



A csapadékváltozás tendenciái Magyarországon

Gimesi L.

PTE TTK Informatika Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

ÖSSZEFOGLALÓ

Manapság az élet valamennyi területén központi kérdéssé vált a klímaváltozás vizsgálata, ugyanis ez hatással van a különböző gazdasági, ökológiai, mezőgazdasági, hidrológiai, stb. folyamatokra. Fő kísérőjelensége az időjárás változás, amelynek egyik fontos paramétere a csapadék. Feladatunk a XX. századi 100 éves napi csapadékmennyiségekből álló idősorok vizsgálata, elemezzük a csapadék mennyiségét, területi és időbeli eloszlását valamint a változások tendenciáit. Vizsgáljuk az összes csapadékmennyiséget, a csapadékos napokra vonatkozó átlagot, illetve a szórást, továbbá a 100 éves időintervallumon belüli változást és az évenkénti havi eloszlást is. Ezeken kívül foglalkozunk az egy- illetve többnapos csapadékos szériák elemzésével. A vizsgálat során figyelembe kell vennünk, hogy a kapott eredményeket és az azokból levonható következtetéseket nagymértékben befolyásolják az alkalmazott számítási algoritmusok. Ugyanazokból a kiindulási adatokból eltérő következtetéseket is levonhatunk, attól függően, hogy milyen módszert választunk. A számítási eredmények elemzésében segítséget jelent, ha adatainkat könnyebben értelmezhető formában, grafikusán jelenítjük meg, így eredményeinket grafikonok és 3D felületmodellek segítségével mutatjuk be. Az adatok kiértékelésében és megjelenítésében a hagyományos (statisztikai) módszerek mellett neurális hálózatot is alkalmazunk.

(Kulcsszavak: csapadékmodell, digitális felületmodell, neurális hálózat)

ABSTRACT

The tendencies in the change of precipitation in Hungary

L. Gimesi

University of Pécs, Faculty of Science, Department of Informatics, H-7624 Pécs, Ifjúság u. 6.

Nowadays, the examination of the climate changes has become a central question in all fields of life, as it has an effect on different processes in economy, ecology, agriculture, hydrology, etc. The main attendant phenomenon of it is the change of weather, one of its important parameters is precipitation. Our task is the examination of the time series, consisting of the daily amount of precipitation of a 100 years in the 20th century; we analyze the amount of precipitation, its distribution in time and space, and the tendencies in the changes as well. We study the aggregate amount of precipitation, the mean in the matter of wet days, and also the deviation; furthermore, the changes in the time interval of a 100 years and the monthly distribution per year. Besides these, we also deal with the analysis of precipitation series for one and for more days. We have to take into consideration that the results we get and the conclusions we can draw from them are highly influenced by the calculation algorithms we use. We can draw different conclusions from the same starting data depending on what method we choose to use. It can be helpful in the analysis of the calculation results if we present our data

graphically, in a form that can be interpreted more easily; this way we can present our results with the help of charts and 3D surface models. In the evaluation and presentation of the data we use – besides the traditional (statistical) methods – neural networks as well.

(Keywords: modelling wet, digital surface model, neural network)

BEVEZETÉS

A Magyarországon 100 év alatt mért csapadékmennyiség különböző szempontok alapján történő elemzése, a területi és időbeli eloszlás, valamint a változások tendenciáinak vizsgálata alapján következtethetünk az időjárás változásra és annak következményeire. Munkánk során az összes csapadékmennyiséget, a csapadékos napokra vonatkozó átlagot, illetve a szórást, továbbá a 100 éves időintervallumon belüli változást és az évenkénti havi eloszlást vizsgáljuk. Ezeken kívül foglalkozunk az egy illetve többnapos csapadékos szériák elemzésével, ahol meg kell határozni azt a csapadék-küszöbértéket, amely alatt csapadékmentesnek tekintjük a napot. Ezt az értéket az irodalom (*Dobi, 2000*) alapján 0,1 mm-re állítjuk be.

