



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Villamos Energetika Tanszék

Zentai Péter

**NEURÁLIS HÁLÓK HASZNÁLATA
AZ ÉPÜLET-
ENERGIAMENEDZSMENT
TERÜLETÉN**

KONZULENS

Tóth Zoltán

BUDAPEST, 2018

Tartalomjegyzék

Összefoglaló	4
Abstract.....	5
1 Bevezetés	6
2 Az energiamenedzsment.....	7
2.1 Az energiamenedzsmentről általában	7
2.2 Az energiamenedzsment további szempontjai.....	8
2.2.1 Ellátásbiztonság	8
2.2.2 Kvótarendszer	8
2.2.3 Környezet- és klímavédelem	8
2.2.4 Energiatárolás	9
2.2.5 Energiaigény és termelés előrejelzés	9
2.3 Energiamenedzsment a háztartások szintjén.....	10
3 Neurális hálózatok	11
3.1 A neuron	11
3.2 A gépi tanulás	13
3.3 MATLAB Neural Network Toolbox	14
4 Körülmények és paraméterek.....	16
4.1 A vizsgált hálózat bemutatása.....	16
4.2 Bemeneti paraméterek	16
4.2.1 Profilok	16
4.2.2 Külső hőmérséklet	17
4.2.3 Belső hőmérséklet, fűtési rendszer	18
5 A rendszer.....	20
5.1 A rendszer elméleti felépítés.....	20
5.2 A megvalósítás.....	20
6 Eredmények értékelése.....	22
6.1 Külső hőmérséklet	22
6.2 Profil eredmények.....	23
6.2.1 Jelenlét profil	23
6.2.2 Fűtés profil.....	24
7 Fejlesztési lehetőségek	25

7.1 Profilok	25
7.2 Hőmérséklet	25
Irodalomjegyzék.....	26

Összefoglaló

Kiemelten fontos téma a villamos energetika területén az energiahatékonyság, amelynek elemi szintjén vizsgálva a kérdést a háztartások energiamedzsmentjéhez jutunk.

A témakör többek között az energiaspórolás, ezáltal a környezettudatosság oldaláról is megközelíthető. A dolgozat egy családi ház energiamedzsmentjét segítő rendszert mutat be, amely egy családi ház egyes helyiségeit modellezi, az ottani tényezők figyelembevételével szimulációt készít. Az egyes helyiségekben figyelembe vett tényezők: fűtés és világítás az ott tartózkodó személyek igényei szerint. Az energiamedzsmentet támogató rendszer elméleti alapja a biológia neurális hálózatokat (mint maga az emberi agy) modellező mesterséges neurális hálózat.

A neurális hálózat olyan „robot”, amely tanulásra képes, vagyis mért, illetve számított bemeneti adatok alapján képes irányadó becslést adni a jövőbeni tendenciákról. Ez a tulajdonsága képessé teszi a modellt arra, hogy a háztartásbeli személyek életmódját és igényeit figyelembe véve energiahatékonyságot támogató rendszerek segítségével lényegesen csökkentse a ház fogyasztását. Így lehetőséget ad kiszámítani az energiaigény csökkenését és az így megtakarított energia nagyságát is.

Abstract

Energy-effectivity in the field of electric energetics is an important topic, which, when analysing the elementary level, is addressed to the energy management of households. This topic can be accessed through energy conservation and thus environmental awareness. The dissertation presents a system for energy management of a family house, which models some of the rooms of a family house, which simulates the factors taking them into account. Factors to consider in each room: heating and lighting according to the needs of people staying there. The theoretical basis of the energy management support system is the artificial neural network modelling biology neural networks (like the human brain itself). The neural network is a "robot" capable of learning, based on measured or calculated input data, is able to give a predictable estimate of future trends. This feature enables the model to considerably reduce household consumption by taking into account the lifestyle and needs of housekeepers using energy efficiency support systems. That's why it is possible to calculate the energy demand and the energy savings thus saved.

1 Bevezetés

A villamos energiamenedzsment mikroszinten történő vizsgálatával a háztartások energiamenedzsmentjéhez jutunk. Napjaink energiatermelését és -fogyasztását uraló környezettudatosság–fenntarthatóság páros határozza meg természetesen ezen a szinten is. Ez a lakóközösségek szempontjából – mint elsődleges pozitív hozadék –, a közüzemi számlák csökkenésében jelenik meg.

Az otthoni, kismértékű energiafelhasználásnak a nyomon követése igen összetett feladat. A háztartások nagy része nem követi nyomon tudatosan a fogyasztását, többek között kényelmi szempontból, mivel az a jelenleg elérhető eszközökkel feleslegesen fáradságos és költséges lenne. Ilyen robotmunka elvégzésére tökéletesen alkalmas egy mesterségesen létrehozott neurális hálózat, amely tanítható és képes az energiamenedzsmentet támogatni, előrejelzéseket adni, valamint az elérhető megtakarítást megbecsülni.

Dolgozatomban egy ilyen hálózat lehetőségeit és megvalósíthatóságát igyekszem bemutatni.

2 Az energiamenedzsment

2.1 Az energiamenedzsmentről általában

Az emberiség energiaigénye évről-évre növekszik, köszönhetően az egy főre vetített energiaszükséglet rohamos növekedésének, illetve a növekvő népességnek, amelyet legfőképpen a fejlődő országok (pl. India) népességrobbanása tesz jelentős mértékűvé.

Ez a folyamat összhangban a fosszilis energiahordozók kimerülésének fenyegetésével egy merőben újfajta gondolkodásmódot kíván meg a jövőbeli energiahatékonysággal kapcsolatban.

Az energiamenedzsment célja, hogy a rendelkezésre álló energiaforrásokat minél hatékonyabban használhassuk ki. A figyelembe veendő tulajdonságok: műszaki, gazdasági és kényelmi oldal. Az energiamenedzsment az energiahatékonyság mellett a költséghatékonyságot is képes javítani.

Az energiamenedzsment több lépésből áll:

- energiafogyasztás mérése
- a mérési adatok rögzítése, ezek alapján fogyasztási profil meghatározása
- javaslatok alkotása fogyasztáscsökkentés céljából
- fogyasztási előrejelzések készítése

Sokszor nem elégséges csak pusztán a fogyasztás mérése, szükség van az energia minőségét meghatározó tényezők dokumentálására is ($\cos \varphi$, felharmonikusok). A mérések elvégzésére és dokumentálására sok helyen Power Logic Systemet (PLS) alkalmaznak. Ez a rendszer képes elvégezni a felhasznált energia minőségi és az ellátás megbízhatósági méréseket, valamint a nemzetközi rendszerekkel történő összekapcsolhatóságot.

