FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2004. március 26-27.

A MÁSNAPI PIAC MODELLEZÉSE A MAGYAR ENERGIAPIACON

Ottucsák György

Abstract

The study describes a model through which the operation of the wholesale electricity market can be examined. The model developed by us consists of three sub-models: the physical model, the model of market rules and the model describing the behavior of the market participants. To model how agents behave on the market we have developed our own algorithm: the Get to Know Your Opponent (IME) algorithm. The principle of IME algorithm is the agent's adaptation to the behavior of the other agents. By this model the forecast of the experts, such that the high proportion of the gas-power plants in the Hungarian power plant portfolios leads to increasing electricity prices, has been proved.

Összefoglalás

A cikk a nagykereskedelmi energiapiac működésének vizsgálatához szükséges modellt mutat be. Az általunk kifejlesztett 3 szintű modell részei: a szereplők fizikai, a piac szabályrendszerének és a piaci szereplők viselkedésének modelljei. A szereplők viselkedésének a modellezéséhez saját algoritmust, az Ismerd Meg az Ellenfeled (IME) algoritmust fejlesztettük ki, melynek alapja a többi piaci szereplő stratégiájának kiismerése. Az összeállított 3 szintű modell segítségével igazoljuk a szakértők előrejelzését, mely szerint a magyarországi erőmű portfólióban a gázerőművek magas részaránya az energiaárak növekedéséhez vezet.

Bevezetés

Az energiapiacok működésének modellezése egy olyan új terület, melyet az energiapiacok világszerte folyó megnyitása hozott magával [5]. Az energiapiacok sajátosságai, más áru- és értékpapírpiacokhoz képest elsősorban a termelés, a szállítás és a fogyasztás fizikai törvényszerűségeiből adódnak, melyeket a vizsgálatok során figyelembe kell venni. A villamos energia értékesítése és beszerzése két módon történhet a megnyitott piacokon, az egyik bilaterális, hosszútávú szerződés útján (80-90%), a másik a nagykereskedelmi piacon (10-20%), ahol az árat a piacon jelenlevő keresleti-kínálati viszonyok határozzák meg. A nagykereskedelmi energiapiacok attól függően, hogy mikorra kínálnak áramot három különböző részre oszthatók: a napon belüli (szabályozó), a másnapi piacok (MP) és a határidős piacok (1. ábra).

1. ábra Energiapiacok időhorizontja

A háromszintű modell

A MP modellezéséhez egy háromszintű modellt dolgoztunk ki, melynek részei a fizikai modell, a piac szabályrendszerének a modellje és a szereplők viselkedési modellje [4].

A modellben a MP-n két fajta szereplő vesz részt: az eladók (erőművek) és a vevők (kereskedők, szolgáltatók és nagyfogyasztók). NS (*Number of Sellers*) a piacon résztvevő eladók száma és NB (*Number of Buyers*) a vevők száma. C_i^s (*Capacity*) az i -edik eladó másnapi piacon felkínált kapacitása, ahol $1 \leq i \leq NS$. C_j^b a j -edik vevő által igényelt kapacitás, ahol $1 \leq j \leq NB$. A felső indexekben az s az eladókat, b a vevőket jelöli. Az i -edik eladó határköltsége (önköltsége) MC_i (*Marginal Cost*), a j -edik vevő határjövedelme MR_j (*Marginal Revenue*). P_i^s (*Price*) az i -edik eladó és P_j^b a j -edik vevő kötési ára. Az MC , az MR és a P egységtermékre vonatkoznak, mértékegységük EUR/MWh.

Fizikai modell

Egy erőműnek számos jellemzője van, amely közvetve vagy közvetlenül kihatással van a költségeire. Ezek közül azokat a releváns jellemzőket kell megtalálni, amelyek nagy százalékban befolyásolják az erőmű költségeit, és nem növelik túlzottan a becslés számításigényét. A kritériumoknak megfelelő lineáris költség-számítási-modellt dolgozott ki Fazekas A. (1996) [1], amelyben az erőművek költségei két részből tevődnek össze fix és változó költségekből (2. ábra).

2. ábra Egy gáz és egy atomerőmű költséggörbéje (P_{max} az erőmű névleges teljesítménye)

A vevők határjövedelmét (MR) a mindenkor piaci viszonyok határozzák meg, ezért nem létezik általános modell, meghatározása minden piacra ad-hoc történik.

A piac szabályrendszerének modellje

A piacon a kereslet és a kínálat találkozására számos lehetőség van, de az üzletkötést egyezkedési folyamat előzi meg. Ha az egyezkedés szabályai formalizáltak, akkor a piac szabályrendszerének nevezik. A másnapi energiapiacokon a piac szabályrendszere dupla aukció alapú, amely abban tér el a „normál” aukciós eljárásoktól, hogy mind a vevő, mind az eladó oldalon tesznek ajánlatot. A modellben is a piac szabályrendszerként dupla aukciós modellt használunk.

