

ДОДАТОК А

Графіки результатів дослідження

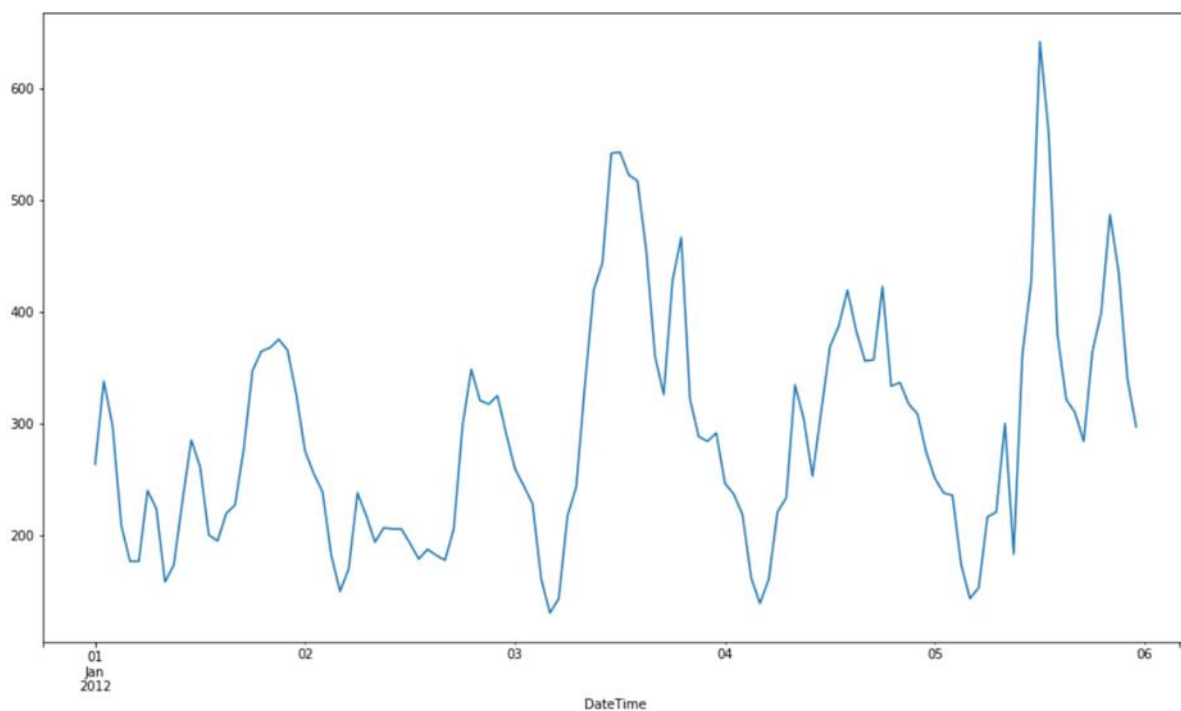


Рисунок А.1 – Візуалізація датасету, перші 5 днів

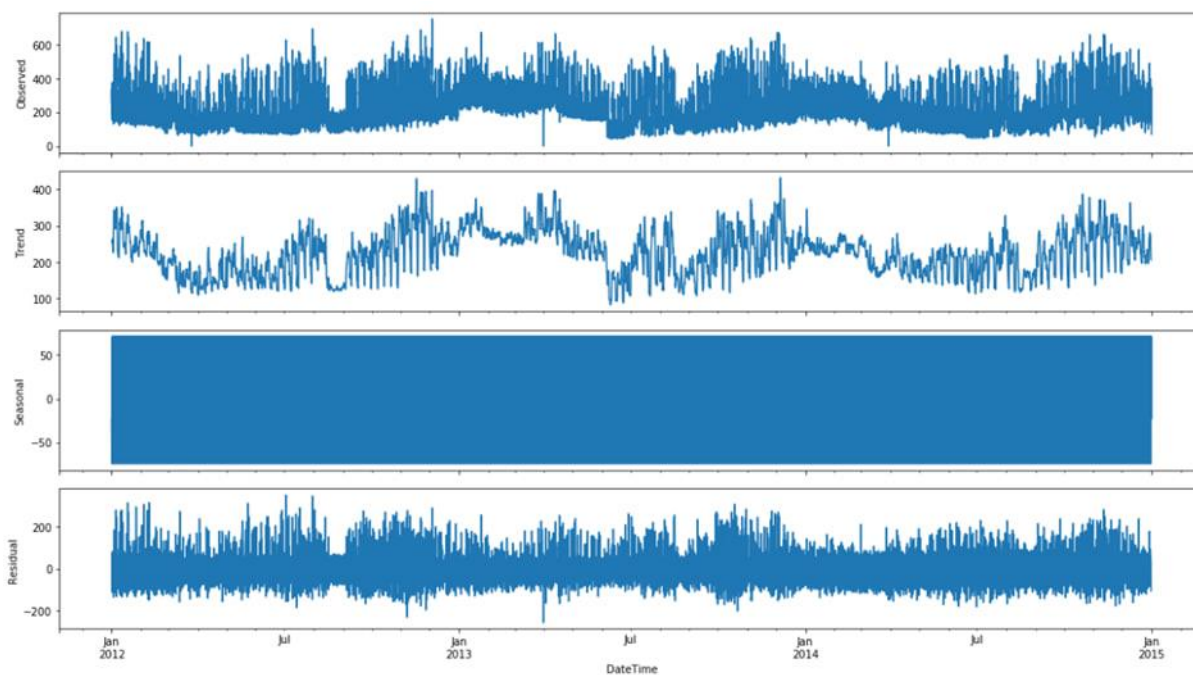


Рисунок А.2 – Розклад часового ряду на складові

DateTime	ts1	ts2	ts3	ts4	ts5	ts6	ts7	ts8	ts9
2012-01-01 00:00:00	12.690355	68.278805	231.972198	412.601626	213.414634	1053.571429	27.133974	838.383838	223.7762
2012-01-01 01:00:00	16.497462	90.327169	309.296264	552.845528	289.024390	1360.119048	27.133974	1101.010101	269.2307
2012-01-01 02:00:00	19.035533	93.883357	309.296264	556.910569	269.512195	1238.095238	27.699265	1023.569024	267.4825
2012-01-01 03:00:00	17.766497	88.904694	309.296264	441.056911	210.975610	842.261905	22.611645	831.649832	176.5734
2012-01-01 04:00:00	19.035533	87.482219	309.296264	343.495935	189.024390	645.833333	14.132278	730.639731	185.3146

Рисунок А.3 – Скріншот частини датасету

```

Test Statistic          -1.202749e+01
p-value                 2.925873e-22
#Lags Used              4.900000e+01
Number of Observations Used 2.625500e+04
Critical Value (10%)    -2.566829e+00
Critical Value (1%)     -3.430599e+00
Critical Value (5%)     -2.861650e+00
dtype: float64

```

Рисунок А.4 – Результат тесту Дікі-Фуллера

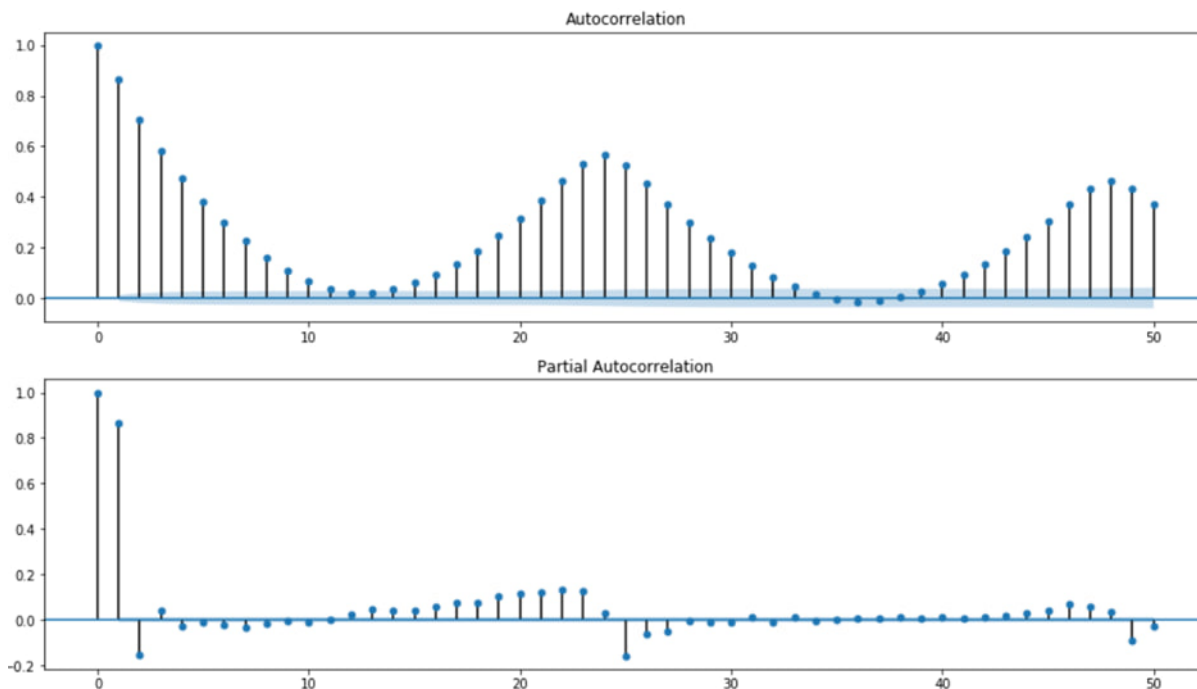


Рисунок А.5 – Графіки АСФ та РАСФ

Best model: ARIMA(3, 0, 2)

ARMA Model Results

```

=====
Dep. Variable:          ts10    No. Observations:          672
Model:                 ARMA(3, 2)  Log Likelihood              -3487.586
Method:                css-mle    S.D. of innovations         43.372
Date:                  Sat, 13 Oct 2018  AIC                          6989.172
Time:                  23:25:10    BIC                          7020.744
Sample:                12-03-2014    HQIC                         7001.400
                    - 12-31-2014

```

Рисунок А.6 – Скріншот результатів оптимізації параметрів

```

=====
              coef      std err          z      P>|z|      [0.025      0.975]
-----
const          248.0585      6.760      36.696      0.000      234.809      261.307
ar.L1.ts10       1.2708      0.190       6.699      0.000       0.899       1.643
ar.L2.ts10      -0.0405      0.303      -0.134      0.894      -0.634       0.553
ar.L3.ts10      -0.3086      0.137      -2.247      0.025      -0.578      -0.039
ma.L1.ts10      -0.2202      0.180      -1.223      0.222      -0.573       0.133
ma.L2.ts10      -0.4637      0.120      -3.871      0.000      -0.699      -0.229

```

Рисунок А.7 – Скріншот результатів оптимізації параметрів

```

=====
                        Roots
-----
              Real      Imaginary      Modulus      Frequency
-----
AR.1          1.1366      -0.2363j      1.1609      -0.0326
AR.2          1.1366      +0.2363j      1.1609       0.0326
AR.3         -2.4044      -0.0000j      2.4044      -0.5000
MA.1          1.2501      +0.0000j      1.2501       0.0000
MA.2         -1.7249      +0.0000j      1.7249       0.5000
-----
Wall time: 14.9 s