Az energiamenedzsment további feladata egy újfajta probléma megoldása. Ez a tendencia nem más, mint a teljesítményáramlás megfordulása az előre nem kalkulálható (meghatározható) termelési egységek miatt. Ez legtöbbször nap- és szél erőműveket jelent. Újabban ezek az energiatermelő egységek a villamos elosztó- és átviteli hálózatnak növekvő problémákat jelentenek. [2][8]

2.2 Az energiamededzsmet további szempontjai

2.2.1 Ellátásbiztonság

Az aktuális energiapolitikai helyzetben az ellátásbiztonság legfontosabb szempontként jelentkezik a szakemberek és a fogyasztók szemszögéből. A villamos energia előállítása jelenleg Kelet-Közép Európában nagyrészen fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművekben történik. Ehhez magas fokú szénhidrogén (kőolaj és földgáz) importra van szükség. Az ellátásbiztonság javításának érdekében a legjobb módszer az energiahatékonyság növelése és a megújuló energiák használata. Ez többek között a magas importfüggőséget is csökkenteni tudná, valamint környezettudatosság szempontjából is kiváló megoldás lenne. [3]

2.2.2 Kvótarendszer

Az alapját az 1997-ben aláírt Kiotói Egyezmény jelenti, amely megfogalmazza többek között a kibocsátott CO₂ mennyiség csökkentésére irányuló törekvéseket. Ezen szerződésben az EU kötelezettséget vállalt arra nézve, hogy az 1990-es évek kibocsátását 8%-kal csökkenti 2012-re, amelynek érdekében kialakításra került az Emission Trading System (ETS). Ez egy kvótarendszer, amelyben a tagországok meghatározott CO₂ kvótával rendelkeznek, de ezekkel a kvótákkal szabadon kereskedhetnek. A kibocsátás egysége 1 tonna CO₂ vagy ennek megfelelő üvegházhatást okozó egyéb gáz kibocsátását jelenti. [10]

A 2020 utáni időszak terveiről, célkitűzéseiről a Párizsi konferencián folytak tárgyalások. Ezt megelőzően az országok jelentős része ismertette a 2020 utáni klímapolitikai céljait, vállalásait. Már a tárgyalásokat megelőzően készültek összesítések ezen dokumentumok alapján. Az összesítésekből készített elemzések kimutatták, hogy a vállalások teljesülése esetén is csak lassítható lenne a felmelegedés, mivel a kritikusnak tekintett +2°C-t meghaladná a globális felmelegedés 2030-ig.[14]

2.2.3 Környezet- és klímavédelem

A klímaváltozás felismerése óta nagy jelentőségű és szükségességű a klímavédelem, amely az éghajlati változások bekövetkezése és az ebből fakadó természeti változások – többek között sarki jég felgyorsult olvadása – felismerése óta

égetően sürgőssé kezd válni. Ám ennek ellenére tényleges célt csupán Ausztrália és az EU tűzött ki. [3]

2.2.4 Energiatárolás

A megújuló energiaforrásokra építő erőművek már olyan szinten részei az energiahálózatnak, hogy kezd kiépülni egy, az ezen technológiákat ütemező és szabályozó folyamatrendszer. Emellett azonban szükség van az energia tárolására is.

Az előre nem meghatározható mennyiségű energiát termelő egységek (nap- és szél-erőművek) esetében fontos lenne tárolási technológiákat bevezetni (szivattyús tározós vízerőmű). Ezzel a termelési csúcs- és völgyidőszakokat célszerűen csökkenteni lehet.

Természetesen az adott rendszer tulajdonságai (névleges megtermelt teljesítmény stb.) és villamos szempontból vizsgált környezete (a villamos hálózat melyik részén helyezkedik el a termelési egység, villamos állomás távolsága) határozza meg a szükséges és alkalmazandó tárolási technológia típusát.

Napjainkban a technológia fejlődésének köszönhetően az energiatárolás területén is számítógépes rendszerek segítenek a műszaki kihívások leküzdésében. Az akkumulátor energia tárolási rendszer integrációjához (integration of Battery Energy Storage System – BESS) már létezik visszatérő neurális hálózat alapú vezérlési stratégia (Recurrent Neural Network – RNN). Ezek az RNN rendszerek már képesek hosszútávú szél- és napenergiás rendszerek energiatárolásának megoldására két dízelcsoporttal és ólom-savas akkumulátorral. [8][13]

2.2.5 Energiaigény és termelés előrejelzés

Az energiaigény és termelés előrejelzés az egyik legösszetettebb feladat az energiamenedzsment területén. A megújuló energiatermelés elterjedésével már nemcsak a fogyasztás lehet erősen ingadozó folyamat, hanem az energiatermelés is, köszönhetően az időjárás (napsütés, szél-erősség) kiszámíthatatlanságának.

Ennek a problémának a megoldására is alkalmaznak az utóbbi időben neurális hálózattal működő rendszereket. Eleinte BP (backpropagation) neurális hálózatokat alkalmaztak az energiaigény előrejelzésére. Jelenleg elterjedőben vannak a master-slave neurális hálózatok (Master Slave Neural Network – MSNN) ezen probléma megoldására. Ezek a hálózatok a nevüknek megfelelően mester-szolga hálózatok és

lényegesen pontosabb becsléssel képesek az energiaigényre a backpropagation hálózatokhoz képest. [13]

2.3 Energiamenedzsment a háztartások szintjén

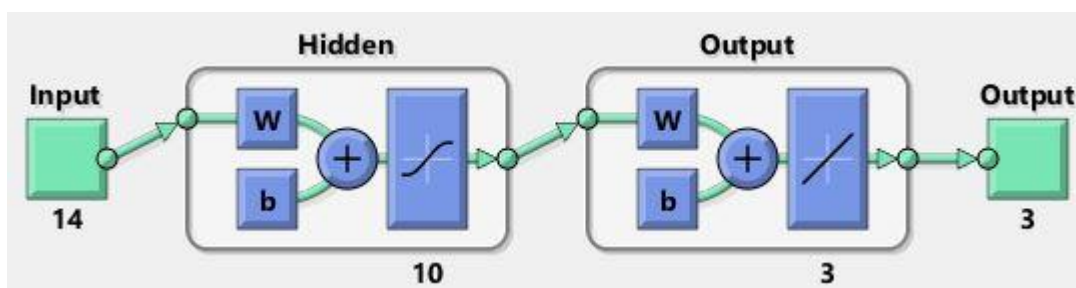
Az Európai Unióban a háztartások energiafogyasztása a teljes energiafogyasztás 40%-át teszi ki. Ennek ellenére a háztartások energiamenedzsmentje globálisan nézve elég kezdetleges szinten van. Az Európai Unióban hozott EPBD (Energy Performance of Building Directive) törvény megfogalmazza, hogy 2018. december 31-re minden újonnan épített háznak minél kisebb, közel nulla energiaigényűnek kell lennie. Ezt célszerűen a szigetelések, a modern fűtési rendszerek beépítése és a megújuló energiaforrások használata révén lehet a legkönnyebben elérni.

Az emberek többsége nem, vagy csak kismértékben foglalkozik a témával. Az okos otthonokban lényegesen előrébb tart az energiamenedzsment, mint egy átlagos háztartásban. Itt lényegesen könnyebb például a fogyasztást összegezni, figyelni és akár előre jelezni, illetve a fogyasztásokat valós időben követni. Profilokat is lényegesen könnyebb alkotni a házban lakó emberek fogyasztási szokásaira. Az okos otthonokban egyre több elektronikai eszköz távműködtetésére van mód. Ennél fogva nemcsak a kényelem nő egy ilyen háztartásban, hanem az energiahatékonyság is. [9][11]

3 Neurális hálózatok

A rendszer működésének alapelve a neurális hálózat. A mesterséges neurális hálózatok olyan programok, amelyek modellezik a biológiai neurális hálózatokat. Egy neurális hálózat neuronokból álló rendszer, amelyben a neuronok lokális feldolgozást végeznek.

