьдрах орчныг тодорхойлоход жилийн температурын

дундаж (bio 1), хүйтэн улирлын температурын дундаж (bio 11), жилийн хур тунадас (bio 12), чийглэг сарын хур тунадас (bio 13), чийглэг улирлын хур тунадас (bio 16), дулаан улирлын хур тунадас (bio 18), хүйтэн улирлын минимум температур (bio 6), хуурай улирлын температурын дундаж (bio 9) өндөр оролцоотой байна. Мазаалай баавгайн идэш тэжээлийн хувьд ургамал түлхүү оролцдог [24] бөгөөд намхан бажууна (*Rheum nanum*) болон сибирь хармаг (*Nitraria sibirica*) зүйлүүдийн байршил нутгийг тодорхойлоход давуу (8-р зураг) холбогдолтой. Ургамалжил болон ургамлын бүс бүслүүрийн ангиллын суурь давхаргын оролцооны хувь өндөр байна. Загварчлалаар мазаалай баавгай цаг уурын хувьд жилийн температурын дундаж (Bio1) $+2^{\circ}\text{C}$ - $+7^{\circ}\text{C}$, хүйтэн улирлын температурын дундаж (Bio11) -13°C - -10°C , жилийн нийт хур тунадасны хэмжээ (Bio12) 4-10 мм, чийглэг сарын хур тунадасны хэмжээ (Bio8) 15-23 мм, чийглэг улирлын хур тунадасны хэмжээ (Bio16) 25-70 мм, хуурай улирлын хур тунадасны хэмжээ (Bio17) 1-4 мм, хүйтэн сарын хамгийн бага температур (Bio6) -21°C - -18°C , хуурай улирлын температурын дундаж (Bio9) -10°C - -7°C хязгаар бүхий байршилыг илүү шүтдэгийг тодруулсан. Мазаалай баавгайн



8-р зураг. Мазаалайн үндсэн тэжээл намхан бажууна ба сибирь хармагийн тархалтын загвар



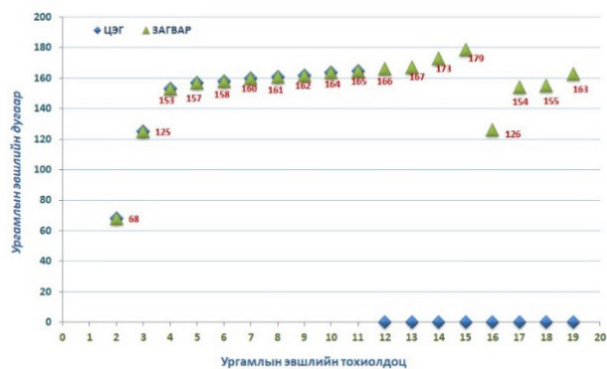
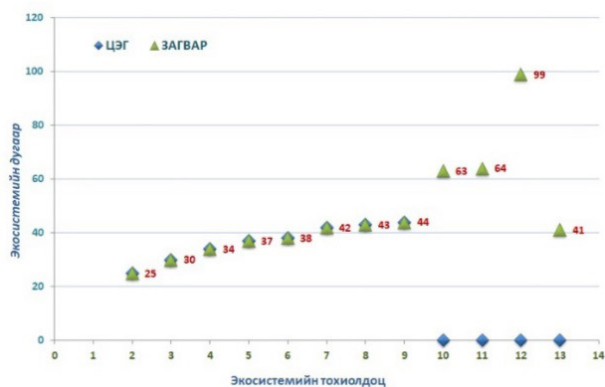
9-р зураг. Мазаалай баавгайн амьдрах орчин ДЦГ ба БЦГ тэдгээрийн дотоод бүсчлэлд тархсан байдал

идэш тэжээлийн дийлэнх хувийг эзэлдэг [24] сибирь хармаг (*Nitraria sibirica*) болон намхан бажууны (*Rheum nanum*) тархалтын загварчлалыг боловсруулж (8-р зураг) энэ зүйлийн амьдрах орчныг загварчлахад суурь давхарга, шүүлтүүр болгон ашигласан судалгааны анхных болсон.

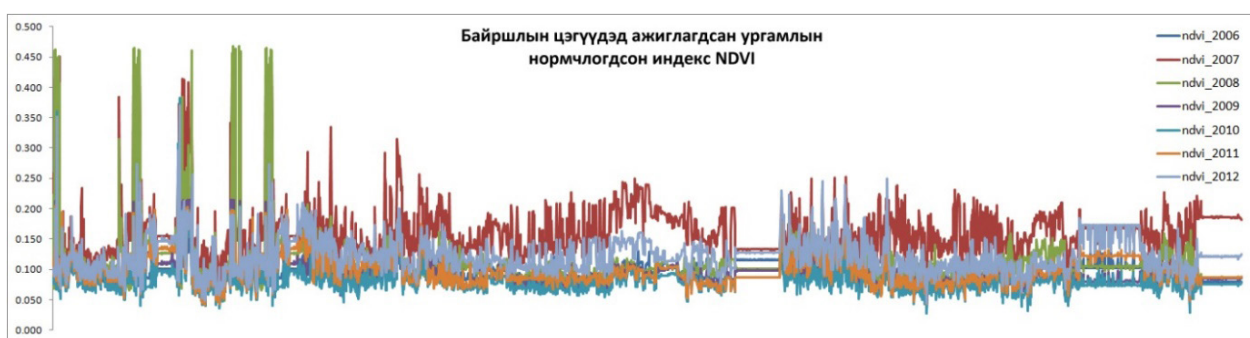
Хүзүүвчтэй мазаалайн байршлын цэгэн мэдээгээр 8 экосистемийг сонгосныг тогтоосон бол загварчлалаар 12 болж, 4 экосистемийг нэмж тодруулсан нь арга зүйн давууг харуулна. Цэгэн мэдээгээр тогтоосон 8 экосистем бүгд зуун хувь 12 экосистемд багтсан байна (10-р зураг).

Ургамлын 10 эвшлийг мазаалай баавгайн хүзүүвчний цэгэн мэдээгээр тогтоосон байхад загварчлалаар нийт 18 болж, 8 эвшлийг нэмж тогтоосон нь (10-р зураг) зөвхөн цэгэн мэдээгээр

ажиглагдсан ургамлын эвшил болон экосистемүүд бусад байгаль орчны хүчин зүйлүүдээр нөхцөлдөн өөрчлөгдөж байдгийг загварчлалын үр дүн тодорхой нотолсон. 2006-2012 оны УНИ-д үндэслэвэл мазаалай баавгай 2006 онд дунджаар 0.095 (95% CI=0.0944-0.0959; $P<0.005$; Mean±St.D=0.075-0.115), 2007 онд 0.162 (95% CI=0.161-0.164; $P<0.005$; Mean±St.D=0.161-0.163), 2008 онд 0.111 (95% CI=0.109-0.112; $P<0.005$; Mean±St.D=0.065-0.156), 2009 онд 0.091 (95% CI=0.090-0.0921; $P<0.005$; Mean±St.D=0.086-0.114), 2010 онд 0.0817 (95% CI=0.0809-0.0825; $P<0.005$; Mean±St.D=0.0592-0.1043), 2011 онд 0.099 (95% CI=0.098-0.100; $P<0.005$; Mean±St.D=0.073-0.125) болон 2012 онд дунджаар 0.122 (95% CI=0.121-0.123; $P<0.005$; Mean±St.D=0.092-0.151) байршилд ажиглагдсан нь ногоон ургамлын бүрхэвчээр хомс



10-р зураг. Ажиглагдсан цэгэн мэдээ (point) болон Максент загварчлалын (model) дүнд тодруулсан экосистемийн бүлгэмдэл ба ургамлын хэвшлийн харьцуулсан байдал. Тухайн эвшил болон бүлгэмдэл цэгэн мэдээгээр илрээгүйг “0” байхгүй гэж илэрхийлсэн.



