

ОЙ, ХЭЭРИЙН ТҮЙМРИЙН ЭРСДЭЛИЙН ОРОН ЗАЙН ТАРХАЛТЫН ЗУРАГЛАЛ БОЛОВСРУУЛАХ, ТУРШИЛТ СУДАЛГААНЫ АЖИЛ

Н.Лхагвадорж, Г.Буянзаяа, О.Анхбаяр, О.Гантулга*

Ус цаг уур, орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэн

**lhagvadorj@irimhe.namem.gov.mn*

Хураангуй

Энэхүү ажил нь Монгол орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон зайн тархалтын зураглалыг газарзүйн мэдээллийн систем дээр тулгуурласан олон шинжүүрт дүн шинжилгээ (МСА)-ний техникийн төрөл болох аналитик буюу задлан шинжилгээний (АНР) арга ашиглан тодорхойлох туршилт судалгааны ажил юм. АНР шинжилгээний үр дүнд жингийн харьцаа $CR \leq 0.095$, үнэмшилтэй буюу хуурайшилтын индекс хамгийн ач холбогдолтой хүчин зүйл 0.474, газрын бүрхэвчийн зураглал, түймрийн аюулын зэрэглэл 0.18, түймрийн шатсан талбайн давтамж, түймрийн голомтын байршил хүчин зүйлүүд 0.083 зэрэг тус тус хувийн жинг эзэлж байна. Судалгаанд 2024 оны 3, 6 болон 9 дүгээр сарын түймрийн эрсдэлийг зурагласан ба 3 дугаар сард Монгол орны нийт нутгийн 39.75%, 6 дугаар сард 33.98%, 9 дүгээр сард 37.96%-д тус тус түймрийн эрсдэлтэй байв. Эцэст нь тооцоологдсон эрсдэлийн зураглалыг тухайн хугацаанд хиймэл дагуулын мэдээгээр илрүүлсэн түймрийн голомтын байршилтай давхцуулахад 77.66%-ийн таарцтай байв.

Түлхүүр үг: Хиймэл дагуулын мэдээ, хуурайшилтын индекс, АНР, олон шинжүүрт дүн шинжилгээний арга

Оршил

Уур амьсгалын өөрчлөлт, хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр Монгол оронд төдийгүй дэлхий дахинд гамшгаас учрах хохирол, тааламжгүй үр дагаврууд нэмэгдсээр байна. Сүүлийн жилүүдэд тохиолдож буй байгалийн гамшигт үзэгдлүүд, түүнээс үүсэх хохирлын хэмжээ гамшгийг урьдчилан харж, үүнээс сэрэмжлэх асуудлыг чухал болохыг харуулж байна. Гамшигт үзэгдлийн давтамж улам бүр нэмэгдэж, улс орны эдийн засагт ихээхэн хэмжээний хохирол учруулсаар байна. Тухайлбал сүүлийн 10 жилийн гамшигт үзэгдлийг өмнөхтэй оруудтай харьцуулбал 10-14 дахин нэмэгджээ. Олон улсын туршлагаас харахад гамшгийг урьдчилан харж, сэрэмжлэх нь түүний хор хохирлыг арилгах үйл ажиллагаанаас 15-20 дахин бага зардал шаардана гэдгийг тогтоосон байдаг.

Монгол оронд хавар, намрын улиралд хүчтэй салхины улмаас хөрсний хуурайшилт, чийгийн алдагдал ихсэж 3 дугаар сарын сүүлээс 6 дугаар сарын эхэн болон 9 дүгээр сарын сүүлээс 11 дүгээр сарын эхэн буюу хуурай улиралд ой, хээрийн түймэр гарах магадлал эрс ихэсдэг бөгөөд ой, хээрийн түймрийн гаралт нь олон хүчин зүйлүүдээс шалтгаалдаг. Тухайлбал: байгалийн хүчин зүйл, нийгэм эдийн засгийн хүчин зүйлүүдээс хамааран түймрийн орон зайн тархалт нь харилцан адилгүй байх юм. Иймээс ой, хээрийн түймрээс урьдчилан сэргийлэх, түүнтэй тэмцэх арга хэмжээг үр дүнтэй авч хэрэгжүүлэхэд түймрийн аюултай үеийг урьтаж Монгол орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон зайн тархалтын зураглал боловсруулах шаардлагатай юм.

Судлагдсан байдал

Одоогийн байдлаар Ус цаг уур, орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэн зайнаас тандан судлалыг түймрийн илрүүлэлт, түймэрт өртсөн талбайн тооцоололд өргөнөөр ашиглаж байна.

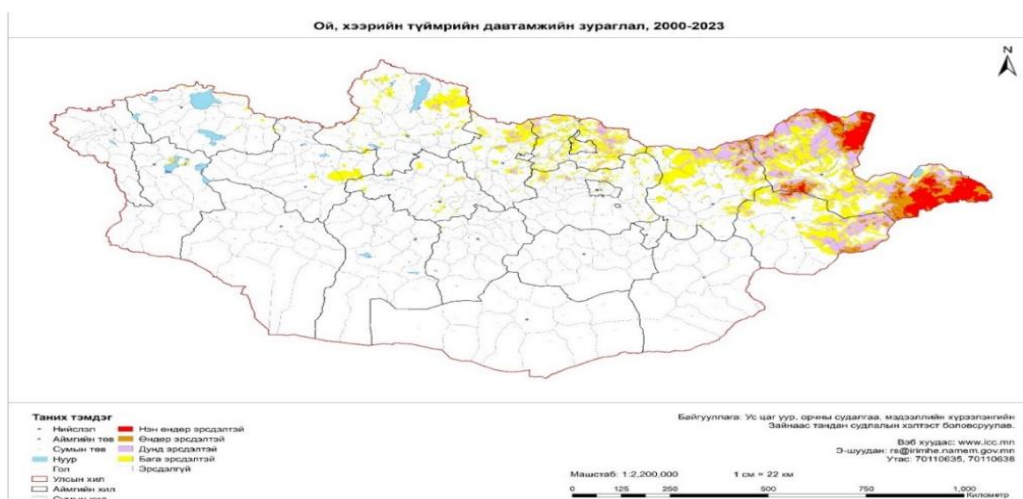
Харин Монгол орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон зайн тархалтын зураглал боловсруулах ажлын хэд хэдэн судлаачид хийсэн байдаг. Жишээлбэл: 2017 онд Байгаль орчин, аялал жуулчлалын яамны захиалгаар Ус цаг уур, орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэнгийн судлаач Н.Элбэгжаргал нар [1] олон шинжүүрт дүн шинжилгээ (МСА) -ний шалгуур үзүүлэлтүүдийн нийлбэрийн аргаар, 2022 онд Л.Отгонбаяр [2] тулгуур вектор машин (SVM) алгоритм болон аналитик буюу задлан шинжилгээ (АНР) -ийн аргаар, 2022 онд Т.Билгүүнтөгс нар [3] веб-д суурилсан олон хүчин зүйлийн аргаар ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн загваруудыг тус тус боловсруулж байжээ. Гэсэн хэдий ч газарзүйн мэдээллийн системийг ашиглан ой, хээрийн түймрийн эрсдэлтэй бүс нутгийг тодорхойлох ажил хэрэглээ, үйлчилгээнд нэвтрээгүй байгаа юм.

