

ХИЙМЭЛ ОЮУН УХААНЫ АЛГОРИТМ АШИГЛАН ТӨВИЙН БҮСИЙН НЭГДСЭН СҮЛЖЭЭНИЙ ХОНОГИЙН ОРГИЛ АЧААЛЛЫГ ТААЦЛАХ СУДАЛГАА

С.Оюундарь (MEng), С.Сайнболд (PhD)

Горим төлөвлөлт, тооцооны алба, Диспетчерийн Үндэсний Төв ТӨХХК, Улаанбаатар, Монгол Улс
Oyundari.s@ndc.energy.mn

Хураангуй—Энэхүү ажлаар Төвийн Бүсийн Нэгдсэн Сүлжээний /ТБНС/ хоногийн оргил ачааллын таацыг гадна агаарын хэм, өмнөх өдрүүдийн оргил ачааллын гүйцэтгэлээс хамааруулан хиймэл оюун ухааны алгоритм ашиглан таацласан. ТБНС-ний цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ нь ахуйн шинж чанартай учир улирал цаг уураас ихээхэн хамааралтай. Тиймээс хоногийн оргил ачааллын утгыг таацлах алгоритмыг өмнөх өдрүүдийн ачааллын гүйцэтгэл, гадна агаарын хэмээс хамааруулан сургаж. Хиймэл оюун ухааны алгоритм ашиглан гүйцэтгэсэн таацын корреляцын коэффициент 0.98, одоо хэрэглэгдэж байгаа регресс загвараар тооцсон таацын корреляцын коэффициент 0.92 байна. Хиймэл оюун ухааны алгоритмын оролтод өнгөрсөн өдрүүдийн гүйцэтгэл, температурын таац өгөгдөж байгаа учир хоногийн ачааллын өөрчлөлтийн ерөнхий хандлагад гарч байгаа өөрчлөлтийг илүү сайн таамаглаж байгаа нь үр дүнгээс харагдав.

Түлхүүр үг— Оргил ачаалал, Хиймэл оюун ухаан, Статистик харьцуулалт, Төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээ

I. УДИРТГАЛ

Цахилгаан эрчим хүч орчин үеийн хүн төрөлхтний амьдралын салшгүй хэсэг болж, түүний хэрэглээ өдрөөс өдөрт өсөн нэмэгдэж байна. Дэлхийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ 2019 онд 27000 ТВт*ц орчим байсан бол 2050 онд 45000 ТВт*ц болно гэсэн таац хийгдсэн байдаг [1]. Монгол улсын эрчим хүчний системийн ачааллыг 2030 он гэхэд 2022 МВт хүрнэ гэсэн тооцоог ДҮТ ТӨХХК-д гүйцэтгэсэн. Хурдацтайгаар өсөн нэмэгдэж байгаа эрчим хүчний хэрэглээг хангах эх үүсгүүрүүдийг найдвартай, оновчтой сонгож, диспетчерийн төлөвлөлтийг гүйцэтгэхэд шаардлагатай үндсэн өгөгдөл бол цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний төлөвлөлт юм.

Цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний төлөвлөлт нь урт, дунд, богино хугацаанд хийгддэг. Богино хугацааны буюу өдөр тутмын горим төлөвлөлт нь цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээний төлөвлөлт болон түүнийг хангаж ажиллах эх үүсвэрүүдийн ачаалал хуваарилалт гэсэн үндсэн хоёр хэсгээс бүрдэнэ. Уг төлөвлөлтийг бодит үнэнд ойртуулан төлөвлөх нь системийн найдвартай ажиллагааг хангасан, зах зээлийн арилжааны загварт тохирсон эдийн засгийн үр ашигтай горим төлөвлөлтийн үндэс суурь нь болдог.

ТБНС-д цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ нь ахуйн шинж чанартай хэрэглэгчид голчилсон учир системийн ачаалал нь гадна агаарын хэмээс ихээхэн хамааралтай байдаг. Мөн цахилгаан ачааллын өмнөх өдрийн гүйцэтгэлийн өгөгдлүүд нь таац хийхэд чухал ач холбогдолтой. Энэхүү хамаарлуудыг судалсны үндсэн дээр ТБНС-ийн хэрэглээг таацлах регрессийн тэгшитгэлийг тооцоолон гарган авч өдөр тутмын төлөвлөлтөд ашиглаж байна.

