



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд

Geographical Issues

Volume 23 (2)

ISSN: 2312-8534

2023

Улаанбаатар хот

UTM тусгалд масштабын итгэлцүүрийг тооцох аргачлал Methodology for calculating scale coefficients in UTM reflectance

© Алтанцэцэг Жамьян¹, Эрдэнэжаргал Балжинням^{2*}
Altantsetseg Jamyan¹, Erdenejargal Baljinyam^{2*}

¹Үндэсний Техникийн Их Сургууль, Геодези, Уул уурхайн ашиглалт, менежментийн тэнхим, Улаанбаатар, Монгол Улс

²Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Газарзүйн тэнхим, Улаанбаатар хот, Монгол Улс

¹Department of Geodesy, Mining Operation and Management, National Technical University, Mongolia, Ulaanbaatar 16052, Mongolia

²Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

*Харилцагч зохиогч: erdenejargal@num.edu.mn

*Corresponding author: erdenejargal@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2023.05.06

Засварласан: 2023.11.15

Зөвшөөрөгдсөн: 2023.11.28

Хураангуй

Монгол улсын засгийн газрын 2022 оны 7 дугаар сарын 5-ны өдрийн 267 дугаар тогтоолоор Монгол Улсын нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хийгдэж байгаа геодезийн хэмжилт, зураглалын ажилд олон улсын геодезийн солбицлын ITRF2020 тогтолцоо, өндрийн сүлжээнд Балтийн тэнгисийн тогтолцоог, газрын зураглалд дэлхийн хөндлөн меркаторын "UTM" тусгагийг тус тус хэрэглэж байгаа билээ. Хот байгуулалт, уул уурхайн ашиглалт, ашигт малтмалын нөөц тооцоолол, инженерийн барилга байгууламжийн төсөл, тооцоонд шаардлагатай геодезийн хэмжилт, том масштабын байр зүйн зураглалын ажлыг тэгш өнцгийн хавтгайн солбицлын тогтолцоонд гүйцэтгэдэг. Энэ тогтолцоонд геодезийн хэмжилтийг гүйцэтгэхэд хэрэглэх масштабын итгэлцүүрийг хэрхэн хэрэглэх талаар тодорхой аргачлал, заавар байхгүй байгаа нь геодезийн үйлдвэрлэлийн бүтээгдхүүний чанарт муугаар нөлөөлж байна. Тухайлбал, 2009 оноос хойш хэмжилт хийж буй газрын байрлалыг харгалзахгүйгээр хаана ч байсан ялгаагүй тэнхлэгийн голдоч дээрх масштабын итгэлцүүр болох 0.9996 гэсэн утгыг хэрэглэдэг жишиг тогтсон нь буруу юм. Иймээс газрын зураглалын хэмжилтэнд дэлхийн хөндлөн меркаторын "UTM" тусгагийг ашиглан эргэлтийн эллипсоидын тодорхой хэсгийг хавтгайд буулгахад гарах гажилтыг зөв тооцсон масштабын итгэлцүүрийг хэрэглэх нь зүйтэй. Геодезийн байнгын цэг тэмдэгт дээрх геодезийн B, L солбицлын утгыг хөрвүүлэлтийн програм ашиглан цэг тус бүрээр хөрвүүлэн ашиглах нь дээд геодезийн онолын бодлогуудад нийцэхгүй. Улсын геодезийн сүлжээний нягтралыг сайжруулан, Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд геодезийн байрлалын сүлжээний "UTM" тэгш өнцгийн солбицлуудыг тэгшитгэн бодсоны дараа геодезийн хэмжилтийг хавтгай дээр хийгдэж байгаа гэж үзэн масштабын итгэлцүүрийн нэг гэсэн утгыг авч хэрэглэж болно. Үүний үр дүнд GNSS-ийн технологиор байгуулсан байрлалын сүлжээг электрон тахеометрээр шалгахад зөрүү гараад байна гэдэг асуудал үгүй болж, байр зүйн зураг нь аливаа зураг төслийн ажлын чанарын шаардлагад нийцсэн үнэн зөв мэдээллийг агуулах болно.

Түлхүүр үгс: Геодези, Эргэлтийн эллипсоид, UTM тусгал, гажилт, масштабын итгэлцүүр.

Abstract

According to Resolution No. 267 of the Government of Mongolia dated July 5, 2022, the ITRF2020 system of the international geodetic offset, the Baltic Sea system in the elevation network, and the global transverse mercator "UTM" in the map are reflected in the geodetic measurement and mapping work carried out throughout the territory of Mongolia. are used respectively. Geodetic measurements and large-scale topographic mapping necessary for urban development, mining exploitation, mineral resource estimation, engineering construction projects, and calculations are carried out in the equiangular plane substitution system. In this system, there is no clear methodology and instructions on how to use the scaling factor for geodetic measurement, which has a negative impact on the quality of geodetic production. For example, since 2009, the standard that uses the value of 0.9996, which is the scale coefficient on the center of the axis, which does not differ anywhere, regardless of the location of the measurement, is