A neurális hálózatok lényegesen hatékonyabban használhatók szerteágazó feladatok megoldására, mint a hagyományos algoritmikus számítási módszerek. Felépítésük megfigyelhető az 1. ábrán. Egyöntetűen elmondható róluk, hogy a különböző tanulási fázisok segítségével hatékonyan alkalmazhatók, valamint gyorsan működnek a betanítási fázis után.



1. ábra Neurális hálózat felépítése [15]

A neurális hálók működésének két fázisa van:

- tanulási fázis;
- előhívási fázis.

A tanulási fázisban történik meg a hálózat kialakítása, tárolódik el és épül be a rendelkezésre álló mintákban tárolt információ. Az itt történő iterációk jellemzően hosszúak, a tanulási fázis lassú.

Az előhívási fázisban történik az információ-feldolgozó rendszer használata, a feldolgozás itt viszont gyors. [4]

3.1 A neuron

A neuron – amely a neurális hálózat építőeleme – egy jellemzően több bemenetű és egy kimenetű rendszer, ahol a bemenetek és a kimenet között valamilyen nemlineáris

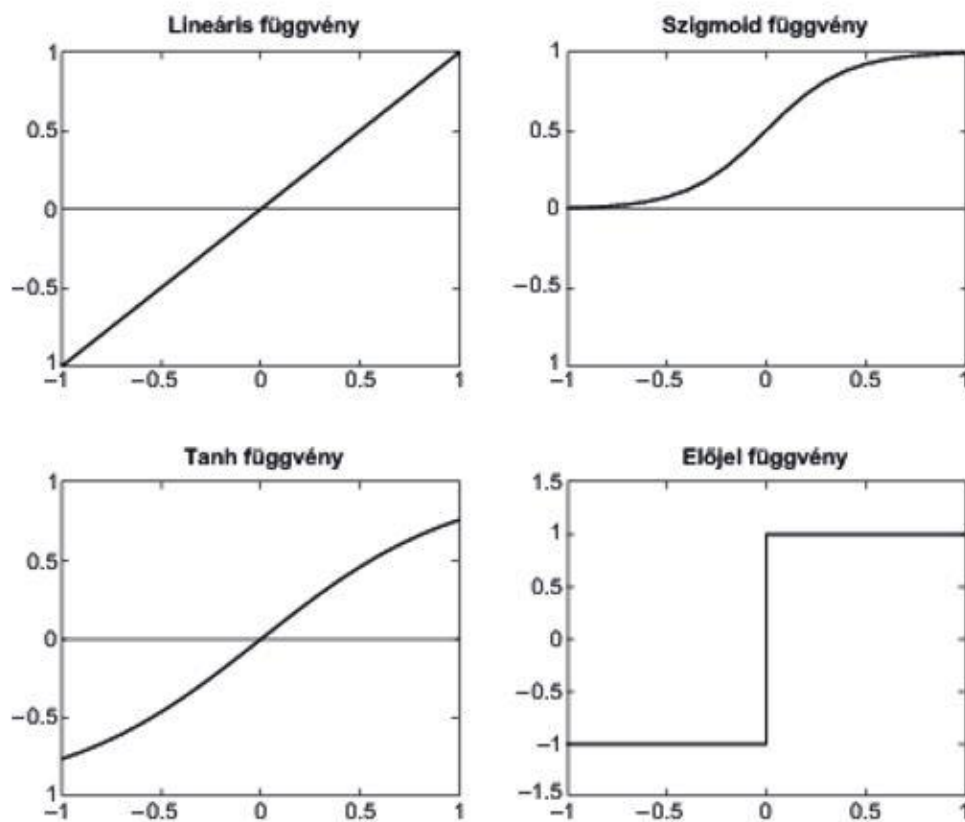
leképzés valósul meg (néhány esetben a leképzés lineáris), a kimenet az aktivációs függvény (transzfer függvény) eredménye.

A neuron lehet:

- egyenrangú bemenetekkel rendelkező;
- memória nélküli vagy memóriával rendelkező;
- végtelen (IIR) vagy véges (FIR) impulzusválaszú neuron is.

A nemlineáris aktivációs függvény fajtái (2. ábra):

- telítésszerű lineáris függvény;
- tangens hiperbolikus függvény;
- logisztikus (szigmoid) függvény;
- ugrásfüggvény (lépcsős függvény).



2. ábra Az aktivációs függvények típusai [17]

A neuronok típusai:

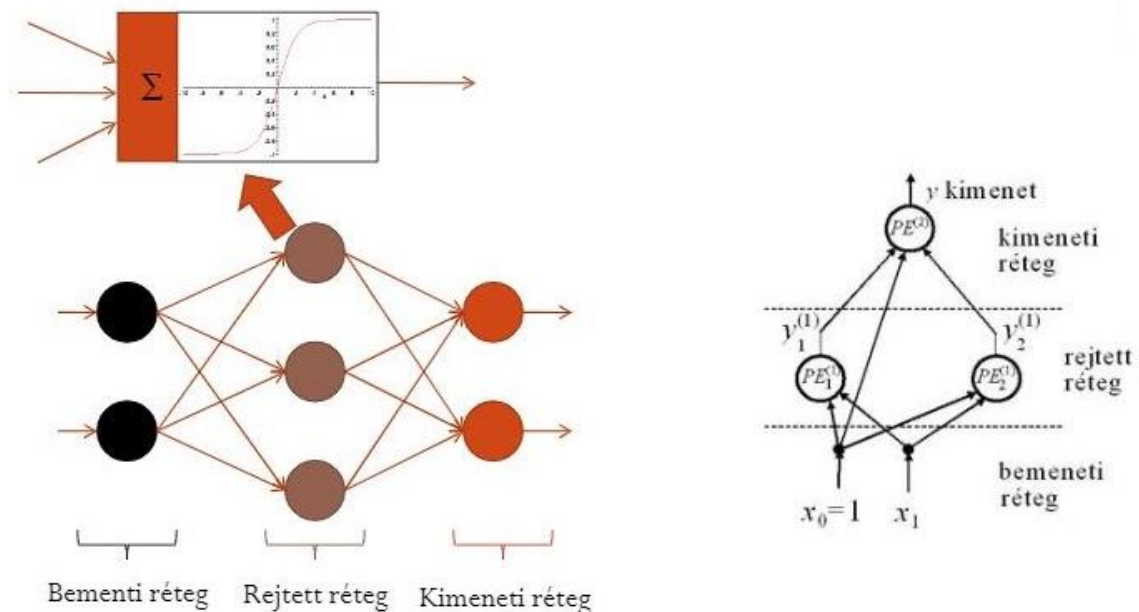
- bemeneti neuron, feladata: jelfeldolgozás;
- kimeneti neuron: kimenete a környezet felé irányítja az információt;

- rejtett neuron: kapcsolódik a többi neuronhoz kimenetével és bemenetével is.

Az egyes neuronokat csoportokba, rétegekbe soroljuk, egy rétegen belül azonos funkciójú neuronok találhatóak, a rétegek:

- bemeneti réteg;
- kimeneti réteg;
- rejtett réteg.