11-р зураг. Мазаалай баавгайн цэгэн мэдээнд ажиглагдсан ургамалжлын нормчлогдсон индексийг 2006-2012 онд харьцуулсан байдал

хэт гандуу орчинд амьдардгийг загварчлалын судалгааны үр дүн мөн нотолж байна.

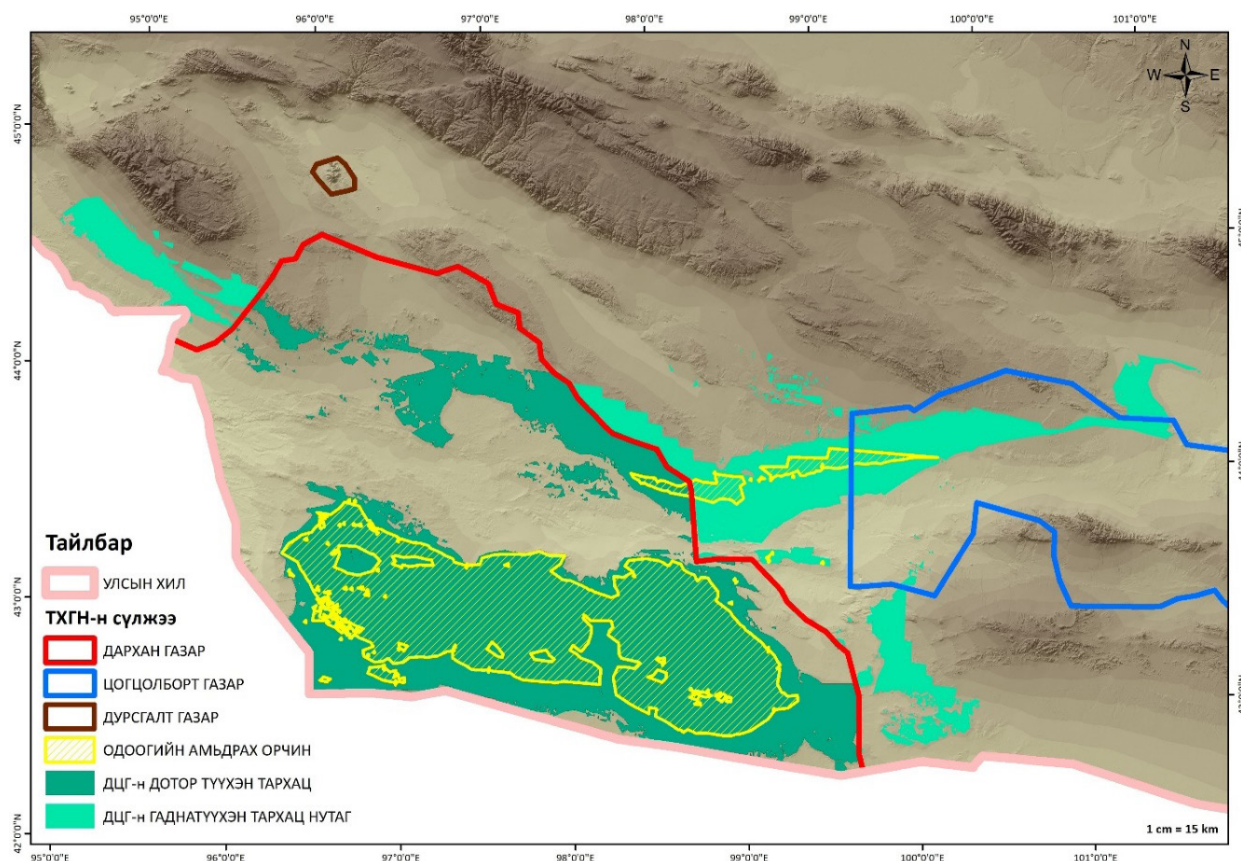
Одоогийн ба түүхэн тархцын хүрээг нарийвчлан судлах шаардлага бий.

Мазаалай баавгайн бодгалийн зайцан байрших онцлог

Мазаалай баавгайнууд тодорхой ялгаатай амьдрах орчинд зохицон байршина (6, 14, 15-р зураг). Алтайн өвөр говьд Аляска баавгай тооцоолсон 6399.22 км² эзэмшил нутгийнхаа зүүн хэсэгт төвлөрч байхад, Ээж мазаалай тооцоолсон 9629.88 км² эзэмшил нутагтаа жигд, Нэргүй мазаалай тооцоолсон 6779.50 км² байршлын зүүн, зүүн хойд хэсэгт, Ёкозүна мазаалай 6962.13 км² нутгийнхаа төвд төвлөрч байхад харин Сөг сөг мазаалай 2221.23 км² байршил нутгийнхаа зүүн өмнө хэсэгт төвлөрөн идээших онцлогтой.

“Говийн баавгай” төслийн [34], [35] судалгаагаар бие гүйцсэн эвш 514 км², харин хоёр шармаахайны эзэмшил нутаг 2465 км² болон 2485 км² тус тус байсныг тооцоолсон нь [35] загварчлалын дүнтэй адилгүй байна. Судалгааны 5 бодгалиас Ээж мазаалайг тооцохгүйгээр 4 шармаахайны талбайн дүрслэлийн дундажтай (1522.7 км²; 95% CI: 512-3370.5) дээрх хоёр шармаахайны талбайн дунджийг харьцуулахад 38% бага байна. Дээрх хоёр

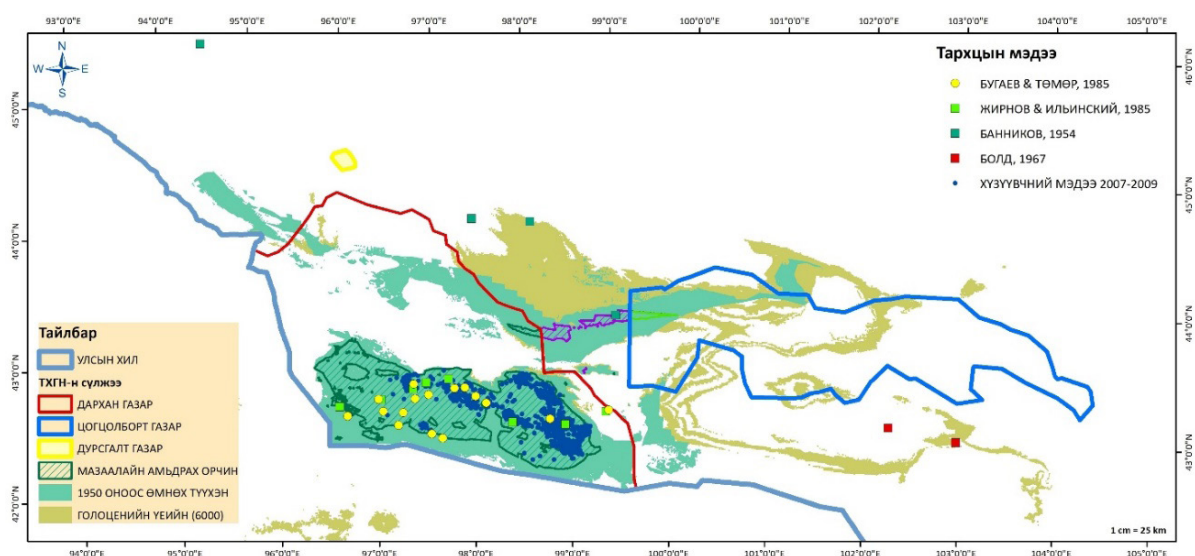
Мазаалай баавгайн одоогийн байршил нутаг түүхэн тархац нутгийн судалгааны баримтуудтай зайлшгүй холбогдоно. Банников (1954) [32], Болд (1967) [22] болон Жирнов, Ильинский (1985) [31] нар мазаалай баавгай үзэж тэмдэглэсэн болон аман мэдээгээр баримтжуулсан байршлын баттай эх үүсвэрийн цэгэн мэдээг загварчлалын судалгаанд нэмж сэргээн ашиглаж 1950-д оноос өмнөх мазаалай баавгайн түүхэн тархцыг загварчилсан (12, 13-р зураг). Түүхэн тархац манай орны баруун өмнөд хэсгийн нийт 33171.47 орчим км² нутгийг хамарч байсан гэх үндэслэлтэй байна. А.Болдын (1967) тоймлосон тархац нутгийн хэмжээнээс 15% бага, харин Б.Мижиддорж (2013) [24], Лхагвасүрэн нар [5] болон ОУБХХ-ны (2024) [30] тоймлосон 75000 орчим км² нутагтай харьцуулахад 50% бага байна. Түүхэн тархац нутгийн 71% (23619.18 км²) одоогийн УТХГН-н сүлжээнд хамрагдсан байхад, 51% дархан цаазат газрын нутагт харьяалагдсан байгаа нь цаашид мазаалай баавгайн байршил нутгийг судлах, сэргээх, хамгааллын менежментийг түүхэн нутгийн хэмжээнд (12-р зураг) анхаарч байх саналыг дэвшүүлж байна.