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Ж.Алтанцэцэг:** Онолын үндэслэл, аргагүй боловсруулалт, өгөгдөл боловсруулалт, үндсэн бичвэр, **Б.Эрдэнэжаргал:** Аргагүй боловсруулалт, үр дүн боловсруулалт, үндсэн бичвэр, зураглал боловсруулсан.

incorrect. Therefore, it is advisable to use a scale coefficient that correctly calculates the distortion that occurs when a certain part of the ellipsoid of rotation is mapped to a plane using the "UTM" reflection of the global transverse mercator in map measurements. The conversion of B and L values of the geodetic fixed points on the geodetic fixed points by using the conversion program for each point does not correspond to the theoretical problems of higher geodesy. After improving the density of the national geodetic network and equalizing the "UTM" equiangular variables of the geodetic position network throughout the territory of Mongolia, it can be assumed that the geodetic measurement is carried out on a plane and the value of the scale coefficient can be used. As a result, the problem of discrepancies in checking the position network established by GNSS technology with an electronic tachometer will disappear, and the topographic map will contain accurate information that meets the quality requirements of any design work.

Keywords: *Geodesy, WGS-84 rotation ellipsoid, UTM reflection, reduction problem, linear distortion, scale factor.*

Оршил

Дэлхийн гадарга дээр хийсэн хэмжилтийг ямар аргаар хавтгайд буулгахаас үл хамааран зай нь хавтгай дээр зөв дүрслэгдэх ёстой байдаг (Алтанцэцэг, 2018). Геодезийн хэмжилт, зураглалын ажлын үр дүнгээр боловсруулсан байр зүйн зураг дээр төлөвлөсөн зураг төслийг газарт буулгахад газар дээрээ тохирч байх нь чухал юм.

Өнөөгийн байдлаар Монгол улсад газарзүйн байрлалын сүлжээний хувьд дэлхийн хүндийн төвд эхлэлтэй гурван хэмжээст XYZ, геодезийн B, L, "UTM" тэгш өнцгийн хавтгай X болон Y солбицлын тогтолцоог ашиглан геодезийн хэмжилт, зураглалын ажлыг гүйцэтгэж байна (Ulziisaikhan, Oyuntsetseg, 2019). Эргэлтийн эллипсоид дээрх геодезийн солбицлыг /B, L/ геодезийн хэмжилтийн боловсруулалтанд ашиглахад хүндрэлтэй байдаг тул түүнийг зөвхөн жижиг масштабын газрын зураг зохиоход ашигладаг (Erdenechimeg, Oyuntsetseg, 2022). Том ба дунд масштабын зураглалын ажилд болон инженерийн геодезийн өдөр тутмын хэрэглээнд тэгш өнцгийн хавтгай солбицлын тогтолцоог ашиглах нь тохиромжтой, хялбар байна. Энэ тогтолцоонд геодезийн бодлогуудад геометрийн ба тригонометрийн тэгшитгэлүүдийг ашиглан тооцоолох боломжтой юм.

Монгол улс үндэсний референц эллипсоидоор 1940 оноос 2009 он хүртэл Красовскийн эргэлтийн эллипсоидыг сонгон геодезийн боловсруулалтанд ашиглаж байсан бол 2009 оноос дэлхий нийтээр хэрэглэж байгаа "WGS-84" дэлхийн ерөнхий эллипсоидыг үндэсний референц болон хэрэглэж байна (Алтанцэцэг, 2018).