Tíz város (Bécs, Budapest, Debrecen, Graz, Kalocsa, Keszthely, Mosonmagyaróvár, Szarajevó, Szeged és Zágráb) meteorológiai állomásáról beérkező adatok csoportosítására és kiértékelésére egy Visual Basic nyelven írt programot készítettünk.

Terjedelmi okokból itt nincs arra lehetőségünk, hogy mindegyik meteorológiai állomás összes helyi adatsorát kielemezzük, ezért néhányat ki választunk. Elsősorban Szegeddel foglalkozunk, mivel az itt mért adatok jellemzik legjobban a meleg kontinentális időjárást. (*Dobi, 2000*)

A vizsgálat során nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a kapott eredményeket és az azokból levonható következtetéseket nagymértékben befolyásolják az alkalmazott számítási algoritmusok. Ugyanazokból a kiindulási adatokból eltérő következtetéseket is levonhatunk, attól függően, hogy milyen módszert választunk. (*Szeidl, 2005*)

Az emberi gondolkodáshoz közelebb áll a képi megjelenítés, mint a nagy, numerikus adatokat tartalmazó táblázatok, amelyek ugyan pontos információt adnak, de nehezen kezelhetők, és az összefüggések bemutatására sem alkalmasak. Az adatok térbeli elhelyezkedéséről a háromdimenziós digitális felületmodell biztosítja a legszemléletesebb megjelenítést. Ekkor a mérési eredmények a környezettel együtt jelennek meg, így az összefüggések is jól értelmezhetők. (Monitoring esetén a digitális terepmodell animálható, így a változások filmszerűen szemléltethetők.) (*Gimesi, 2004c*)

Az adatok kiértékelésében és megjelenítésében a hagyományos (statisztikai) módszerek mellett neurális hálózatot is alkalmazunk. Összehasonlítunk néhány, a térinformatikában használt interpolációs eljárással, valamint a neurális hálózattal készített terepmodelllel.

CSAPADÉKADATOK FELDOLGOZÁSA

A meteorológiai állomásokról a csapadéértékeket napi bontásban (1901. január 1-től 2000. december 31-ig), városonként kapjuk meg. Ebből az adathalmazból kell elvégezni a földrajzi helyekre, illetve különböző idősorokra történő összegzést, valamint a csapadékos napokra vonatkozó átlag és a szórás kiszámítását. A nagymennyiségű adatok feldolgozására Visual Basic-ben írt programot készítettünk. A programnak biztosítani kell a tetszőleges éves időintervallum, valamint az egy és többnapos csapadékos szériák kiválasztását is. (Szériáknak nevezzük azt az időintervallumot, amelyet megelőző és követő napon nincs csapadék, és amelyben nincs csapadékmentes nap.)

A csapadékos szériák számításánál figyelembe kellett venni, hogy a csapadékos időszak átnyúlhat az intervallum határán. Ezt úgy oldottuk fel, hogy vizsgáltuk, mikor végződik egy csapadékos széria, és ha az átnyúlt a következő időszakra, akkor azt ott vettük figyelembe. (Pl. december végén kezdődött egy csapadékos időszak, és az január elején is folytatódott, akkor a decemberi napokat is januárhoz számoltuk.)

A szórás értékét a korrigált empirikus szórással becsüljük:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n-1} - \frac{(\sum x_i)^2}{n(n-1)}}.$$

A későbbi könnyebb feldolgozás és más programokkal való kompatibilitás érdekében az eredmények közvetlenül egy Excel táblába kerülnek.

3D felületmodell

A számítási eredmények elemzésében segítséget jelent, ha adatainkat könnyebben értelmezhető formában, grafikusan jelenítjük meg. Ennek egyik módja a 3D felületmodell. A háromdimenziós felületmodell egy közönséges háromdimenziós geometriai tér, amelyre igaz a $z = f(x, y)$ összefüggés. (Korn, 1975)

Ha egy háromdimenziós koordináta-rendszerben az x, y egy földrajzi hely EOV (Egységes Országos Vetületi rendszer) koordinátáját jelenti, és a z nem távolságot (magasságot), hanem valamilyen mennyiséget (pl. csapadék) tartalmaz, akkor egy olyan digitális felületmodellt kapunk, amely megadja, hogy egy adott hely (pl. meteorológiai állomás) koordinátájához milyen csapadéértékek tartoznak. Az 1. ábra Magyarországon 1981 és 1990 között mért, a csapadékos napokra számított átlagcsapadékot mutatja. Mivel az ábra háromdimenziós (perspektívikusan megjeleníthető), így együtt láthatjuk a mérési helyek földrajzi elhelyezkedését, és az adott helyen mért értékeket.