A különböző rétegeket mutatja be grafikusán a 3. ábra.



3. ábra A neurális hálózatok rétegei egy előrecsatolt neuron esetén [16]

A neurális hálózatok számítási képessége alapján következtethetünk az alkalmazhatóságukra. A hálózatok képességét a használt elemek tulajdonságai, a topológia és közvetve a tanulási algoritmus határozzák meg.

A neurális hálózatok alkalmazásának célja természetesen a rendelkezésre álló idő, számítási kapacitás, memória igény optimalizálása. Az optimalizálás célzattal alkalmazott hálózatok legtöbbször visszacsatolt szerkezetűek, vagyis a végállapotba a kiindulásból egy tranzienzen keresztül jutunk el. [4]

3.2 A gépi tanulás

Többféle gépi tanulási módszer ismert. A neurális hálózatok esetén a minták alapján történő tanulás az általános. A tanulási folyamat legtöbbször nagy mennyiségű

adat segítségével történik. A neurális hálózat a tanulási folyamat segítségével képes arra, hogy alkalmazkodjon a változó körülményekhez, változtasson viselkedésén. A tanulás lehetséges típusai:

- tanulás tanítóval;
- tanulás tanító nélkül;
- analitikus tanulás.

A tanító algoritmussal végzett tanulásnál a hálózat összetartozó be- és kimeneti értékek, azaz tanító munkapontokkal történik a folyamat. Így a háló kimenete mindig összevethető a tanító mintapár kimenetével. Ennélfogva könnyen módosítható a rendszer, az eltérések felhasználásával.

A tanító nélkül történő (nem ellenőrzött) típus esetén nincsenek ilyen tanító mintapárok. Így semmiféle konkrét visszajelzés nem érkezik a hálózat működésével kapcsolatban. Tehát a neurális hálónak magának kell a környezetből bejövő adatok alapján valamilyen korrelációt kialakítani és működését módosítani.

Az analitikus tanulás esetén nem következik be ismétlés, hanem matematikai összefüggések kiértékelésével történik a rendszer tudásának fejlesztése. Az analitikus tanulás lehet ellenőrzött és ellenőrzés nélküli típusú is. [4]

3.3 MATLAB Neural Network Toolbox

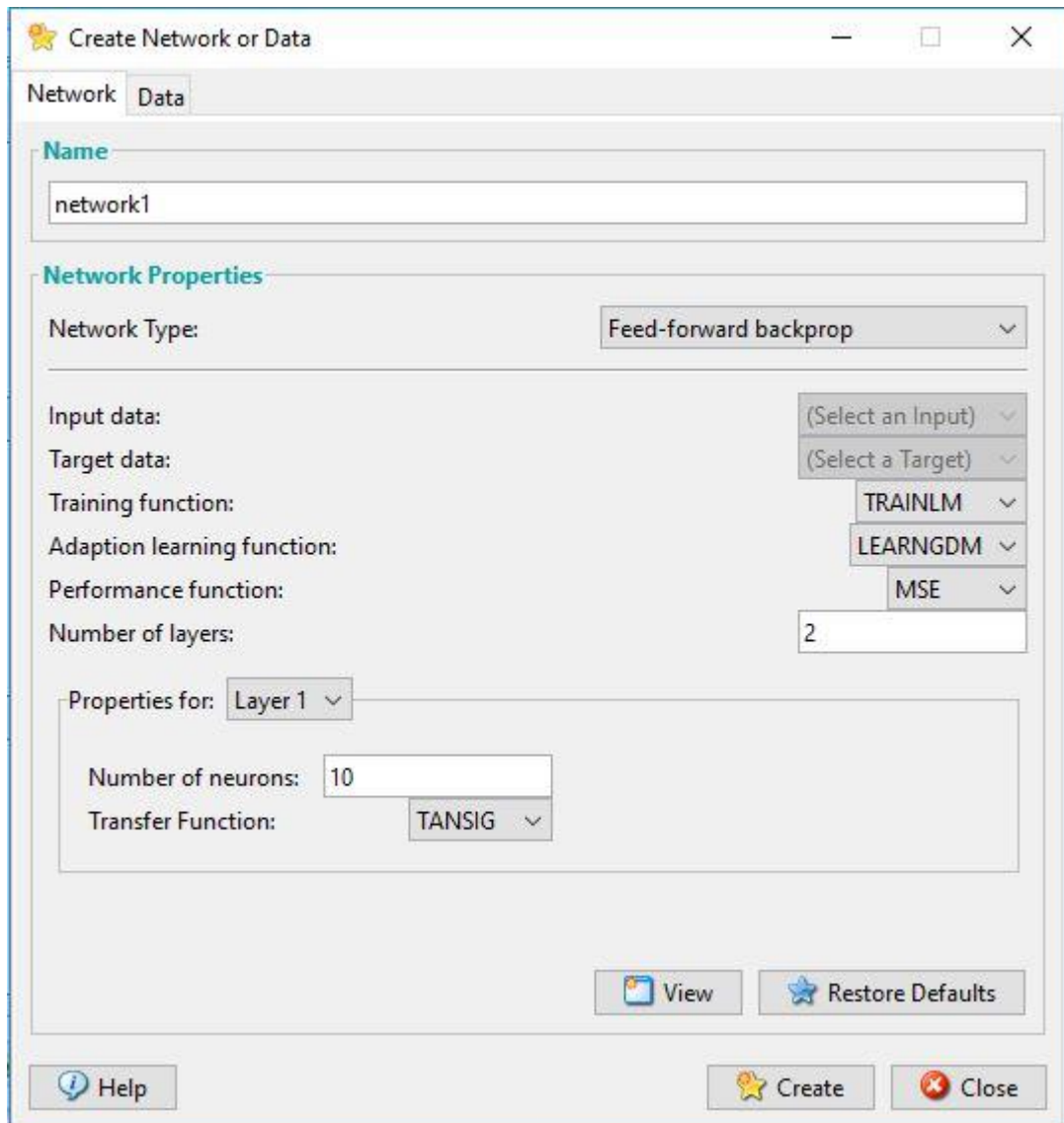
A neurális hálózat modell megalkotására MATLAB R2018a programban került sor. A MATLAB programon belül a Neural Network Toolbox bővítményt alkalmaztam. Ezen bővítménnyel létrehozható a célnak megfelelő neurális hálózat.

A neurális hálózatot célszerű nagy mennyiségű adattal tanítani, így a szimuláció több tanító pár alapján képes a tendenciákat megtanulni, amelynek eredményeként kisebb hibával működhet a rendszer. Ezáltal a későbbiekben pontosabban lesz képes a hálózati energiafogyasztásának számítására és a kimenetek kalkulálására. [5]

A 4. ábrán látható beállítási lehetőségeket tehetjük meg egy új neurális hálózat esetében. A legfontosabb beállítható paraméterek a következők:

- a rendszer típusa;
- a bemenet kiválasztása (beimportált input esetén kiválasztható);
- a target, vagyis a tanítás kimenete (beimportált target esetén kiválasztható);

- tanító algoritmus;
- a rétegek száma;
- az egy rétegen belüli neuronok száma;
- a rétegen belüli aktivációs függvény típusa.