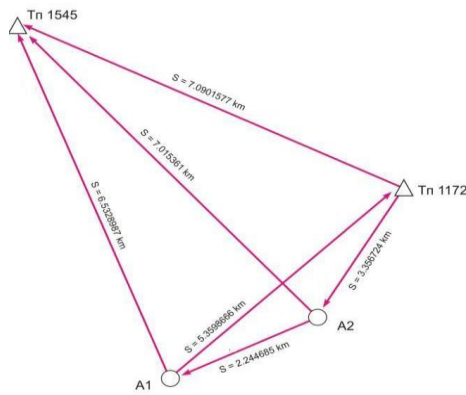
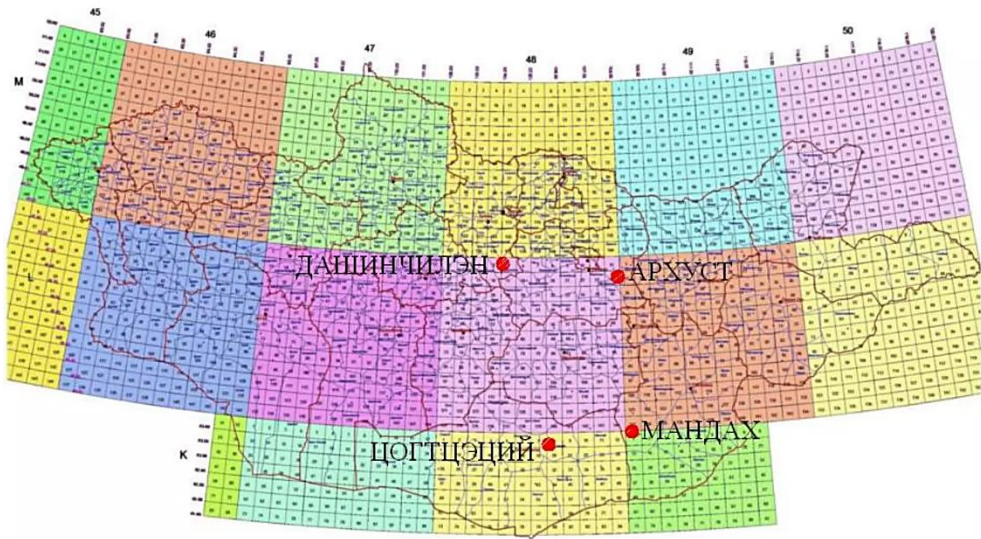
Газрын Харилцаа, Геодези, Зурагзүйн Газар (ГХГЗЗГ)-ын мэдээллийн сангаас үзэхэд GPS-ээр тодорхойлогдсон хэвтээ зай, уламжлалт аргаар тодорхойлсон хэвтээ зай хоорондоо 2-7 метрээр зөрүүтэй тодорхойлогдсон байна. Мөн "Geocalc" программаар хөрвүүлж буй тэгш өнцгийн солбицол нь газар дээр байгаа байршлаасаа 5-10 метрийн алдаатай тодорхойлогдсон. "Geocalc" хөрвүүлэлтийн програм нь геодезийн солбицлоос хавтгайн солбицлын системд хөрвүүлэхдээ 5-10 метрийн нарийвчлалтай тодорхойлж байгааг нотолж байна. Цаашид геодезийн солбицлоос хавтгайн солбицлыг хөрвүүлэн гаргах, тодорхойлогдсон дурын солбицлоор хэвтээ зайг гарган авах томъёоллыг эцэслэн сонгож шаардлагатай өгөгдөхүүнийг бүс бүрээр тооцоолон гарган авч программыг шинэчлэн гаргах нь зүйтэй юм.

Энэ судалгаанд газрын бодит гадарга дээр гэрлэн зай хэмжүүрээр хэмжсэн зайг эллипсоид дээр ба хавтгай дээр буулган бодоогүй, харин цэгийн геодезийн солбицлыг Geocalc программаар хавтгай солбицолд хөрвүүлээд, тэдгээрийн хооронд геодезийн урвуу бодлогыг хавтгай тригонометрийн томъёогоор бодож, бодит зайтай харьцуулсан нь ташаа болсон байдаг.

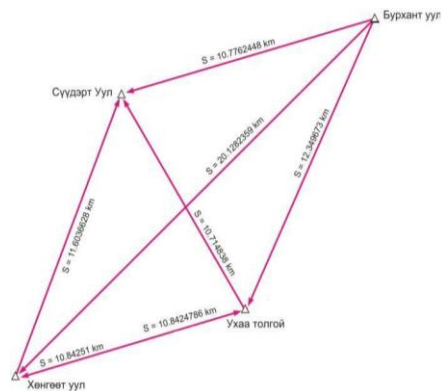
Энэ судалгаанд газрын бодит гадарга дээр хэмжсэн зайг WGS-84 эргэлтийн эллипсоид дээр буулган бодож, UTM тусгалын масштабын итгэлцүүрийг тооцох томъёог олж, гажилтыг тооцоо хийх зорилготой. Тодруулбал, UTM тусгалын масштабын итгэлцүүрийг тооцох томъёог олох, 48-р бүсийн төв болон захын 4 объектод хийсэн трилатерацийн сүлжээний оройн цэгүүд дээр хэмжсэн геодезийн солбицлуудаар WGS-84 эргэлтийн эллипсоид дээрх геодезийн шугамын уртыг олох, WGS-84 эллипсоид дээрх зайг UTM тусгалаар хавтгайд буулгах, гажилт тооцох зэрэг юм.

Судалгааны талбай

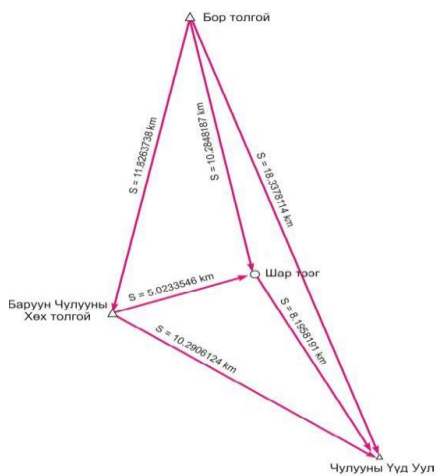
Судалгааны 4 талбайг сонгож геодезийн хэмжилтийн үр дүнг гаргасан. Энд Архуст, Мандах, Цогтцэций, Дашинчилэнгийн полигонуудыг сонгож үр дүнгээ баталгаажуулсан (Зураг 1).



