

МУЛТИПЛИКАТИВЕН МЕТОД ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ПОТРЕБЛЕНИЕТО НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ С ОТЧИТАНЕ НА СЕЗОННОСТТА

Доц.д-р Неделчо Неделчев, гл.ас.Димитрина Коева

Резюме: В статията се представя мултипликативен метод за прогнозиране на потреблението на електроенергия с отчитане на сезонността. Показана е общата стратегия за свързване на мултипликативния модел с данните, в зависимост от вида на автокорелационната функция. Описан е подходът при разработване на модела в средата на MATLAB. Представя се годишното електропотребление за две години, месечният профил за един месец и дневен профил, въз основа на които се определят годишните, месечни и дневни циклични характеристики.

Ключови думи: електрически товари, електроенергийна система, мултипликативен метод за прогнозиране, сезонност

Въведение

При прогнозирането на електрическите товари в електроенергийната система (ЕЕС) възникват следните проблеми:

- Необходимо е да отчита корелацията на товара в потребляващите възли с климатичните фактори (температурата), сезонността и тарифните зони [1].
- От големия брой съществуващи методи за прогнозиране на електрическите товари, въз основа на предварителен анализ трябва да се подбере най-подходящия, който да се адаптира за възлите в електрическите мрежи [2], [3].

Моделите на сезонни времеви редове съдържат опорни повторения с периодичност s . Най-честа грешка при анализа на времеви редове е смесването на процедурите по изграждане на модела и прогнозирането. По тази причина общоприет подход за анализ е разделянето на времевия ред на три компоненти: тренд, сезонна и случайна компонента.

Общ мултипликативен модел на сезонен ред

Представянето на времевите редове без отчитане на сезонността с минимум параметри се изразява с [2, 3]:

$$(1) \quad \varphi(B) \cdot \tilde{z}_t = \theta(B) \cdot a_t$$

като обобщеният оператор на авторегресия $\varphi(B)$ определя и прогнозиращата функция \tilde{z}_t , явяваща се решение на уравнението:

$$(2) \quad \varphi(B) \cdot \tilde{z}_t(l) = 0,$$

където се подразбира, че B влияе на l . На пръв поглед изглежда, че $\varphi(B)$ може да даде прогнозираща функция във вид на синусоиди и косинусоиди, с добавяне на полиномиални членове, но по този начин не всички компоненти на $\varphi(B)$ се оценят и икономичното описание на реда не е гарантирано. Ето защо за сезонните времеви редове от фундаментално значение е използването на оператора $1 - B^s$, т.е. операцията $B^s \cdot z_t = z_{t-s}$ ще има важна роля в описването на такива редове. Тъй като и в тези редове може да има нестационарност, се използва описанието $\nabla_s \cdot z_t = z_t - z_{t-s}$.

Устойчивият нестационарен оператор $(1 - B^s)$ има s корени $e^{i(2\pi \frac{k}{s})}$, $k = 0, 1, 2, \dots, s-1$, равномерно разпределени по единичната окръжност. Евентуалната прогнозираща функция удовлетворява уравнението $(1 - B^s) \cdot \hat{z}_t(l) = 0$ и може да бъде представена във вид на сума от синусоиди и косинусоиди:

$$(3) \quad \hat{z}_t(l) = b_0^{(t)} + \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{s}{2} \rfloor} [b_{1j}^{(t)} \cdot \cos\left(2\pi \cdot j \cdot \frac{l}{s}\right) + b_{2j}^{(t)} \cdot \sin\left(2\pi \cdot j \cdot \frac{l}{s}\right)] ,$$

където b - настройващи се коефициенти; $\lfloor \frac{s}{2} \rfloor = \frac{1}{2} \cdot s$ за четни s и $\lfloor \frac{s}{2} \rfloor = \frac{1}{2} \cdot (s - 1)$ за нечетни s .

Характерно за времевия мултипликативен модел със сезонни особености е, че наблюденията са свързани с два времеви интервала, например месец и година или ден и седмица, като единия s е опорен, другия показва сезонността.

$$(4) \quad \Phi(B^s) \cdot \nabla_s^D \cdot z_t = \Theta(B^s) \cdot a_t ,$$

където $\nabla_s = 1 - B^s$ е оператор; $\Phi(B^s)$ и $\Theta(B^s)$ – полиномите на B^s , степените на които P и Q , удовлетворяват условията за стационарност и обратимост. Грешките $a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots$ в тези модели не винаги са некорелирани и за да се отчете тази евентуална връзка се въвежда втори модел:

$$(5) \quad \phi(B) \cdot \nabla^d \cdot a_t = \theta(B) \cdot a_t ,$$

където a_t – бял шум; $\phi(B)$ и $\theta(B)$ - полиноми на B от степени p и q , удовлетворяващи условията за стационарност и обратимост; $\nabla = 1 - B$ - оператор на B .