1. ábra

Csapadékatlag 1981 és 1990 között

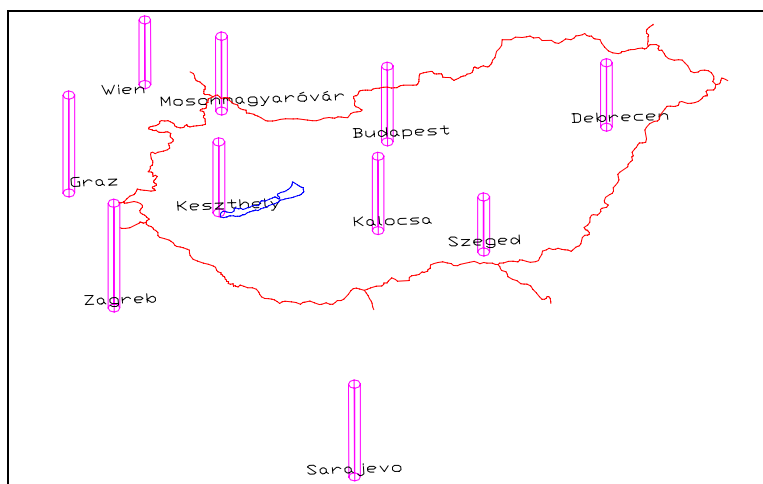


Figure 1: Average of precipitation between 1981 and 1990

A 3D felületmodell megjelenítéséhez (lerajzolásához) egy képzeletbeli hálót fektetünk a felületre, melynek celláit homogénnek tekintjük. (A cella helye adja meg a rajz x és y koordinátáit, a cella értéke pedig a z koordinátát.) A rajz elkészítéséhez szükségünk van az összes cellaérték ismeretére.

Mivel az adott terület minden egyes pontjáról nem rendelkezünk információval (képtelenség adatot begyűjteni és tárolni tetszőlegesen nagy számú mintavételezési helyről), ezért az ismeretlen adatok meghatározásához közelítő eljárást kell alkalmaznunk. (Gimesi, 2004a) Ehhez a szakirodalmak (pl. Steiner, 1990; Iványi, 2004) több módszert is ajánlanak: statisztikai függvények, 3D evolúciós algoritmusok, neurális hálózatok, Fuzzy algoritmusok, fraktálok, stb. Mi a feladat elvégzéséhez nem a hagyományos (statisztikai) módszerrel történő adatmeghatározást választjuk, hanem egy új, a térinformatikában eddig kevésbé használt eljárást alkalmazunk, a neurális hálózatot.

A 3D felületmodellre a 2. ábrán látható példa, amelyet az 1. ábránál is használt adatokból állítottunk elő.