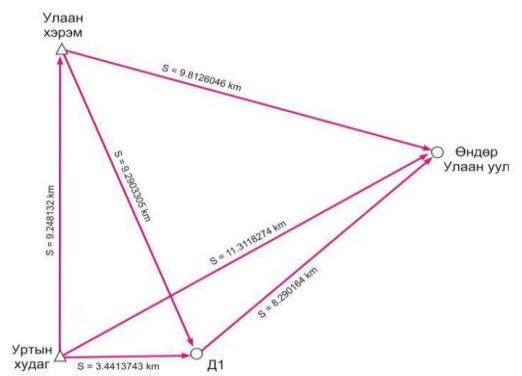
Зураг 1А. Архустын I полигон



Зураг 1Б. Мандахын II полигон



Зураг 1В. Цогтцэций III полигон



Зураг 1Г. Дашинчилэнгийн IV полигон

Зураг 1. Геодезийн хэмжилт, баталгаажуулалт хийсэн судалгааны талбай

Судалгааны материал, аргазүй

Сэдвийн дагуу судалгааны дараах өгөгдлийг үндсэн материал болгон ашигласан. Шинэ техник технологи үйлдвэрлэлд нэвтрэхийн зэрэгцээ тэдгээрийн зөв ажиллагааг хангах, хоорондын хамаарлыг зөв тогтоох асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор ГХБГЗЗГазраас 48 дугаар бүсийн хөрвүүлэлтийн тоон утгыг нарийвчлан тодорхойлох “Хээрийн хяналтын хэмжилтийн техникийн даалгавар” боловсруулан хэрэгжүүлсэн байдаг. Энэ ажлаар 48 дугаар бүсийн тэнхлэгийн голдочийн дагууд 2, бүсийн баруун ба зүүн захад 2, нийт 4 хэсэгт геодезийн дөрвөн өнцөгт хэлбэрээр талбайг сонгосон бөгөөд дээрх талбайнуудын оройн бүх цэгүүд дээр 2 долгионы GPS-ийн хүлээн авагчуудаар геодезийн солбицлуудыг тодорхойлноос гадна гурвалжны талын уртыг “Геодиметр 6000” гэрлэн зай хэмжүүрээр хэмжсэн утгуудыг авч ашигласан.

Геодезийн тусгалын арга: Эллипсоид гадаргууг хавтгай дээр математикийн хуулиар дүрслэх аргыг тусгал гэж нэрлэдэг. Газрын гадаргыг хавтгайд дүрслэх тусгалын хамгийн чухал асуудал нь эргэлтийн эллипсоид ба түүний тодорхой хэсгийг хавтгайд буулгахад гарах гажилтын хэмжээг зөв тооцож, хэмжсэн утгад засвар тооцох явдал юм. Дүрслэлийн хавтгай томрох тусам гажилт ихэсдэг.

Геодезийн тусгалын арга нь математик зураг зүйн тусгалаас зарчмын хувьд ялгаатай. Үүнд:

1. Математик зураг зүйн тусгал нь Дэлхийн эллипсоидыг бүхэлд нь, эсвэл түүний томоохон хэсгийг зурагт дүрслэдэг бол геодезийн тусгалын аргад хавтгайн гажилтыг тооцоход хялбар байх, түүнийг зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байлгах хүрээнд дүрслэлийн хавтгайг тогтоосон хязгаарт сонгож авдаг.

2. Математик зураг зүйн тусгалд эллипсоид дээрх цэгүүд, хэмжсэн өнцөг ба зай зэрэг элементүүдийг бүхэлд нь нэг элемент болгон дүрсэлж болдог бол геодезийн тусгалын аргад тэдгээрийг тус бүрд нь хавтгай дээр өндөр нарийвчлалтай буулгах шаардлагатай болдог.

Эллипсоидын гадаргууг хавтгай дээр буулгах үндсэн томъёог доорх байдлаар илэрхийлдэг (ГХБГЗЗГ, 2017). Үүнд:

$$x = f_1(B, L) \quad (1)$$

$$y = f_2(B, L) \quad (2)$$

Энд x, y – хавтгай солбицлууд, B, L - геодезийн солбицлууд, f_1, f_2 - математикийн хуулийн функцууд юм. Энд 1-р томъёо нь эллипсоид дээрх цэг бүрийн утгад дүрслэлийн хавтгай дээр тодорхой утгатай цэг харгалздаг болохыг илэрхийлж байна.

Геодезийн тусгалын аргыг сонгоход гажилтын хэмжээ бага байхаас гадна түүнийг энгийн томъёогоор тооцох боломжтой байхад анхаарна. Геодезийн тусгалын аргуудаас хамгийн тохиромжтой нь тэнцүү өнцгийн арга байдаг. Энэ аргад өнцгийн тэнцүү нөхцлийг хангаснаар дүрсийн хэлбэр нь хадгалагдаж, цэг бүр дээрх шугаман гажилт нь бүх чиглэлд ижил байдаг. Өөрөөр хэлбэл, масштабын итгэлцүүр нь шугамын азимутаас хамаарахгүй, зөвхөн тухайн цэгийн солбицлоос хамаарна.