Өнөө үед компьютер тооцооллын чадал сайжирсан мөн мэдээллийг асар их хэмжээгээр хадгалж, дахин ашиглах бололцоотой болсонтой

холбоотойгоор хиймэл оюун ухааны алгоритмуудыг өргөн хүрээнд хэрэглэх болжээ. Хиймэл оюун ухааны алгоритмуудыг таних (detection), таац гаргах (forecast) гэсэн үндсэн хоёр төрлөөр олон салбарт өдөр тутмын хэрэглээндээ нэвтрүүлж эхлээд байна.

Эрчим хүчний салбарт хиймэл оюун ухааны хэрэглээ хурдацтай өсөн нэмэгдэж байгаагаас цахилгаан, дулааны ачаалал, сэргээгдэх эх үүсгүүрүүдийн үйлдвэрлэлийн таац гаргахад түлхүү хэрэглэж байна. Хиймэл оюун ухааны алгоритм ашиглан цахилгааны ачааллын таацыг гүйцэтгэсэнээр, таацын нарийвчлалыг сайжруулах, төлөвлөлтийг гүйцэтгэх хугацааг бууруулах зэрэг давуу талууд бий болно.

Энэхүү ажлаар ТБНС-ний хоногийн оргил ачааллын таацыг гадна агаарын хэм, өмнөх өдрүүдийн гүйцэтгэлээс хамааруулан хиймэл оюун ухааны алгоритм ашиглан боловсруулав. Үр дүнг регрессийн тэгшитгэл ашигласан статистик аргаар тооцоолсон таацтай харьцуулсан болно.

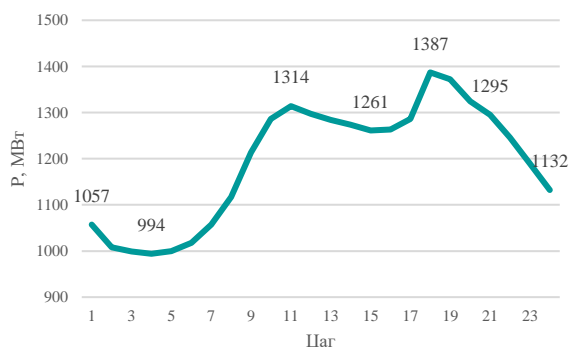
II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

A. ТБНС-ний цахилгаан ачаалал гадна агаарын хэмээс хамаарах хамаарал

Богино хугацааны төлөвлөлтөнд цаг хугацааны нөлөөлөл, цаг агаарын нөхцөл болон хэрэглэгчдийн төрөл зэрэг хэд хэдэн хүчин зүйлийг авч үздэг [2]. ТБНС-ийн хоногийн ачааллын явцыг Зураг 1-т үзүүлэв.

Цаг хугацааны нөлөөлөлд улирал, долоо хоногийн гариг, цаг багтдаг. Тухайлбал өвөл зуны улирлын хоногийн ачааллын график хоорондоо эрс ялгаатай, ажлын өдрүүд нь амралтын өдрүүдийн ачааллаас ялгаатай байдаг бол бүр цаашлаад даваа болон баасан гаригуудын ачааллын график өөр хоорондоо харилцан адилгүй байна. Мөн баяр

ёслолын өдрүүдийн ачааллын график хэвийн өдрүүдийнхээс эрс ялгаатай. Өдрийн ачаалал, шөнийн ачаалал зөрүү ихтэй байдаг нь цагийн нөлөөлөл их байгааг харуулж байна [3].



1-р зураг. ТБНС-ний хоногийн ачааллын явц

ТБНС-ний цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ нь ахуйн шинж чанар давамгайлсан байдаг учир хүмүүсийн аж байдалтай холбоотойгоор улирал бүрийн онцлог, баяр ёслол болон тэмдэглэлт өдрүүд, ажлын болон амралтын өдрүүд харилцан адилгүйгээр жилийн 365 хоногийн өдөр бүр өөрийн онцлог бүхий өөр өөр хоногийн ачааллын графиктай байдаг.