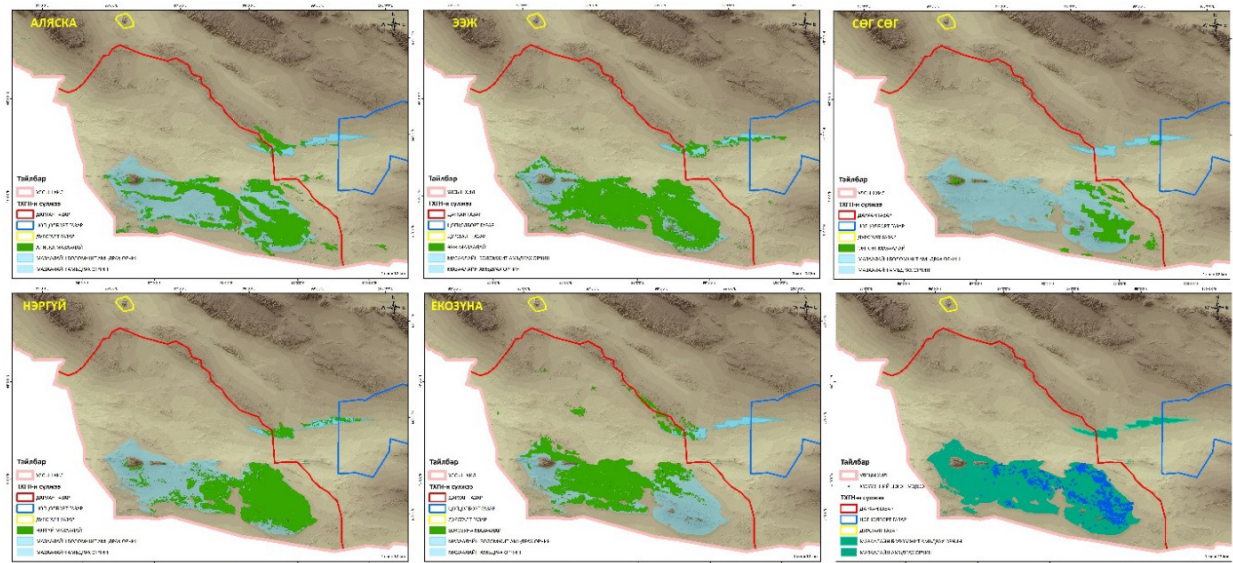
12-р зураг. Монгол орны мазаалай баавгайн 1950-д оноос өмнөх түүхэн ба одоогийн тархалтын загвар

шармаахайны талбайг загварчлалын судалгааны 4, нийт 6 шармаахайны талбайг нийтэд нь тооцвол Алтайн өвөр говьд бие гүйцсэн нэг шармаахайны байршил нутаг дунджаар 1840.1 км² (95% CI: 942-2738.1; P=0.103) талбайг эзэмшдэг байх үндэслэлтэй. Судлаачдын тодорхойлсон нэг эвшийн талбай (514 км²) болон Ээж мазаалайн байрших талбайн (2172.5 км²) дунджийг (1343.2 км²) нийт 6 шармаахайны

талбайтай (1840.1 км²) харьцуулбал шармаахайны эзэмшил нутаг эвшийнхээс илүү байна гэдэг судлаачдын мэдээ бодитойг загварчлалын судалгаа харуулсан. Загварчлалаар тогтоосон мазаалай баавгайн нийт тооцоолсон (12829.69 км²) талбайтай харьцуулбал Аляска мазаалай 50%, Ээж мазаалай 75.1%, Нэргүй мазаалай 52.8%, Ёкозүна мазаалай 54.3%, харин Сөг сөг мазаалай 17.3% эзэмшиж байна.



13-р зураг. Монгол орны мазаалай баавгайн 1950-д оноос өмнөх түүхэн, Голоценийн үеийн ба одоогийн тархалтын загвар болон судлаачдын түүхэн мэдээ



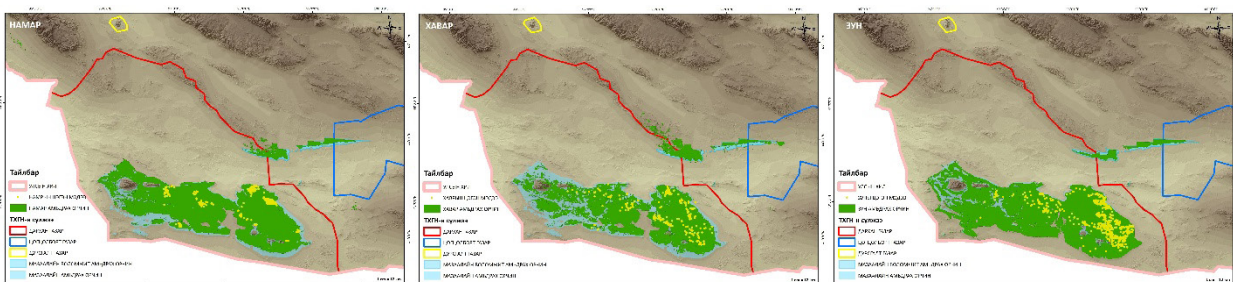
14-р зураг. Хүзүүвчтэй мазаалай баавгайнуудын (n=5) амьдрах орчны загварчлал

Мазаалай баавгайн бодгалиудын тооцоологдсон амьдрах орчны талбайн хэмжээгээрээ Эжж мазаалай хамгийн их (9629.88 км²) бөгөөд түүнийг 100% хувь гэж үзээд бусад бодгальтай харьцуулбал Ёкозүна мазаалайнх 27.7%, Нэргүй мазаалайнх 30%, Аляска мазаалайнх 33.5%, Сөг сөг мазаалайнх 76.9% бага (14-р зураг) байна. Мазаалай баавгайнууд Алтайн өвөр говийн нийт тохиромжтой амьдрах орчиндоо зайцан байршиж байна.