4. ábra Neurális rendszer létrehozása [15]

4 Körülmények és paraméterek

4.1 A vizsgált hálózat bemutatása

A létrehozott hálózat egy mesterséges neurális hálózat. Ez tulajdonképpen egy viselkedési formákra épített rendszer, amelynek alapja a házban élők életvitelének „profilja”. A hálózat a családi házunkat modellezi.

4.2 Bemeneti paraméterek

4.2.1 Profilok

A neurális hálózat tanítására tanító párokat (bemeneti és kimeneti adatokat) hoztam létre. Egészen pontosan a családi házunk mérőszámai szerepelnek ezekben az adatokban. A neurális hálózat tanítására létrehozott profilok kiterjednek a 2005-2017 év esetében az éppen vizsgált év 45. naptári hetének minden napjára (hétfőtől vasárnapig).

Ezen tanító profilokból képes a rendszer megtanulni a szokásokat és a későbbiekben becsléseket végezni. Ez jelenleg egy „prototípus modell”, egyelőre egy személyre készült a házon belül. Természetesen a későbbiekben ez majd kiterjed minden házban élő személyre.

A profilokban négy helyiség szerepel egyelőre. A rendszerben foglalt szobák:

- fürdőszoba;
- nappali;
- hálószoza;
- konyha.

A három profilban negyedórás bontásban szerepelnek a következő jellemzők:

- a szobában való jelenlét;
- a fűtés;
- a világítás használata.

Az egyes szobákban való jelenlétben és világításban nincsenek átfedések. A profilokra látható egy részlet a hétfői napok világításának profiljára (1. táblázat). A profil Excel programban készült, az 1-es cellák esetében a világítás fel volt kapcsolva, a 0-sok esetében nem volt világítás.

1. táblázat A hétfői világítás profilok részlete

Kezdet	Vége	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
14:15	14:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:30	14:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14:45	15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15:00	15:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
15:15	15:30	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
15:30	15:45	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
15:45	16:00	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
16:00	16:15	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
16:15	16:30	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
16:30	16:45	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
16:45	17:00	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
17:00	17:15	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
17:15	17:30	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
17:30	17:45	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
17:45	18:00	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
18:00	18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Természetesen nagyban függ a világítás és fűtés attól, hogy az év mely szakában történik a profil felvétele. A vizsgált időszak egy november eleji (és egyben fűtésszezon eleji) időszakot ölel fel jelenleg, egészen pontosan a 45. naptári hetet. Tervben van egy fűtést nem igénylő időszak (nyár) vizsgálata is.

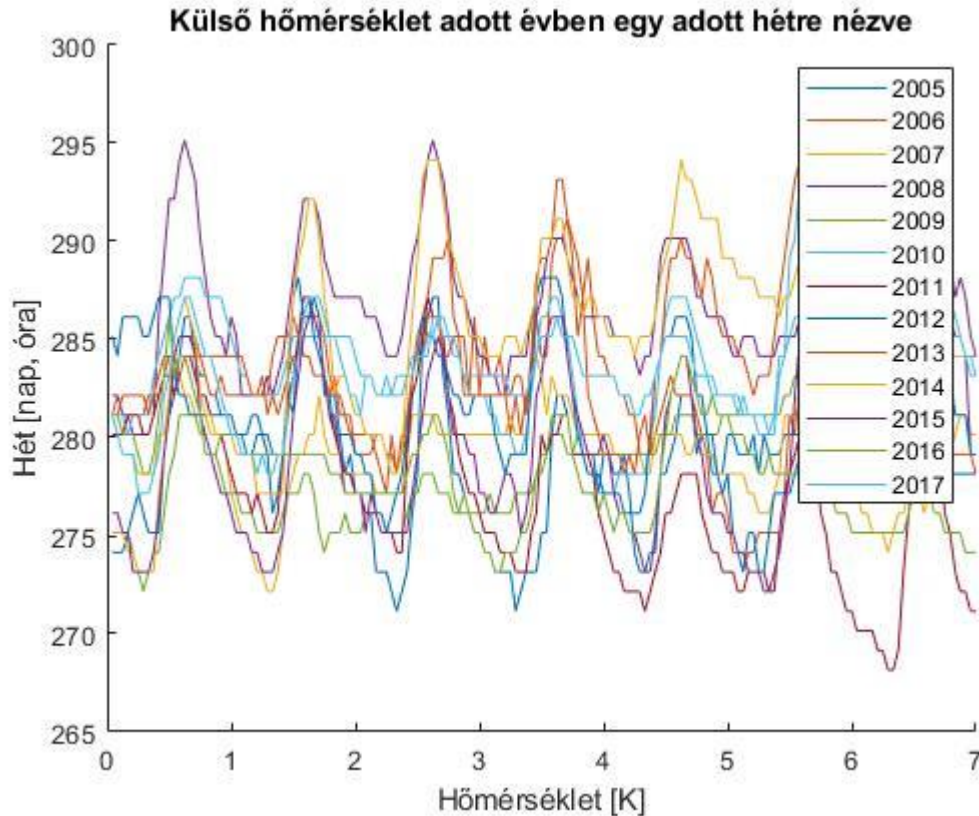
Ezen adatmennyiséggel a rendszer már képes lesz a tendenciákat megtanulva jövő becsléseket készíteni, a lehető legkisebb hibával.

4.2.2 Külső hőmérséklet

Annak érdekében, hogy a neurális hálózat érdemi energia- és rezsicsökkentést tudjon becsülni, felvettem a külső hőmérsékleti profilokat is a fűtés csökkentését célzó becslés meghatározásának érdekében. Az utóbbi évek (2005-2017) november eleji napjait vettem alapul. Minden év 45. naptári hetének minden napjának minden órájának hőmérsékletét kigyűjtöttem az archívumból, hogy a tendencia jobban megfigyelhető legyen, valamint a külső hőmérséklet illeszkedjen a megalkotott profilokhoz.

A 2. táblázatban látható a szerdai kinti hőmérséklet változásának részlete. Az értékek Kelvin fokban szerepelnek, a MATLAB programban később ezzel történt a további számítás. A Kelvin fok azért célszerű ebben az esetben, mert így mindig pozitív értékekkel tud a rendszer számolni. Valamint Kelvin az SI-beli hőmérséklet mértékegység. Az 5. ábrán az előző évek külső hőmérsékletei láthatók arra a bizonyos november eleji-közepi hétre vonatkozóan minden év esetén.

Ezen adatmennyiséggel a rendszer már képes lesz a külső hőmérsékletadatokról megtanulva jövő becsléseket készíteni, a lehető legkisebb hibával.



5. ábra Az utóbbi évek külső hőmérsékletei [15]

4.2.3 Belső hőmérséklet, fűtési rendszer

A családi házunkban radiátoros fűtési rendszer működik. A rendszerben cirkuláló forró vizet egy gázkazán melegíti a beállított hőmérsékletre. Ahogyan az feltételezhető, a rendszer nagy tehetetlenséggel rendelkezik.

Megfigyeléseink szerint legfeljebb $1\text{ C}^\circ/\text{h}$ -val lehet a házat felfűteni átlagos viszonyok között. Kiszámítottam a rendszer időállandóját az alábbi képletből:

$$\Delta T = T_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

Azt feltételeztem, hogy a radiátorok 20 C° -ról 21 C° -ra melegítik éppen a lakást. Ekkor Kelvin skálán számolva a következő az egyenlet:

$$1 = 293,15 e^{-\frac{3600s}{\tau}} \quad (2)$$

Ebből az időállandóra $\tau = 633,7835\text{ s}$ adódott.