2. ábra

Csapadékatlag 1981 és 1990 között 3D modellel

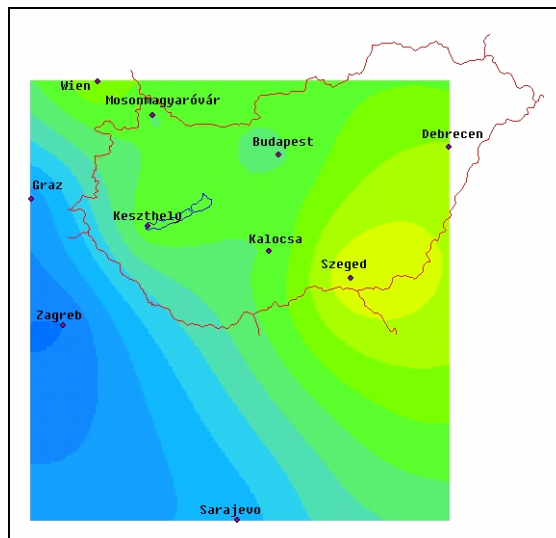


Figure 2: Average of precipitation between 1981 and 1990 with a 3D model

Az a tény, hogy a modellezéshez szükséges adatokat rögzített mérőhelyekről nyertük, befolyásolja az interpolálással kapott eredményünk pontosságát. Egy domborzati terepmodell elkészítésénél a felmérés során láthatóak a felszín jellemzői (pl. minimum, maximum helyek), ezért az adatgyűjtés során ezekről a jól meghatározott helyekről vehetünk mintát. Egy korrekt felmérés alapján a valóságot jól közelítő domborzati modellt állíthatunk elő. Feladatunk esetében más a helyzet, ugyanis a kötött helyekről vett mintákról nem tudjuk megállapítani, hogy azok mennyire jellemző értékek (a szélsőérték két állomás között is elhelyezkedhet). Ez érvényes az időjárási adatokra, különösen a csapadék értékeire, ugyanis a hőmérséklet viszonylag homogén eloszlású,

azonban ez a csapadékról nem mondható el. (Pl. zápor formájában egyszerre nagy mennyiség hullik, és ha ez nem esik mérőállomás közelébe, akkor nem is kerül regisztrálásra.) Ezért is fontos, hogy a becslési módszert helyesen válasszuk ki.

Neurális háló (NN)

Az adatok kiértékelésében és megjelenítésében a korábbi kedvező tapasztalatok miatt – a hagyományos (statisztikai) módszerek mellet – neurális hálózatot is alkalmazunk.

Az idegsejt modellezésével az irodalom (Gimesi, 2004b) részletesen foglalkozik, itt csak a lényegét emeljük ki.

Az idegsejt modelljét a 3. ábra (bal oldali részlet) szemlélteti. Az ingerület (i) szinapszisokon keresztül jut el az idegsejtre, ahol az ingerület erősödhet vagy gyengülhet (ennek mértékét egy súlyszámmal w -vel jelöljük), az idegsejt felületén a beérkező ingerületek összegződnek:

$$x = \sum_{j=1}^n i_j w_j$$

Ha az eredő inger (x) eléri a küszöbszintet, akkor kialakul az ingerület (y), amely átadódik a következő idegsejtre. Az idegsejt „átviteli függvénye” $f(x)$, így a kialakult ingerület:

$$y = f\left(\sum_{j=1}^n i_j w_j\right)$$

Az idegsejtekből felépülő egyszerű idegrendszermodellt (neurális hálót) a 3. ábra (jobb oldali részlet) mutatja be.

3. ábra

Az idegsejt és a neurális hálózat modellje

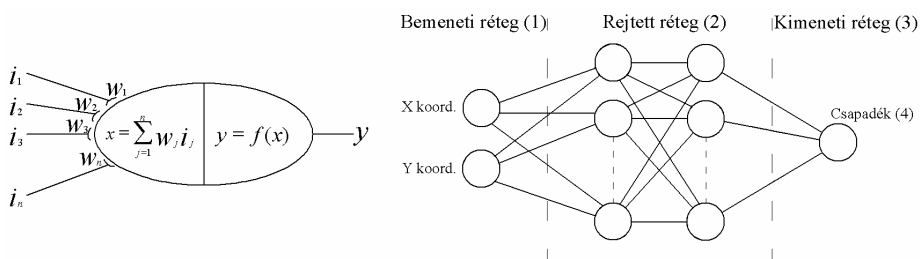


Figure 3: Model of the nerve-cell and neural network

Input layer(1), Hidden layer(2), Output layer(3), Precipitation(4)

Az ingerfelvevő (érzék-) sejtek alkotják a bemeneti (input) réteget. Itt annyi neuron található, ahány bemenő adat (változó) tartozik egy feladathoz. Esetünkben ez az x és y (EOV) koordinátapár.

A következő (rejtett) réteg reprezentálja az idegrendszert, ahol a neuronok a legváltozatosabb módon kapcsolódhatnak össze. E rétegben több alréteg is definiálható. A szükséges neuronok számának meghatározására több elmélet is született. A tapasztalatok azt mutatják,

hogy egzakt módon ez nem határozható meg, ezért a korszerű szimulációs (modellező) programok az alrétegek és a neuronok számát is képesek automatikusan változtatni.