```

Рисунок А.8 – Скріншот результатів оптимізації параметрів

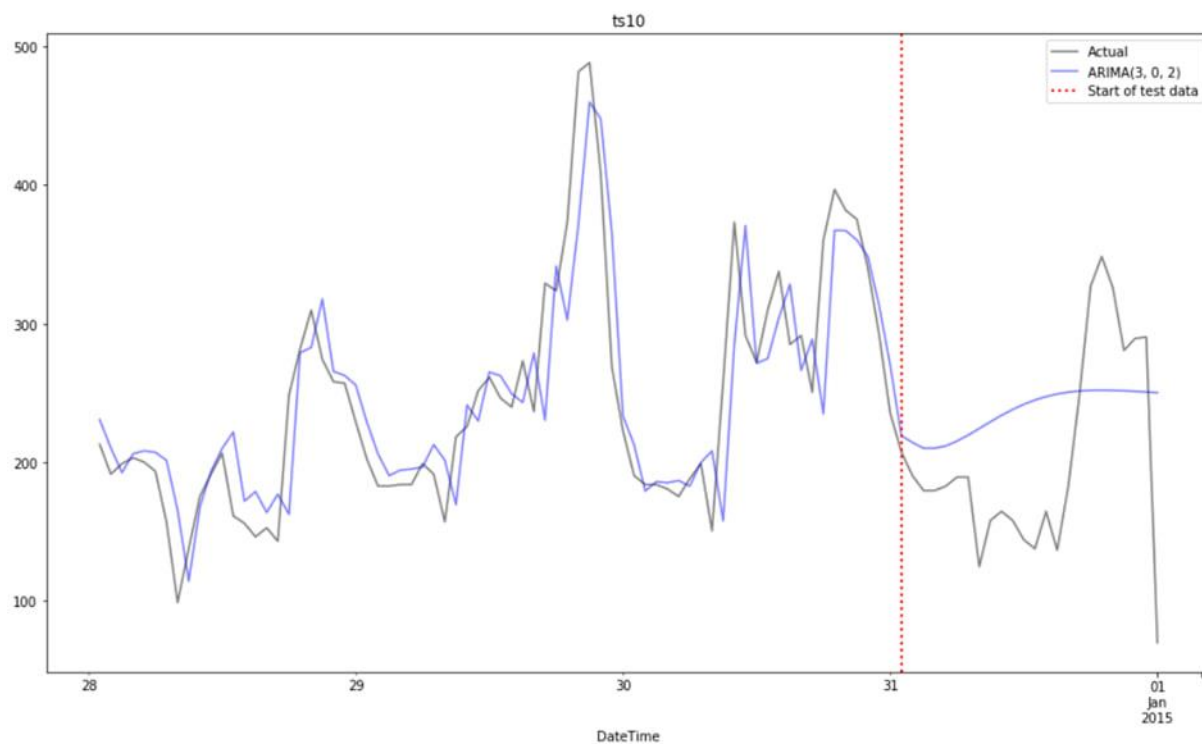


Рисунок А.9 – Відтворення моделлю ARIMA зміни часовому ряді

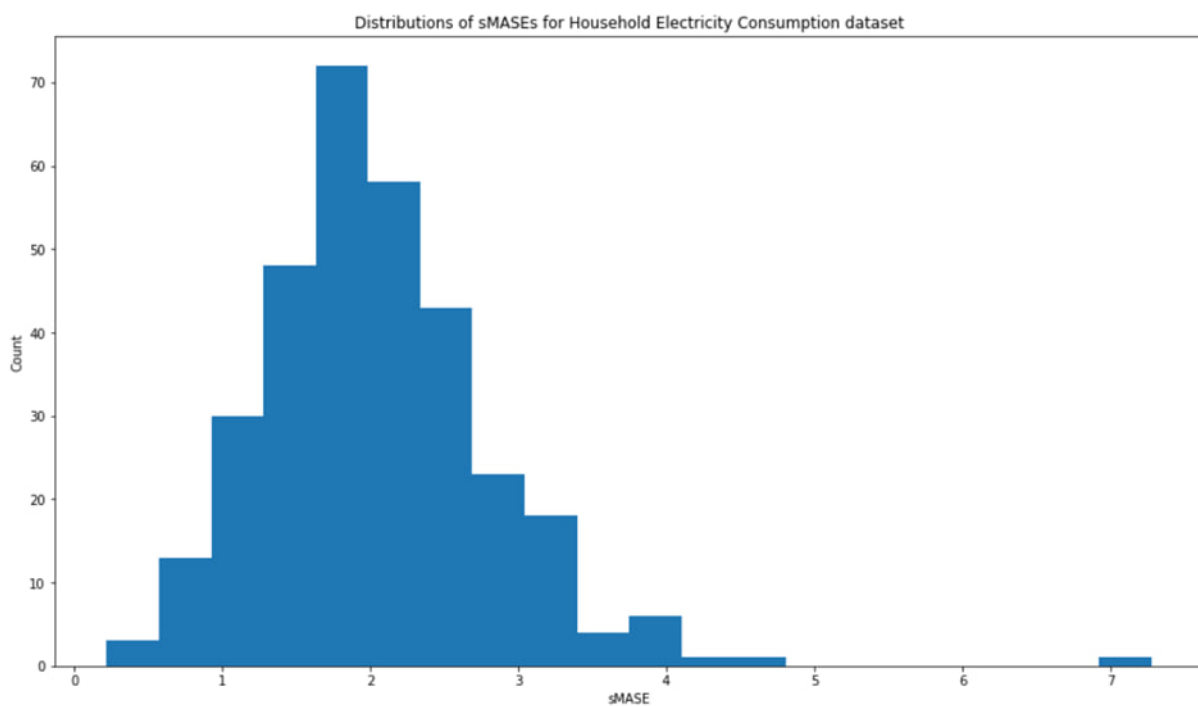


Рисунок А.10 – Гістограми розподілу значень метрики sMASE для ARIMA

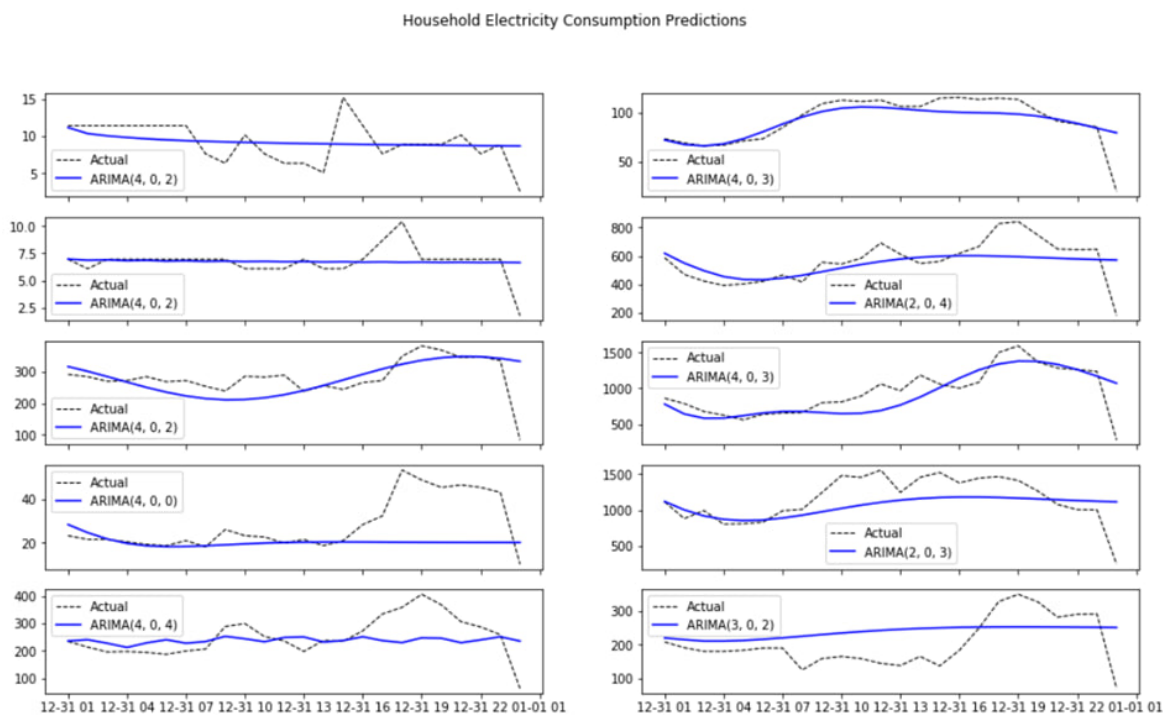


Рисунок А.11 – Оцінка якості прогнозів моделі ARIMA

Best model: ARIMAX(3, 0, 2)

Statespace Model Results

```

=====
Dep. Variable:          ts10      No. Observations:          672
Model:                  SARIMAX(3, 0, 2)  Log Likelihood              -3483.784
Date:                   Sat, 06 Oct 2018  AIC                          6993.569
Time:                   18:19:43        BIC                          7052.202
Sample:                 12-03-2014      HQIC                         7016.276
                        - 12-31-2014
Covariance Type:       opg

```

Рисунок А.12 – Оцінка якості прогнозів моделі ARIMAX

```

=====
Ljung-Box (Q):         136.07      Jarque-Bera (JB):         472.41
Prob(Q):               0.00        Prob(JB):                 0.00
Heteroskedasticity (H): 0.82        Skew:                    1.10
Prob(H) (two-sided):   0.14        Kurtosis:                 6.47
=====

```

Warnings:

```

[1] Covariance matrix calculated using the outer product of gradients (complex-step).
Wall time: 1min 3s

```

Рисунок А.13 – Оцінка якості прогнозів моделі ARIMAX

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
mon	246.7806	11.813	20.891	0.000	223.628	269.933
tue	273.6692	11.812	23.169	0.000	250.518	296.820
wed	258.1991	15.955	16.183	0.000	226.929	289.469
thu	261.3988	14.936	17.501	0.000	232.125	290.673
fri	246.2950	13.895	17.726	0.000	219.062	273.528
sat	235.8081	18.084	13.039	0.000	200.364	271.253
sun	216.5344	17.433	12.421	0.000	182.366	250.703
ar.L1	1.2853	0.178	7.225	0.000	0.937	1.634
ar.L2	-0.0427	0.278	-0.154	0.878	-0.588	0.502
ar.L3	-0.3241	0.132	-2.458	0.014	-0.583	-0.066
ma.L1	-0.2533	0.174	-1.453	0.146	-0.595	0.088
ma.L2	-0.4889	0.119	-4.099	0.000	-0.723	-0.255
sigma2	1863.3072	75.120	24.804	0.000	1716.075	2010.540