A differenciális szabályozási kör túllövással működik. De ilyen időállandójú (τ) hálózat mellett elégséges a PI szabályozási kör. Tehát egy lassabb rendszer is megfelelő

a célra. Viszont egy PID szabályozás megalkotása teljes mértékben indokolatlan lenne szintén. Mindezek fényében a nyílt hurokra felírható egyenlet általánosan:

$$A_0 + \frac{1}{s\tau} \quad (3)$$

ahol A_0 az állandó értékű tag és τ a rendszer időállandója.

A fűtés termosztáttal van szabályozva, amely programozható, vagyis a működési idő előre is megadható. Az is beállítható, hogy a benti hőmérséklet ne süllyedjen egy érték alá, ez 17 C° -ra van beállítva. Valamint, hogy milyen érték felett kapcsoljon ki, még akkor is, ha a működési időben lenne az az időpont. A működés emellett még az egyes szobák szabályozásával is variálható.

Ennek köszönhetően a fűtés profil (4.2.1 fejezet) megegyezik a beállított fűtési időszakokkal.

Ezen tulajdonságok mellett a négy figyelembe vett szoba hőmérséklete viszonylag könnyen becsülhető. Ez a becslés fél fokos pontossággal meg is történt, a korábban már említett 45. naptári hétre.

5 A rendszer

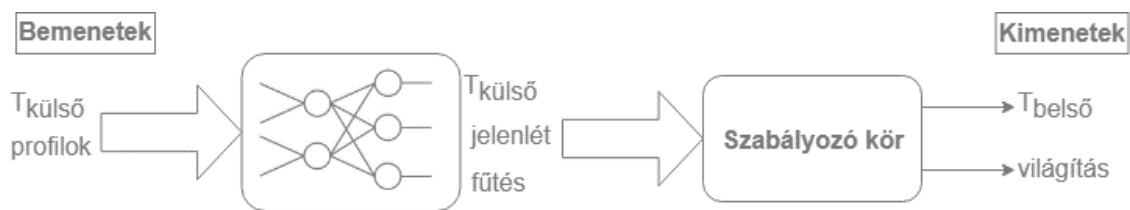
5.1 A rendszer elméleti felépítés

A szobák külön képeznek egy-egy neurális hálózatot. Tehát a rendszer prototípusa négy alrendszerből áll (4 szoba). A 6. ábra tartalmazza a hálózat logikai folyamatát. A hálózatok önmagukban 2-bemenetűek:

- $T_{\text{külső}}$;
- fűtés profil;
- jelenlét profil.

és 2-kimenetűek:

- $T_{\text{belső}}$;
- világítás profil.



6. ábra A neurális hálózat

5.2 A megvalósítás

A neurális hálózat megalkotása MATLAB R2018a programban történt meg.

A létrehozott hálózatban a gépi tanulás tanító párokkal történt, amelyekkel a rendszer megtanulta a tendenciákat. Ez rendszerszinten úgy épül fel, hogy a 4 részre (4 szoba) osztott adatokat napokra lebontva vizsgáltam, a hét napjainak megfelelően (hétfőtől vasárnapig). Vagyis együtt kezelve a hétfőket, keddeket stb., egészen vasárnapig a különböző évekre.

Fontos megjegyezni, hogy nem minden adatot használtam egy-egy iterációhoz, hanem minden esetben ablakos módszerrel vizsgálódva, korábbi adatokból becsülve a későbbieket, ellenőrizve a hibákat, eltéréseket. Az időeltolások módszer többek között a szabályozás optimális beállítása miatt is kiváló. Ilyen módon a rendszer képes megtanulni a szokásokat.

Az időeltolódásos módszerrel könnyen ellenőrizhető, megfelelően valósult-e meg a tanulás. Természetesen nagy eltérések esetén a neurális hálózat beállításait úgy érdemes változtatni, hogy csökkenjen a hiba. Ennek okai között lehet a túltanítás, nem megfelelő számú és rétegű rendszer felépítése, illetve a túlságosan kevés rendelkezésre álló adatmennyiség is.

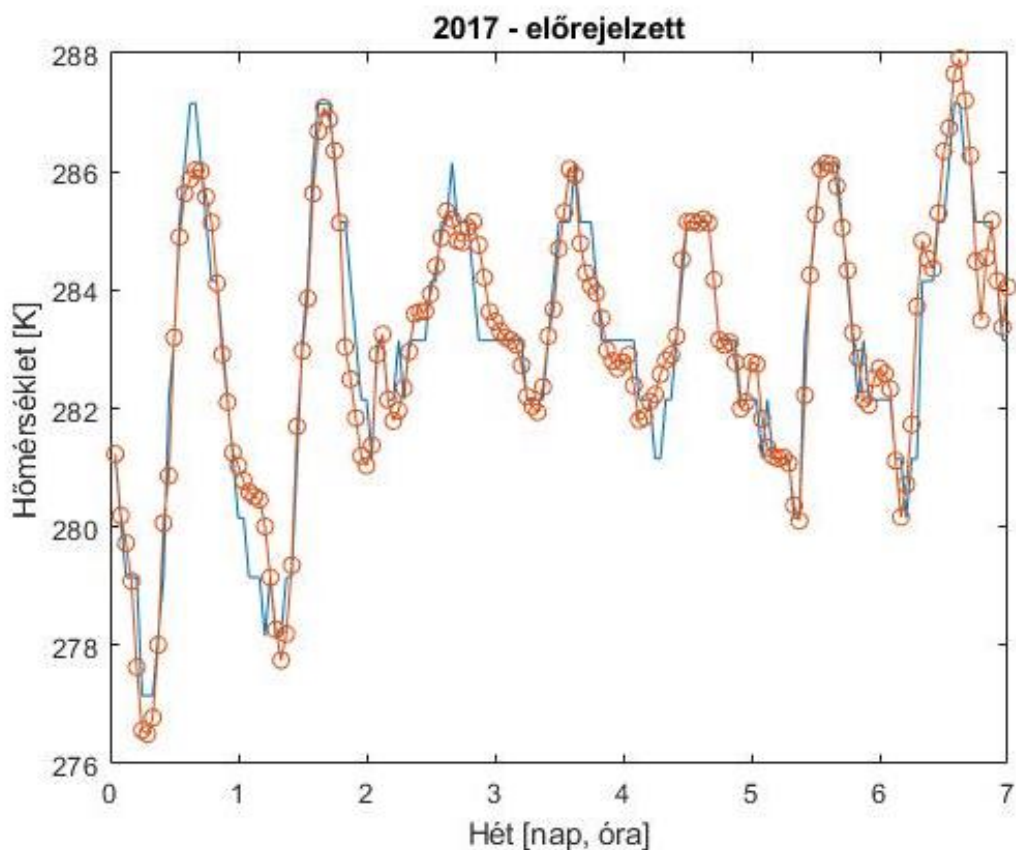
6 Eredmények értékelése

A rendszer jelenleg a 6. ábrán látható szabályozási kör bemenetéig már működőképes. Képes megbecsülni a bemeneti adatok alapján betanult tendenciákat. A betanítások alapján kapott validálások eredményei láthatók a következő ábrákon.