3-р хүснэгтээс харахад үзэхэд өвлийн саруудын хоногийн их ачаалал 19-20 цагт, хавар болон намрын саруудынх 20-21 цагт, харин зуны саруудын хувьд их ачаалал өдрийн цагуудад тогтмол үргэлжлэх ба хамгийн их ачаалал нь 12-13 цагт гарч байна. Эндээс үзэхэд хоногийн их ачаалал нь улиралаас хамааран 19-22 цагуудын хооронд шилждэг байна. Хоногийн бага ачааллын хувьд харьцангуй тогтвортой буюу 5-6 цагт гардаг. Түүнчлэн зуны саруудад шөнийн бага ачааллын үргэлжлэх хугацаа 1-7 цаг, өвлийн саруудад 1-8 цаг болон уртасдаг байна.

1-р хүснэгт. ТБНС-ний 1-р сарын хоногийн их ачааллын коэффициент, долоо хоногийн гаригуудаар

	Дав	Мяг	Лха	Пүр	Баа	Бям	Ням
1:00	0.75	0.74	0.74	0.73	0.76	0.78	0.79
2:00	0.70	0.70	0.69	0.69	0.71	0.73	0.74
3:00	0.68	0.68	0.68	0.67	0.69	0.71	0.71
4:00	0.67	0.68	0.66	0.66	0.69	0.69	0.69
5:00	0.67	0.67	0.66	0.66	0.68	0.68	0.69
6:00	0.67	0.67	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69
7:00	0.70	0.70	0.69	0.69	0.71	0.69	0.70
8:00	0.75	0.75	0.75	0.75	0.76	0.72	0.71
9:00	0.81	0.82	0.81	0.81	0.83	0.76	0.76
10:00	0.87	0.88	0.87	0.88	0.90	0.84	0.82
11:00	0.90	0.91	0.89	0.90	0.93	0.89	0.89
12:00	0.91	0.93	0.89	0.91	0.94	0.89	0.91
13:00	0.90	0.89	0.90	0.90	0.92	0.90	0.90
14:00	0.89	0.89	0.87	0.90	0.90	0.90	0.89
15:00	0.88	0.88	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89
16:00	0.87	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87	0.87
17:00	0.89	0.88	0.88	0.88	0.89	0.88	0.87
18:00	0.93	0.92	0.90	0.91	0.92	0.92	0.91
19:00	1.00	1.00	0.99	0.98	1.00	0.99	0.99
20:00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00
21:00	0.96	0.97	0.96	0.96	0.97	0.96	0.97
22:00	0.91	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92	0.93
23:00	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89	0.88
0:00	0.81	0.81	0.81	0.82	0.83	0.83	0.83

“3-р хүснэгт”-ээс харахад долоо хоногийн өдөр бүрийн хоногийн ачааллын график дахин давтагдахгүй ч ажлын өдрүүдийн хоногийн ачааллын графикт шөнийн бага ачааллын үргэлжлэх хугацаа 1-8 цагийн хооронд байгаа бол амралтын өдөрт 1-9 цаг болон уртсаж байгаа нь ажлын болон амралтын өдрүүдийн гол ялгаа юм.

1. Мөн цахилгаан ачаалалд ахуйн, аж үйлдвэрийн, үйлчилгээний зэрэг хэрэглэгчдийн төрөл чухал нөлөөтэй байна [2].

2. Цаг агаарын нөлөөлөл нь цахилгаан ачаалалд нөлөөлөх хамгийн чухал хүчин зүйл юм. Богино хугацааны төлөвлөлтөд гадна агаарын хэм болон агаарын чийгшлийг түгээмэл авч үздэг. Цахилгаан ачаалал таацлалын талаар нийт 22 судалгааны ажил нийтлэгдсэн байдгийн 13 нь зөвхөн гадна агаарын хэмээс, 3 нь гадна агаарын хэм болон агаарын чийгшлийн хэмжээнээс, 3 нь нэмэлтээр бусад цаг агаарын параметрээс, 3 нь дан ганц ачааллаас хамааруулан тооцсон байдаг /2005 оны байдлаар/ [2].

Ингээд улирал, цаг уураас хамааран өөрчлөгдөн байдаг ТБНС-ний цахилгаан ачаалал болон гадна агаарын хэмийн хоорондын хамаарлыг тодорхойлъё.

