

## INTELLIGENS NEURÁLIS GRID RENDSZER ALKALMAZÁSAI

*Salga Péter, [salga@agr.unideb.hu](mailto:salga@agr.unideb.hu)*

*Herdon Miklós, [herdon@agr.unideb.hu](mailto:herdon@agr.unideb.hu)*

*Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar  
Gazdasági és Agrárinformatikai Tanszék*

### Abstract

The Intelligent Neural GRID (INGRID) is a specific GRID system running artificial intelligence software and capable of solving analogous problems in real time. INGRID also has strong forecasting and classification capabilities. In this architecture the data-input can be in different locations but the evaluation of data is a global process using the shared resources of GRID and analogue processing of Cellular Neural Network. This means the local databases of different regions are evaluated in relationship with each other with an efficient data mining technology. Using pattern-recognition and pattern-analysis, INGRID can give global and local forecasts on analyzed processes.

Potential applications of INGRID technology include applications in the field of phasing enterprise resource planning, more efficient data mining, forecasts of market events, traffic control, knowledge resource sharing, integration of information and visual search. Other application possibilities include meteorology, climatic control, environmental management, pollution and inundation control of rivers.

### 1. Bevezetés

A neurális hálózatok, fuzzy rendszerek, evolúciós algoritmusok és ágensek az intelligens magatartás egy részét képesek csak modellezni és alkalmazásuk korlátozottan lehetséges. De a szándék ugyanaz maradt mint a kezdetekben: egy olyan intelligenciát hozunk létre, ami képes feldolgozni a való-világ feladatait, más néven az analóg problémákat.

A legtöbb emberi agyat modellező alkalmazásnál az elemi egységeknek bináris kimenete van, ezzel szemben a biológiai rendszerek egységei majdnem minden esetben analóg viselkedésűek, az analóg mesterséges rendszerek fejlesztői pedig gyakran elfelejtik, hogy az intelligencia egy hálózati fogalom [1],[2].

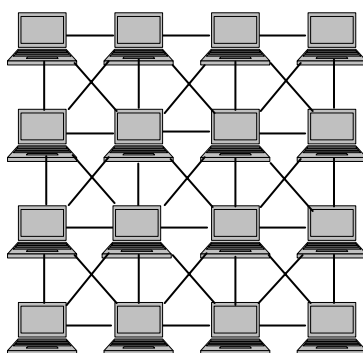
Az INGRID rendszerrel mi analóg egységeket használunk egy speciális GRID rendszerbe kötve. Ez az architektúra meg tudja oldani az analóg problémákat már az egység szintjén is és globálisan is vizsgálja az összefüggéseket. Lehetővé teszi az algoritmikus programozhatóságot és megnöveli a helyi kiértékelések granularitását, miközben óriási számítási kapacitást biztosít.

### 2. Az építőkövek

Az Alap Analóg Rendszer (AAR) úgy lett kialakítva, hogy elegendő tárolókapacitást biztosítson a neurális hálózatok tanítására, fel tudjon dolgozni analóg jeleket és lehetőség legyen többféle neurális hálózati architektúra alkalmazására.

A rendszer programozható egy *API* (application programming interface) felületen keresztül, és egyfajta analóg operációs rendszerként működik. Az AAR első verziója szoftveres formában kerül fejlesztésre, a későbbiekben viszont, a hatékonyság növelése céljából kifejleszthetők speciális hardver komponensek. A fő szempontok: beépített felhasználói felület, felhasználóbarát kommunikáció, valamint az analóg eszközök könnyű installációja.

Az AAR hálózat szerkezete hasonló a celluláris neurális hálózathoz (CNN), ugyanis minden AAR egység a GRIDben csak a szomszédos AAR egységekkel van összekötésben, viszont a közvetlenül nem összekötött AAR egységek is hatnak egymásra indirekt módon a hálózat dinamikus terjedési effektusa révén [3].