Мазаалай баавгайн амьдрах орчин улирлаар ялгаатай. Хавар (III, IV, V сар) байршил нутгийн хэмжээ 9273.54 км² байхад, зуных (VI, VII, VIII сар) хаврынхаас 30.9% (2868.66 км²) нэмэгдэж 12142.2 км², намрын (IX, X, XI сар) байршил нутгийн хэмжээ хаврынхаас 13.8% (1276.2 км²) нэмэгдэж 10549.74 км² болж өөрчлөгдөж байна. Намрын байршил нутгийн хэмжээ зуныхаас 13.1% (1592.46 км²) хумигджээ (15-р зураг). Мазаалай баавгайн улирлын байршил нутгийн дундаж нь 10655 км² (95% CI $mean \pm SE: 7085-14225$; $P\text{-value} < 0.609$; $SD = 1437$) байна.

Мазаалай баавгайн уст цэгийн ашиглалтын онцлог

Говь цөлийн бүсийн биологийн олон янз байдал,



15-р зураг. Мазаалай баавгайн (n=5) амьдрах орчны загварчлалын улирлын ялгаа

тухайлбал мазаалай баавгайн амьдралд задгай булаг шанд чухал үүрэгтэй [25], [36]. Өнөөгийн байдлаар Алтайн өвөр говьд 32 уст цэг тэмдэглэгдээд (16, 17-р зураг) байна. Судлаачид [24] мазаалай баавгай ашигладаг хэлбэрээр нь уст цэгүүдийг байнгын (resident), хааяа (temporary) болон гүйдлээр (visiting) гэж ангилсан байдаг. Нийт 32 уст цэг бүрээс 3 км, 6 км болон 9 км тойрогт хүрээ татаж мазаалайн цэгэн мэдээнд уст цэгүүдийн орчмын шинжилгээг (16, 17, 18-р зураг) хийхдээ уст цэгүүдийг баруунаас зүүн тийш дугаарласан. Уст цэг бүрээс 9 км хүрэн дотор нийт 926 (нийт цэгийн 33%) тохиолдол бүртгэгдсэнээс Аляска мазаалай 119 удаа (13%), Эжж мазаалай 249 удаа (27%), Нэргүй мазаалай 425 удаа (46%), Ёкозүна мазаалайн нийт 104 удаагийн тохиолдол (11%), харин Сөг сөг мазаалайн 29 удаагийн тохиолдол (3%) бүртгэгдсэн байна.

Уст цэгийн орчмын шинжилгээгээр Аляска мазаалай 7, 8-р саруудад (n=20, 25), Эжж мазаалай 7, 8, 9-р саруудад (n=56, 51, 40), Сөг сөг мазаалай 5-р сард (n=55), Нэргүй мазаалай 6, 10-р саруудад (n=188, 78), Ёкозүна мазаалай 5, 7-р саруудад (n=21, 27) хамгийн олон удаа усны орчим бүртгэгдсэн нь ашиглалтын байдал байршил нутгаасаа хамаарч

хоорондоо зөрөөтэй байна. Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайн ус ашиглалтын эрчим улирлаас шалтгаалан 5 дугаар сараас 8 дугаар сар хүртэл эрчимтэй үргэлжилсээр оргил үе нь 6 дугаар сар байна (16, 18-р зураг). Харин 11 дүгээр сард Зам билгэх (n=5), Хөтөл ус (n=2) болон Мухар задгайн (n=71) уст цэгт Нэргүй мазаалай бүртгэгдсэн нь ичээлэх хугацаа хойшилсон, тэнэсэн байх үндэслэлтэй. Энэ мазаалай бас дараа жилийн 2 дугаар сард усан дээр хамгийн эрт ирсэн мазаалай байв (16-р зураг). Мазаалай баавгай II-X сарын хооронд 9 сарын

хугацаанд усны орчимд нийт 926 удаа бүртгэгдсэн тохиолдлыг сар тус бүрээр 32 уст цэгт харьцуулбал дунджаар мазаалай баавгай хоёрдугаар сард 11 удаа ($mean \pm SE: 13.6-35.6$; $P-value = < 0.005$), гуравдугаар сард 16.6 удаа ($mean \pm SE: 8.8-23.64$; $P-value = 0.307$), дөрөвдүгээр сард 11.6 удаа ($mean \pm SE: 8.1-15.12$; $P-value = 0.586$), тавдугаар сард 17.6 удаа ($mean \pm SE: 14.98-20.22$; $P-value = 0.518$), зургаадугаар сард 50.8 удаа ($mean \pm SE: 16.21-85.38$; $P-value = 0.007$), долоодугаар сард 29.2 удаа ($mean \pm SE: 19.98-38.42$; $P-value = 0.796$), наймдугаар сард 19.2 удаа ($mean \pm SE: 10.4-27.9$;

Count of NEAR_FID Column Labels																																	
Row Labels	3	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	31	Grand Total														
Alaska			15	1	18	1			5		27	27	10		1	1	13		119														
April												6	10						16														
May												2						12	14														
June					1	5			3			1					1	1	12														
July			15		13	1			1										30														
August									1		22					1			24														
September											5	18							23														
mother			20	37	53	22	33		5		27	49			1	1	1		249														
March					5														5														
April					11		9												20														
May				2	23		1												26														
June				6	2	8			3			1					1	1	22														
July			3	29	4	13	6		1										56														
August			5		4	1	17		1		22					1			51														
September			12								5	23							40														
October					4							25							29														
SugSug											7	3	5	1		13			29														
April											1	2	2			1			6														
May											2		2			12			16														
June											4	1	1	1					7														
unkhown						1			9	7	63	5	12	63	6	53	185	21	425														
February																	55		55														
March										3							40		43														
April										1									1														
May													3		3		1	6	13														
June											56	2	7	54	6	47	7	9	188														
July											7	3	2	9		3	9	6	39														
August						1			4	1							2		8														
November										5	2						71		78														
Yokozuna	1	10	25	43	6	14	1	1	3										104														
March			1	7	7	1			1										17														
April				1	8		8												17														
May			6	13		2													21														
June					4	1	1	1											7														
July			1	3	15		5			3									27														
August			2	1	9	2													14														
October			1																1														
Grand Total	1	10	45	95	60	55	35	1	22	7	124	8	93	74	6	68	187	35	926														

16-р зураг. Алтайн өвөр говийн уст цэгүүдийг мазаалай баавгай ашиглаж буй байдал: Улбар шар өнгөөр Атас Ингэсийн район, цэнхэр өнгөөр Шар хулстын район, ногоон өнгөөр Цагаан богдын районы уст цэгүүдийг үзүүлэв.

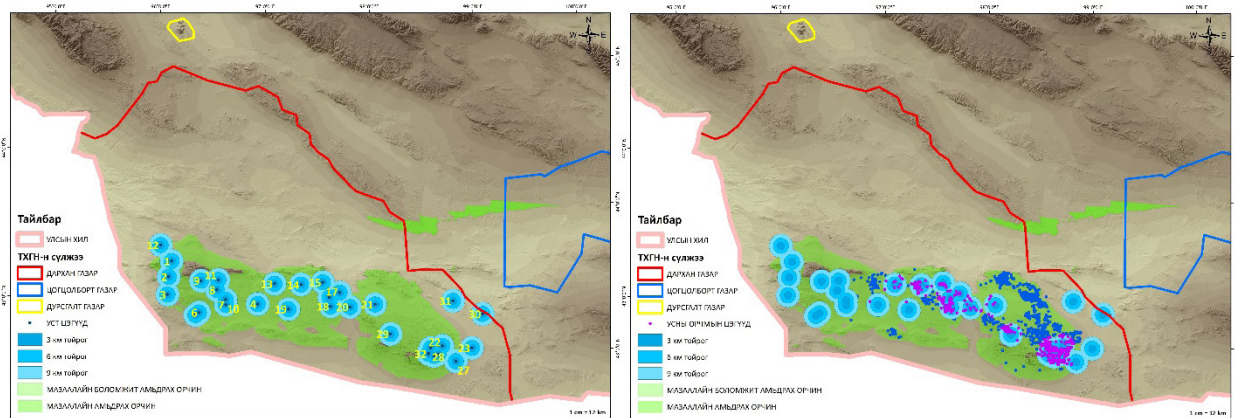
$P\text{-value}=0.394$), есдүгээр сард 8 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:1.77\text{-}15.16$; $P\text{-value}<0.005$), аравдугаар сард 6 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:0.24\text{-}11.75$; $P\text{-value}<0.005$), арван нэгдүгээр сард 15.6 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:1.77\text{-}15.31$; $P\text{-value}<0.005$) ирсэн байна (16, 17-р зураг).