Az ingerekre adott válasz – ahogy az idegrendszerben is – a kimeneten jelenik meg. A kimeneti rétegben (output) annyi neuron van, ahány kimeneti (eredmény) érték. (Jelen feladatban ez a csapadék mennyiségét jelenti.)

Az input neuronról érkező jel a következő szint mindegyik neuronjára rákerül w_j -vel (súlyszámmal) való szorzás után. A neuronra érkező jelek összegződnek, majd az átviteli függvénynek megfelelően megjelennek a neuron kimenetén, innen továbbjutnak a következő réteg (alréteg) neuronjaira megszorozva az összeköttetésre jellemző súlyszámmal. Ez addig folytatódik, amíg a kimeneti réteget el nem érjük. Az output neuronokban csak összegzés történik.

A bonyolultabb modelleknél (ahogy a valóságban is) a kapcsolatok nemcsak a következő réteg neuronjaival alakulhatnak ki, hanem bármelyik rétegben lévővel, sőt visszacsatolás is lehetséges, vagyis a kimeneten megjelenő jel visszajuthat egy előző rétegbe.

A neurális háló használatához – első lépésként – meg kell terveznünk a hálózatot, ezt követően a szimulációs program meghatározza – az ismert adatok (mérési eredmények) alapján – a súlyszámokat (w_j). Ez a tanulási folyamat. (Gimesi, 2004a)

EREDMÉNYEK

Az elemzés folyamán elsősorban a csapadékváltozás tendenciáját illetve a környezetre gyakorolt hatását vizsgáljuk.

Első lépésként a meteorológiai-állomásokon mért összes csapadékmennyiséget, illetve a csapadékos napokra vonatkozó átlagot elemezzük. A mérési adatokat 3D terepmodell segítségével mutatjuk be.

Az éves csapadék mennyiségéből látható, hogy az évek alatt hogy változott az összes csapadék. A csapadékos napokra eső átlagot az éves összes csapadékkal együtt vizsgálva a következő megállapításokra jutottunk: ha az éves mennyiség nem változik, viszont az átlag nő, akkor csökken a csapadékos napok száma, vagyis rövidebb idő alatt több csapadék hullik. A rövid idő alatt hullott nagymennyiségű csapadék nem tud a talajba beszivárogni, így ez kevésbé növeli a talaj vízkészletét, illetve az elfolyó csapadék talajeróziót okozhat.

Abban az esetben, ha az átlag nem változott, viszont nőtt a csapadék mennyisége, akkor több volt a csapadékos napok száma.

Vizsgáljuk a mérési helyeket külön-külön is, ahol nézzük a havi csapadék változásának tendenciáit. A trendeket grafikonokon, a havi mennyiségek éves változását pedig 3D felületmodell segítségével mutatjuk be.

Elemezve az összes csapadék mennyiségi változásának tendenciáját, enyhe csökkenést tapasztalunk (4. ábra), azonban figyelemreméltó a június és a július havi változás tendenciája (5. ábra). Azt tapasztaljuk, hogy amilyen mértékben csökken a június havi csapadékmennyiség, hasonló mértékben emelkedik a júliusi, ami azt jelenti, hogy a csapadékos időszak eltolódik. Ezt jól szemlélteti a 6. ábra, ahol látszik, hogy nemcsak e két hónapra jellemző ez a tendencia. Az ábrán az éves változást havi bontásban 3D felületmodell segítségével ábrázoljuk.

A csapadék havi eloszlásának változása gondot jelenthet a mezőgazdaság számára, mivel a növények életciklusa nem változik. Az elemzésből az is kiderül, hogy a téli hónapokban jelentősen csökken a csapadék mennyisége, ez kisebb hótakarót jelent, ami növelheti a fagykárokat, illetve hóolvadáskor kevesebb csapadék jut a talajba.