Рисунок А.14 – Оцінка якості прогнозів моделі ARIMAX

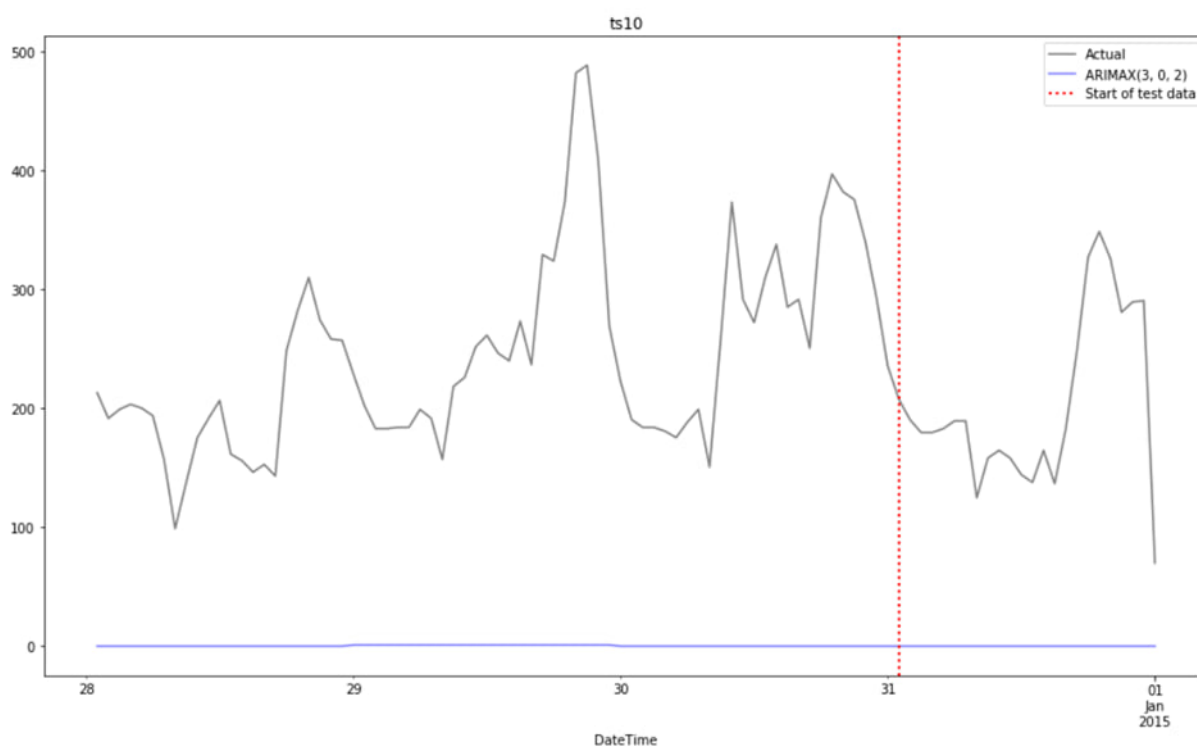


Рисунок А.14 – Оцінка якості прогнозів моделі ARIMAX

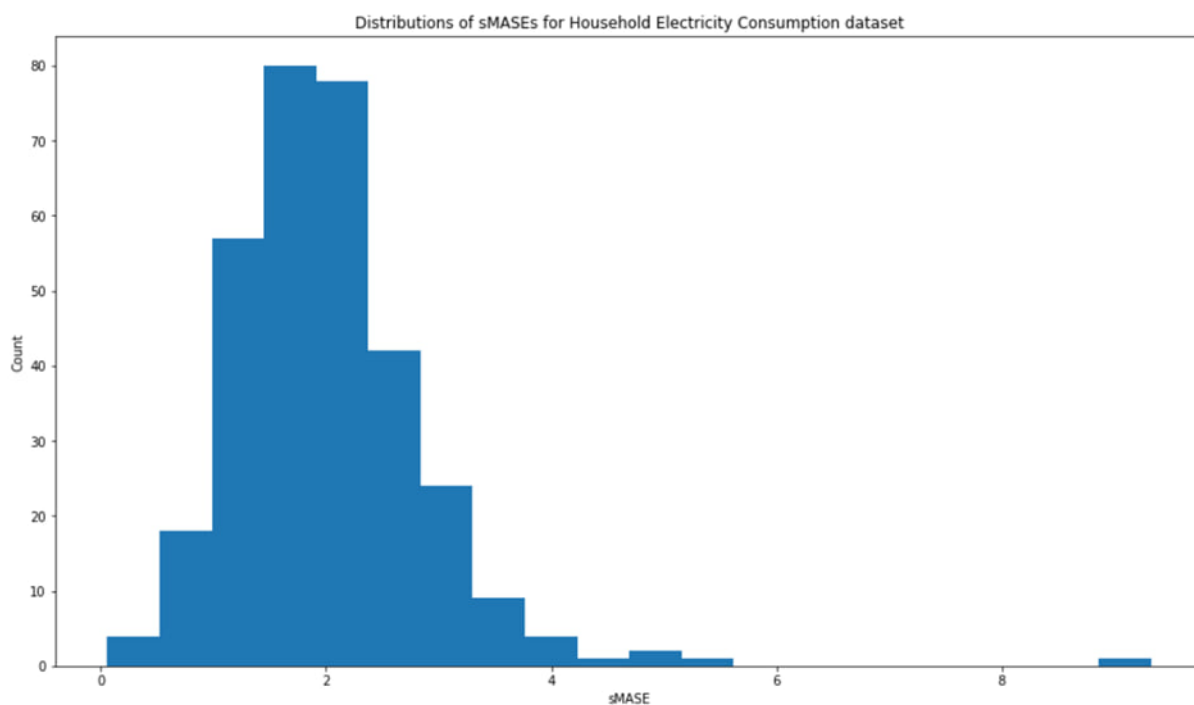


Рисунок А.15 – Гістограми розподілу значень метрики sMASE для
ARIMAX

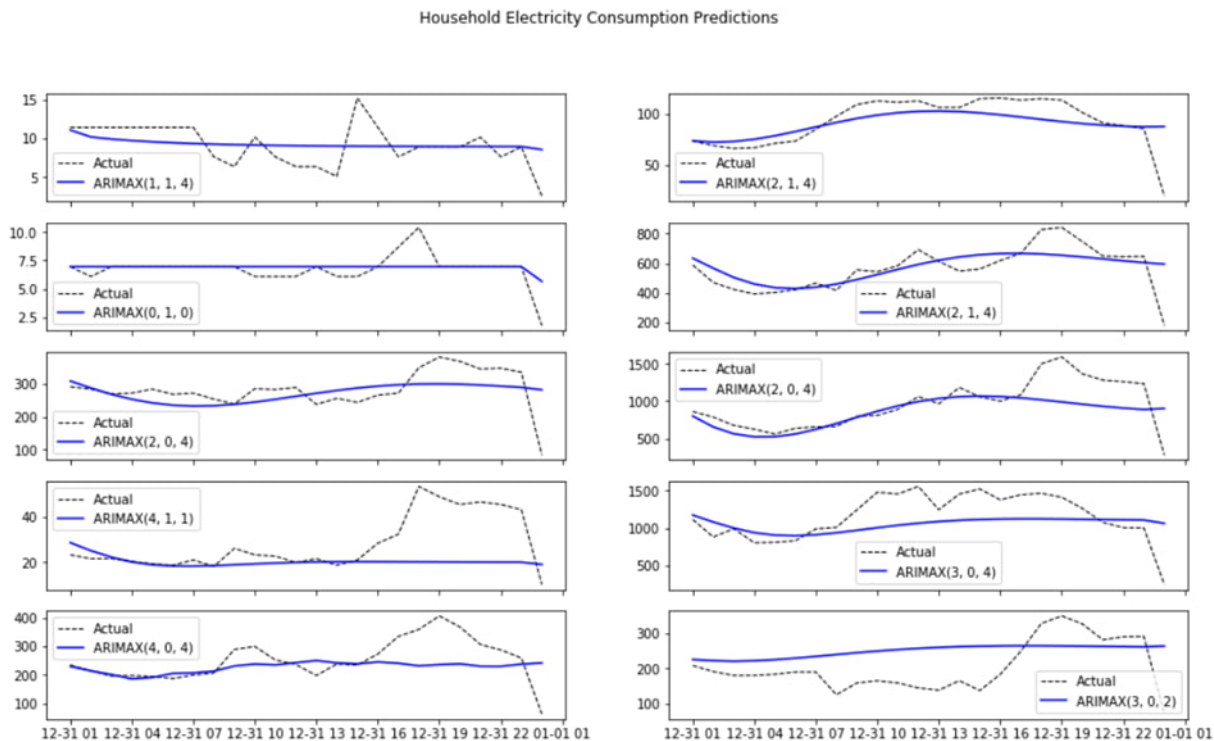


Рисунок А.16 – Оцінка якості прогнозів моделі ARIMAX

```

Statespace Model Results
=====
Dep. Variable:          ts10      No. Observations:      672
Model:                 SARIMAX(1, 1, 1)x(1, 1, 1, 24)  Log Likelihood        -3162.462
Date:                  Sun, 14 Oct 2018  AIC                   6334.924
Time:                  10:42:02      BIC                   6357.080
Sample:                12-03-2014     HQIC                  6343.535
                    - 12-31-2014

Covariance Type:      opg
=====
              coef  std err      z      P>|z|    [0.025    0.975]
-----
ar.L1         0.8293    0.019   44.082   0.000     0.792     0.866
ma.L1        -1.0000   25.031  -0.040   0.968    -50.059    48.059
ar.S.L24     -0.0522    0.020   -2.619   0.009    -0.091    -0.013
ma.S.L24     -0.9019    0.027  -33.982   0.000    -0.954    -0.850
sigma2       1458.2306   3.65e+04  0.040   0.968   -7.01e+04  7.3e+04
=====
Ljung-Box (Q):          38.37  Jarque-Bera (JB):      329.17
Prob(Q):                0.54  Prob(JB):              0.00
Heteroskedasticity (H): 0.52  Skew:                  0.47
Prob(H) (two-sided):    0.00  Kurtosis:              6.44
=====

Warnings:
[1] Covariance matrix calculated using the outer product of gradients (complex-step).
Wall time: 33.3 s