Судалгааны материал, арга зүй

Судалгааны материал: Монгол орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон зайн тархалтыг зураглахын тулд хиймэл дагуулын мэдээ, сэдэвчилсэн мэдээ, мэдээнүүдийг ашигласан болно. Үүнд:

1.1.1. Aqua, Terra хиймэл дагуулын МОДИС 250 метрийн 2000-2023 оны ой, хээрийн түймрийн шатсан талбайн растер мэдээ

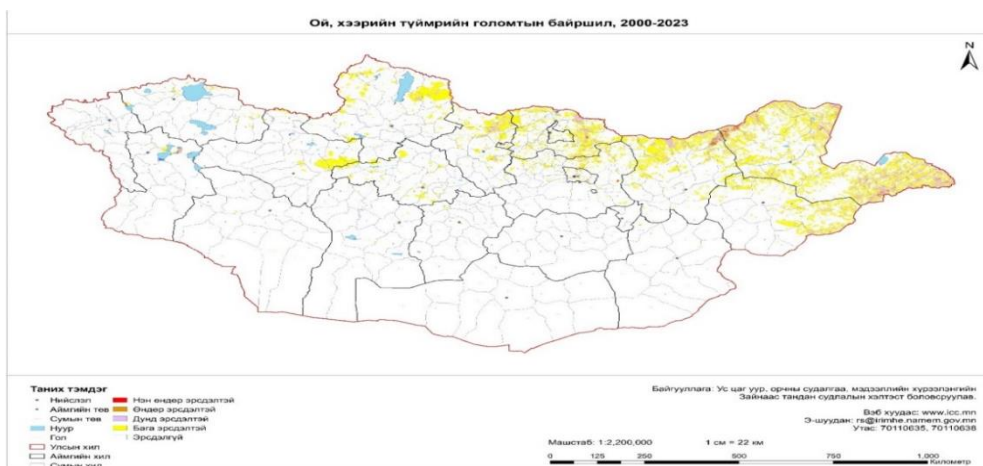
24 жилийн ой, хээрийн түймрийн давтамжийн зураглалыг Хүснэгт 3-ын дагуу нэн өндөр эрсдэлтэй, өндөр эрсдэлтэй, дунд эрсдэлтэй, бага эрсдэлтэй, эрсдэлгүй гэсэн 5 ангилалд хувааж бэлтгэв (Зураг 1).



Зураг 1.Ой, хээрийн түймрийн давтамжийн зураглал, 2000-2023 он

1.1.2. Aqua, Terra хиймэл дагуулын МОДИС 250 метрийн 2000-2023 оны ой, хээрийн голомтын растер мэдээ

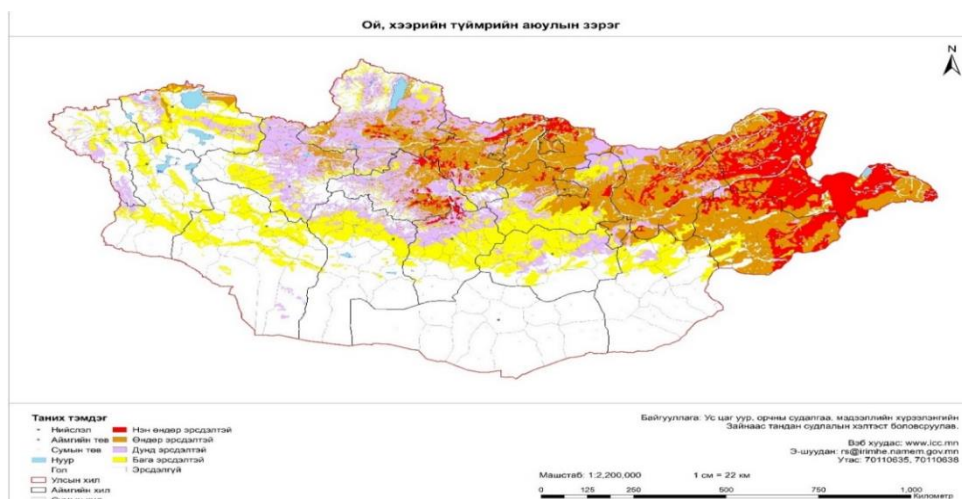
24 жилийн ой, хээрийн голомтын байршлын зураглалыг Хүснэгт 3-ын дагуу нэн өндөр эрсдэлтэй, өндөр эрсдэлтэй, дунд эрсдэлтэй, бага эрсдэлтэй, эрсдэлгүй гэсэн 5 ангилалд хувааж бэлтгэв (Зураг 2).