1. ábra

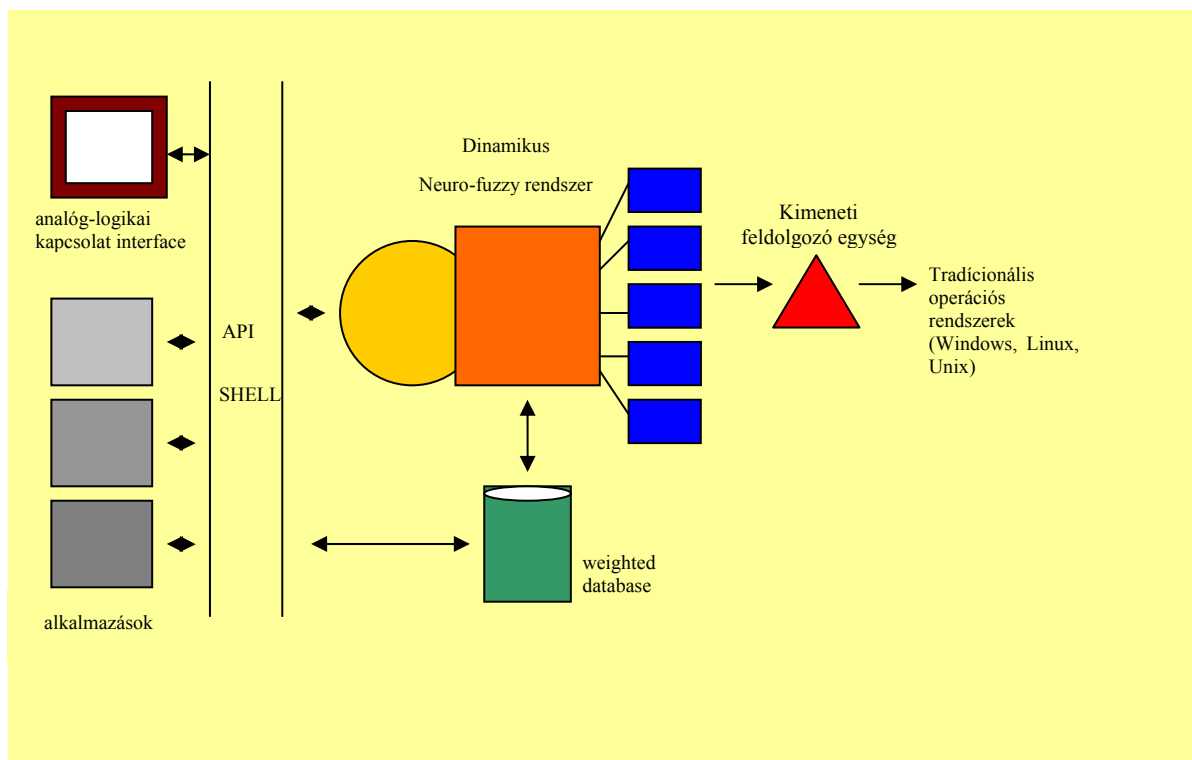
2-dimenziós  $4 \times 4$  INGRID hálózati séma. A számítógépek PC-k, amelyeken az Alap Analóg rendszer fut. A kapcsolatok a számítógépek között azt jelölik, hogy közvetlen interakció van az összekötött AAR rendszerek között.

A  $4 \times 4$  INGRID rendszer egy kétdimenziós példája látható az 1. ábrán. Az  $M \times N$  GRID  $M \times N$  AAR egységet tartalmaz  $M$  sorban  $N$  oszlopban. Az  $i$ -edik sorban és a  $j$ -edik oszlopban található AAR-t  $C(i, j)$ -vel jelöljük. A  $C(i, j)$  AAR  $r$ -szomszédsága egy INGRID rendszerben a következőképpen definiálható:

$$N_r(i, j) = \{C(k, l) \mid \max\{|k - i|, |l - j|\} \leq r, 1 \leq k \leq M, 1 \leq l \leq N\}$$

Az AAR legnagyobb előnye, hogy dinamikusan tud kapcsolódni más AAR rendszerekhez külső beavatkozás nélkül, így a GRID struktúrája nem kell hogy feltétlenül rektanguláris legyen és az elemek száma is változhat időben. Felhasználva az INGRID ezt a képességét egy jó kiindulási pont lehet a dinamikus progresszív hálózatok fejlesztése felé, mely a hálózati technológia egy nagyon fontos iránya.

Az INGRID rendszer működését alapvetően meghatározzák az egységek súlyozott kapcsolatai, amit a súly mátrix segítségével tudunk definiálni [4]. Másik előnye a rendszernek, hogy képes megváltoztatni szomszédsági viszonyait, vagyis a GRID mintázatát, így az adott probléma megoldása szempontjából legalkalmasabb mintázatot válassza ki. Például át tudjuk konvertálni a 1-es szomszédsági viszonyt 2-es, 3-as vagy 4-es szomszédsági viszonyra és a  $C(i, j)$  AAR-ek nem mindig kapcsolódnak közvetlenül az öt körülvevő egységekhez.