```

Рисунок А.17 – Оцінка якості прогнозів моделі SARIMA

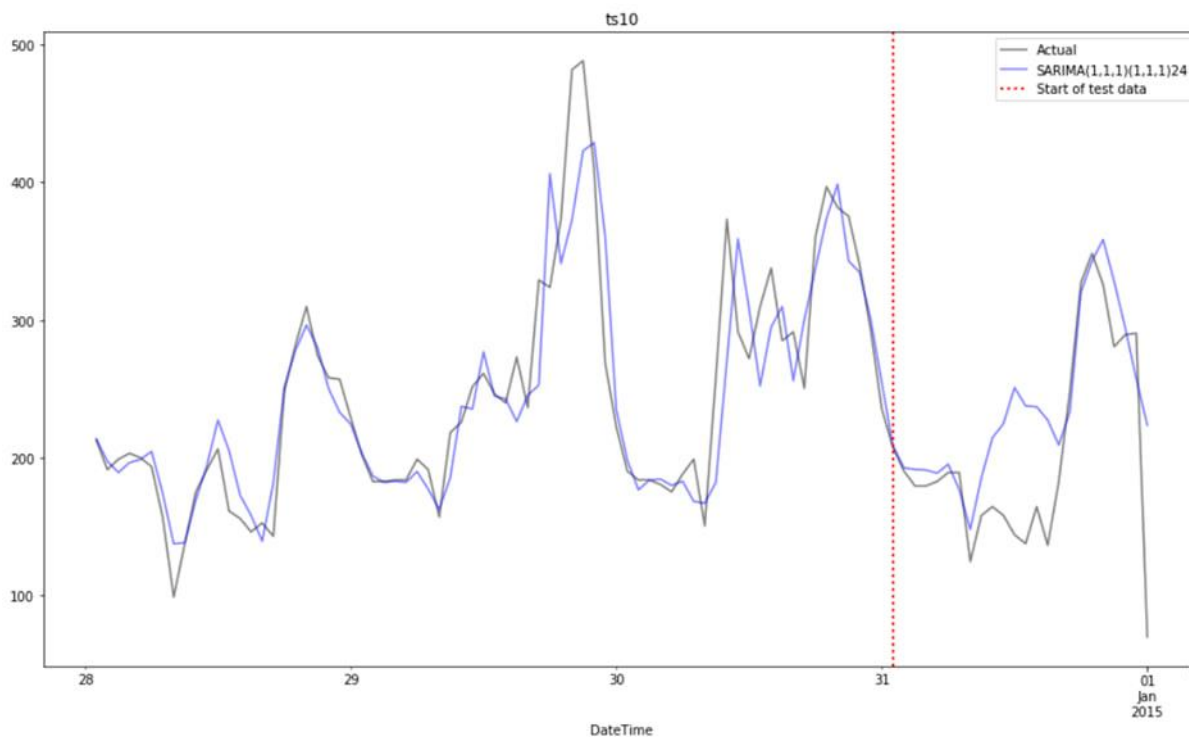


Рисунок А.18 – Оцінка якості прогнозів моделі SARIMA

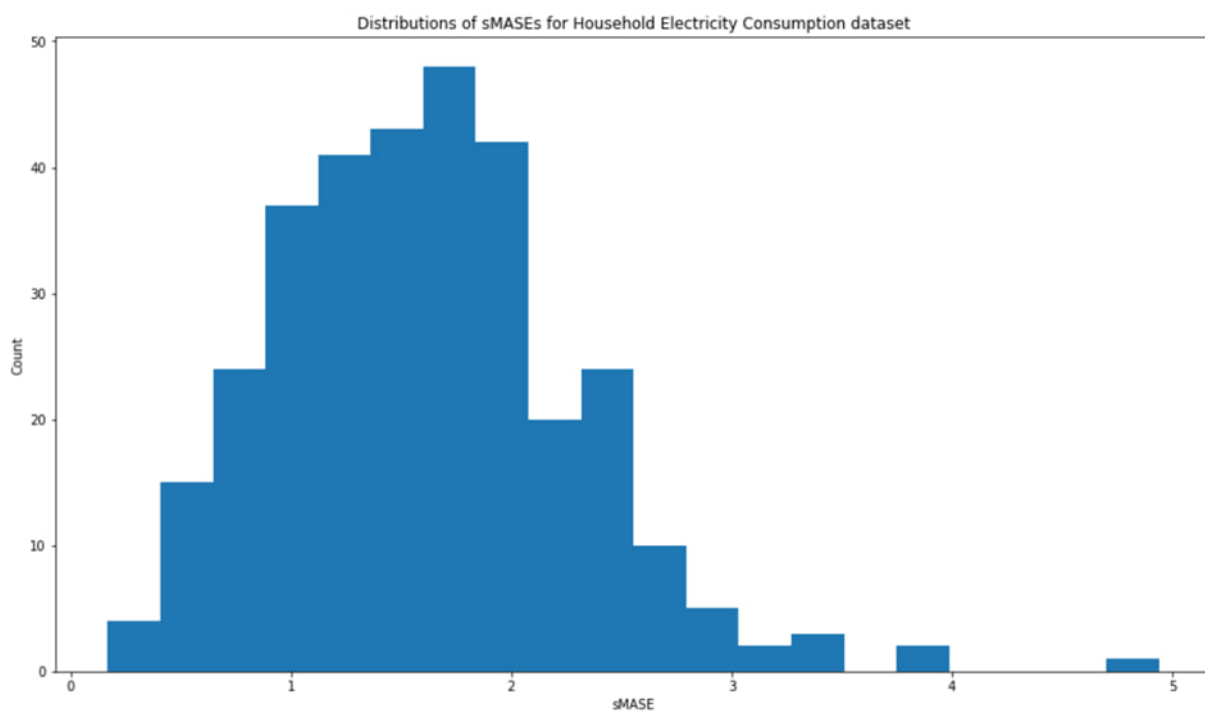


Рисунок А.19 – Гістограми розподілу значень метрики sMASE для SARIMA

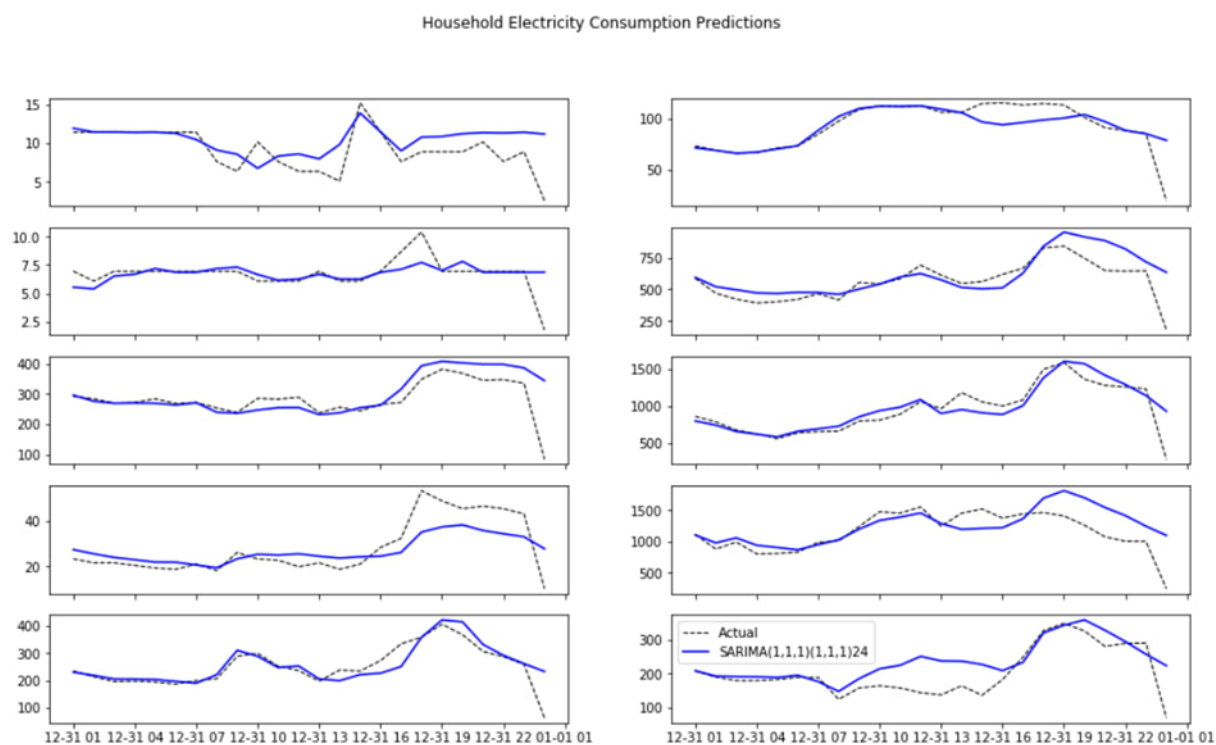


Рисунок А.20 – Оцінка якості прогнозів моделі SARIMA

```

=====
Ljung-Box (Q):                39.46   Jarque-Bera (JB):            323.02
Prob(Q):                      0.49   Prob(JB):                    0.00
Heteroskedasticity (H):       0.52   Skew:                         0.48
Prob(H) (two-sided):          0.00   Kurtosis:                     6.40
=====

```

Warnings:

```

[1] Covariance matrix calculated using the outer product of gradients (complex-step).
Wall time: 46.6 s

```

Рисунок А.21 – Оцінка якості прогнозів моделі SARIMAX

```

=====
Statespace Model Results
=====
Dep. Variable:                ts10   No. Observations:           672
Model:                        SARIMAX(1, 1, 1)x(1, 1, 1, 24)   Log Likelihood              -3160.997
Date:                          Sun, 07 Oct 2018   AIC                         6345.995
Time:                           19:46:45   BIC                         6399.171
Sample:                          12-03-2014   HQIC                        6366.663
                                - 12-31-2014
Covariance Type:                opg
=====

```

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
mon	4.8641	7351.032	0.001	0.999	-1.44e+04	1.44e+04
tue	10.3752	7352.119	0.001	0.999	-1.44e+04	1.44e+04
wed	-5.2563	7352.024	-0.001	0.999	-1.44e+04	1.44e+04
thu	10.3713	7353.741	0.001	0.999	-1.44e+04	1.44e+04
fri	-5.1383	7351.845	-0.001	0.999	-1.44e+04	1.44e+04
sat	-2.5661	7351.565	-0.000	1.000	-1.44e+04	1.44e+04
sun	-12.6692	7350.310	-0.002	0.999	-1.44e+04	1.44e+04
ar.L1	0.8185	0.021	39.290	0.000	0.778	0.859
ma.L1	-0.9995	0.272	-3.681	0.000	-1.532	-0.467
ar.S.L24	-0.0594	0.022	-2.697	0.007	-0.103	-0.016
ma.S.L24	-1.1058	0.033	-33.365	0.000	-1.171	-1.041
sigma2	1187.4573	335.932	3.535	0.000	529.043	1845.872