Зураг 2. Ой, хээрийн түймрийн голомтын байршил, 2000-2023 он

1.1.3. Ой, хээрийн түймрийн аюулын зэргийн зураглал

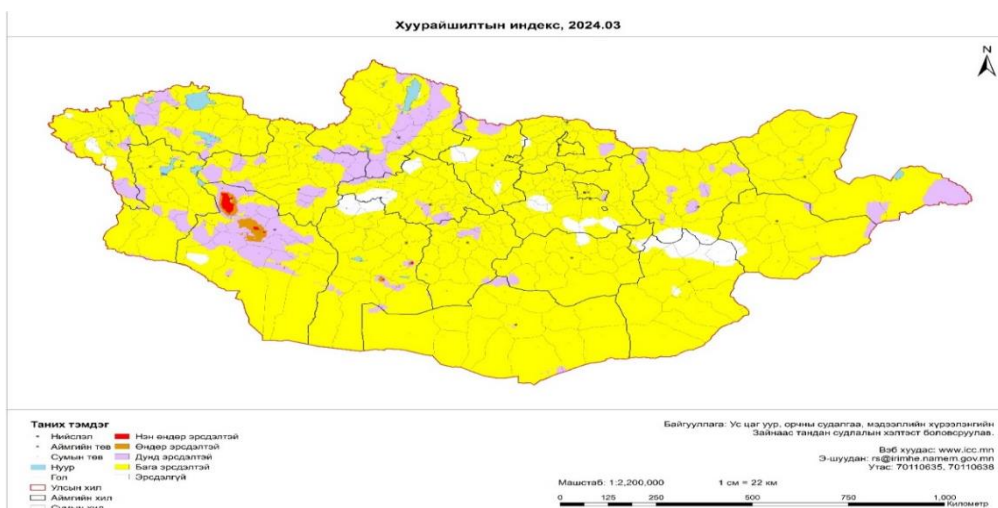
Түймрийн аюулын зэрэглэлийн зураглалыг Хүснэгт 3-ын дагуу нэн өндөр эрсдэлтэй, өндөр эрсдэлтэй, дунд эрсдэлтэй, бага эрсдэлтэй, эрсдэлгүй гэсэн 5 ангилалд хувааж бэлтгэв (Зураг 5).



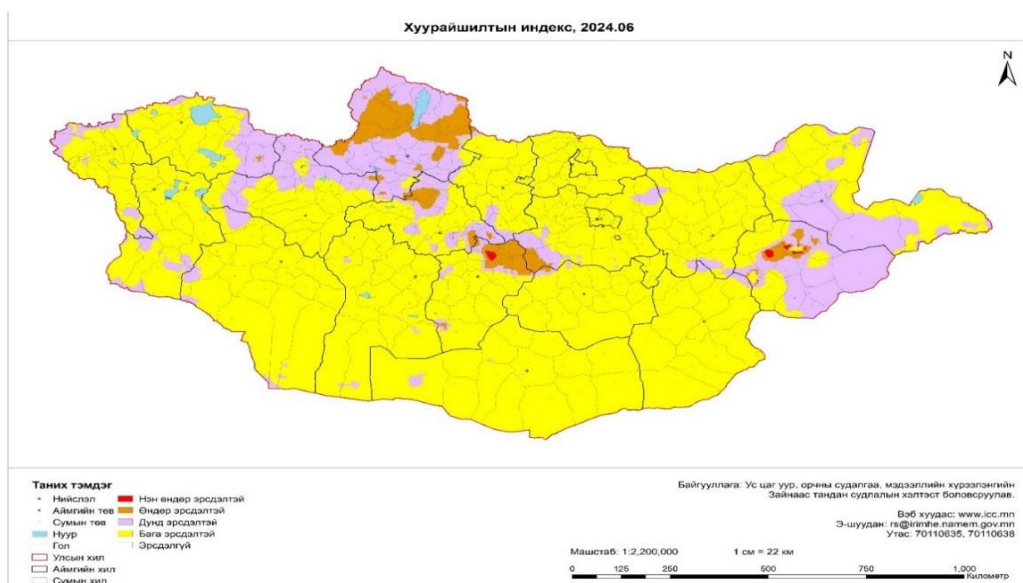
Зураг 3. Ой, хээрийн түймрийн аюулын зэрэг

1.1.4. Хуурайшилтын индекс

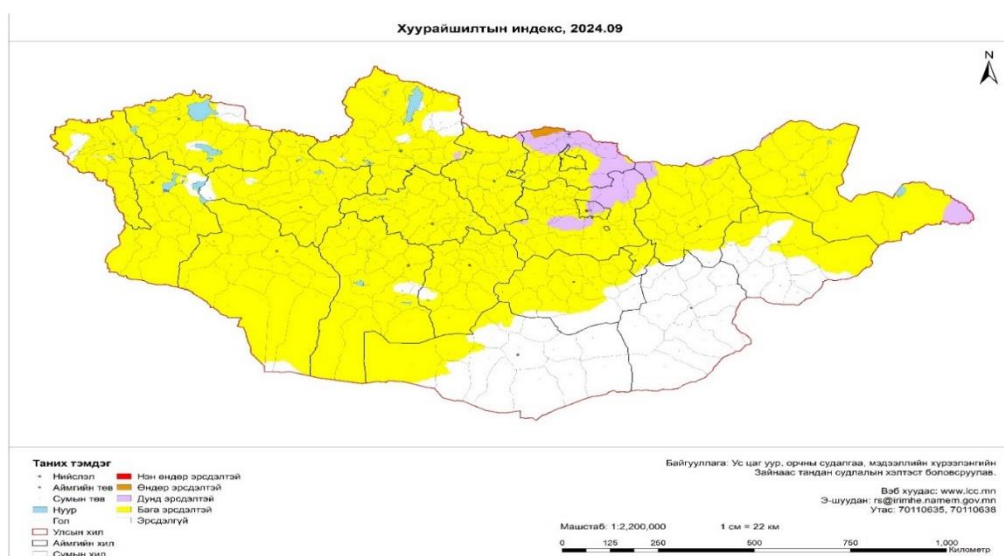
Soil Moisture Active Passive (SMAP) хиймэл дагуулын мэдээгээр хуурайшилтын индексийг (SPEI) 2024 оны 3, 6 болон 9 дүгээр саруудад тооцоолон, нэн өндөр эрсдэлтэй, өндөр эрсдэлтэй, дунд эрсдэлтэй, бага эрсдэлтэй, эрсдэлгүй гэсэн 5 ангилалд хувааж бэлтгэв (Зураг 4-6).