A továbbiakban a szabályozási kör (ahogyan az a 6. ábrán is látható) megvalósítása a cél. A Diplomatervemben már a teljes rendszert szeretném bemutatni. Az eredmények bemutatása következik a 6.1 és 6.2 fejezetekben.

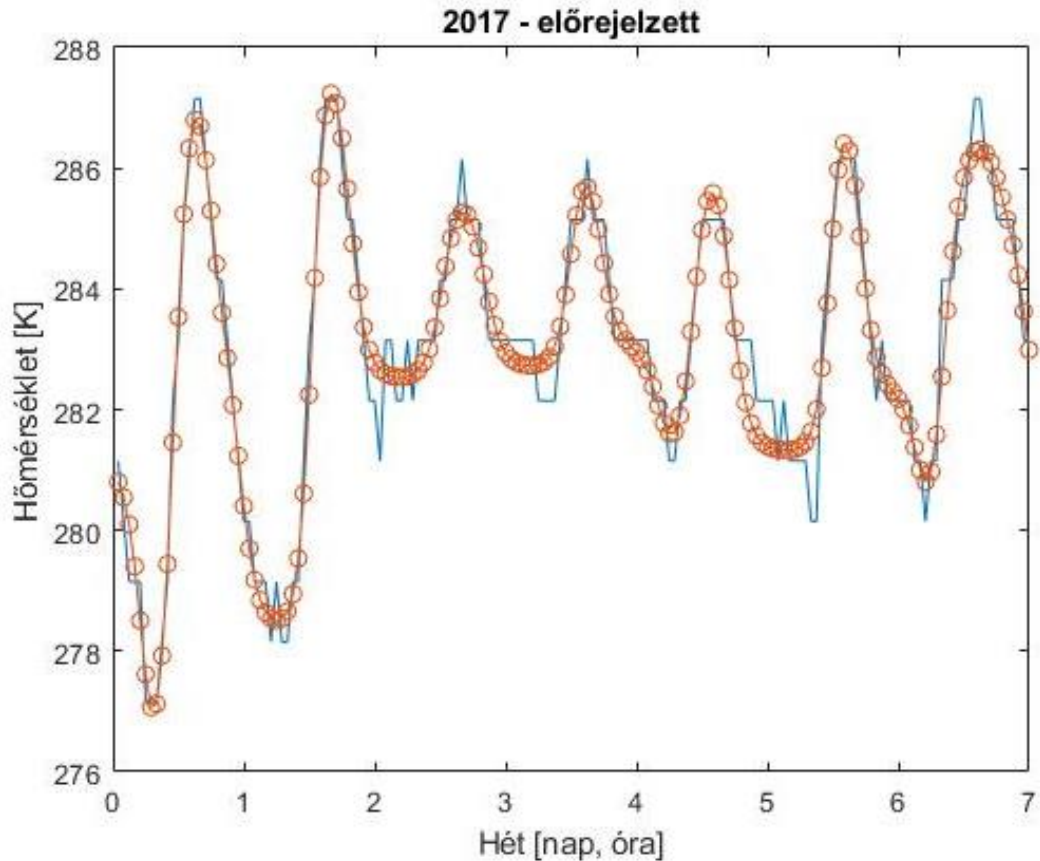
6.1 Külső hőmérséklet

A 7. ábrán a 2017. év 45. hetére vonatkozó előrejelzés görbéje látható. A hét egyes órái piros körökkel jelezve, a kék színű görbe pedig a valós hőmérsékletértékeket mutatja. A tanítás alapján becsült értékek megközelítőleg egyeznek a mért értékekkel. Ez a megfelelő réteg- és neuronszámnak köszönhető, amely hosszas próbálgatás útján lett megválasztva.



7. ábra Külső hőmérséklet kis hibájú megközelítése neurális hálóval [15]

A 7. és 8. ábrákat megfigyelve élesen különbözik a két eredmény. A nagyfokú eltérés annak köszönhető, hogy a 7. ábra szerinti rendszer két réteget, míg a 8. ábra szerinti egy réteget tartalmaz.



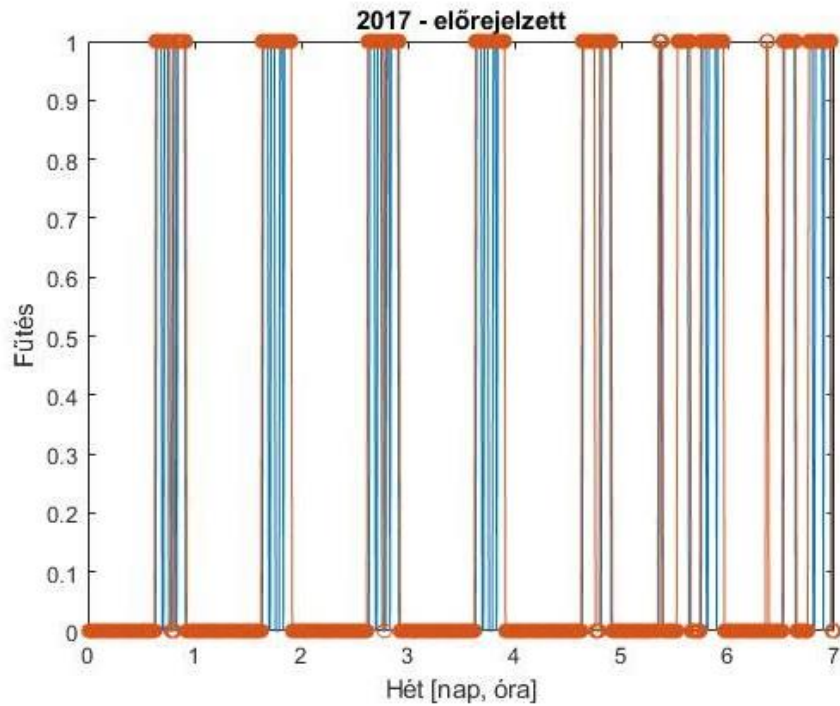
8. ábra Külső hőmérséklet pontosabb becslése neurális hálóval

6.2 Profil eredmények

A profilok esetében lényegesen nehezebb dolga volt a rendszernek. Itt a változás egy dirac-deltához hasonlóan ugrás 0-ról 1-re. Ezt a neurális hálózatnak is nehezebb lekövetni egy lineáris hőmérsékletnövekedés vagy csökkenéshez képest. Ennélfogva kisebb a pontosság a profilok esetén.