Рисунок А.22 – Оцінка якості прогнозів моделі SARIMAX

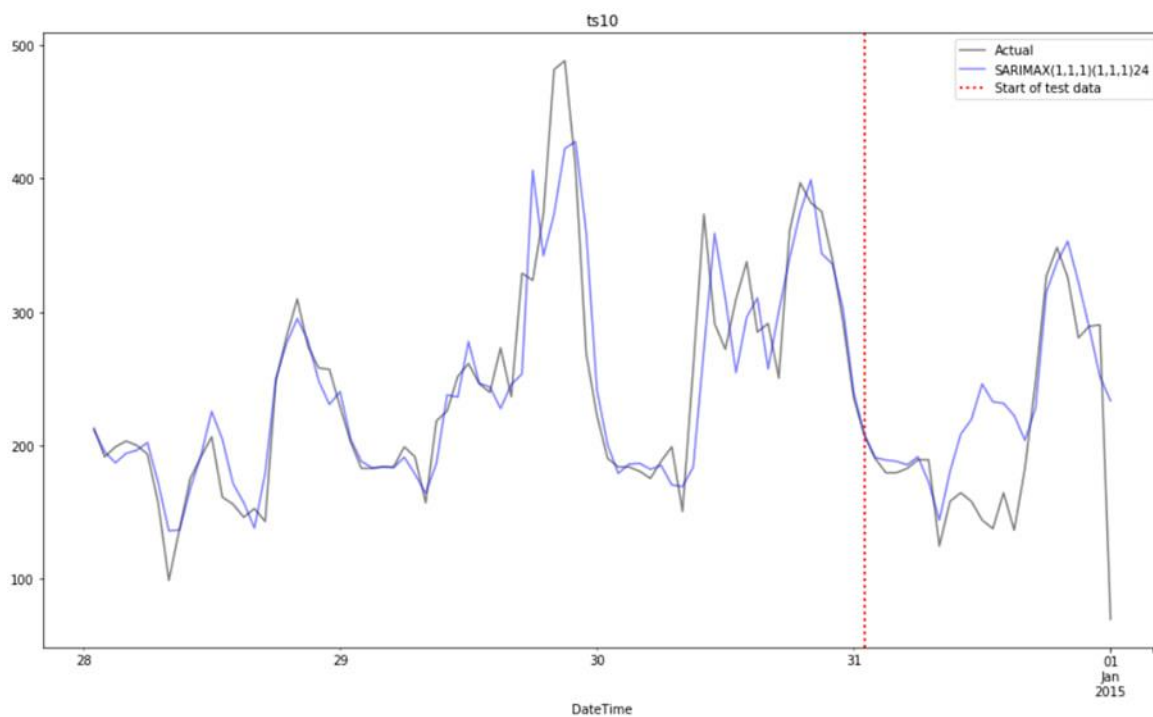


Рисунок А.23 – Оцінка якості прогнозів моделі SARIMAX

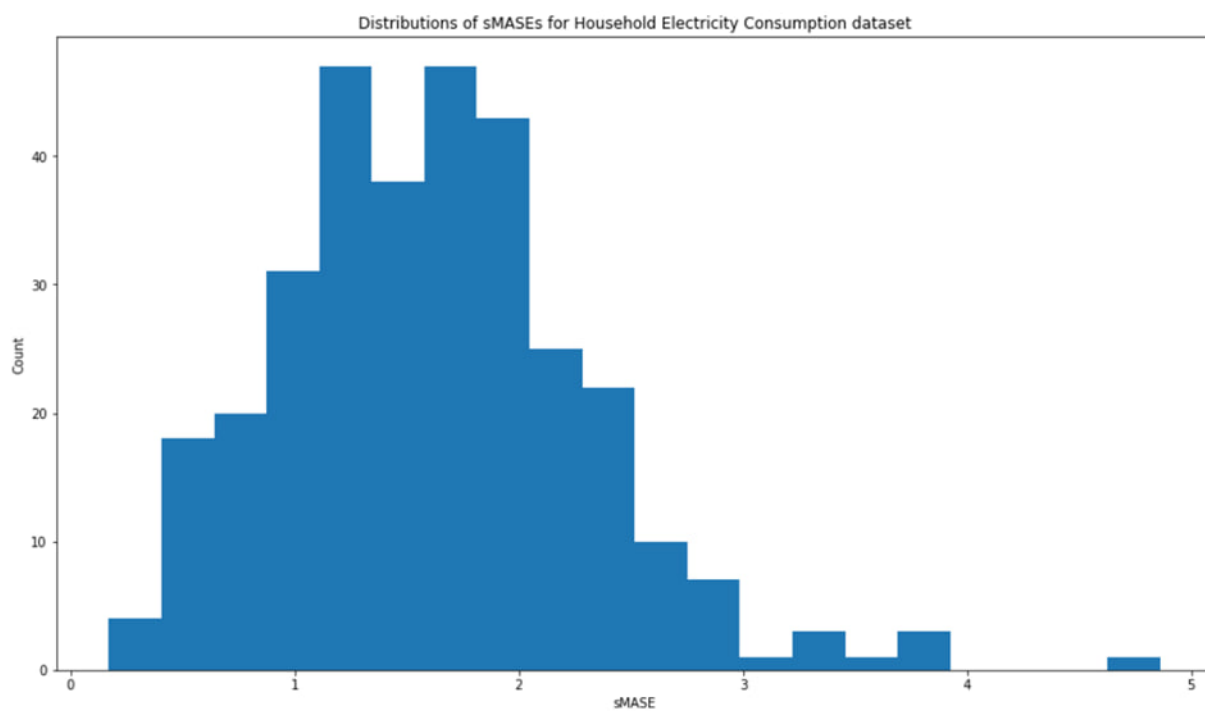


Рисунок А.24 – Гістограми розподілу значень метрики sMASE для SARIMAX

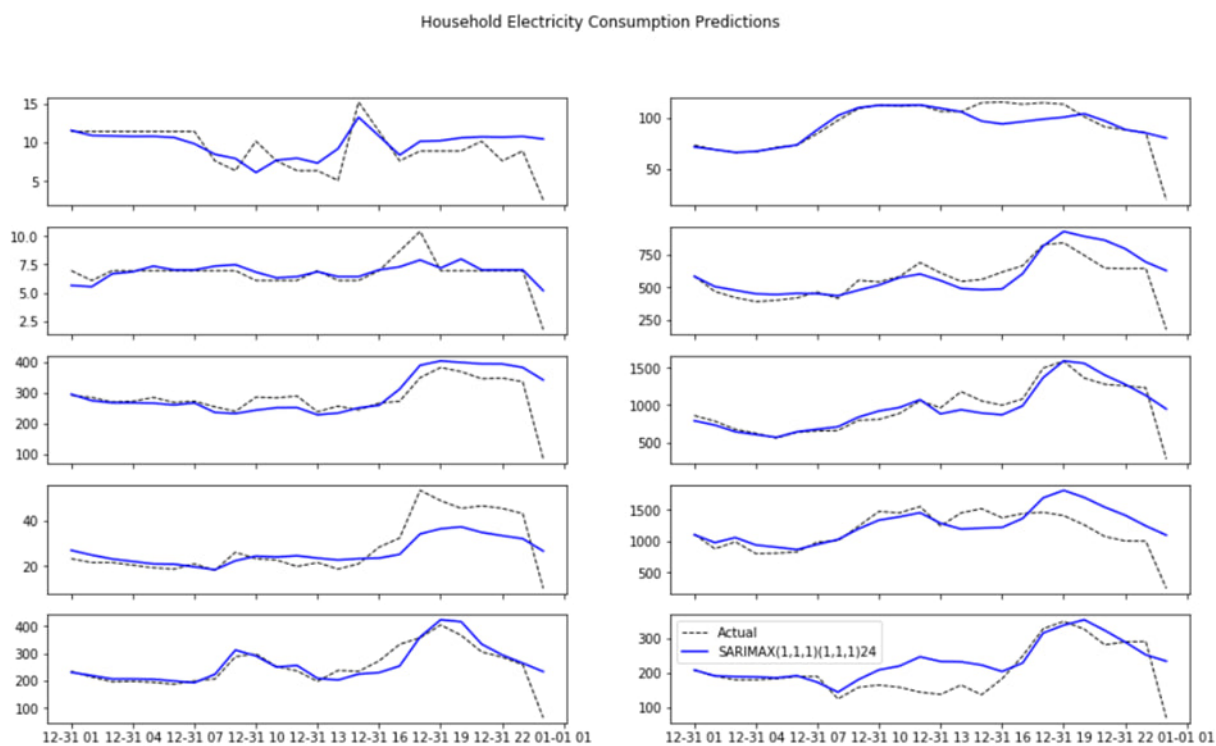


Рисунок А.25 – Оцінка якості прогнозів моделі SARIMAX

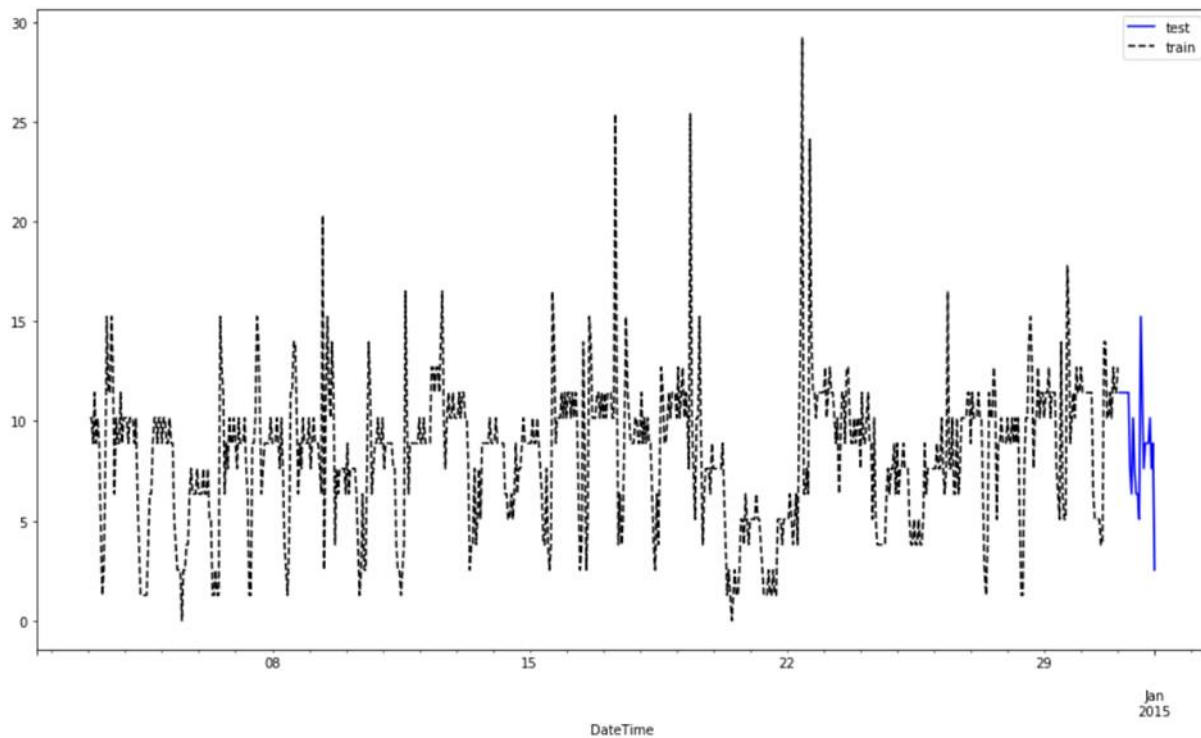


Рисунок А.26 – Порівняння фактичних та тренувальних даних для DeepAR

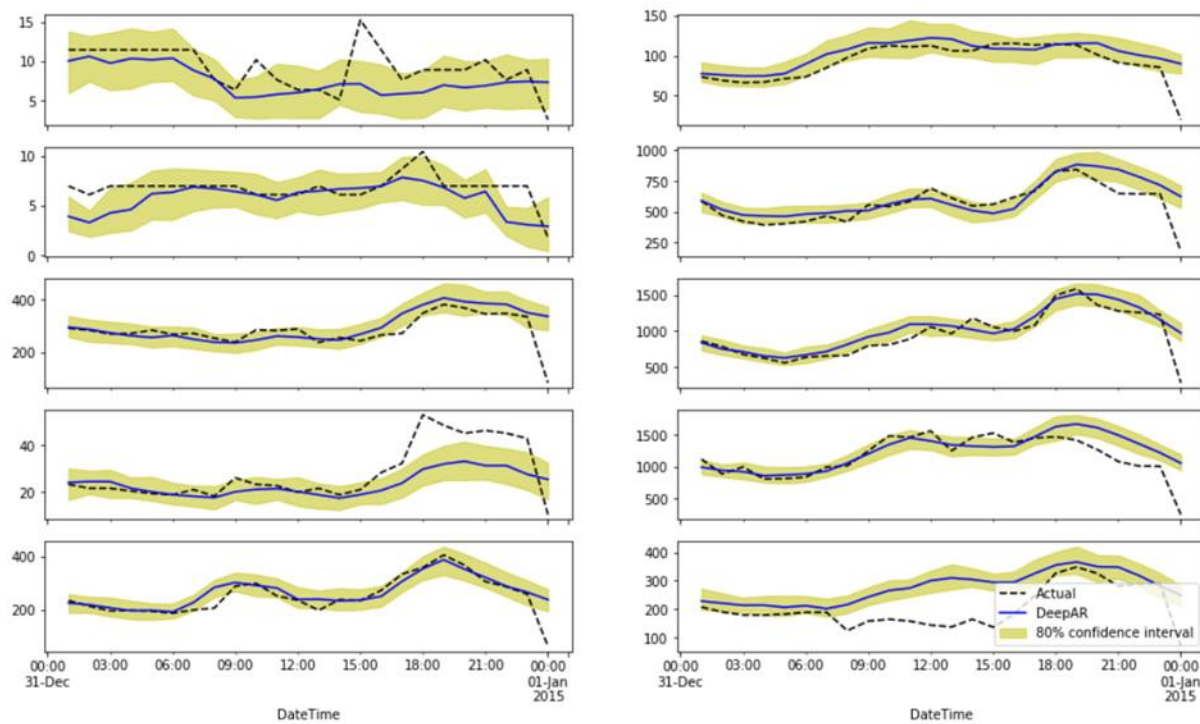


Рисунок А.27 – Порівняння фактичних даних з прогнозованими значеннями та їх довірчим інтервалом для DeepAR