Зураг 4. Хуурайшилтын индекс, 2024 оны 3 дугаар сар



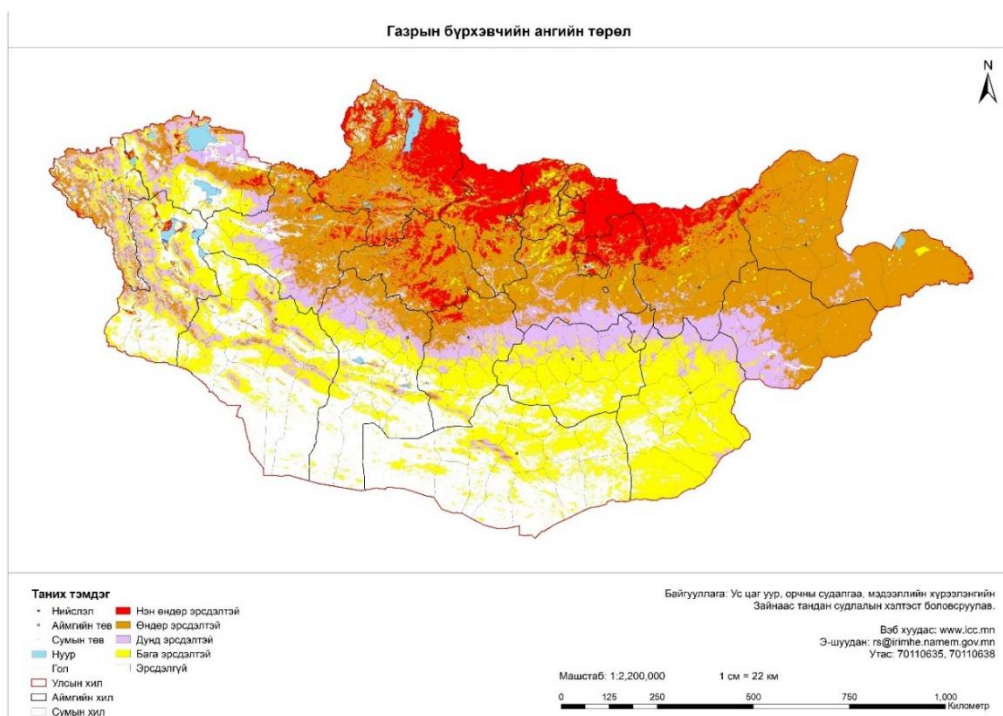
Зураг 5. Хуурайшилтын индекс, 2024 оны 6 дугаар сар



Зураг 6. Хуурайшилтын индекс, 2024 оны 9 дүгээр сар

1.1.5. Монгол орны газрын бүрхэвчийн зураглал

Газрын бүрхэвчийн суурь зураглалыг Хүснэгт 3-ын дагуу нэн өндөр эрсдэлтэй, өндөр эрсдэлтэй, дунд эрсдэлтэй, бага эрсдэлтэй, эрсдэлгүй гэсэн 5 ангилалд хувааж бэлтгэв (Зураг 7).



Зураг 7. Газар бүрхэвчийн ангийн төрөл

1.1.6. Засаг захиргааны мэдээлэл

Монгол орны сэдэвчилсэн зураг буюу улсын хил, аймгийн хил, аймгийн төв, сумын хил, сумын төв, гол, нуурын хилийн мэдээллийг тус тус ашиглав.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаанд Монгол орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон зайн тархалтын зураглалыг газарзүйн мэдээллийн систем дээр тулгуурласан олон шинжүүрт дүн шинжилгээ (МСА)-ний техникийн төрөл болох аналитик буюу задлан шинжилгээний (АНР) аргаар тооцоолов. Зураглах ажлыг дараах үе шаттайгаар хийж гүйцэтгэнэ. Үүнд:

1.1.7. Суурь нөхцөлийг тодорхойлох

Factor зураг буюу олон шалгуур үзүүлэлт тус бүрийн эрсдэлийг илэрхийлсэн зураглалыг тооцоолон гаргана. Түймрийн эрсдэлийн хүчин зүйлүүдийн шалгуур үзүүлэлтийг 1-5 ангилалтайгаар боловсруулна.

1.1.8. Олон шинжүүрт дүн шинжилгээнд хүчин зүйлүүдийн жигнэсэн утгыг олох арга

Тус арга нь зорилгодоо нийцсэн байдлыг шалгахад шаардлагатай шалгуур хүчин зүйлсийг сонгож, шалгуурын ач холбогдлын жинг тодорхойлон

гаргадаг. Шалгуур үзүүлэлтүүдийг шийдвэр гаргахад хэр зэрэг чухал вэ гэдгийг хос хосоор нь эрэмбэлж, олон хүчин зүйлүүдийг хооронд нь харьцуулахад нэг нь нөгөөгөөсөө илүү ач холбогдолтой нь эзлэх жингийн хувьд өндөр жин авна. Хосоор харьцуулах матриц нь дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ:

$$A = [a_{ij}]$$

$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$, w_i, w_j эсвэл $a_{ij} = \frac{CI}{a_{ij}}$ i болон j шалгуурын харьцангуй ач холбогдол

А матрицад үндэслэн шалгуур үзүүлэлтийн жинг характеристик тэгшитгэл, арифметик дундаж арга, хамгийн бага квадратын арга зэрэг аргуудаар тооцоолж болно. Шалгуурын ач холбогдлыг хос хосоор нь жинлэхдээ тогтсон онооны хуваарилалтыг авч үзсэн байдаг. Үүнийг психофизикийн Вебер-Фехнер хуультай холбоотойгоор тогтоосон бөгөөд тайлбарыг Хүснэгт 1-ээр үзүүлээ. Шалгуур үзүүлэлтүүдийг хос хосоор нь харьцуулсан матрицын нийцтэй байдлыг дараах томъёогоор тооцоолно.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

CR – Нийцлийн харьцаа буюу consistency ratio. CR –ийг тухайн матрицын санамсаргүй байдлаар бий болгосон магадлалыг тодорхойлоход ашигладаг [4].