Нэг буюу хэд хэдэн хэмжигдэхүүн өөр хоорондоо буюу өөр нэг хэмжигдэхүүнтэй санамсаргүй шинжийн хамааралтай байвал түүнийг корреляц хамааралтай гэнэ [3]. Корреляцын коэффициентыг дараах аргаар тодорхойлно.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N \sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

Хоёр хэмжигдэхүүний хоорондын хамаарлын математик илэрхийлэл нь гол биш зөвхөн тэр хоёрын хамаарал хүчтэй байна уу эсвэл сул холбоотой байна уу гэдэг асуулт сонирхогдож байхад корреляцын коэффициент чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. Хэрэв $r_{xy} = 0$ бол энд шугаман хамааралгүй болохыг гэрчилнэ. Корреляцын коэффициентын тоон утга дараах завсарт

$$-1 \leq r_{xy} \leq 1 \quad (2)$$

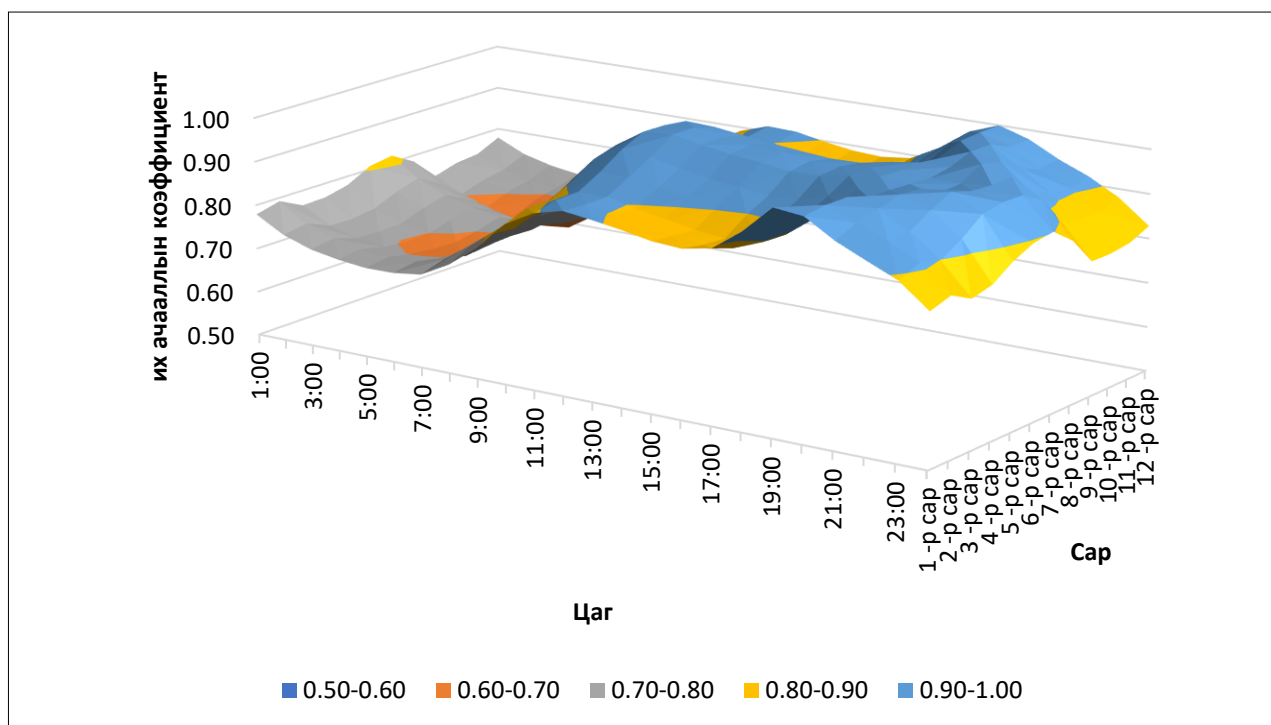
байна. Коэффициентын тэмдэг нь зөвхөн харилцан хамаарлын чиглэлийг л тогтоож өгнө [3].