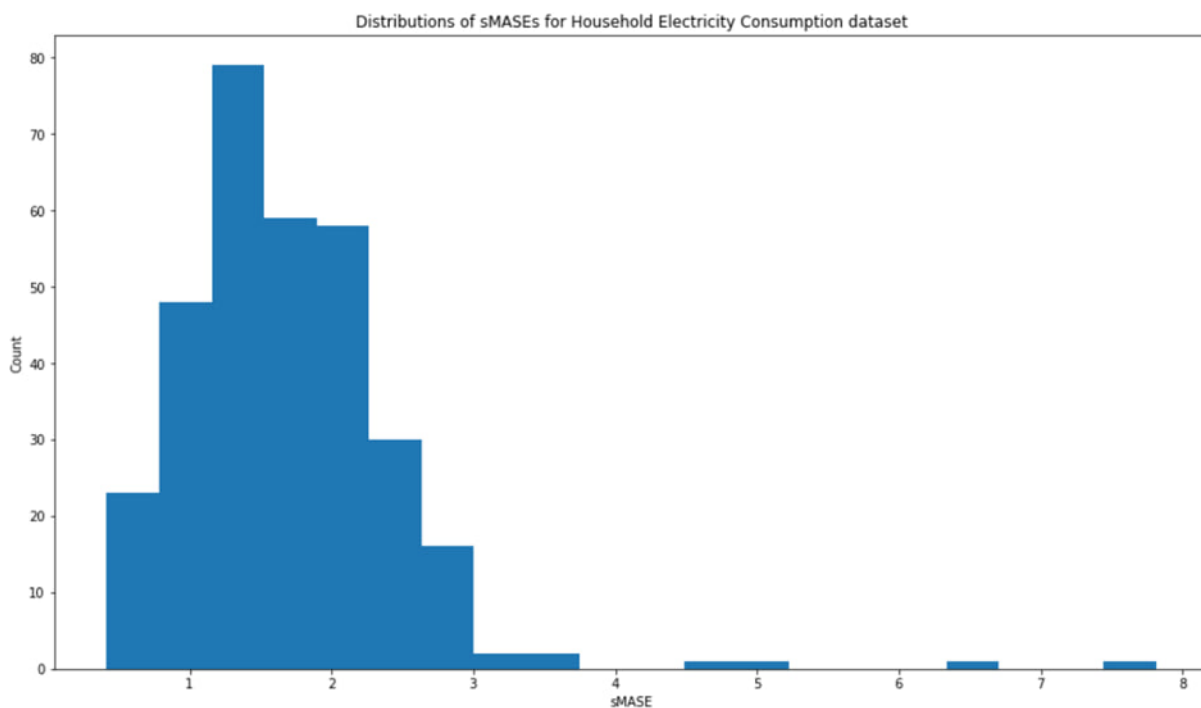


Рисунок А.28 – Гістограми розподілу значень метрики sMASE для DeepAR

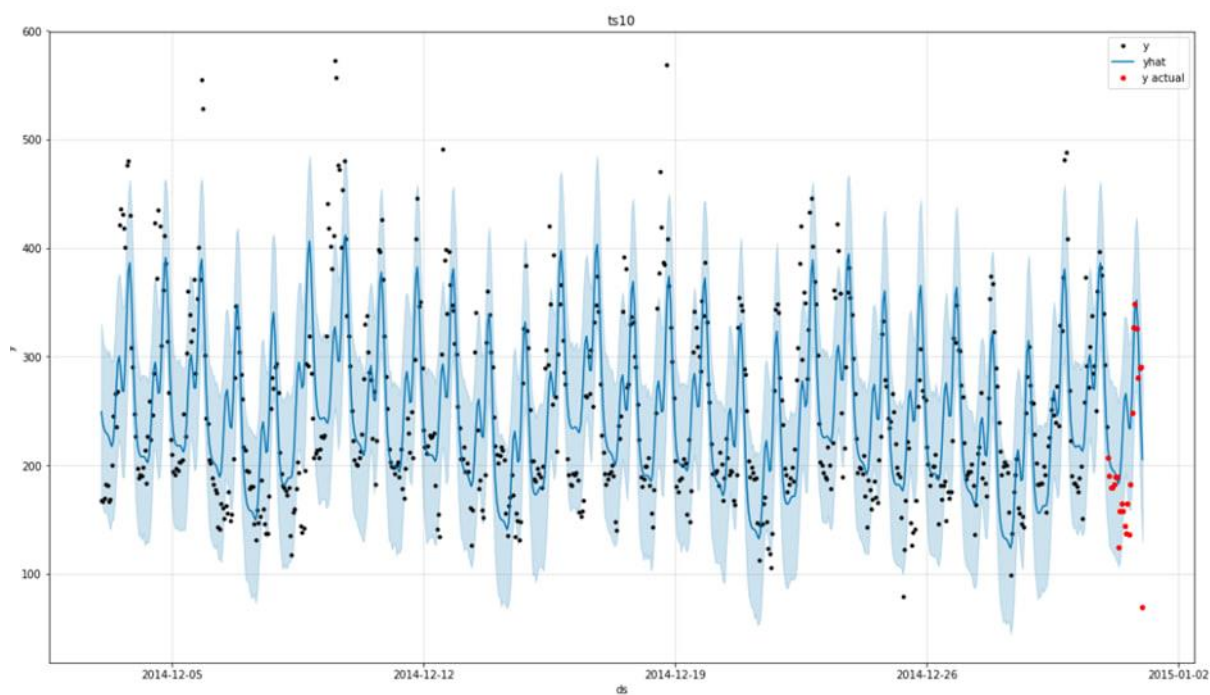


Рисунок А.29 – Прогнози методом Prophet зі спостереженням за фактичними та прогнозованими значеннями

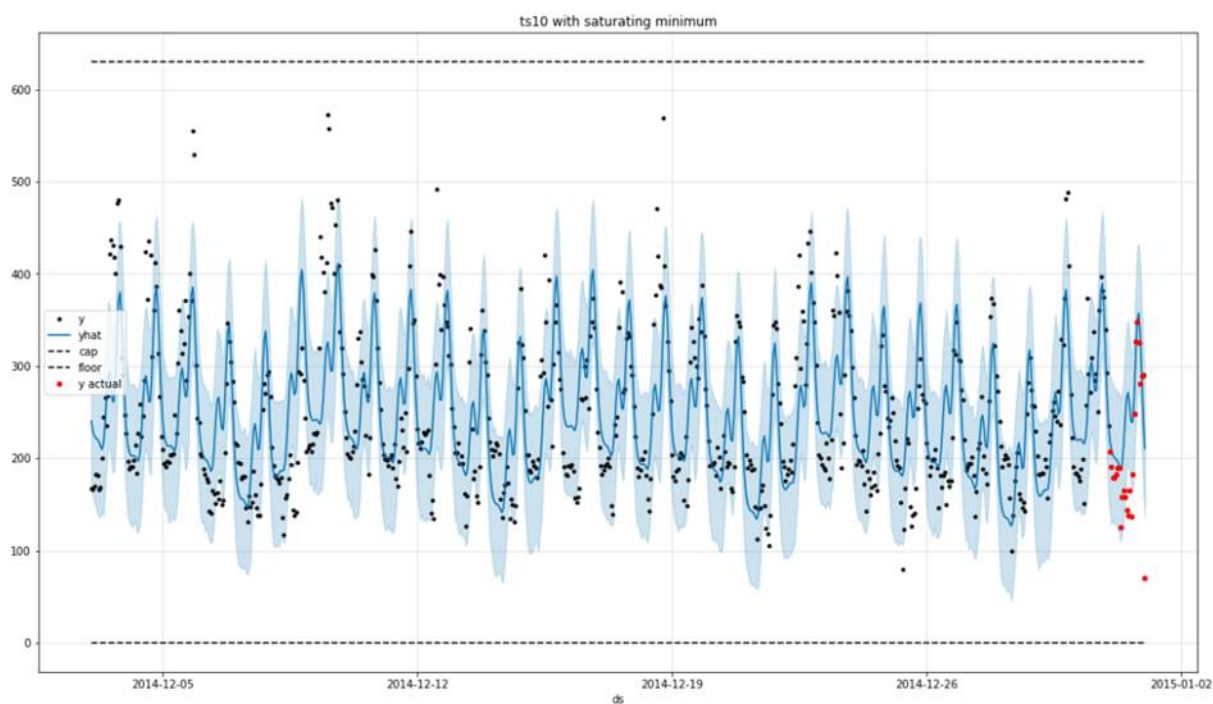


Рисунок А.30 – Прогнози модифікованим методом Prophet зі спостереженням за фактичними та прогнозованими значеннями