RI – Санамсаргүй байдлын индекс буюу random index

CI – Нийцлийн индекс буюу consistency index

Эндээс;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ_{max} - Матрицын хувийн утга

n – Матрицын гишүүний тоо

CR>0.1-ээс их бол жингийн харьцаа үнэмшил багатай буюу жингээ дахин тооцох шаардлагатай.

CR≤0.1-ээс бага бол жингийн харьцаа зөв бөгөөд дүн шинжилгээний үйл явц цааш үргэлжилнэ. Дундаж санамсаргүй нийцлийн индексийг хүснэгт 2-ээс харна.

Хүснэгт 1. Психофизикийн Вебер-фехнер хууль

Ач холбогдлын оноо	Тодорхойлолт	Тайлбар
-----------------------	--------------	---------

1	Адил ач холбогдолтой	Хоёр хүчин зүйлийн нөлөөлөл тэнцүүхэн
2	Багахан эсвэл сул	
3	Дунд зэргийн ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө арай илүү нөлөөлөл үзүүлэх
4	Дундаас арай илүү	
5	Хүчтэй ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө илүү хүчтэй нөлөөлөл үзүүлэх
6	Илүү хүчтэй ач холбогдолтой	
7	Маш хүчтэй эсвэл маш чухал ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө маш хүчтэй нөлөөлөл үзүүлэх
8	Маш их хүчтэй ач холбогдолтой	
9	Хамгийн их ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө дээд зэргээр илүү нөлөөлөл үзүүлэх
1/k	1/3, ..., 1/9	Урвуу хамаарал

Хүснэгт 2. Дундаж санамсаргүй нийцлийн индекс [5]

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

1.1.9. Эрсдэлийн зураглал гаргах

Олон шинжүүрт дүн шинжилгээнд хүчин зүйлүүдийн жигнэсэн утгыг тодорхойлсноор хүчин зүйл тус бүрийг жингийн утгаар үржүүлж давхарга бүрийн нийлбэрээр эрсдэлийн зураглал дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$S_i = \sum a_i * w_i$$

Эндээс;

a_i = Factor буюу хувьсагч хүчин зүйлс

w_i = Factor буюу хувьсагч хүчин зүйлсийн жингийн утга

S_i = Эрсдэлийн зураглал

Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон зайн тархалтын зураглалын шалгуур үзүүлэлтийг хүснэгт 3-д шалгуур шинжийн хамтаар дэлгэрэнгүй харуулав.

Хүснэгт 3. Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн шалгуур үзүүлэлтүүдийн ангилал

№	Шалгуур үзүүлэлт	Шалгуур шинж	Эрсдэлийн утга	Эрсдэлийн зэрэг
1		> 10 удаа	5	Нэн өндөр

	Ой, хээрийн түймрийн шатсан талбайн давтамж	9-5 удаа	4	Өндөр
		5-3 удаа	3	Дунд
		3-2 удаа	2	Бага
		1 удаа	1	Эрсдэлгүй
2	Ой, хээрийн түймрийн голомтын байршил	> 10 удаа	5	Нэн өндөр
		9-5 удаа	4	Өндөр
		5-3 удаа	3	Дунд
		3-2 удаа	2	Бага
		1 удаа	1	Эрсдэлгүй
3	Газрын бүрхэвчийн ангийн төрөл	Ой	5	Нэн өндөр
		Хээр	4	Өндөр
		Хуурай хээр	3	Дунд
		Цөлийн хээр	2	Бага
		Бусад	1	Эрсдэлгүй
4	Ой, хээрийн түймрийн аюулын зэрэг	I	5	Нэн өндөр
		II	4	Өндөр
		III	3	Дунд
		IV	2	Бага
		-	1	Эрсдэлгүй
5	Хуурайшилтын индекс	< -1.99	5	Нэн өндөр
		-1.5 - -1.99	4	Өндөр
		-1.0 - -1.49	3	Дунд
		-0.99-0.99	2	Бага
		> 1.0	1	Эрсдэлгүй

2. Судалгааны ажлын үр дүн

Ой, хээрийн түймрийн шалгуур үзүүлэлт

Судалгааны ажлын үр дүнд хуурайшилтын индекс, газрын бүрхэвчийн зураглал, ой, хээрийн түймрийн аюулын зэрэглэл, түймрийн шатсан талбайн давтамж, түймрийн голомтын байршил зэрэг хүчин зүйлүүдийн жинг АНР техникээр хоёр хүчин зүйлийг хооронд нь харьцуулах нормчлогдсон матриц үүсгэж жингийн утгыг тооцоолов. Хүснэгт 4-д харуулсанчлан АНР шинжилгээний үр дүнд хуурайшилтын индекс хамгийн ач холбогдолтой хүчин зүйл 0.474, газрын бүрхэвчийн зураглал, түймрийн аюулын зэрэглэл 0.18, түймрийн шатсан талбайн давтамж, түймрийн голомтын байршил хүчин зүйлүүд 0.083 тус тус хувийн жинг эзэлж (Хүснэгт 4), жингийн харьцаа $CR \leq 0.095$ буюу үнэмшилтэй байна.