Нийт 32 уст цэгүүдээс мазаалай баавгай бүртгэгдсэн 18 уст цэгээр (56%) тооцвол дунджаар нэг уст цэгийн орчим 51 удаа (95% CI: 26.6-76.25; St.D: 49.4; $P=0.007$) ирсэн байна. Бодгаль тус бүрээр нийт 9 сарын хугацаанд усны орчимд ирсэн дундаж тохиолдол мөн харилцан адилгүй. Тухайлбал, Аляска мазаалай нийт 9 сард дунджаар 11.9 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:8.27\text{-}15.5$; $P\text{-value}=0.117$), Ээж мазаалай дунджаар 24.9 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:18.6\text{-}31.2$; $P\text{-value}=0.624$), Сөг сөг мазаалай дунджаар 3.2 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:1.36\text{-}5.1$; $P\text{-value}<0.005$), Нэргүй мазаалай дунджаар 42.5 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:24.2\text{-}60.7$; $P\text{-value}=0.011$), Ёкозүна мазаалай дунджаар 10.1 удаа ($\text{mean}\pm\text{SE}:7.2\text{-}13.5$; $P\text{-value}=0.134$) байна.

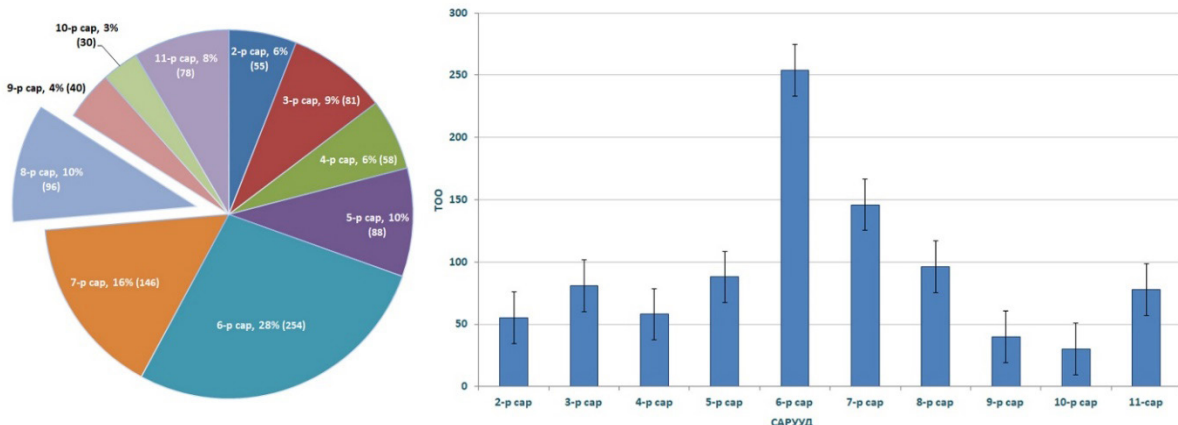
Уст цэгүүдийн төсөөтэй байдлыг мазаалай баавгайнуудын ашиглалтаар нь авч үзвэл Аляска,

Ээж мазаалайнууд ижил уст цэгийг, Сөг сөг, Нэргүй мазаалайнууд мөн ижил байхад Ёкозүна мазаалай баавгай дангаараа тодорхой уст цэгүүдийг ашиглаж, бусдаас ялгаатай байв. Мазаалай баавгай хавар ичээнээс гарахдаа цөөхөн тооны уст цэгийн орчим байршина. Дулаарч ус задгайрч эхлэх үеэс ашиглах уст цэгийн тоо нэмэгдэж хамгийн ихдээ 8 уст цэг дамжин “тэнэх” бөгөөд энэ тоо 8 ба 9-р сараас буурна (16, 18-р зураг).

Мазаалай баавгай тодорхой хэдэн уст цэгийн орчимд байршиж байгааг уст цэгүүдийн орчимд бүртгэгдсэн хүзүүвчний мэдээллийн давтамжаар харуулсан. Аляска мазаалай хавар ичээнээс гарахдаа Хөх дэрс, Алтан тэвшний ус орчимд байршиж байснаа VI, VII саруудад баруун тийш төвийн хэсгийн уст цэгүүд рүү шилжсэн бол IX сараас эргэж хаврын уст цэгийн орчимдоо ирсэн. 2008-2009 онд Атас ингэс, Шар хулс, Цагаан богдын районы 13 уст цэг дээр хийгдсэн ДНХ-д (hair capture) суурилсан судалгаагаар [34], [35] мазаалай баавгай ирээгүй буюу ашиглаагүй 5 уст цэг дээр үсний дээж авагдсан бөгөөд мазаалай баавгайн цэг бүртгэгдээгүй,



17-р зураг. Алтайн өвөр говийн уст цэгүүд ба мазаалай баавгайн ашиглалт



18-р зураг. Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайн усны орчимд (9 км) ирсэн байдал, сараар

үсний дээж авагдаагүй огт ашигладаггүй 10 уст цэг байгаагаас 8 уст цэгийг судлаачдын [24] ангилснаар “түр”, 2 уст цэгийг “явуулын” ашиглагддаг гэж тодорхойлсон байна (17, 18-р зураг).

Нийт 32 уст цэгүүдээс мазаалай баавгайн хүзүүвчний цэг бүртгэгдээгүй боловч ДНХ-н судалгаагаар дээж авагдсан [34] *Баруун тоорой*, *Хөх хулс*, *Богц цагаан дэрс*, *Сүүжийн булаг* зэрэг 4 уст цэг байна. ДНХ-н дээж авагдсан ч хүзүүвчний цэг бүртгэгдээгүй *Нүдэн булаг*, *Өлзий билгэх*, *Замын билгэх*, *Хар довонгийн ус*, *Талын билгэх*, *Хөх дэрс*, *Дугуй булаг*, *Эхийн гол* гэх 8 уст цэг байна. 2008-2009 оны [35] болон 2014 оны загварчлалын судалгааны хэрэглэхүүнүүдийг нэгтгэвэл мазаалай баавгайн тархац нутагт дахь 32 уст цэгээс 22 уст цэгийг (69%) мазаалай баавгай ашиглах боловч 8 уст цэгийг (36%) байнгын ашигладаг нь тодорхой байна.