A viselkedési modell

A szereplők viselkedésének modellezésére két fajta megközelítést használnak, az egyik az evolúciós stratégiák alkalmazása (genetikus algoritmus és programozás), a másik az ún. gépi tanuláson (*machine learning*) alapszik, amelyen belül a megerősítéses tanulási algoritmusok meghatározóak, mint például

a Roth-Erev (RE), a Gibbs algoritmus és a Q-learning [2]. Ezen algoritmusok általános modelljében az összes eladó és vevő, rendelkezik ajánlati valószínűségekkel, melyet minden aukciós kör végén az elért profit függvényében módosít. „Jó választás” esetén, azaz ha a szereplő magas profitot ért el, növeli az utolsó választás valószínűségét, míg „rossz választás” esetén csökkenti azt.

A RE algoritmussal végzett teszteléseink során empirikusan bizonyítottuk, hogy az algoritmus tanulásának sebessége, azaz az ajánlati valószínűségek határeloszlás felé konvergálásának gyorsasága nagymértékben befolyásolja a szereplő által elért profitot [3], [4]. Célunk ennek a problémának a kiküszöbölése volt. Az IME algoritmus megbecsüli a többi szereplő ajánlati görbáját az empirikus eloszlásfüggvény segítségével, majd ajánlatot tesz. Az ajánlatát az empirikus eloszlásfüggvény alapján számolt profit várható értéke szerint teszi. Az IME algoritmus három szekvenciálisan egymásra épülő részből áll, a pre-processorból, a diszkrimináns függvényekből és az osztályozóból (3. ábra).

3. ábra IME algoritmus felépítése

Az empirikus adatok és az előzetes ismeretek a pre-processzorba kerülnek, amely ezeknek az információknak a segítségével előállítja az f jellemzővektort (*feature vector*), ez tartalmazza az összes releváns adatot, amely a döntést befolyásolhatja. Az f vektor lesz a bemenete a diszkrimináns függvényeknek (*discriminant functions*). A függvények eredménye g vektor, az osztályozóba (*classifier*) kerül, amely kiválasztja a végrehajtandó k akciót.

A három modell összeillesztése

A viselkedési modell (IME), a fizikai modelltől kapott paraméterek és a klíringháztól kapott korábbi válaszok alapján kiszámolja a k ajánlott árat és a mennyiséget. Ezután a klíringház meghatározza, hogy ki kötött üzletet, és a megfelelő szereplők viselkedési modelljének visszaküldi a kötési árat és a mennyiséget. M (*matched*) az eladók eladott és a vevők megvett kapacitását jelenti.

4. ábra A fizikai modell, a piac szabályrendszerének modellje és a viselkedési modell (IME) összeillesztése

Vizsgálatok eredménye a magyar energiapiacon

A modellbe az eladói oldalon 20 erőmű és a vevő oldalon 6 kereskedő került be. Az energiaárak alakulását négy scenárió mentén vizsgáltuk:

1. Jelenlegi piacszerkezet, és a fogyasztás a jelenlegi szinttel megegyező
2. Jelenlegi piacszerkezet, és a fogyasztás a jelenlegi szintnek a 110%-a
3. Jelenlegi piacszerkezet plusz 4 új gázerőmű, az alaperőművek nem vesznek részt a MP-n, és a fogyasztás a jelenlegi szinttel megegyező
4. Jelenlegi piacszerkezet plusz 4 új gázerőmű, az alaperőművek nem vesznek részt a MP-n, és a fogyasztás a jelenlegi szintnek a 110%-a

Mind a négy scenárió esetén megfigyeltük az egyes szereplők által elért profitot, annak szórását, az átlag árat és a piacon átlagosan kötött üzetek számát, amelyek alapján három hipotézist vizsgáltunk:

1. A harmadik és negyedik scenárió esetén növekszik a piacon az átlagos kötési ár. (próba igazolta)
2. Ha a piac nem telített, a fogyasztás növekedésével nő a kötött üzetek száma, (próba igazolta)
3. A fogyasztás növekedésével nő az erőművek profitja. (próba elvetette)

Az első hipotézis belátásával igazoltuk a szakértők előrejelzését, mely szerint a gázerőművek magas részaránya a magyarországi erőmű portfólióban az árak emelkedéséhez vezet.

Hivatkozások

- [1] Fazekas A.: Erőművek rendszerszintű gazdaságossági összehasonlító vizsgálata. A Magyar Villamos Művek közleményei, 35(1):21-26, 1998 Február
- [2] J. Nicolaisen, V. Petrov és L. Tesfatsion.: Market Power and Efficiency in a Computational Electricity Market With Discriminatory Double-Auction Pricing. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 5(5):546-560, October 2001
- [3] Ottucsák Gy.: Piaci erőfölény és piac vonzóságának vizsgálata a nagykereskedelmi villamos-energiapiacon. Önállólabor dolgozat. <http://www.szit.bme.hu/~oti/PEF.zip>. 2003 Május
- [4] Ottucsák Gy.: A másnapi piac modellezése a magyar energiapiacon. TDK dolgozat. 2003 Október
- [5] Ottucsák Gy.: Piaci struktúrák modelljei. Tanulmány, <http://www.szit.bme.hu/~oti/PSM.zip>. 2003 Június

Ottucsák György, V. éves műszaki-informatikus hallgató, BME

Cím: Hungary, 1165 Budapest Vak Bottyán utca 44

Tel: +36 20 347 55 64, E-mail: oti@szit.bme.hu