Хүснэгт 4. Шалгуур үзүүлэлтүүдийн жигнэлтийн фактор

Matrix		Хуурайшилтын индекс	Газрын бүрхэвчийн	Түймрийн аюулын зэрэглэл	Түймрийн шатсан талбайн давтамж	Түймрийн голомтын байршил	Хувийн жин
		1	2	3	4	5	
Хуурайшилтын индекс	1	1	7	3	5	5	0.474
Газрын бүрхэвчийн зураглал	2	1/7	1	5	3	3	0.180
Түймрийн аюулын зэрэглэл	3	1/3	1/5	1	3	3	0.180
Түймрийн шатсан талбайн давтамж	4	1/5	1/3	1/3	1	1	0.083
Түймрийн голомтын байршил	5	1/5	1/3	1/3	1	1	0.083

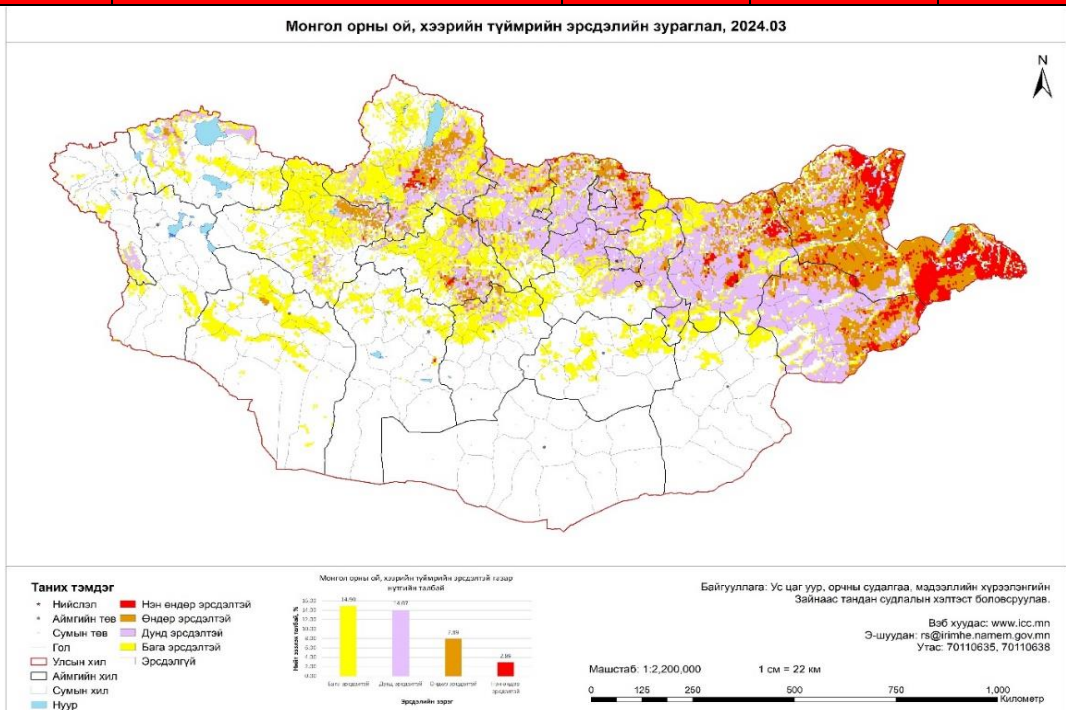
Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн зураглал

Монгол орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн түвшнийг нэн өндөр эрсдэлтэй, өндөр эрсдэлтэй, дунд эрсдэлтэй, бага эрсдэлтэй, эрсдэлгүй гэсэн 5 зэрэглэлд ангилсан. Улмаар, 2024 оны 3, 6 болон 9 дүгээр сарын ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийг зураглаж, арга зүйг туршлаа. Үр дүнгээс харахад түймрийн эрсдэлийн зураглалын үр дүнд 2024 оны 3, 6 болон 9 дүгээр саруудад Монгол орны нийт нутгийн 39.75%, 33.98%, 37.96% -д тус тус түймрийн эрсдэлтэй байв (Хүснэгт 5 болон Зураг 8-10).

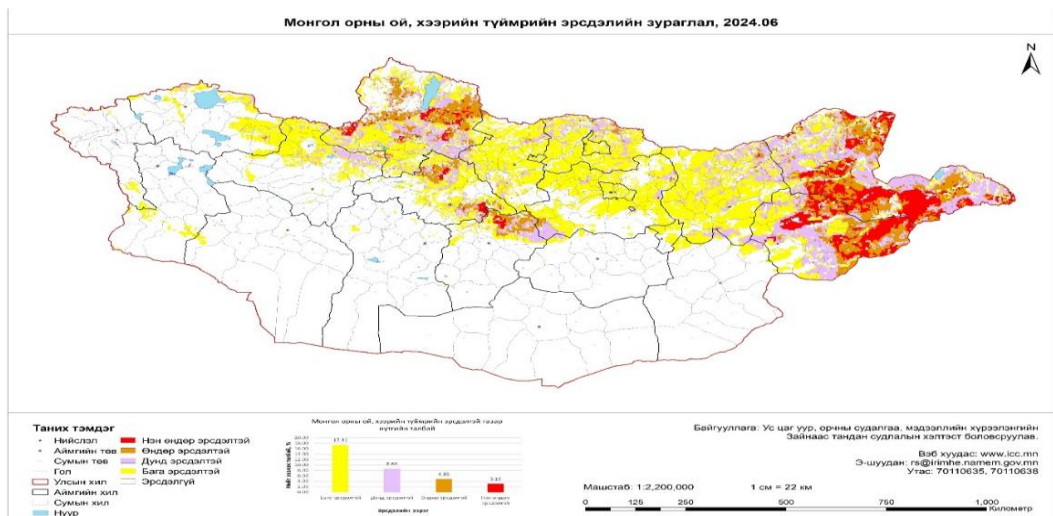
Хүснэгт 5. Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн ангилал, эзлэх талбай

Утга	Түймрийн зэрэглэл	Талбай, %		
		2024.03	2024.06	2024.09
1	Эрсдэлгүй	60.25	66.02	62.04
2	Бага эрсдэлтэй	14.90	17.41	15.67
3	Дунд эрсдэлтэй	14.07	8.86	12.24
4	Өндөр эрсдэлтэй	7.89	4.85	7.14

5	Нэн өндөр эрсдэлтэй	2.89	3.10	2.91
---	---------------------	------	------	------