2-р хүснэгт. 2017-2021 онуудын хоногийн их ачаалал болон гадна агаарын дундаж хэмийн хоорондын корреляцын коэффициент

Он	корреляцын коэффициент
2017	-0.948
2018	-0.952
2019	-0.934
2020	-0.912
2021	-0.914
Дундаж	-0.932

3-р хүснэгт. ТБНС-ний сарын дундаж хоногийн ачааллын явц тухайн өдрийн оргил ачааллын хувиар

	1 сар	2 сар	3 сар	4 сар	5 сар	6 сар	7 сар	8 сар	9 сар	10 сар	11 сар	12 сар
1:00	0.82	0.82	0.81	0.79	0.77	0.75	0.74	0.72	0.72	0.76	0.76	0.78
2:00	0.79	0.79	0.78	0.77	0.74	0.71	0.72	0.70	0.69	0.73	0.74	0.76
3:00	0.78	0.77	0.76	0.75	0.72	0.70	0.69	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74
4:00	0.77	0.76	0.75	0.75	0.71	0.69	0.69	0.67	0.68	0.70	0.72	0.74
5:00	0.76	0.76	0.75	0.75	0.71	0.67	0.68	0.68	0.68	0.71	0.72	0.74
6:00	0.77	0.76	0.76	0.75	0.71	0.68	0.69	0.67	0.69	0.71	0.72	0.74
7:00	0.76	0.76	0.76	0.76	0.74	0.72	0.73	0.71	0.74	0.74	0.74	0.75
8:00	0.78	0.78	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.79	0.78	0.78	0.78
9:00	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.87	0.86	0.86	0.87	0.85	0.83	0.83
10:00	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.94	0.93	0.94	0.94	0.91	0.89	0.89
11:00	0.91	0.93	0.95	0.96	0.99	0.98	0.99	0.98	0.98	0.94	0.92	0.93
12:00	0.93	0.94	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	0.93	0.94
13:00	0.93	0.94	0.95	0.97	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.92	0.91	0.92
14:00	0.92	0.93	0.94	0.96	0.98	0.98	0.99	0.98	0.96	0.90	0.90	0.91
15:00	0.90	0.91	0.92	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.94	0.89	0.89	0.90
16:00	0.90	0.90	0.92	0.94	0.96	0.95	0.97	0.96	0.94	0.89	0.89	0.89
17:00	0.91	0.90	0.91	0.95	0.96	0.95	0.95	0.96	0.94	0.89	0.90	0.91
18:00	0.96	0.92	0.92	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.93	0.96	0.97
19:00	1.00	0.99	0.96	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00
20:00	0.98	1.00	1.00	0.98	0.97	0.95	0.92	0.96	1.00	1.00	0.97	0.97
21:00	0.95	0.97	0.99	1.00	0.98	0.94	0.93	0.97	0.99	0.96	0.93	0.94
22:00	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.95	0.93	0.94	0.93	0.91	0.91	0.92
23:00	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.88	0.88	0.89
0:00	0.88	0.88	0.87	0.85	0.85	0.82	0.82	0.80	0.78	0.81	0.82	0.84



2-р зураг. ТБНС-ний жилийн ачааллын график (Жилийн оргил ачааллын хувиар)

ТБНС-ний цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээнд гадна агаарын хэм хэрхэн нөлөөлж байгааг шалгах зорилгоор 2017-2021 онуудын хоногийн их ачаалал болон хоногийн дундаж температурын корреляцын коэффициентыг олоход -0.932 буюу *хүчтэй урвуу шулуун* хамааралтай гарсан байна.

Нэгэнт ТБНС-ний хоногийн их ачаалал болон гадна агаарын дундаж хэмийн хоорондын хамаарал хүчтэй урвуу, шулуун гарсан тул их ачааллыг нэг хүчин зүйлээс буюу гадна агаарын дундаж хэмээс хамааруулан нэг хүчин зүйлийн регрессийн загварыг гарган авах боломжтой юм.

Гарч байгаа үзүүлэлт санамсаргүй тоон утгатай, харин орж буй хүчин зүйл санамсаргүй биш хатуу тогтоогдсон утгатай байх математик загварыг регрессийн загвар гэнэ [4].

Цахилгаан ачаалал таацлахад цахилгаан ачааллын бодит гүйцэтгэл болон цаг агаарын параметрууд, долоо хоногийн гариг, хэрэглэгчдийн ангилал зэргийг хамааруулан тооцсон регрессийн загварыг түгээмэл ашигладаг [2].