След заместване на (5) в (4) се получава окончателния вид на общия мултипликативен модел:

$$(6) \quad \phi_p(B) \cdot \Phi_p(B^s) \cdot \nabla^d \nabla_s^D \cdot z_t = \theta_q(B) \cdot \Theta_q(B^s) \cdot a_t ,$$

където p, P, q, Q са индексите за реда на различните оператори.

Мултипликативния процес е от $(p, d, q)X(P, D, Q)_s$ порядък и се тълкува така:

- периодичния ход на реда се описва с модела:

$$\Phi_p(B^s) \cdot \nabla_s^D \cdot z_{r,m} = \Theta_q(B^s) \cdot a_{r,m} ,$$

а вътре в цикъла, стойностите на a са свързани посредством връзката:

$$\phi_p(B) \cdot \nabla^d \cdot a_{r,m} = \theta_q(B) \cdot a_{r,m} ,$$

където a_t е бял шум с нулева средна стойност.

Общата стратегия за свързване на мултипликативен модел с данни, ръководейки се по вида на автокорелационната функция, се свежда до:

- прилагане на операторите за разлики ∇ и ∇_s , за постигане на стационарност;
- според вида на автокорелационната функция избираме реда на модела;

- според стойностите на автокорелационната функция правим предварително определяне на параметрите на модела;
- след стартиране на модела се проверяват остатъчните грешки се преценя адекватността на модела.

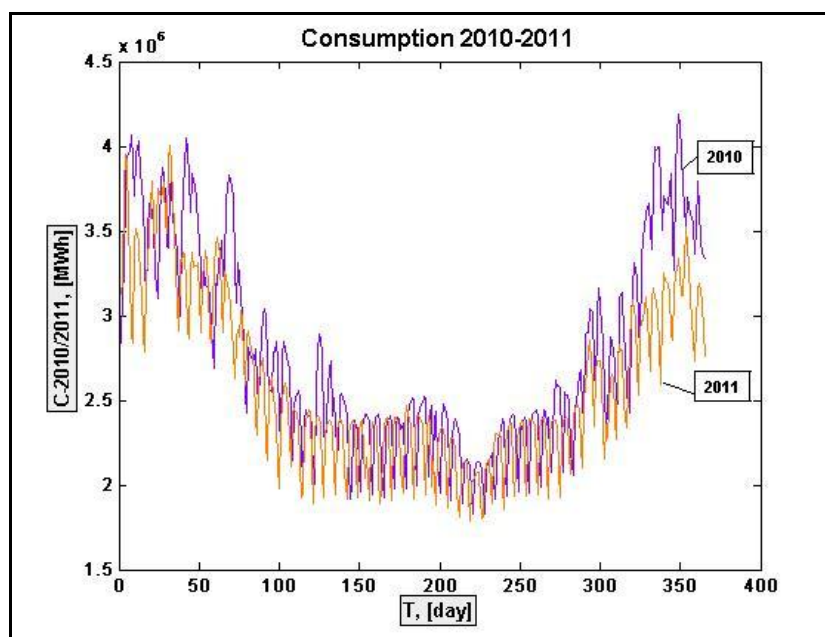
Напълно адекватно описание на сезонен времеви ред чрез мултипликативен модел е невъзможно да се получи. Адекватността на модела дава представа за това колко точен е той (възможно най-близо до конкретните данни) и колко надежден е (кога, при какви случаи дава добри резултати). Анализът за адекватността се провежда след изчисляване на остатъчната грешка след стартиране на модела. Прави се проверка по автокорелация на остатъчните грешки по метода на най-малките квадрати, а също проверка по времедиаграма, която показва вероятностното разпределение на остатъчната грешка. Но и двете проверки се считат за сравнително груби и не дават точна представа за адекватността на модела.