Зураг 8. Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн зураг, 2024 оны 3 сар

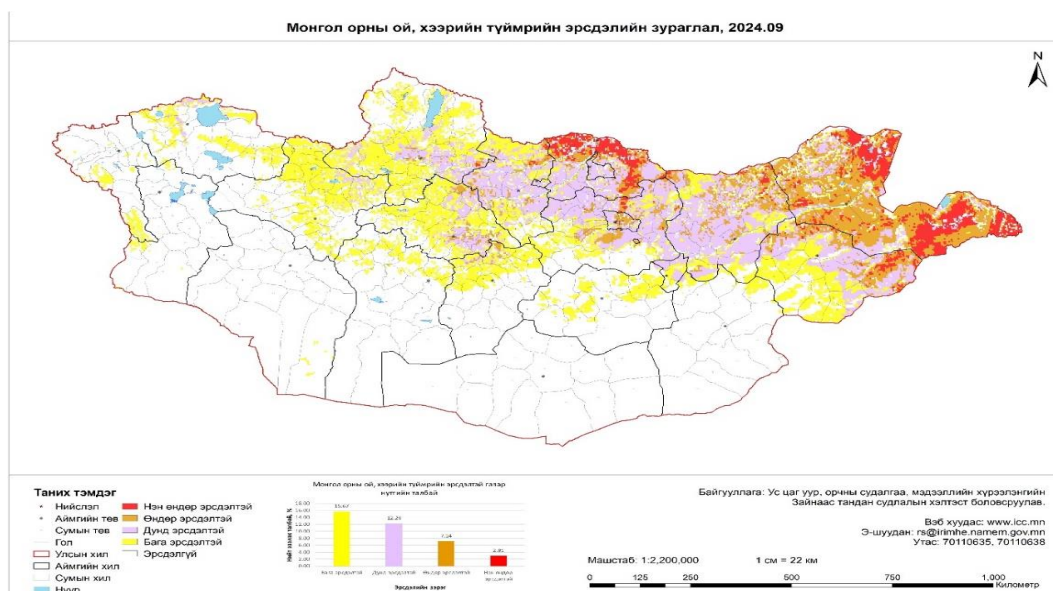


Зураг 9. Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн зураг, 2024 оны 6 сар

2.1. Хэлэлцүүлэг

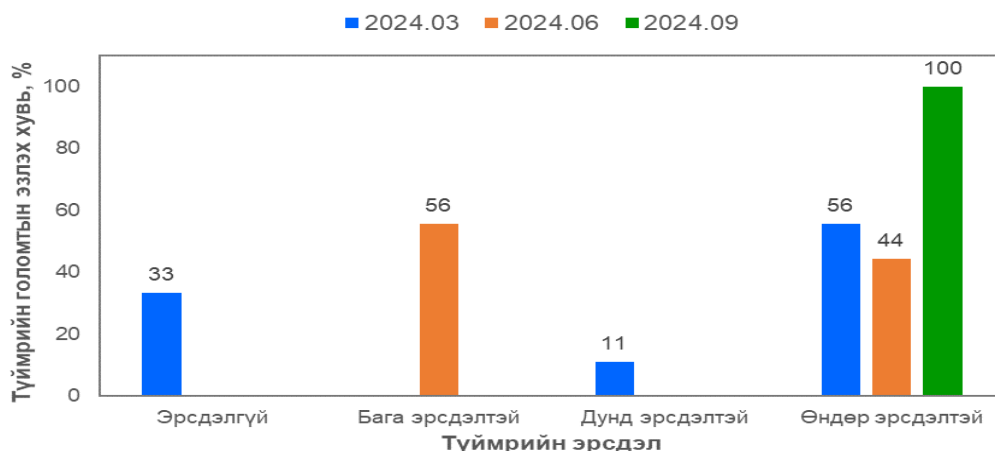
Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн зураглалыг баталгаажуулах үнэлгээг хийхдээ УЦУОСМХ-ийн хиймэл дагуулын мэдээ хүлээн авах

газрын станц дээр бодит хугацаагаар хүлээн авсан түймрийн голомтын байршлыг ашиглалаа.