Хэрэв хоногийн их ачаалал санамсаргүй тоон утгатай, харин гадна агаарын дундаж хэм санамсаргүй биш тодорхой мэдэгдэж байсан гэж үзвэл регрессийн загвар

$$P_{max} = a + bx \quad (3)$$

байна. Энд: P_{max} – хоногийн их ачаалал, a - дундаж шугамаас алсалсан зай, b – регрессийн коэффициент

4-р хүснэгт. 2017-2021 онуудын хоногийн их ачаалал болон гадна агаарын дундаж хэмийн регрессийн тэгшитгэлийн тогтмолууд

	a	b
2017	791.612	-7.245
2018	856.605	-7.676
2019	900.004	-8.304
2020	893.537	-9.464
2021	1030.192	-10.953

A. Хиймэл оюун ухааны алгоритм

Хиймэл оюун ухааны алгоритм гэдэг нь өгөгдлийг ашиглан автоматаар сайжирч болдог компьютерийн алгоритм юм. Статистик аргуудаас ялгаатай нь таац хийх тэгшитгэл/загварын тогтмолуудыг тухайн алгоритм нь өөрөө тааруулах онцлогтой. Өгөгдлийн утга хангалттай байх үед энэ алгоритмыг ашиглан өндөр нарийвчлалтай таац хийх боломж бүрдэнэ.

Өмнөх хэсэгт үзүүлсэн үр дүнгээс харахад урд өдрийн ачааллын гүйцэтгэлээс гадна орчны температурын өөрчлөлт нь хоногийн оргил ачааллын таацыг тооцоолоход чухал үүрэгтэй байна.

B. Өгөгдөл, программ хангамж

Энэ судалгаанд 2017-2021 оны хооронд ТБНС-ийн хоногийн оргил ачааллын өгөгдөл болон хоногийн дундаж температурын утгыг ЦУОШГ-аас ирүүлсэн мэдээ, олон улсын цаг уурын өгөгдлийн санд үндэслэн цуглуулсан. Python программын хэл ашиглан хиймэл оюун ухааны алгоритм сургалт, зүгшрүүлэлтийг гүйцэтгэв.

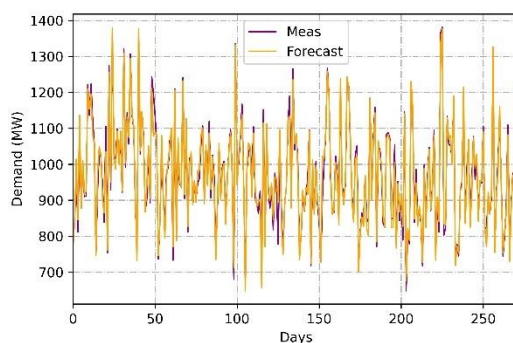
III. ТООЦООНЫ ҮР ДҮН

Хиймэл оюун ухааны алгоритмыг оролтонд өмнөх өдөр болон долоо хоногийн өмнөх ижил өдрийн ачааллын гүйцэтгэл, тухайн өдрүүдийн дундаж температурууд болон таацлах өдрийн орчны температурын зөрүүг ашигласан бөгөөд

гаралт нь таацлахыг хүссэн өдрийн оргил ачааллын утга байна.

3-р хүснэгтээс харахад өвөл, зуны ачааллын өөрчлөлтийн температурын өөрчлөлтөөс хамрах хамаарал нь эсрэг байгаа тул энэ тооцоонд зөвхөн өвлийн горимын сарууд буюу 9 сараас 5 сарыг дуустал өдрүүдийг авч үзсэн.

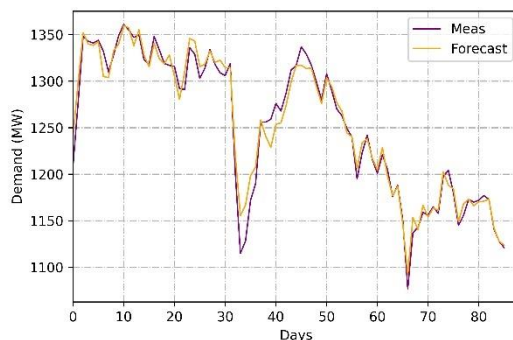
Зураг 3-т Хиймэл оюун ухааны сурсан алгоритм ашиглан 2017-2021 оны өгөгдлөөс сонгож авсан тест өдрүүдийн оргил ачааллын таац, бодит утга давхцалыг үзүүлэв.