6.2.1 Jelenlét profil

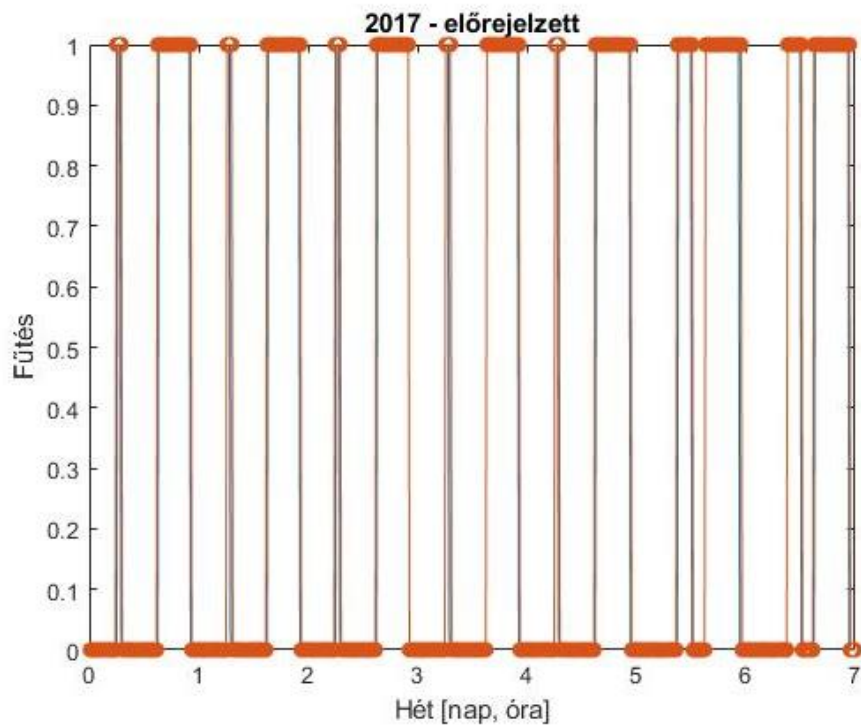
A 9. ábrán a nappali jelenlét profilja látható a 2017-es évre vonatkozóan. A jelenlét profil esetén-ellentétben a hőmérséklet rendszerrel- a legjobb becslés egy réteg alkalmazásával jött ki.



9. ábra Nappali jelenlét profil

6.2.2 Fűtés profil

A fűtés profil esetén a legjobb előrejelzés két réteges hálózattal volt elérhető. A profil a 10. ábrán látható.



10. ábra Nappali fűtés profil

7 Fejlesztési lehetőségek

A rendszer jelenleg kezdetleges állapotú, de működőképes. Annak érdekében, hogy később pontosabb és sokrétűbb felhasználása elérhető legyen a bemeneti adatoknak is pontosabbnak kell lenniük.

7.1 Profilok

A jelenlétérzékelést a szobákban elhelyezett szenzorokkal lehetne pontosabbá tenni. Ha egy személy alszik, akkor abban a szobában nem szükséges világítás, így egy alvásfigyelő rendszer, mely praktikusán okosóra vagy sportóra is lehet, képes ennek figyelésére, benne az adatközlő és tároló rendszer megoldott.

A modern eszközökkel a kényelem és okos otthon tekintetében a megoldások tárháza egyre bővül. Ezen eszközökkel az alvásmonitorozás is megvalósul, a lakás meg is tudja tanulni bizonyos alvásfázis az egyes személyeknél milyen ébredési időt feltételez. [6] Így az energiamenedzsment támogató rendszer összekapcsolódhat akár az okos otthonnal is. Ezáltal az okos otthon elő tudja készíteni a reggeli rutinhoz tartozó kényelmi funkciókat (kávéfőző beindítása, vízforralás).

7.2 Hőmérséklet

A külső hőmérséklet esetében a figyelembe vett időszakban területi átlaghőmérséklet lett felhasználva. A rendszer későbbi alkalmazásához célszerűen kültéri hőmérséklet szenzort lehetne alkalmazni, mely a hőmérséklet érzékelésen túl az adatokat rögzíteni is tudja, így a globális hőmérséklet helyett pontosabb, lokális adatokkal tudna a rendszer számolni. Valamint az órás mérésnél lényegesen sűrűbb mérési eredmények lennének elérhetőek.

A benti hőmérséklet esetén a későbbiekben természetesen a belső hőmérséklet teljes pontossággal (0,1 C°) megadható lesz, ha a vizsgált helyiségekben hőmérséklet érzékelő és adatok rögzítésére alkalmas szenzorok lesznek felszerelve. Ezáltal elkerülhető a csupán becsléssel felvett görbe.

Mindkét alkalmazásra használható eszközök vannak elérhető áron a piacon. [7]

Irodalomjegyzék

- [1] *Időkép.hu archívum* (2018. 10. 10.):
https://www.idokep.hu/?oldal=arch_kep&kep=hom&ev=2011&ho=11&nap=10&ora=10&perc=00
- [2] *Energiamenedzsment az épületvillamosságban, PLS-Mérési útmutató* (2018.04.20) http://www.vgt.bme.hu/okt/v_lab_1/menedzsment.pdf
- [3] Dr. Vokony István: *HYPE jelentés- Megújuló energiaforrások versenyképességének elemzése* **ELEKTROTECHNIKA** 12: pp. 11-14. (2014)
- [4] Horváth Gábor: *Neurális hálózatok-egyetemi tamkönyv*
- [5] Howard Demuth, Mark Beale: *Neural Network Toolbox For Use with MATLAB* (2018. 10. 22.): http://cda.psych.uiuc.edu/matlab_pdf/nnet.pdf
- [6] *Alvásmonitorozás* (2018. 10. 23.): <https://pcworld.hu/pcwpro/alomfelugyelok-szenzorok-szoftverek-240648-o1.html>
- [7] *Hőmérséklet regisztráló* (2018. 10. 23.): <https://www.kvalifik.hu/hu/ho-es-paratartalom-regisztralok>
- [8] D. Westermann, S. Nicolai and P. Bretschneider: *Energy Management for Distribution Networks with Storage Systems – A Hierarchical Approach - 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st century*. 24-24 July 2008.
- [9] I. Colak, H. Wilkening, G. Fulli; J. Vasiljevska; F. Issi; O. Kaplan: *Analysing the Efficient Use of Energy in a Small Smart Grid System - 2012 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*. 11-14 Nov. 2012
- [10] A. Rosenqvist,, M. Shimada, T. Igarashi, M. Watanabe , T. Tadono and H. Yamamoto: *Support to Multi-national Environmental Conventions and Terrestrial Carbon Cycle Science by ALOS and ADEOS-II – the Kyoto & Carbon Initiative*
- [11] L. Spitalny, D. Unger, J. Teuwsen, V. Liebenau. J.M.A. Myrzik: *Effectiveness of a Building Energy Management System for the Integration of net Zero Energy Buildings into the Grid and for Providing Tertiary Control Reserve - 2013 IEEE Grenoble Conference*. 16-20 June 2013
- [12] G. Capizzi, F. Bonanno, C. Napoli: *Recurrent Neural Network-Based Control Strategy for Battery Energy Storage in Generation Systems with Intermittent Renewable Energy Sources- 2011 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*. 14-16 June 2011

- [13] Nan Zhao: *Study on the prediction of Energy Demand Based on Master Slave Neural Network*- **Browse Journals & Magazines > IEEE Transactions on Neural Networks Learning Systems**
- [14] Faragó Tibor: *A párizsi klímátárgyalások eredményei* (2018. 04. 22) http://eionet.kormany.hu/download/8/30/b1000/Parizsi_klimatargyalasok_eredme nyei.pdf
- [15] MATLAB R2018a
- [16] (2018. 04. 23) <http://docplayer.hu/887791-Neuralis-halozatok-bemutato.html>
- [17] (2018.06.10) <http://www.solarjourneyusa.com/Pictures/IV-curveMPPT.png>