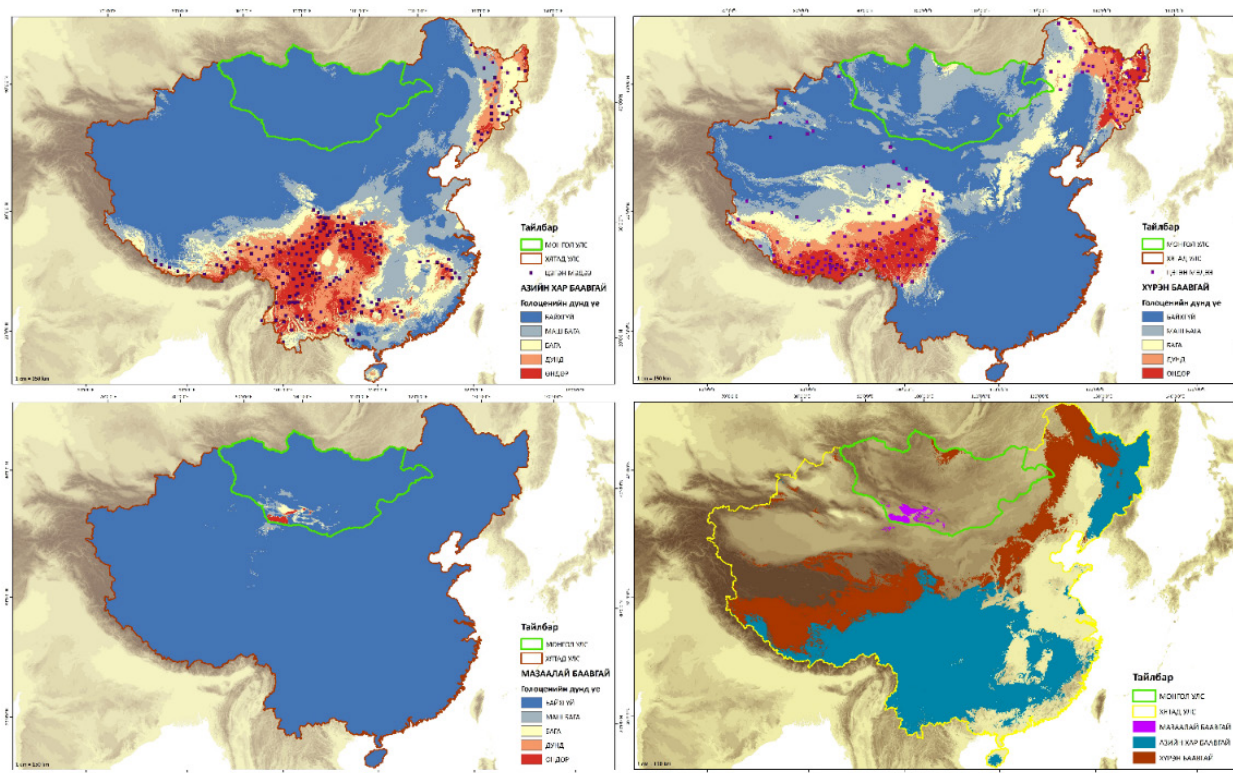
Мазаалай баавгайн амьдрах орчин ба түүхэн тархац нутаг

Соколов нар (1996) [33] тухайн үед Хятадын нутагт мазаалай баавгай тархсан эсэх талаарх мэдээ алга байна. XIX зууны хоёрдугаар хагаст Дорнод Тань-Шанд хүрэн баавгайн тархац зөвхөн Или мөрний эх хүрнэ. Мазаалай баавгайн тархалт үлдвэр зүйлийн шинжтэй боловч умардын үлдвэр биш (Говь-

Алтайн өмнө хэсгээр ой байгаагүй), харин Төв азийн Плейстоцинийн “нуурын үеийн” буюу чийглэг үеийн үлдвэр зүйл болохыг дурдсан байна.

Masudana (1998) [37] Азийн хүрэн баавгайнуудын филогенетикийн байдлыг судлаад монголын “Gobi-1” хүрэн баавгай Өрнөд европын хүрэн баавгайны удамтай харьцангуй ойрхон, харин Дорно европын бүлгээс гадна байгаа нь монголын хүрэн баавгайн салалт 0.74 сая жилийн өмнө буюу Плейстоцинийн үед явагдсан байх үндэслэлтэй байгааг дурдсан нь мазаалай баавгай Өрнөд европын хүрэн баавгайны өвөг байх таамаглалыг дэвшүүлсэн байна. ГИДЦГ-т өргөн цөлөөр тусгаарлагдаж өнөөгийн байдлаар популяцийн хэмжээ нь 30 орчим гэж тооцогдож буй мазаалай баавгай бол тусгаарлагдсан үлдэс (реликт) зүйл болохыг МУ-н Улаан номд тодорхойлсон [1], [2], [3], [5].

Дээрх судлаачдын дурдсан генетикийн судалгааны мэдээ, үр дүнтэй ойр цаг хугацааны уур амьсгалын төсөөллийн загварыг Голоценийн дунд үе гэж үзээд, ойролцоогоор 6000 жилийн өмнөх уур амьсгалын Bio-19 загвараар тухайн үеийн мазаалай баавгай *U.a.isabellinus*, азийн хар баавгай *U.thibetanus* болон хүрэн баавгайн *U.arctos* боломжит тархалтыг Монгол Улс ба БНХАУ-н газар нутгийн хэмжээнд загварчилж, харьцуулсан. Энэ таамаглал судалгаанд БНХАУ-ын



19-р зураг. Голоценийн (~6000 жилийн өмнө) үеийн азийн хар баавгай *U.thibetanus*, хүрэн баавгай *U.arctos*, мазаалай баавгайн *U.a.isabellinus* боломжит (Bio 19-үндэслэсэн) тархалт

нутаг дэвсгэрт үндэсний хэмжээнд хийгдсэн баавгайн сүүлийн судалгааны үр дүнд тэмдэглэгдсэн 3 зүйл хүрэн баавгайн цэгэн мэдээг [5], [37], [38] сэргээн авч ашигласан.

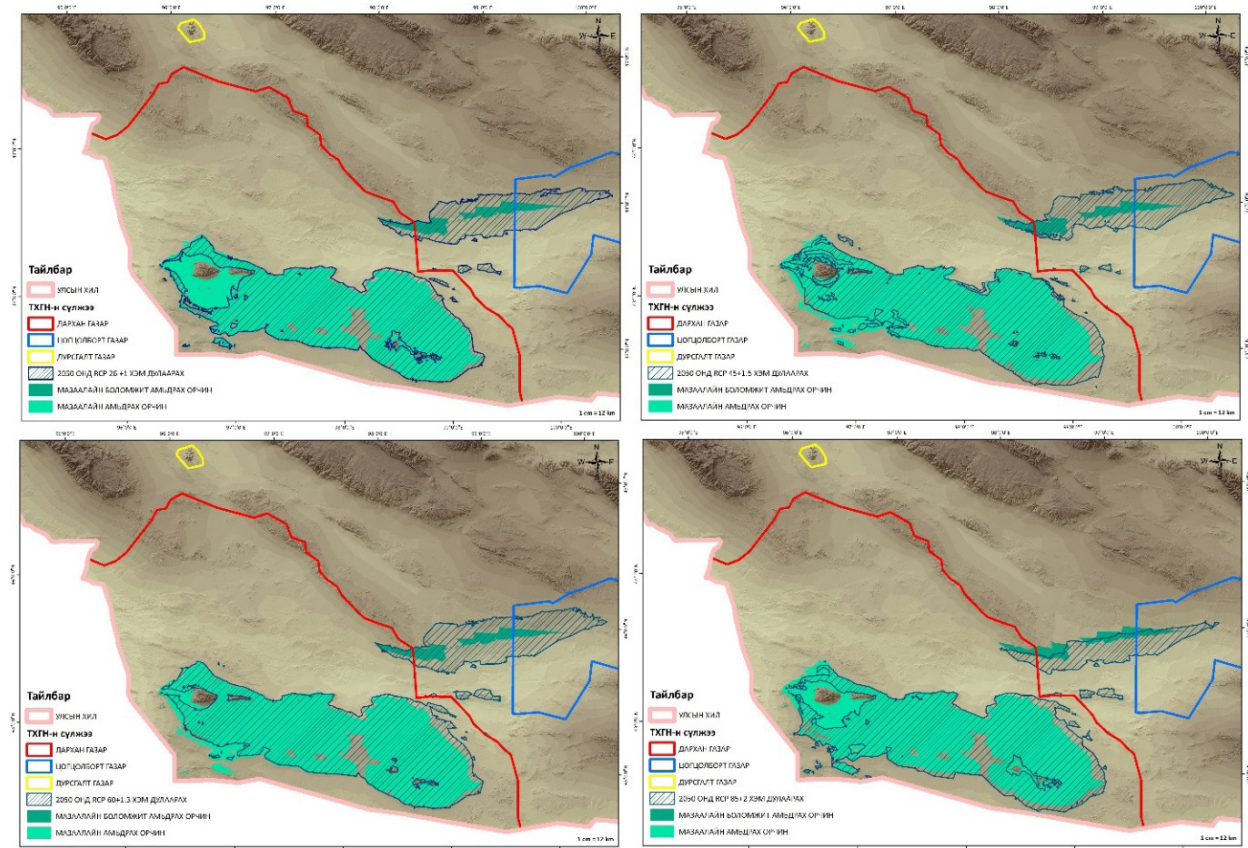
Харьцуулсан загварчлалын судалгааны үр дүнгээс харвал БНХАУ-ын нутагт тархсан азийн хар баавгай (*U.thibetanus*) болон хүрэн баавгайн (*U.arctos*) тархалтын хилтэй мазаалай баавгайнх давхцахгүй, газар зүй, уур амьсгалын хувьд бие даасан тусдаа байсан гэх саналыг дэвшүүлсэн. Хятадын судлаачдын мэдээгээр Тань-Шан ууланд тархсан *U.a.isabellinus* мазаалай баавгайтай газар зүйн тархалт, уулын системийн хувьд хамгийн ойр, харин Хятадын баруун хойд нутгийн Алтайн ууланд тархсан *U.a.arctos* нь манай орны хүрэн баавгайн тархцын баруун хэсэг Баян-Өлгийн баавгайтай ойр байна (19-р зураг).