A fentiekén kívül elemeztük még a csapadékos szériák (1-7 napos csapadékos időszakok) viselkedését. A Szegeden hullott csapadékmennyiség trendjét vizsgálva (4. ábra) kismértékű csökkenést tapasztalunk. Azonban a szériák vizsgálatakor (7. ábra) azt látjuk, hogy az egy és kétnapos szériák esetében a tendencia jelentős csökkenést mutat, a hosszabb szériák esetében viszont növekedés tapasztalható.

4. ábra

Szegeden mért csapadékváltozás

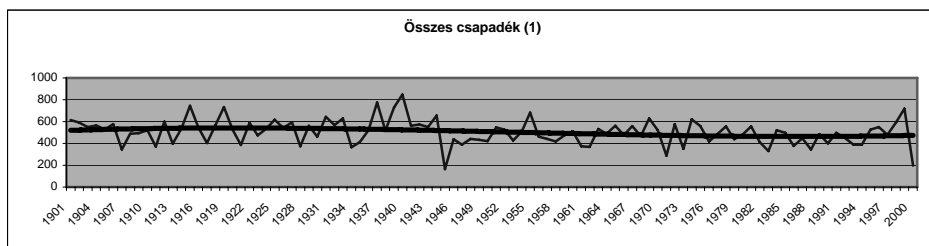


Figure 4: Change of precipitation in Szeged

Total precipitation(1)