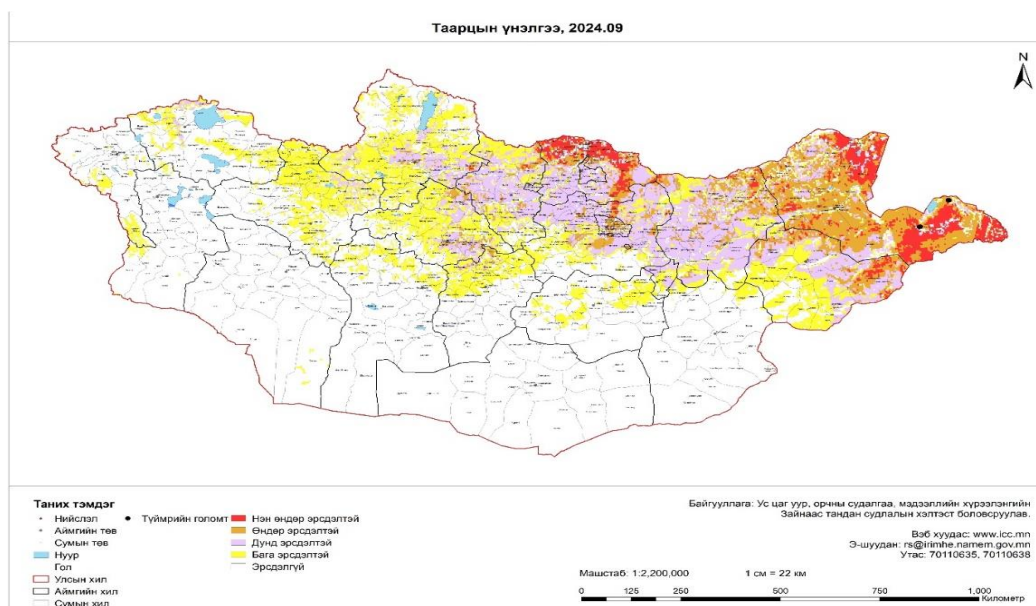
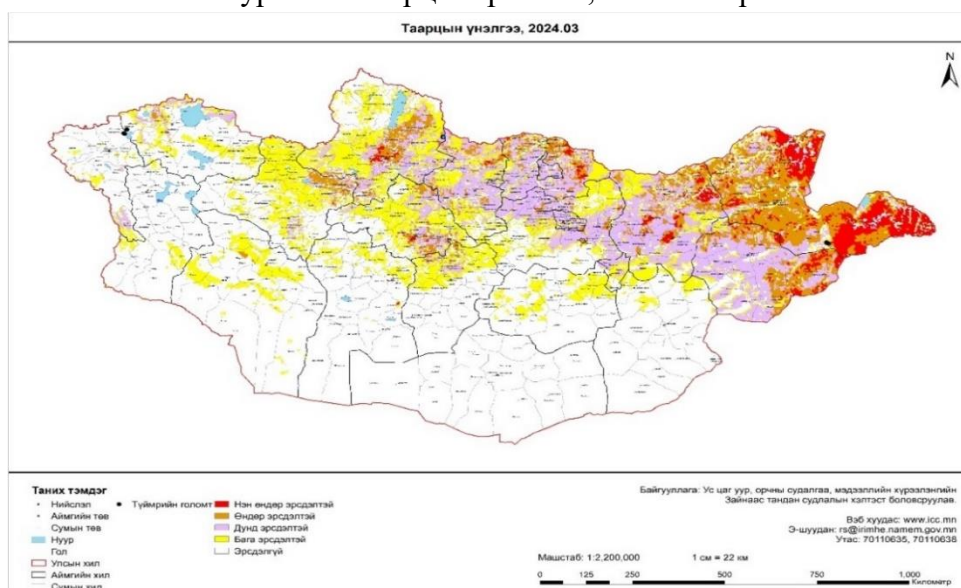


Зураг 10. Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн зураг, 2024 оны 9 сар

2024 оны 3 дугаар сард хиймэл дагуулын мэдээгээр илрүүлсэн түймрийн голомтын байршил 33%, 6 болон 9 дүгээр сард 100%-ийн таарцтайгаар тус тус эрсдэлийн зураглалтай давхцаж байна (Зураг 12-14). Тэр дундаа 9 дүгээр сард илрүүлсэн түймрийн голомтын байршил 6 цэг бүгд өндөр эрсдэлтэй тооцоологдсон хэсэгт, 6 дугаар сард илрүүлсэн 9 байршлын 5 нь бага эрсдэлтэй, 4 нь өндөр эрсдэлтэй хэсэгт, мөн 3 дугаар сард илрүүлсэн 5 нь бага эрсдэлтэй, 1 нь дунд эрсдэлтэй, 3 нь түймрийн эрсдэлгүй хэсэгт давхцаж байв (Зураг 11).



Зураг 11. Таарцын үнэлгээ, ангилалаар



Зураг 14. Таарцын үнэлгээ, 2024 оны 9 сар

Дүгнэлт

- Энэхүү судалгааны ажилд 2000-2023 онд гарсан ой, хээрийн түймрийн голомтын байршил, давтамжийн зураглал болон ой, хээрийн түймрийн аюулын зэрэг, газрын бүрхэвчийн зураглал, хуурайшилтын индекс зэрэг түймрийн эрсдэлийн үзүүлэлтүүдийг нэгтгэн олон шалгуурт арга буюу АНР

техникээр нэгтгэн Монгол орны орны ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн орон тархалтын зураглалыг боловсрууллаа.

- Олон шинжүүрт шалгуурын үр дүнд жингийн харьцаа $CR \leq 0.095$, үнэмшилтэй буюу хуурайшилтын индекс хамгийн ач холбогдолтой хүчин зүйл 0.474, газрын бүрхэвчийн зураглал, түймрийн аюулын зэрэглэл 0.18, түймрийн шатсан талбайн давтамж, түймрийн голомтын байршил хүчин зүйлүүд 0.083 – аар тус тус тооцоологдлоо.

- Таарцын үнэлгээгээр 77.66% -ийн таарцтай буюу бидний зурагласан ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн зураглалын эрсдэлтэй газар нутагт хиймэл дагуулын мэдээгээр илрүүлсэн түймрийн голомтын байршил 77.66% -тай давхцаж байна.

- Уг эрсдэлийн зураглалыг боловсруулсан арга техникийг хэрэглээнд нэвтрүүлж ой, хээрийн түймрээс урьдчилан сэргийлэх, эрсдэлийг бууруулах арга хэмжээ авах, төлөвлөх боломжтой гэж үзэж байна.

Ном зүй

1. Nasanbat, E., Lkhamjav, O., Balkhai, A., Tsevee-Oirov, C., Purev, A., and Dorjsuren, M.: A SPATIAL DISTRIBUTIONMAP OF THE WILDFIRE RISK IN MONGOLIA USING DECISION SUPPORT SYSTEM, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-3/W4, 357–362, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-357-2018>, 2018.

2. Л.Отгонбаяр. Ой, хээрийн түймрийн эрсдэлийн загварчлал. Онол, аргазүйн сэтгүүл №1 (8). Онцгой байдлын ерөнхий газрын Шинжлэх ухаан технологийн зөвлөл, Гамшиг судлалын үндэсний хүрээлэн, 2022.

3. Т.Билгүүнтөгс, Г.Адъяа-Очир, Ч.Болорчулуун. Ой хээрийн түймрийн эрсдэлийг веб-д суурилсан олон хүчин зүйлийн аргаар тооцоолох нь.

4. Онол, аргазүйн сэтгүүл №1 (8). Онцгой байдлын ерөнхий газрын Шинжлэх ухаан технологийн зөвлөл, Гамшиг судлалын үндэсний хүрээлэн, 2022.

5. Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structure: Journal of Mathematical Psychology 15.3: 34-39.