Тухайн цэг дээрх масштабын итгэлцүүр нь хавтгай дээрх хязгааргүй бага шугаман зайг эллипсоид дээрх тэг рүү тэмүүлсэн зайнд харьцуулсан харьцаагаар илэрхийлэгдэнэ (Дамдинсүрэн нар, 2017). Үүнд:

$$m = \frac{dD}{ds} \quad (3)$$

Үүнд: ds - эллипсоид дээрх зайны диференциал, dD - хавтгай дээрх зайны диференциал юм. Гаусс-Крюгерийн тусгалын хавтгай дээр масштабын итгэлцүүр нь тухайн цэг тэнхлэгийн голдочоос холдох тусам 1-ээс ихсэх ба шугаман гажилт нэмэгдэнэ. Хэрэв ik шулууны хувьд дараах байдлаар тооцоо хийгдэнэ. Үүнд:

$$y_m = \frac{y_1 + y_2}{2} \quad \text{бол} \quad \Delta y = y_k - y_i \quad \text{бол} \quad m = 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y_m^2}{24R_m^2} \quad (4)$$

Харин UTM тусгалын хавтгай дээр масштабын итгэлцүүрийг тооцох талаар дараах тэгшитгэлүүдээр тооцоолсон (Altamimi et al., 2011; Dennis, 2019). Үүнд:

$$k = k_0 \left\{ 1 + \frac{(\Delta \lambda \cos \varphi)^2}{2} \left(1 + \frac{e^2 \cos^2 \varphi}{1 - e^2} \right) \left[1 + \frac{(\Delta \lambda \cos \varphi)^2}{12} (5 - 4 \tan^2 \varphi + \frac{e^2 \cos^2 \varphi}{1 - e^2} (9 - 24 \tan^2 \varphi)) \right] \right\} \quad (5)$$

Энд λ - цэгийн уртраг, ϕ - цэгийн өргөрөг, k_0 - бүсийн тэнхлэгийн голдоч дээр масштабын итгэлцүүрүүд юм.

UTM тусгалын хавтгайд буулгах ба гажилтын тооцоо: Бодит гадарга дээр хэмжсэн зайг WGS-84 эллипсоид дээр болон UTM тусгалын хавтгайд буулгаж, гажилтыг тооцоолоход дараах тэгшитгэлүүдийг ашигласан. Гадаргуун масштабын итгэлцүүр (Elevation scale factor-ESF) ашиглан WGS-84 эллипсоид дээр зайг дараах томъёогоор олно (Hutchison, 2013). Үүнд:

$$S_{\text{элл}} = D_{\text{хэмж}} * ESP \quad (6)$$

$$ESP = \frac{R}{R+h} \quad (7)$$

Энд R – дэлхийн радиус, h – эллипсоидын өндөр юм.

Шугаман масштабын итгэлцүүр (Grid scale factor -GSF) ашиглан UTM тусгалын хавтгайд дээрх зайг дараах олох томъёогоор олно. Үүнд:

$$d_{\text{хавт}} = D_{\text{элл}} * GSF \quad (7)$$

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Судалгааны талбайн хэмжилтийн I, II, III, IV полигон дээр WGS-84 эллипсоид дээр зайг тооцоолсон үр дүнг харуулав (Хүснэгт 1-4).

Хүснэгт 1. I полигон дээр WGS-84 эллипсоид дээрх зайн тооцоо

Талууд		Хэмжсэн хэвтээ зай, D _r	Эллипсоидын өндөр, h	ESF R/(R+h)	Эллипсоид дээрх зай, D _м
A1	Tn 1545	6532.223417	1363.8685	0.999785975	6530.8254
Tn 1545	Tn 1172	7089.404125	1359.148	0.999786716	7087.8921
Tn 1172	A1	5359.858285	1312.1835	0.999794084	5358.7546
A2	Tn 1545	7014.608909	1359.472	0.999786665	7013.1124
Tn 1545	Tn 1172	7089.404125	1359.148	0.999786716	7087.8921
Tn 1172	A2	3350.729397	1307.787	0.999794774	3350.0363
A2	Tn 1545	7014.608909	1359.472	0.999786665	7013.1124
Tn 1545	A1	6532.223417	1363.8685	0.999785975	6530.8254
A1	A2	2244.667778	1312.5075	0.999794033	2244.2055