2. ábra

### Az Alap Analóg Rendszer szerkezete

A 2. ábra az AAR szerkezetét mutatja. Az analóg rendszer magja dinamikusan generált ágenseket tartalmaz, amelyek meghatározott jogokkal tudják használni az AAR erőforrásait. Amikor az ágenseket installáljuk generáljuk a neurális háló típusokat, fuzzy függvényeket és más algoritmusokat. Az alkalmazások az API (Application Programming Interface) felületen keresztül kapcsolódnak az AAR rendszerhez és a felhasználók ilyen módon programokat fejleszthetnek, amelyek az API parancsok hívásával kommunikálni tudnak az analóg feldolgozókkal. Az analóg logikai kapcsolati interfész egy ilyen nagy prioritású alkalmazás, amely a többi AAR-hez történő kapcsolódásért és információcseréért felelős.

A rendszer adatai súlyozott formában tárolódnak, ami azt jelenti, hogy az egyes adatokhoz prioritás rendelhető, ami az INGRID rendszer mintafelismerési algoritmusaihoz elengedhetetlenül szükséges.

Az AAR tartalmaz egy kimeneti feldolgozó egységet is, amelynek több funkciója van, például az analóg szignálok digitalizációja és segíti a felhasználói interakciót is. A fejlesztői környezet folytán az AAR hordozható, így különböző PC operációs rendszereken, de a nagygépes környezetben is fut.

### 3. Az INGRID rendszer stabilitása

A rendszer szoftveres implementációjában CNN-operátorokat és tulajdonságokat használtunk, úgy mint feszültség, kondenzátor, feszültség-kontrollált áramforrás. A legutóbbi nemlineáris karakterisztikája szigmoid típusú:

$$f(v) = \frac{1}{2} [|v+1| - |v-1|].$$

Az ARR egység áramköri egyenleteit a következőképpen írhatjuk le:

Állapot egyenlet:

$$C \frac{dv_{xij}(t)}{dt} = -\frac{1}{R_x} v_{xij}(t) + \sum_{C(k,l) \in N_r(i,j)} A(i,j;k,l) v_{ykl}(t) + \sum_{C(k,l) \in N_r(i,j)} B(i,j;k,l) v_{ukl} + I, 1 \leq i \leq M; 1 \leq j \leq N.$$

Kimeneti egyenlet:

$$v_{yij}(t) = \frac{1}{2} (|v_{xij}(t) + 1| - |v_{xij}(t) - 1|), 1 \leq i \leq M; 1 \leq j \leq N$$

Bemeneti egyenlet:

$$v_{uij} = E_{ij}, \quad 1 \leq i \leq M; 1 \leq j \leq N$$

Kényszerfeltételek:

$$|v_{xij}(0)| \leq 1, \quad 1 \leq i \leq M; 1 \leq j \leq N, \quad |v_{uij}| \leq 1, \quad 1 \leq i \leq M; 1 \leq j \leq N.$$

Ahol  $C$  lineáris kondenzátor,  $R_x$  lineáris ellenállás,  $I$  független áramforrás. Az  $u$ ,  $x$  és  $y$  indexek a bemeneti, állapot és kimeneti változókat jelölik (például  $v_{uij}$  a  $C(i,j)$  AAR egység bementi feszültsége). A lineáris feszültség-kontrollált áramforrások karakterisztikája leírható az  $A(i,j;k,l)v_{ykl}$  és  $B(i,j;k,l)v_{ukl}$  függvényekkel [3].

Meg lehet mutatni, hogy az INGRID rendszer tér-invariáns vagyis  $A(i,j;k,l)$  kifejezhető  $A(k-i, l-j)$  -ként is, valamint a rendszer nulla kontroll operátor ( $B(i,j;k,l)=0$ ) és nemnulla visszacsatolási operátor ( $A(i,j;k,l) \neq 0$ ) esetén mindig bekerül egy stabil egyensúlyi pontba.

#### 4. Az INGRID hálózat

A CNN-UM új számítástechnikai paradigma (*analogikus CNN Universal Machine* vagy *CNN Computer*), ami tér-időbeli számításokon alapul. Ezek a számítások időben folyamatosan egy lokálisan összekapcsolt processzor tömbön futnak, amely egy térben diszkrét reguláris gridre van integrálva VLSI technológia segítségével [5],[6],[7].

Az INGRID architektúra egy CNN-UM AAR processzorokkal. Az AAR-ek hagyományos számítógépeken, pl. PC-ken futnak és a helyi hálózat vagy az Internet biztosítja a kapcsolatot közöttük. Az ARR képes kapcsolatot teremteni a többi AAR-rel kifejlesztve egy nagyléptékű CNN-UM hálózatot. Az egységek GRID szoftverrel vannak összekapcsolva, amely lehetővé teszi, hogy az időigényes számítási feladatokat elosztott módon hajtsa végre a rendszer.