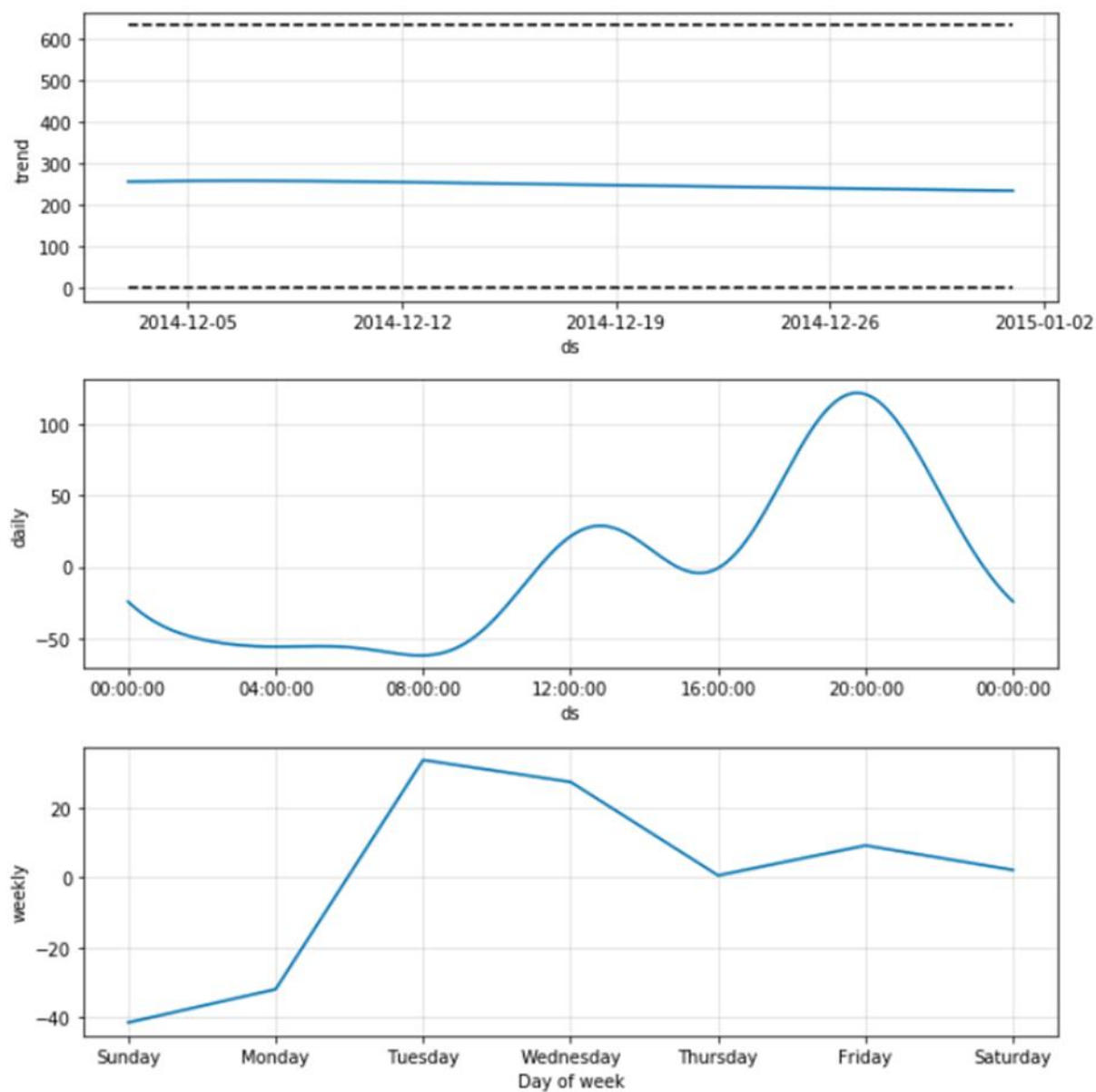


Рисунок А.31 – Компоненты часового ряда для Prophet

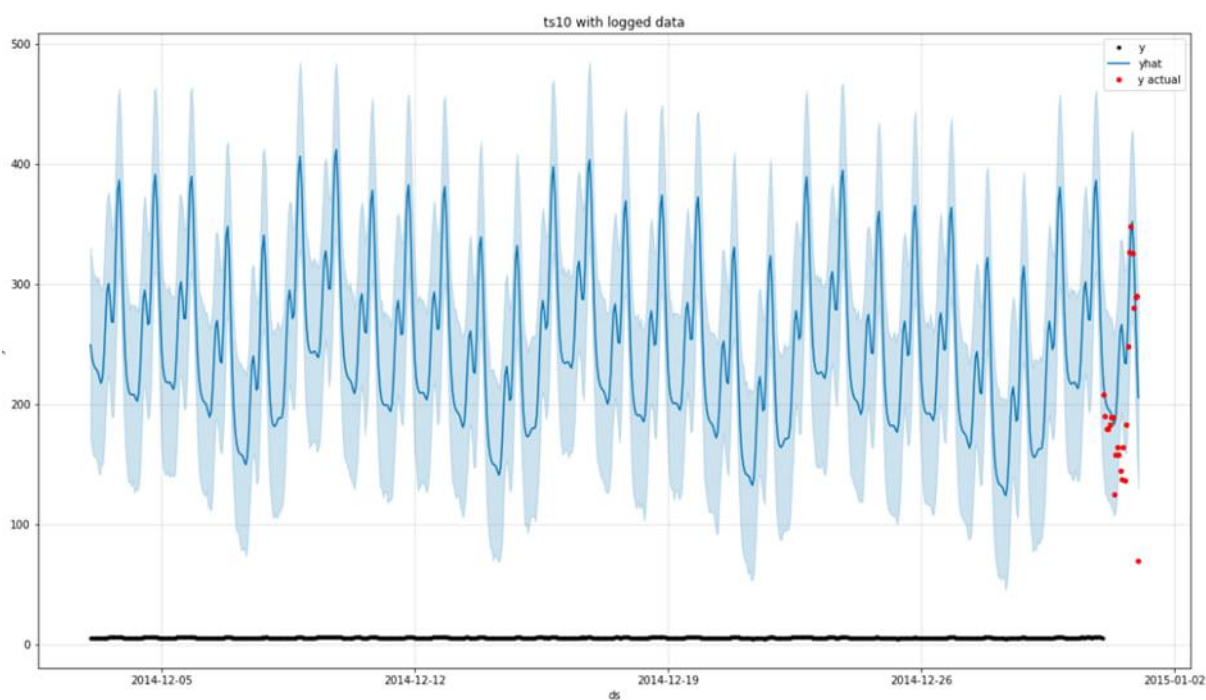


Рисунок А.32 – Прогноз з логарифмічно трансформованими даними для Prophet

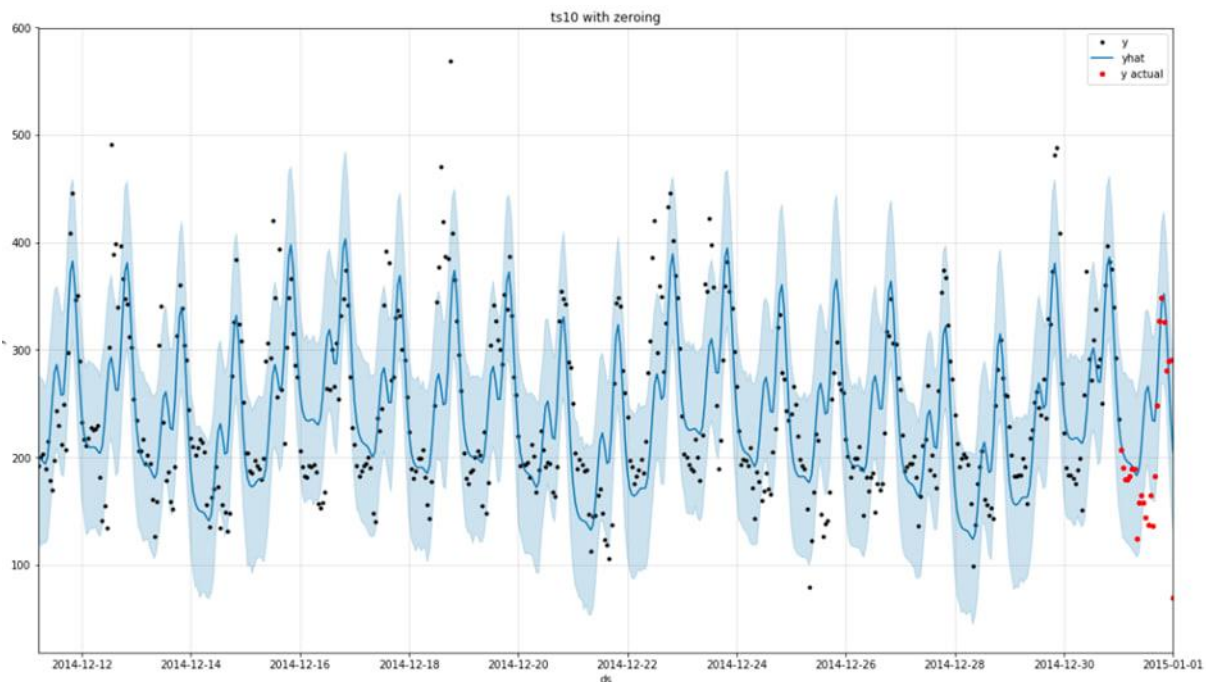


Рисунок А.33 – Порівняння прогнозів моделей з використанням Prophet

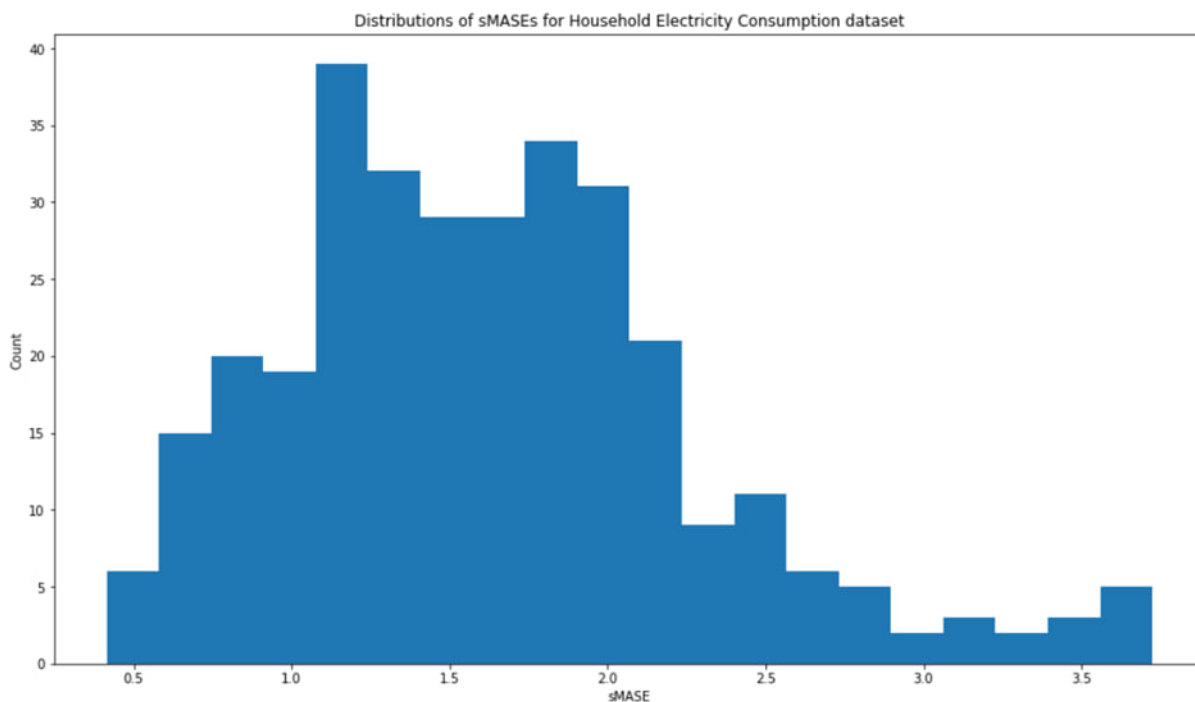


Рисунок А.34 – Розподіл значень метрики sMASE для Prophet

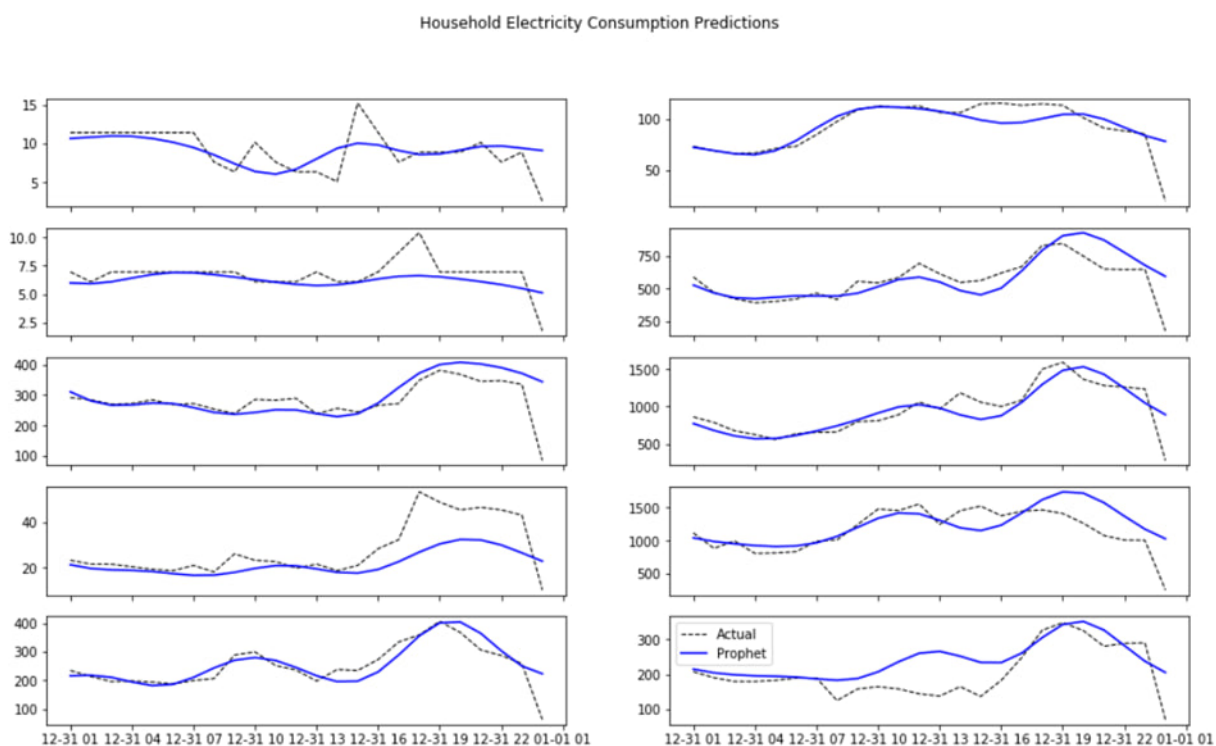


Рисунок А.35 – Порівняння прогнозів моделі Prophet з фактичними даними