Хятадад тархсан [38] хүрэн баавгайн тархалтын хамгийн хойд цэг Голоценийн үеийн мазаалай баавгайн боломжит тархалтын урд хязгаартай нийлж байгаа ч газар зүйн тархалт нь тохирохгүй (19-р зураг) байна.

Гэвч уур амьсгалын хувьд Голоценийн дунд үеийн мазаалай баавгай болон Хятадын нутагдах хүрэн баавгай болон азийн хар баавгайн газар

зүйн тархалтууд нь харьцангуй ялгаатай байгаа нь генетикийн судалгааны үр дүнг дэмжиж байна гэх үндэслэлтэй ч цаашид энэ чиглэлийн асуудлуудыг нарийвчлах зайлшгүй шаардлага байна.

Амьдрах орчны загварчлалын үр дүн нь цаашид ирээдүйн хүчин зүйлүүдийн өөрчлөлтөд хэрхэн өөрчлөгдөх төсөөллийг тооцоолох боломжийг олгосон. Дэлхий нийтэд тулгамдсан асуудлын нэг болсон уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөө Төв азийн уугуул, нэн ховор амьтан мазаалай баавгайн тооцоологдсон амьдрах орчин ирээдүйн дулаарлын HADGEM2 загварын 4 хувилбараар 2050 оны орчимд хэрхэн өөрчлөгдөхийг төсөөлсөн (19-р зураг). Ирээдүйн уур амьсгалын өөрчлөлтийн загварчлалаар мазаалай баавгайн өнөөгийн боломжит байршил нутаг (13865.69 км²) 2050 (~2041-2060) оны орчимд гср-26 хувилбараар дунджаар +1°C (0.4-1.6°C) дулаарахад мазаалай баавгайн байршил нутгийн хэмжээ 8.7% (1202.94 км²), гср-45 хувилбараар +1.4°C (0.9-2.0°C) дулаарахад 16.3% (2254.41%), гср-60 хувилбараар +1.3°C (0.8-1.8°C) дулаарахад 19.9% (2765.28 км²), гср-85 хувилбараар +2°C (1.4-2.6°C) дулаарахад 6.4% (889.57 км²) нэмэгдэх төлөв ажиглагдсан (20-р зураг). Хэдийгээр уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөө говь цөлийн бүсэд тархсан мазаалай баавгайн амьдрах



20-р зураг. Алтай өвөр говийн мазаалай баавгайн амьдрах орчны уур амьсгалын өөрчлөлтийн төсөөлөл

орчныг тэлэх таатай нөхцөлийг бий болгоно гэх үндэслэлтэй ч түүний амьдралд чухал идэштэжээлийн бүрэлдэхүүний өөрчлөлтийг үүнд тооцоогүй. Уур амьсгалын өөрчлөлт мазаалай баавгайн амьдрах орчинд нөлөөлөх нь тодорхой байна. Ирээдүйн уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөгөөр мазаалай баавгайн амьдрах орчин, байршил нутаг тогтвортой байна. Ялангуяа, уур амьсгалын энэхүү өөрчлөлтийн нөлөө мазаалай баавгайн байршил нутгийн зүүн болон дархан газрын гадна зүүн хойд хэсэгт илүүтэй ажиглагдаж байна.

Дүгнэлт

- Амьдрах орчны загварчлалаар ГИДЦГ “А” хэсэгт мазаалай баавгайд тохиромжтой 23619.18 км² нутаг байгаа бөгөөд түүний 54.3% буюу 12829.7 км² нутагт одоо тархан байршиж байна.
- Бие гүйцсэн мазаалай баавгайн боломжит байршил нутаг дунджаар 5590 км² бөгөөд нас хүйс, улирлаар хэлбэлзэнэ. Бодгалийн боломжит байршил нутаг өөр хоорондоо 40-60% давхцалтай байдаг байна.
- Мазаалай баавгай Алтайн өвөр говьд хэт гандуу цөл ба цөлийн хээрийн экосистемийн 12 бүлгэмдэл, ургамлын 18 хэвшлийг шүтэж амьдардаг бөгөөд хоорондоо зайцан байршдаг онцлогтой.
- Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгай II-XI сард буюу ичээнээс гараад буцаад ичих хүртлээ устай байнга холбоотой байх бөгөөд VI-VII сард ус ашиглалтын эрчим хамгийн өндөр байна.
- Алтайн өвөр говьд мазаалай баавгайнууд 22 булаг шандыг ашиглахдаа 8-ийг нь байнга “шүтэж” байна. Булаг шандыг ашиглах байдал бодгалийн хувьд ялгаатай байна.
- Уур амьсгал мазаалай баавгайн байршил нутгийн хязгаарлагч гол хүчин зүйл бөгөөд популяци газар зүйн тархцын хувьд бие даасан, тусгаарлагдсан байна. Мазаалай баавгайн амьдрах орчны загварчлалаар байршил нутгийн хэмжээ XX зууны сүүлээс одоог хүртэл 60 гаруй хувиар багассан гэх өмнөх судлаачдын дүгнэлтийг баталгаажуулав.
- Мазаалай баавгайн одоогийн байршил нутаг 2050 онд тогтвортой байх төлөвтэй байгаа нь уур амьсгалын өөрчлөлтийн (дулаарал) нөлөө хязгаарлагдмал багахан нутагт тархдаг энэ зүйл амьтанд бага байна.

Талархал

Судалгааны БОНХЯ-2014/05/15-1 төслийг санхүүжүүлсэн Байгаль орчин, ногоон хөгжлийн яаманд талархал илэрхийлье.