5. ábra

Június és július havi csapadékváltozás Szegeden

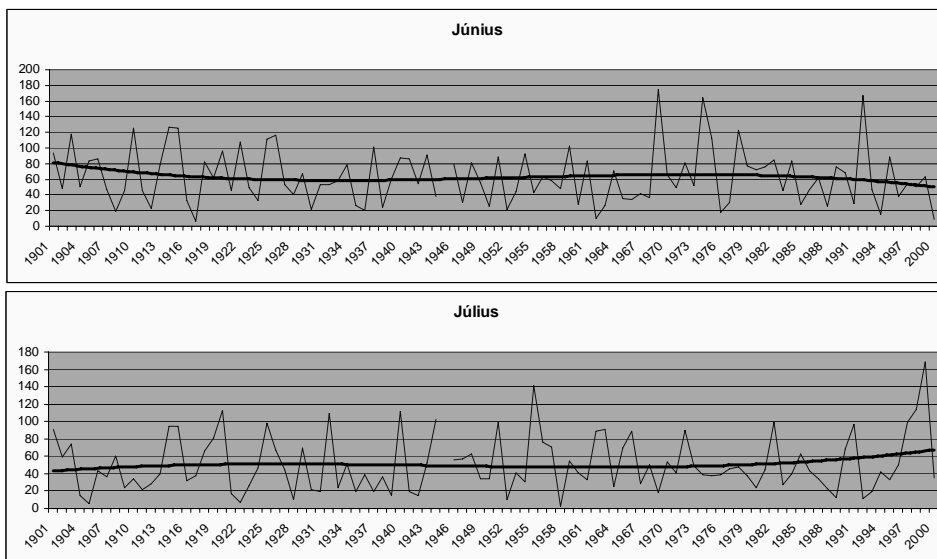


Figure 5: Change of precipitation in Szeged in June and July

6. ábra

Csapadékváltozás havi bontásban Szegeden

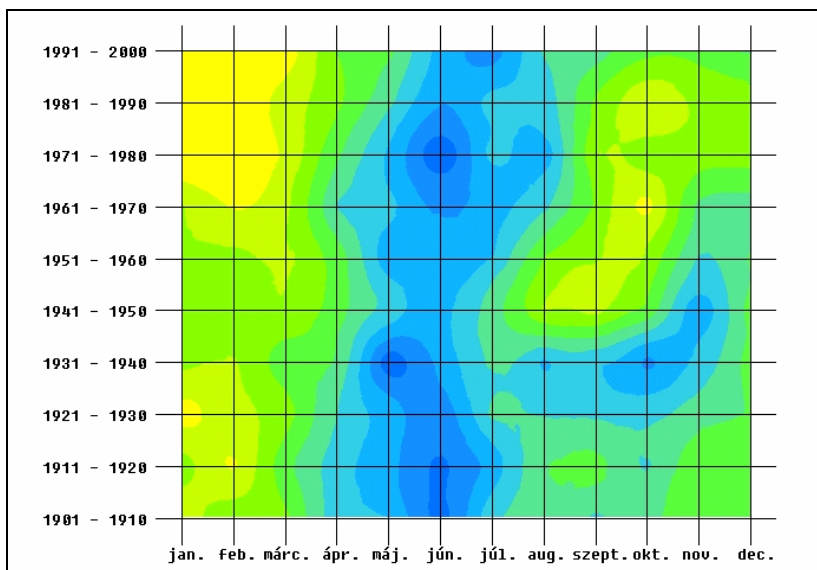


Figure 6: Monthly change of precipitation in Szeged

7. ábra

A szériák változása Szegeden

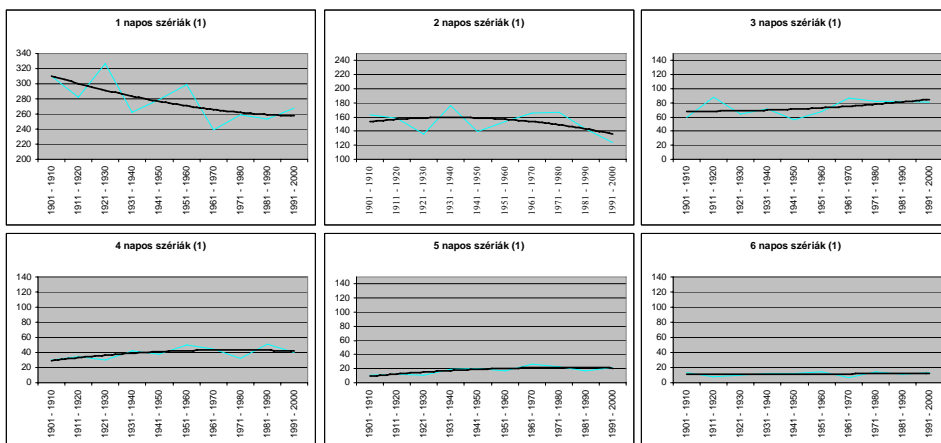


Figure 7: Change of series in Szeged

Number of daily length of series(1)