Хүснэгт 2. II полигон дээр WGS-84 эллипсоид дээрх зайн тооцоо

Талууд		Хэмжсэн хэвтээ зай, D _r	Эллипсоидын өндөр, h	ESF R/(R+h)	Эллипсоид дээрх зай, D м
Tn Хөнгөөт уул	Tn Бурхант уул	20128.0465	1201.8915	0.999811388	20124.2501
Tn Бурхант уул	Tn Сүүдэрт уул	10776.2207	1234.154	0.999806327	10774.1336
Tn Сүүдэрт уул	Tn Хөнгөөт уул	11603.4834	1190.4955	0.999813176	11601.3156
Tn Ухаа толгой	Tn Бурхант уул	12348.4542	1158.8005	0.999818149	12346.2086
Tn Бурхант уул	Tn Сүүдэрт уул	10776.2207	1234.154	0.999806327	10774.1336
Tn Сүүдэрт уул	Tn Ухаа толгой	10713.7781	1147.4045	0.999819938	10711.8489
Tn Ухаа толгой	Tn Бурхант уул	12348.4542	1158.8005	0.999818149	12346.2066
Tn Бурхант уул	Tn Хөнгөөт уул	20128.0465	1201.8915	0.999811388	20124.2501
Tn Хөнгөөт уул	Tn Ухаа толгой	10842.1361	1115.142	0.999625	10840.2387
Tn Ухаа толгой	Tn Сүүдэрт уул	10713.7781	1147.4045	0.999819938	10711.8489
Tn Сүүдэрт уул	Tn Хөнгөөт уул	11603.4834	1190.4955	0.999813176	11601.3156
Tn Хөнгөөт уул	Tn Ухаа толгой	10842.1361	1115.1420	0.99982500	10840.2387

Хүснэгт 3. III полигон дээр WGS-84 эллипсоид дээрх зайн тооцоо

Талууд		Хэмжсэн хэвтээ зай, D _r	Эллипсоидын өндөр, h	ESF R/(R+h)	Эллипсоид дээрх зай, D м
Tn Чулууны үүд	Tn Бор толгой	18337.3172	1361.99	0.99978627	18333.3979
Tn Бор толгой	Шар тээг	10284.7317	1304.1205	0.999795349	10282.6269
Шар тээг	Tn Чулууны үүд	8195.4141	1417.1055	0.999777623	8193.5916
Tn Баруун чулуу	Tn Бор толгой	11826.4912	1301.2595	0.999795798	11824.0762
Tn Бор толгой	Шар тээг	10284.7317	1304.1205	0.999795349	10282.6269
Шар тээг	Tn Баруун чулуу	5023.6183	1356.375	0.999787151	5022.5491
Tn Баруун чулуу	Tn Бор толгой	11826.4912	1301.2595	0.999795798	11824.0762
Tn Бор толгой	Tn Чулууны үүд	18337.3172	1361.99	0.99978627	18333.3979
Tn Чулууны үүд	Tn Баруун чулуу	10290.4426	1414.2445	0.999778072	10288.1588

Tn Баруун чулуу	Шар тээг	5023.6183	1356.375	0.999787151	5022.5491
Шар тээг	Tn Чулууны үүд	8195.4141	1417.1055	0.999777623	8193.5916
Tn Чулууны үүд	Tn Баруун чулуу	10290.4426	1414.2445	0.99977807	10288.1588

Хүснэгт 4. IV полигон дээр WGS-84 эллипсоид дээрх зайн тооцоо

Талууд		Хэмжсэн хэвтээ зай, D _г	Эллипсоидын өндөр, h	ESF R/(R+h)	Эллипсоид дээрх зай, D м
Tn Өндөр улаан	Tn Улаан хэрэм	9808.4164	1075.179	0.99983127	9806.7615
Tn Улаан хэрэм	Tn Уртын худаг	9248.1044	943.15	0.999851986	9246.7355
Tn Уртын худаг	Tn Өндөр улаан	11308.7450	1086.482	0.999829496	11306.8186
D1	Tn Улаан хэрэм	9290.2651	949.281	0.999851024	9288.8810
Tn Улаан хэрэм	Tn Уртын худаг	9248.1044	943.15	0.999851986	9246.7355
Tn Уртын худаг	D1	3441.3525	960.584	0.999849251	3440.8337
D1	Tn Улаан хэрэм	9290.2651	949.281	0.999851024	9288.8810
Tn Улаан хэрэм	Tn Өндөр улаан	9808.4164	1075.179	0.99983127	9806.7615
Tn Өндөр улаан	D1	8286.3392	1092.613	0.999828534	8284.9184
D1	Tn Уртын худаг	3441.3525	960.584	0.999787151	3440.8337
Tn Уртын худаг	Tn Өндөр улаан	11308.7450	1086.482	0.999777623	11306.8186
Tn Өндөр улаан	D1	8286.3392	1092.613	0.99977807	8284.9184

WGS-84 эллипсоид дээрх зайнаас UTM тусгалын хавтгай дээрх зайг олохын тулд 4 полигон тус бүр дээр цэгүүдийн солбицлуудаар масштабын итгэлцүүрийг тооцож гаргасан үр дүнг хүснэгт 5-аас 8-д үзүүлэв. Энд UTM тусгалын хавтгай дээрх зай ба WGS-84 эллипсоид дээрх зайн зөрүүгээр гажилтыг тодорхойлсон.