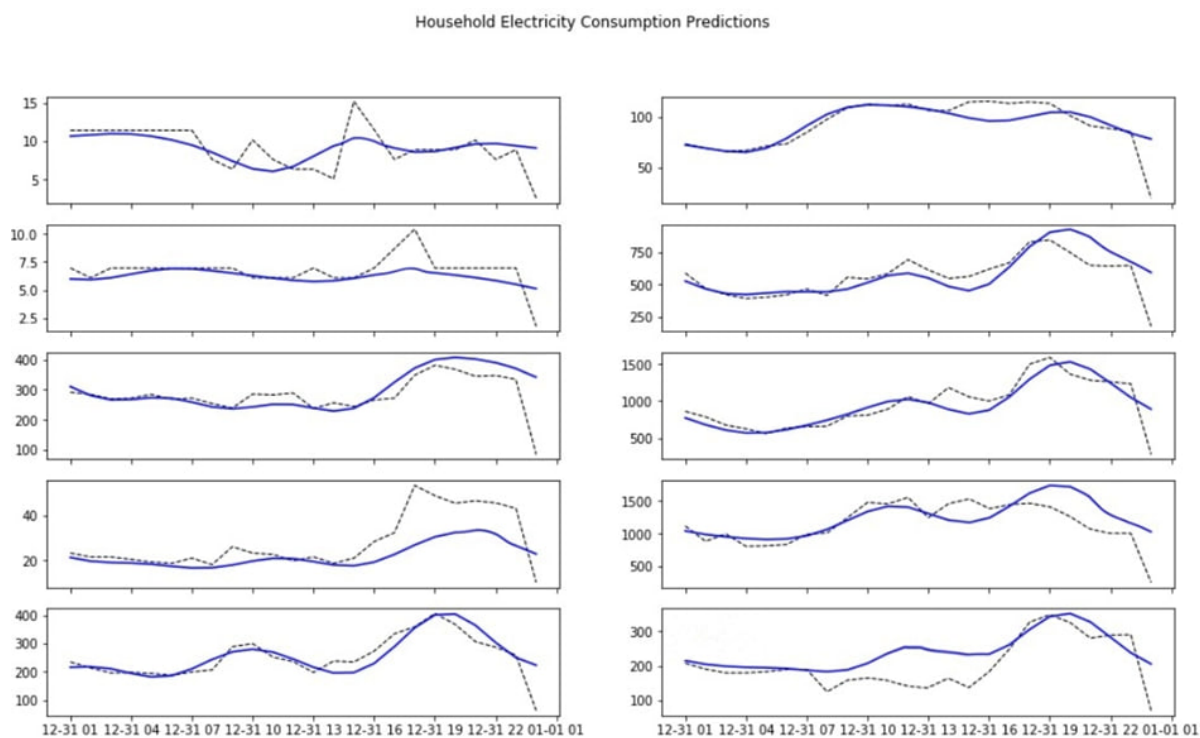


Рисунок А.36 – Порівняння прогнозів ансамблювання моделей SARIMA, SARIMAX, Prophet з фактичними даними для методу бустингу

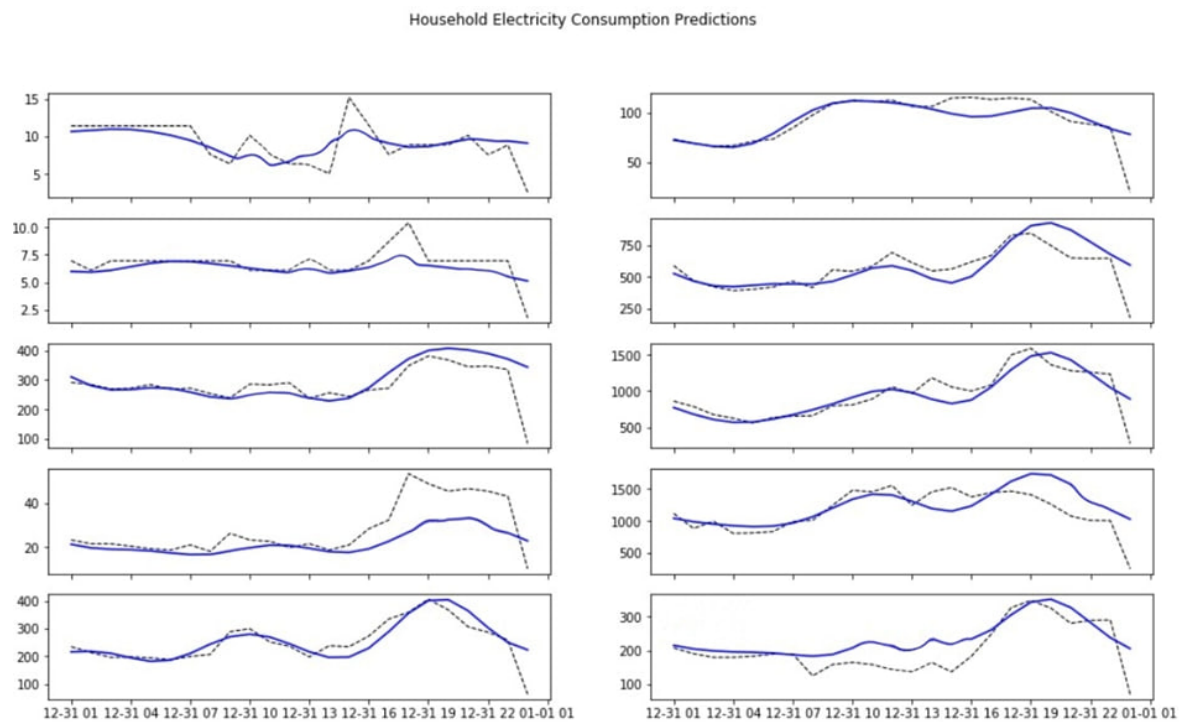


Рисунок А.37 – Порівняння прогнозів ансамблювання моделей SARIMA, SARIMAX, Prophet з фактичними даними для методу голосування

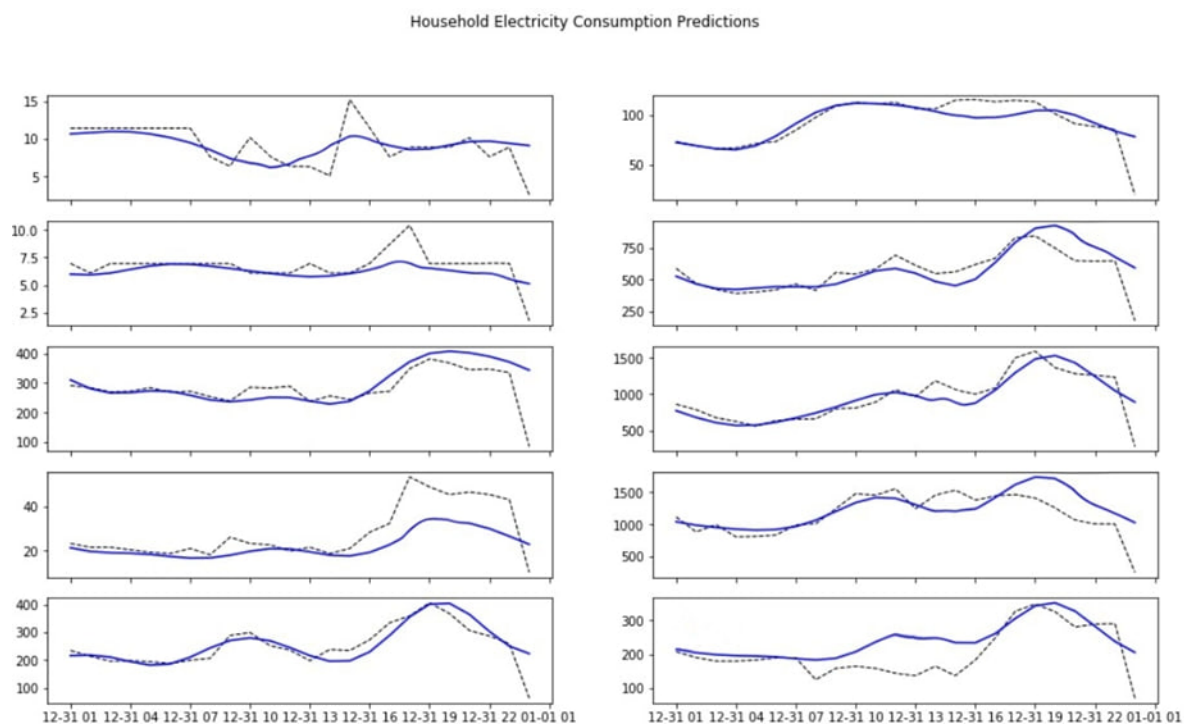


Рисунок А.38 – Порівняння прогнозів ансамблювання моделей SARIMA, SARIMAX, Prophet з фактичними даними для методу бегінгу