8. ábra

Csapadékváltozás havi bontásban Debrecenben, krigeléssel

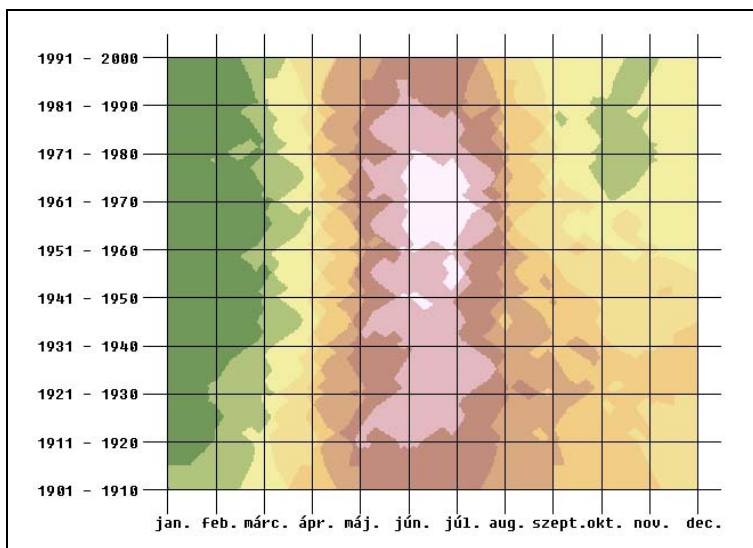


Figure 8: Monthly change of precipitation with Kriging in Debrecen

9. ábra

Csapadékváltozás havi bontásban Debrecenben, neurális hálóval

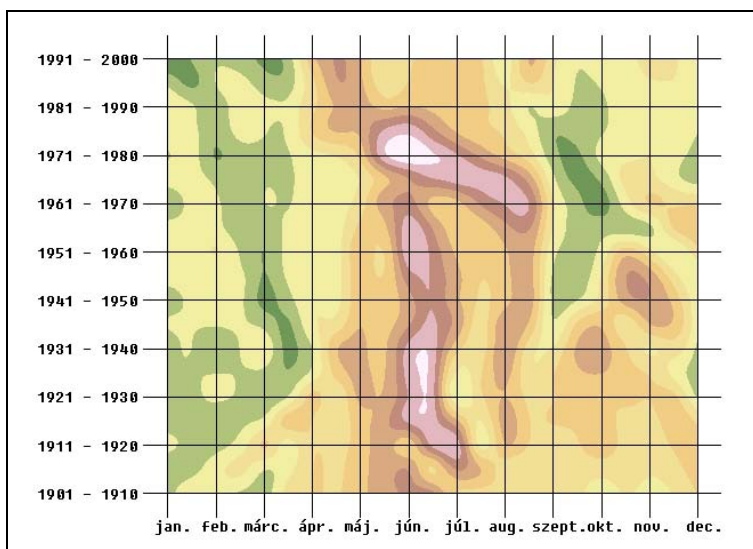


Figure 9: Monthly change of precipitation with neural network in Debrecen

A neurális hálóval végzett interpolálás használhatóságát összehasonlítottuk az ArcView program által használt eljárásokkal (krigelés, spline, inverz távolság), amelyek a geostatistikában általánosságban használt metódusok. Néhány esetet kivéve az eredmények jól közelítették egymást. Azonban, ha jelentős volt a mért értékek szórása (nem volt elég sima a felület), néhány esetben a hagyományos módszerek (elsősorban a krigelés) értékelhetetlen eredményt adtak. Ezt jól mutatja a (8. ábra), ahol látható, hogy a kép teljesen szétesik, így nem tudunk értékelhető információt leolvasni róla. A neurális hálózattal ezt a problémát nem tapasztaltuk (9. ábra).

A neurális háló további előnye, hogy több – az eredményt befolyásoló - bemenő adattal is dolgozhatunk (pl. tengerszint feletti magasság, hőmérséklet, napsütéses órák száma, szélerősség, stb.). A módszer hátránya, hogy a hálózat kialakítása és a tanulási folyamat nagy erőforrást igényel, viszont a felépített (megtanított) neurális háló már nagyon gyorsan működik.

További feladatunk a különböző közeli és távoli meteorológiai események hatásának vizsgálata a csapadékváltozásra, valamint a száraz és csapadékos szériák közötti összefüggések felismerése.

IRODALOM

- Dobi, I., Mika, J., Szeidl, L. (2000). Modelling wet and dry spells with mixture distribution. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 73. 245-156.
- Gimesi, L., Béres, Cs.Z., Bérczi, Sz., Hegyi, S., Cech, V. (2004a). Teaching planetary GIS by constructing its model for the test terrain of the Hunveyor and Hussar. 35th Lunar and Planetary Science Conference. Houston. 1140.
- Gimesi L. (2004b). Neurális hálózatok és térinformatikai alkalmazásuk. *Térinformatika*, 7. 13-15.
- Gimesi L. (2004c). Mesterséges intelligencia alkalmazása a rekultivációban. *Acta Agraria Kaposváriensis, Kaposvári Egyetem*. 8. 3. 1-9.
- Iványi A. (2004). *Informatikai algoritmusok I.* ELTE Eötvös Kiadó : Budapest.
- Korn, G.A., Korn, T.M. (1975). *Matematikai kézikönyv műszakiaknak.* Műszaki Könyvkiadó : Budapest.
- Steiner F. (1990). *A geostatistika alapjai.* Tankönyvkiadó : Budapest.
- Szeidl L., Gimesi L., Markó T. (2005). Időjárás generátor és a sztochasztikus modellezés néhány kérdése; VII. Magyar biometriai és biomatematikai konferencia. Budapesti Corvinus Egyetem.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Gimesi László

PTE TTK Informatika Tanszék,

7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

University of Pécs, Faculty of Science, Department of Informatics,

H-7624 Pécs, Ifjúság u. 6.

Tel., Fax: 36-72-503-697

e-mail: gimesi@ttk.pte.hu