Хүснэгт 5. I полигоны UTM тусгал дээрх хэвтээ зайн бодолт

Тал		m	m дундаж	S /WGS-84/	d /UTM/	Гажилт, м	Харьцангуй гажилт
Tn 1172	Tn 1545	1.0002142	1.00020845	7087.8921	7089.3695	1.4775	4797
		1.0002027					
Tn 1545	A1	1.0002027	1.00021375	6530.8254	6532.2213	1.3960	4678
		1.0002248					
A1	Tn 1172	1.0002248	1.00021953	5358.7546	5359.9310	1.1764	4555
		1.0002142					

Тн 1172	А2	1.0002142	1.0002026	3350.0363	3350.7150	0.6787	4936
		1.000191					
А2	Тн 1545	1.000191	1.00019682	7013.1124	7014.4928	1.3803	5081
		1.0002027					
А2	А1	1.000191	1.0002079	2244.2055	2244.6720	0.4666	4810
		1.0002248					
			1.00020817				

Хүснэгт 6. II полигоны UTM тусгал дээрх хэвтээ зайн бодолт

Тал		m	m дундаж	S /WGS-84/	d /UTM/	Гажилт, м	Харьцангуй гажилт
Тн Хөнгөөт уул	Тн Бурхант уул	1.00025686	1.00024583	20124.2501	20129.197	4.9471	4068
		1.0002348					
Тн Бурхант уул	Тн Сүүдэрт уул	1.0002348	1.00026589	10774.1336	10776.998	2.8647	3761
		1.0002248					
Тн Сүүдэрт уул	Тн Хөнгөөт уул	1.00029698	1.00027692	11601.3156	11604.528	3.2126	3611
		1.00025686					
Тн Ухаа толгой	Тн Бурхант уул	1.00018409	1.00020945	12346.2086	12348.795	2.5859	4774
		1.0002348					
Тн Хөнгөөт уул	Тн Ухаа толгой	1.00025686	1.00022048	10840.2387	10842.629	2.3901	4536
		1.00018409					
Тн Сүүдэрт уул	Тн Ухаа толгой	1.00029698	1.00024054	10711.8489	10714.426	2.5766	4157
		1.00018409					
			1.00024318				

Хүснэгт 7. III полигоны UTM тусгал дээрх хэвтээ зайн бодолт

Тал		m	m дундаж	S /WGS-84/	d /UTM/	Гажилт, м	Харьцангуй гажилт
Тн Чулууны үүд	Тн Бор толгой	0.99959712	0.99959786	18333.3979	18326.02535	-7.3726	2487
		0.99959859					
Тн Бор толгой	Шар тээг	0.99959859	0.99960028	10282.6269	10278.51671	-4.1102	2502
		0.99960197					
Шар тээг	Тн Чулууны үүд	0.99960197	0.99959955	8193.5916	8190.31047	-3.2811	2497
		0.99959712					
Тн Баруун чулуу	Тн Бор толгой	0.99960079	0.99959955	11824.0762	11819.34291	-4.7333	2498
		0.99959859					
Тн Чулууны үүд	Тн Баруун чулуу	0.99959712	0.99959896	10282.6269	10278.50314	-4.1237	2494
		0.99960079					
Шар тээг	Тн Баруун чулуу	0.99960197	0.99960138	5022.5491	5020.546974	-2.0021	2509
		0.99960079					
			0.99959962				

Хүснэгт 8. IV полигоны UTM тусгал дээрх хэвтээ зайн бодолт

Тал		m	m дундаж	S /WGS-84/	d /UTM/	Гажилт, м	Харьцангуй гажилт
Тн Өндөр улаан	Тн Улаан хэрэм	0.99960824	0.99961395	9808.416426	9804.629887	-3.7865	2590
		0.99961965					
Тн Улаан хэрэм	Тн Уртын худаг	0.99961965	0.99961718	9248.104374	9244.564012	-3.5404	2612
		0.99961471					
Тн Уртын худаг	Тн Өндөр улаан	0.99961471	0.99961148	11306.75404	11302.36114	-4.3929	2574
		0.99960824					
Д1	Тн Улаан хэрэм	0.99961236	0.99961601	9288.823718	9285.256903	-3.5668	2604
		0.99961965					
Тн Өндөр улаан	Д1	0.99960824	0.9996103	8284.870843	8281.642229	-3.2286	2566
		0.99961236					
Тн Уртын худаг	Д1	0.99961471	0.99961354	3440.815452	3439.485715	-1.3297	2588
		0.99961236					
			0.99961374				

I, III ба IV полигонууд дээрх триангуляцийн сүлжээний цэгүүдийн тэгшитгэн бодсон солбицлуудын каталоги дээрх утгаас хэвтээ зайг олж, редукцийн бодлогоор олсон хэвтээ зайтай харьцуулан шалгахад зөрүү нь дунджаар 0.44 м, харьцангуй зөрүү нь 1:40000 болсон ба энэ нь нарийвчлалын хувьд триангуляцийн 4-р ангийн шаардлага хангаж байв. Триангуляцийн сүлжээний цэгүүдийн солбицлуудыг “MODCON” программаар UTM солбицолд хөрвүүлж, хэвтээ зайг олоход зөрүү нь дунджаар 4.6 м, харьцангуй алдаа нь 1:4300 болж байна. Иймээс хуучин триангуляцийн сүлжээний цэгүүдийн солбицлуудыг “MODCON” програмаар UTM солбицолд хөрвүүлэх нь 2-5 м алдаатай байгааг тогтоолоо.