Подход при разработване на модела в среда на MATLAB

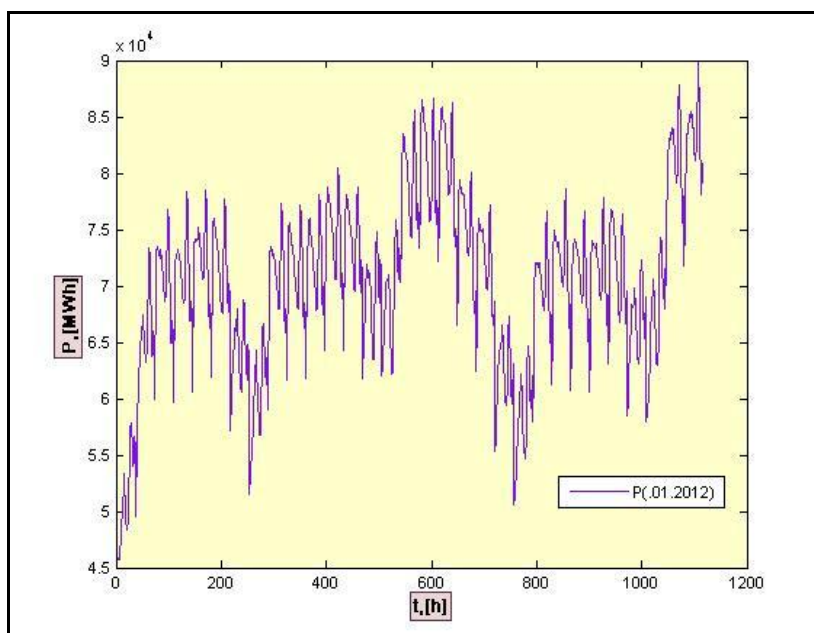
С цел създаване на модел за прогноза се проучва и анализира консумацията на електрическа енергия на електроенергиен обект (ЕЕО) за периода 2010-2011г. и първите 4 месеца на 2012 г. Данните за ЕЕО са натрупани от измервания през интервал от 30 минути.

Подходът при разработване на моделите в среда на MATLAB преминава през шест етапа, а именно:

- *I етап* – организиране на експеримента и събиране на данните.
- *II етап* – проучване на данните с цел установяване на тенденция, сезонност и/или цикличност, след което се избира подходяща извадка от данни.
- *III етап* – избор и дефиниране на модела.
- *IV етап* – изчисления по модела според зададения критерий за приближение.
- *V етап* – усъвършенстване на модела.
- *VI етап* – ако моделът дава удовлетворителни резултати се прекратява симулацията.



Фиг.1. Годишен профил на консумацията на електроенергия за периода 2010-2011г.



Фиг.2 Месечен профил на консумация на електроенергия за м.януари 2012г.



Фиг.3 Дневен профил на консумация на електроенергия за 08.02.2012г.

При незадоволителни резултати се пристъпва към някои от трите възможности: избира се друг модел, (повтаря се етап III); избира се друг метод за оптимизация (повтаря се етап IV); избират се други серии данни (повтарят се етапи I и II).

На фиг.1 е представено годишното електропотребление за две години - 2010г. и 2011г., на фиг.2 – месечен профил за месец януари на 2012г., а на фиг.3 – дневен профил за 08.02.2012г

Ясно се открояват следните циклични характеристики:

- годишен цикъл - годишното върхово потребление през зимните месеци и ниско през летните;
- седмичен цикъл - от 5 работни дни стабилно потребление и намалено потребление през уикенда;
- ежедневен цикъл - профилът на потреблението за един ден се характеризира с четири точки: „нощен минимум” на потреблението от 24÷06 ч., сутрешен връх 9÷13 ч., следобедно потребление от 14÷17 ч. и вечерен връх от 18÷22 ч. Максималното дневно потребление за конкретния товаров график се достига около 13 ч. през лятото, а вечерният връх е около 19 ч. през зимата.

Получените резултати се използват при разработване на модела за прогнозиране на разпределението в средата на MATLAB.

Изводи:

- Прилагането на мултипликативния метод позволява да се отчита корелацията на товара в потребяващите възли с климатичните фактори и сезонността.
- Подходът при разработване на моделите позволява организиране на експеримента, събиране на данните, тяхното проучване с цел установяване на тенденция, сезонност и цикличност. Изборът на подходяща извадка от данни, дефинирането на параметрите, изчисления според зададения критерий за приближение, позволява усъвършенстване на модела.
- Подходът позволява обобщаване на голям обем данни и получаване на периодите на цикличност на товарите в товаровия график на ЕЕО.

Литература:

1. Неделчева С.И., Модели и алгоритми за изчисления в електрическите мрежи, ISBN 978-954-438-913-0, С., МП Изд. на ТУ-София, 2011.
2. Box, G.E.P., G.N.Jenkins, Reinsel, G.C., Time series analysis: Forecasting and control, ISBN 0130607746, Prentice Hall (Englewood Cliffs, N.J.), 1994, 598 p.
3. Hamilton J.D., B.E. Hansen. TIME SERIES ANALYSIS, Princeton University Press, 1994.

Автори:



Доц. д-р Неделчо Неделчев работи в катедра “Електротехника, електроника и автоматика” в ИПФ-Сливен на ТУ-София



Гл.ас. Димитрина Коева е докторант към катедра “Електротехника, електроника и автоматика” в ИПФ- Сливен на ТУ-София

Статията е рецензирана.