

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO  
GEN-I

Jan Založnik in Mai Praskalo

**Uporaba metod strojnega učenja za napoved gibanja cen  
posameznih urnih blokov**

Ljubljana, 2022

## 1. MOTIVACIJA

Električno energijo je v primerjavi z ostalimi energenti in dobrinami zelo zahtevno shranjevati, zato morata biti proizvodnja in poraba električne energije konstantno v ravnovesju. Tržni igralci tako izravnavajo svojo proizvodnjo in porabo na znotrajdnevni trgih električne energije, kjer se trguje elektrika za dobavo v posameznih 15 minutnih blokih do vsega nekaj minut pred začetkom dobave. V zadnjih letih se je predvsem zaradi rasti deleža proizvodnje elektrike iz obnovljivih virov, ki je zaradi odvisnosti od vremena težko napovedljiva, dejavnost na znotrajdnevni trgih močno povečala, igralci na teh trgih pa vedno večji delež odločitev prepuščajo umetni inteligenci.

## 2. NALOGA

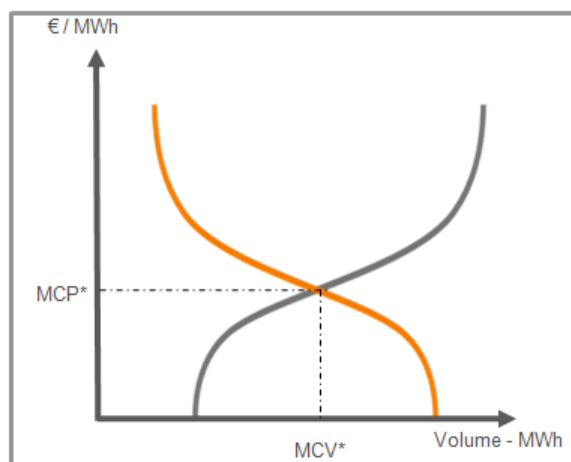
Pri nalogi bova s pomočjo metod strojnega učenja napovedala gibanje cen posameznih urnih blokov. Pri tem bova uporabila pretekle podatke o gibanju cen elektrike kot tudi ostalih energentov, vremenske napovedi različnih ponudnikov, podatke o proizvodnji različnih elektrarn itd.

Najina glavna naloga je ustvariti program, ki bo sprejel zgodovinske podatke o vremenu, cene posameznih blokov dnevnega (angl. *day-ahead*) trga ter cene drugih energentov in bo s pomočjo teh poskušal čim bolje napovedati ceno na pripadajočem znotraj dnevnem (angl. *intra-day*) trgu. Za začetek bova opravila analizo podatkov, cena iz dnevnega trga predstavlja že nek začetni približek cen na znotraj dnevnem trgu, zato bova to vzela kot osnovno napoved, ki jo bova skušala izboljšati.

## ELEKTRIČNI TRG

V ekonomskem smislu je elektrika surovina, s katero je mogoče trgovati na trgu električne energije **PX** (angl. *Power Exchange*). Kot je že bilo rečeno je električno energijo zelo težko shranjevati in hkrati morata biti proizvodnja in poraba neprestano v ravnovesju. Na trgu dobimo pošteno ceno z načelom ponudbe in povpraševanja, kar pomeni, da proizvajalci podajo ponudbo (koliko električne energije lahko proizvedejo in za kakšno ceno), nasprotno porabniki električne energije podajo povpraševanje (koliko električne energije bodo porabili in koliko so zanj pripravljeni plačati). Tako dobimo dve krivulji in stičišče teh predstavlja ceno elektrike, kar prikazuje slika 1. Negativne cene so cenovni signal na veleprodajnem trgu električne energije, ki se pojavi, ko visoka nefleksibilna proizvodnja električne energije zadovolji

nizko povpraševanje. Neprilagodljivih virov energije ni mogoče hitro in stroškovno učinkovito izklopiti in znova zagnati. Prav tako je cenovno zahtevno zaustaviti obnovljive vire energije. Cene padajo z nizkim povpraševanjem in signalizirajo generatorjem na zmanjšanje proizvodnje, da se izognejo preobremenitvi omrežja. Na dnevnem in znotraj dnevnem trgu lahko tako cene padejo pod ničlo.



SLIKA 1. Graf ponudbe in povpraševanja

### DNEVNI IN ZNOTRAJ DNEVNI TRG

Dnevni trg se upravlja prek dražbe, ki poteka enkrat na dan, skozi celotno leto. Na tej dražbi se trguje za vse ure naslednjega dne. Naročila so prijavljena s strani udeležencev na trgu, in sicer imajo udeleženci čas do 12:00 UTC, da oddajo vsa ponudbe in povpraševanja za naslednji dan. Na podlagi nakupnih naročil se vzpostavi krivulja povpraševanja, na podlagi prodajnih naročil pa krivulja ponudbe za vsako uro naslednjega dne. Tržna klirinška cena (MCP), ki odraža ponudbo in povpraševanje, leži na presečišču obeh krivulj.

Na znotraj dnevnem trgu udeleženci trga trgujejo neprekinjeno, 24 ur na dan, z dostavo še isti dan. Takoj, ko se ujemata naročilo za nakup in prodajo, se posel izvede. Z električno energijo je mogoče trgovati do 5 minut pred dostavo in prek urnih, polurnih ali četrtturnih pogodb. Ker to omogoča visoko stopnjo prilagodljivosti, člani uporabljajo znotraj dnevni trg za prilagoditve v zadnjem trenutku in za uravnoteženje svojih pozicij bližje dejanskemu času. Čezmejno trgovanje je bistveno pri trgovanju znotraj dneva.

## VREMENSKI PODATKI

Vremenske podatke bova pridobila iz Evropskega centera za srednjeročne vremenske napovedi (ECMWF). Kot sva že omenila, bo imelo vreme zaradi vedno večjega deleža obnovljivih virov vedno večji vpliv na cene in proizvodnjo elektrike. Največji delež obnovljivih virov sta v letu 2021 predstavljala veter in sončna energija, zato bova za napoved proizvedene energije uporabila veterne in sončne napovedi iz ECMWF.

## PODATKI O CENAH NA DNEVNEM IN ZNOTRAJ DNEVNEM TRGU

Zaradi nedostopnosti podatkov tako dnevnega in znotraj dnevnega bodo ti pridobljeni iz strani GEN-I. Posamezni trgi sicer ponujajo podatke in programske vmesnike za delo z njimi, a so le-ti plačljivi.