Тооцоогоор 48-р бүсийн захад Гаусс-Крюгерийн тусгалын шугаман гажилтын харьцангуй алдаа нь 1:1500-1:1650 байхад UTM тусгалд 1:4100-1:4800 байгаагаас үзэхэд бүсийн захад UTM тусгалын гажилт нь Гаусс-Крюгерийнхаас 2.5-3 дахин бага байна. Бүсийн захад UTM тусгалын масштабын итгэлцүүр нь дунджаар 1.0002265, тэнхлэгийн голдоч дээр 0,9996067 байна.

Тэнхлэгийн голдоч дээр Гаусс-Крюгерийн тусгалын харьцангуй гажилт нь 1:1900000 буюу гажилтгүй бага байна. Харин тэнхлэгийн голдоч дээр UTM тусгалын шугаман гажилт нь хамгийн их утга -7 м, харьцангуй гажилт нь 1:2500 байгаа нь бүсийн захын гажилтаас 2 дахин их байна.

Хэрэв UTM тусгалд масштабын итгэлцүүрийг байр зүйн зураглал үйлдэх, төслийн байрлалыг газарт буулгахад ижил тооцох нь зүйтэй. Буруу тооцвол байр зүйн зураг дээрх зай газар дээрээ таарахгүй байх магадлал өндөр юм (Алтанцэцэг, 2018).

Дүгнэлт

Энэ судалгаанд газрын бодит гадарга дээр хэмжсэн зайг WGS-84 эргэлтийн эллипсоид дээр буулган бодож, UTM тусгалын масштабын итгэлцүүрийг тооцох аргачлалыг боловсруулж, түүнд гарах гажилтыг тооцоолсон.

Дээд геодезийн редукцийн бодлогыг бодох, электрон тахеометрээр хэмжсэн зайнд засвар тооцох, UTM-ийн тэгш өнцгийн солбицлын тогтолцоонд масштабын итгэлцүүрийг практикт хэрэглэх боломжийг харуулсан.

Бодит гадарга дээр хэмжсэн зайг WGS-84 эллипсоид дээр буулгахад 5-7 томъёонууд хэрэглэнэ. UTM тусгалын хавтгай дээр масштабын итгэлцүүрийг 4 томъёогоор олно. UTM тусгалын 6 градусын бүсийн захад шугаман гажилтын харьцангуй алдаа нь 1:4100-1:4800 байна. UTM тусгалын 6 градусын бүсийн захад масштабын итгэлцүүр нь дунджаар 1.0002265, тэнхлэгийн голдоч дээр 0.9996067 байна.

UTM тусгалын 6 градусын бүсийн шугаман гажилт нь тэнхлэгийн голдоч дээр хамгийн их утга -7 м, харьцангуй гажилт нь 1:2500 байгаа нь бүсийн захын гажилтаас 2 дахин их байна.

Ашигласан материал

1. Алтанцэцэг, Ж. (2018). Дэлхийн бодит гадарга дээрх зайны хэмжилтийг хавтгайд буулгах геодезийн тусгалын гажилтын тооцоо, *Geo-Meeting эрдэм шинжилгээний хурлын илтгэл*, Улаанбаатар, 3-60
2. ГХБГЗЗГазар. (2007). Геодези, зурагзүйн тухай 591 тоот тушаал, Улаанбаатар
3. Дамдинсүрэн, А., Алтанцэцэг, Ж., Рагчаа, Б. (2007). *Геодези сурах бичиг*, Улаанбаатар, 13-59
4. Монгол Улсын Барилга, Хот Байгуулалтын Яам. (2008). *48 дугаар бүсэд хийсэн геодезийн хээрийн хэмжилтийн ажлын тайлан*, Улаанбаатар, 12-49
5. Altamimi, Z., Collilieux, X., & Métivier, L. (2011). ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame. *Journal of Geodesy*, 85, 457-473.
6. Dennis, M. L. (2019). Ground truth for the future. Low distortion projections and the state plane coordinate system of 2022.
7. Erdenechimeg, P., & Oyuntsetseg, D. (2022). RESEARCH OF PROCESSING FOR THE MEDIUM SCALE TOPOGRAPHIC MAPS OF MONGOLIA. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, 1, 3-12.
8. Hutchison, Ch. (2013). Height scale factor: is it relevant at your mine?, *Aims national conference – Adelaide*, 5-44
9. Ulziisaikhan, G., & Oyuntsetseg, D. (2019). Issues of creation of a large-scale geomorphological base map of Mongolia. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, 1(2), 81-88.