3-р зураг. Хиймэл оюун ухааны сурсан алгоритм ашиглан 2017-2021 оны өгөгдлөөс сонгож авсан тест өдрүүдийн оргил ачааллын таац, бодит утга давхцал

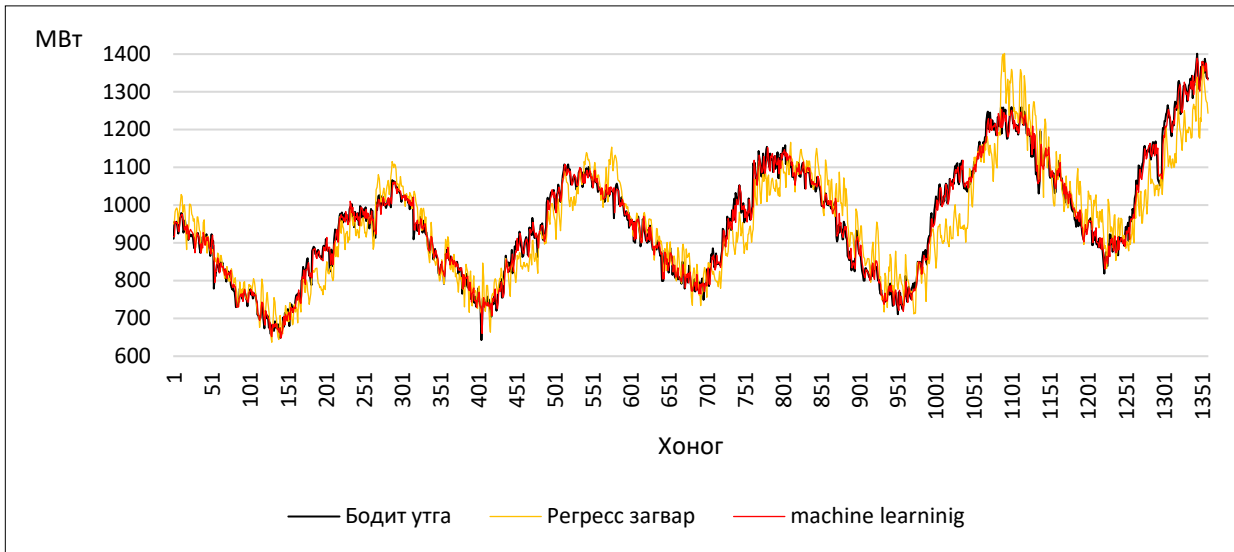
2017-2021 оны өгөгдөл ашиглан сурсан алгоритмаар 2022 оны эхний 3 сарын оргил ачааллыг тооцсон байдлыг харахад таац маш сайн таарч байна.

2017-2021 оны өгөгдлийг ашиглан хиймэл оюун ухааны сургасан алгоритмаар 2022 оны эхний 3 сарын хоногийн оргил ачааллыг тооцож Зураг 4-т үзүүлэв



4-р зураг. Хиймэл оюун ухааны сурсан алгоритм ашиглан 2022 оны эхний 3 сарын өгөгдөлд хийсэн таац, бодит утга давхцал

Дараах хүснэгтэд Регресс загвар болон хиймэл оюун ухааны алгоритм ашиглан хийсэн таацуудын статистик харьцуулалтуудыг үзүүлсэн байна



5-р зураг. ТБНС-ний 2017-2021 онуудын хоногийн их ачааллын бодит утгууд, регрессийн загвар, машин сургалтын алгоритмын тооцооны үр дүн

. Регрессийн загвар 0.92 хувийн регрессийн хамааралтай байхад, хиймэл оюун ухааны алгоритмын регресс коэффициент 0.989 буюу нарийвчлал өндөртэй байна.