Ашигласан бүтээл

- [1] *БНМАУ-ын Улаан ном.*, Шагдарсүрэн О. (Ер. Ред). Улаанбаатар, Монгол Улс: БНМАУ-н ШУА Ерөнхий ба сорилын биологийн хүрээлэн, Ботаникийн хүрээлэн, Монгол Байгаль орчныг хамгаалах нийгэмлэгийн төв зөвлөл, 1987.
- [2] *Монгол Улсын Улаан ном.*, Шийрэвдамба Ц. (Ер. Ред). Улаанбаатар, Монгол Улс: Монгол Улсын Байгаль орчны яам, 1997.
- [3] *Монгол улсын Улаан ном.*, Шийрэвдамба Ц. (Ер. Ред). Улаанбаатар, Монгол Улс, 2013.
- [4] Clark, E. L., et al., *Монгол улсын хөхтөн амьтны Улаан данс. Бүс нутгийн улаан дансны цуврал.*, vol. 1. Лондон хот.: Лондоны Амьтан Судлалын Нийгэмлэг, 2006.
- [5] Badamjav Lhagvasuren and Batmunkh Mijiddorj, “The Status of Bears in Mongolia,” *Underst. Asian Bears Secure Their Future Compil. Jpn. Bear Netw.*, pp. 90-95., 2006.
- [6] “Төрийн мэдээлэл эмхэтгэл,” Улаанбаатар, Монгол Улс: Засгийн Газарт чиглэл өгөх тухай. Ерөнхийлөгчийн зарлиг. 121., Sep. 2014.
- [7] Papes M and P. Gaubert, “Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents,” *Divers. Distrib. Divers. Distrib*, no. 13, pp. 890-902., 2007, <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00392.x>.
- [8] Sunil Kumar, Sarah A Spaulding, Thomas J Stohlgren, Karl A Hermann, Travis S Schmidt, and Loren L Bahls, “Potential habitat distribution for the freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in the continental US,” *Ecol. Soc. Am.*, vol. 7., no. 8, pp. 415-450 p., 2009, <https://doi.org/10.1890/080054>
- [9] Roger A. Baldwin., “Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Reserch,” no. 11, pp. 854-866., 2009, <https://doi.org/10.3390/e11040854>
- [10] Lozier, J.D., P.Aniello, and M.J.Hickerson., “Predicting the distribution of Sasquatch in western North America: anything goes with ecological niche modelling,” no. 36., pp. 1623-1627 pp., 2009, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02152.x>
- [11] Jane Elith, Steven J. Phillips, Trevor Hastie, Miroslav Dudi'k, Yung En Chee1, and Colin J. Yates., “A statistical explanation of MaxEnt for ecologists,” *Divers. Distrib. Divers. Distrib*, vol. 17, pp. 43-57 pp., 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>

- [12] Theresa Adjeley Adjaye., “Maxent modelling of the apennine Browb Bear using incidental presence records: A Comparison of raw records and a kernel dendity in southern Majella NP,,” 2011.
- [13] Youngah Lim, Munisamy Gopinath, Samuel Chan, and Michael Harte., “Predicting Potential Invasive Species Distribution: An Application to New Zealand Mudsnaills in the Pacific Northwest,,” 2011, <https://doi.org/10.22004/ag.econ.103646>.
- [14] Nazeri M, K.Jusoff, N. Madani, A.R.Mahmud, A.R. Bahman, and L. Kumar., “Predictive Modeling and Mapping of Malayan Sun Bear (*Helarctos malayanus*) Distribution Using Maximum Entropy,,” *PLoS ONE*, no. 7(10), 2012, doi: 10.1371./journal.pone.0048104/. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048104>
- [15] Steven J. Phillips, Miroslav Dud'ik, and Robert E. Schapire., “A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling,,” *Proc. Twenty-First Int. Conf. Mach. Learn.*, pp. 655-662., 2004. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>
- [16] Steven J. Phillips, Robert P. Anderson, and Robert E. Schapir., “Maximum entropy modeling of species geographic distributions,,” *Elsevier Ecol. Model.*, vol. 190, pp. 231-259., 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- [17] IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. United Kingdom and New York, NY, USA,: Cambridge University Press, Cambridge, 2013.
- [18] “Global climate and weather data,,” Worldclim.org., 2024, 2020.
- [19] Jane Elith, Michael Kearney, and Steven Phillips, “The art of modelling range-shifting species,,” *Methods Ecol. Evol.*, no. 1, pp. 330-342., 2010, <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x>
- [20] Robert J. Hijmans, Susan E.Cameron, Juan L. Parra, Peter G. Jones, and Andy Jarvis., “Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas,,” *Int J Clim.*, no. 55:, pp. 1965-1978., 2005. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- [21] *Байгаль орчны мэдээллийн сан. Гео-мэдээллийн сан. БОУАӨЯ. УЦУОСМХ.* eic.mn/geodata/.
- [22] Болд А., “Монгол орны хүрэн баавгай ба мазаалай,,” *Биологийн Хүрээлэнгийн Эрдэм Шинжилгээний Бүтээл*, vol. 2, p. 303:5–51., 1967.
- [23] Тулгат Р., “Мазаалайн тархац, байршил нутгийн эрт эдүгээгийн байдал,,” *Говийн Их Дархан Цаазат Газрын Байгалийн Нөхцөл Биологийн Нөөц Баялаг Эрдэм Шинжилгээний Анхдугаар Бага Хурлын Илтгэл*, pp. 110-111 х., 1995.
- [24] Мижиддорж Б., *Говийн баавгай-мазаалай*. 2013.
- [25] Бугаев К.Е and Ч.Төмөр., “Мазаалай,,” *Биологийн Хүрээлэнгийн Эрдэм Шинжилгээний Бүтээл*, no. 17, p. 188:127–136., 1982.
- [26] Дуламцэрэн С., *Монгол орны хөхтөн амьтан тодорхойлох бичиг*. Улаанбаатар, Монгол Улс., 1970.
- [27] *Зэрлэг амьтан ба ургамлын аймгийн ховордсон зүйлийг олон улсын хэмжээнд худалдаалах тухай конвенцын лавлах*. Улаанбаатар, Монгол Улс: CITES-г хэрэгжүүлэх Монголын үндэсний зөвлөл. Монгол улсын БОЯ, Японы олон улсын хамтын ажиллагааны байгууллага, 2001.
- [28] Намнандорж О., *БНМАУ-ын дархан газар, цаазтай амьтан*. Улаанбаатар, Ган принт кампани, 1976.
- [29] Соколов В.Е and В.Н.Орлов., *Определитель млекопитающих Монгольской Народной Республики.*, Издательство Наука. Москва., 1980.
- [30] *The IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- [31] Жирнов Л.В and В.О.Ильинский., *Большой Гобийский Заповедник-Убежище редких животных пустынь Центральной Азии*. Москва., 1985.
- [32] Банников А.Г., *Млекопитающие Монгольской Народной Республики*. Москва.: Изд-во Академия Наук СССР., 1954.
- [33] Соколов В.Е., *et al.*, *Редкие виды Монголий. Позвочные*. Москва., 1996.
- [34] “Мазаалай баавгайн (*Ursus arctos*) 2013-2014 оны генетикийн судалгааны тайлан,,” ШУА-н Биологийн хүрээлэн., 2014.
- [35] Odbayar Tumendemberel, *et al.*, “Gobi bear Population Survey,,” Final Report. May 2011., 2009.
- [36] Цэнджав Д., and О.Доржраа., “Монгол орны мазаалай баавгай,,” *Монголын Ховор Амьтдыг Хамгаалах Үндэсний Комисс ШУА-Н Биологийн Хүрээлэн*, p. 93 х., 2006.
- [37] Ryuichi Masuda, Koichi Murata, Awirmed Aiurzaniin, and Michihiro C.Yochida., “Phylogenetic status of Brown beras *Ursus arctos* of Asia: A preliminary result inferred from mitochondrial DNA control region sequences,,” *Hereditas.*, Brief Report, 1998.
- [38] Jien Gong and Richard B. Harris, “The Status of Bears in China,,” *Underst. Asian Bears Secure Their Future Compil. Jpn. Bear Netw.*, pp. 96-101., 2006.