5-р хүснэгт. РЕГРЕСС ЗАГВАР, MACHINE LEARNING ТООЦООНЫ ҮР ДҮН

Үзүүлэлт	Регресс загвар	Machine learning
r_{xy}	0.921	0.989
R^2	0.848	0.979
ϵ стандарт алдаа	58.806	21.739

ТБНС-ний хоногийн их ачааллын гүйцэтгэл, регрессийн загвар болон хиймэл оюун ухааны алгоритмыг ашиглан гүйцэтгэсэн таацуудыг харьцуулан 5-р зурагт үзүүлэв.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү ажлаар хурдтай өсөн нэмэгдэж байгаа цахилгаан хэрэглээний төлөвлөлтийг гүйцэтгэхэд зориулсан шинэ аргазүйг авч үзэв. Хиймэл оюун ухааны алгоритм ашиглан хоногийн оргил ачааллын таац гүйцэтгэхэд, тухайн таацын нарийвчлал нь статистик аргаас илүү сайн үр дүн үзүүлэв (Регрессийн коэффициент 0.98). Дундаж квадрат хазайлт 0.979 байгаа нь тухайн таацын нарийвчлал сайн байгааг харуулж байна. Цаашдын ажлын хувьд хоногийн цагуудын ачаалал, дулааны ачаалал, сэргээгдэх эх үүсгүүрүүдийн үйлдвэрлэлийг таацлах судалгааны ажлуудыг шат дараатайгаар боловсруулахаар ажиллаж байна.

ТАЛАРХАЛ

Эрдэм шинжилгээний ажлыг дэмжиж, хамтран ажилласан ДҮТ ТӨХХК-ийн Горим төлөвлөлт, тооцооны албаны инженерүүддээ талархал илэрхийлье.

НОМ ЗҮЙ

- [1] АНУ-ын Энергийн Мэдээллийн Хороо “World Energy Outlook 2019”
- [2] Eugene A. Feinberg, Dora Genethliou, “Load forecasting,” 2005 он.
- [3] Д.Содномдорж, “Инженерийн судалгааны математик аргууд,” Улаанбаатар, 2009 он
- [4] Ч.Авдай, Д.Энхтуяа, “Судалгаа шинжилгээний ажил гүйцэтгэх арга зүй,” Улаанбаатар, 2015 он
- [5] ДҮТ ТӨХХК, “2017 ТБНС-ний цахилгааны хоногийн мэдээ,” Улаанбаатар, 2017 он.
- [6] ДҮТ ТӨХХК, “2018 ТБНС-ний цахилгааны хоногийн мэдээ,” Улаанбаатар, 2018 он.
- [7] ДҮТ ТӨХХК, “2019 ТБНС-ний цахилгааны хоногийн мэдээ,” Улаанбаатар, 2019 он.
- [8] ДҮТ ТӨХХК, “2020 ТБНС-ний цахилгааны хоногийн мэдээ,” Улаанбаатар, 2020 он.
- [9] ДҮТ ТӨХХК, “2021 ТБНС-ний цахилгааны хоногийн мэдээ,” Улаанбаатар, 2021 он.
- [10] Цаг уурын өгөгдлийн сан <https://www.visualcrossing.com/>

ЗОХИОГЧИЙН ТОВЧ НАМТАР

С.Оюундарь нь 2012 онд ШУТИС-ЭХС-ийг “Цахилгаан систем” мэргэжлээр бакалавр, 2017 онд техникийн ухааны магистр зэрэгтэй төгссөн ба 2012-2014 онд Оюутолгой 220 кВ төсөл-д Цахилгааны горим төлөвлөлт, тооцооны инженерээр, 2014 оноос Диспетчерийн Үндэсний Төв ТӨХХК-д цахилгааны горим төлөвлөлтийн инженерээр ажиллаж байна. Эрчим хүчний системийн хэрэглээ төлөвлөлт, хэтийн төлвийн судалгаа хийх сонирхолтой.

С.Сайнболд нь 2021 онд Шинэ Зеланд Улсын Аукландын их сургуульд “Их чадлын нарны фотоцахилгаан станцыг эрчим хүчний сул сүлжээнд интеграц хийх судалгаа” сэдвээр PhD зэрэг хамгаалсан. ДҮТ ТӨХХК-д Системийн шинжээч инженерээр ажиллаж байна. Сэргээгдэх эрчим хүчний интеграц, эрчим хүчний системийн тогтворжилтын шинжилгээ, хиймэл оюун ухааны чиглэлээр судалгаа хийх сонирхолтой.