Az analóg tér-időbeli dinamika lokális és globális logikával kombinálódott a rendszerben hasonlóan a CNN-UMhez. Ez az analogikus tömb-számítás tárolt programok segítségével történik. A kapcsolat a számítógépek között természetesen sokkal lassabb, mint a VLSI processzorgrid esetén, de a fő előnye az INGRID-nek, hogy a térbelileg elszigetelt adatokat szimultán módon képes feldolgozni. A számítógépek elhelyezkedhetnek a vállalkozás különböző telephelyein vagy a Föld különböző kontinensein és küldeni tudják az előfeldolgozott adatokat egymásnak. A hálózat rendelkezik az elosztott rendszerek azon tulajdonságával, hogy nincsen központi eleme, így nincsen legnagyobb prioritással rendelkező szerver vagy cluster a hálózatban.

Az analóg-logikai algoritmusok számára a legtesthezállobb feladat a mintafelismerés, mintaanalízis és osztályozás. Az INGRID ezeket hihetetlenül hatékonyan képes végezni, mivel az adatokat lokálisan és globálisan is elemzi és a hátérben egy GRID hatalmas számítási és tárolási kapacitása áll.

## 5. Az INGRID architektúra lehetséges implementációi

### 5.1. Hierarchikus Szakértői Rendszer

Egy vállalkozás hatékonysága a működési paramétereitől függ. Egy jó szakértő tanácsot tud adni a termelés hatékonyságának növelésére néhány fontos adat alapján. Nyilvánvalóan ez a vállalat összes paraméterétől függ, és ha ismernénk minden feltételt, akkor majdnem tökéletesen meg tudnánk határozni a hatékonyságot. A szakértő fejében a bonyolult matematikai egyenletek és formulák helyett egy egyszerű következtetési lánc kristályosodott ki. Az INGRID rendszer a szakértő gondolkodásmódjához hasonló optimalizációs eljárásokkal gyorsítja a „gondolkodási folyamatot”.

Néhány AAR kapcsolódni tud a Vállalatirányítási Rendszer adatbázisához és képes kinyerni a használható információt a további analízisre. A szoftver egy szakértői rendszerként funkcionál, de a telepített mesterséges intelligencia eszközöket a vállalati tevékenység számos más részén hasznosítani tudják.

A vállalkozás számítógépein AAR szoftverek futnak és az INGRID rendszer egységeinek tekinthetjük őket. Az architektúra lehetővé teszi az analóg-logikai programok futását és az analogikus tömbszámításokat minden szinten:

- Adatfeldolgozás (hibadetektálás, az adatfeldolgozás gyorsítása)
- Kiértékelés (a szabályok optimalizálása, a kiértékelés gyorsítása)
- Általános analízis (a paraméterek folyamatos figyelése és változásainak végigkövetése)

A rendszer képes lehet megtalálni a csökkent termelékenység okait, mivel a legextrémebb analóg szignálokat is képes feldolgozni. Például kamerákat lehet installálni, amelyeket AAR szoftverek felügyelnek és a mozgást vizsgálják az üzemben és kiértékelik a viszonyukat a gyártás hatékonyságához.

Az emberi gondolkodáshoz hasonló módon a rendszer a folyamatokat minták alapján elemzi. A hierarchikus terminus azt jelzi, hogy az adatok súlyozott, hierarchikus formában tárolódnak az adatbázisban, ugyanis fontos tudni, hogy ki hozott meg egy döntést – egy raktáros, egy középvezető vagy az AAR, amely a Vállalatirányítási Rendszer adatait értékeli.

### 5.2. Tőzsdeindex jósló szoftver

A program folyamatosan figyeli a világ főbb tőzsdéinek indexeit, gazdasági adatait és becsléseket, jóslásokat ad egy adott időintervallumra. A szomszédsági viszonyokat is vizsgálja a rendszer, amelyek az egyes indexek más indexekre történő hatása alapján térképeződnek fel, ez nagy segítséget nyújt a globális becslő folyamatban. Fontos része a programnak a kiértékelő program, amely meghatározza a különbséget a jóslott és a valós adatok között és statisztikákat készít erről. Ezenkívül egy visszacsatolási mechanizmus révén az AAR rendszerek súlyait is befolyásolni tudja.

### 5.3. Az INGRID architektúra más lehetséges alkalmazásai

Az INGRID technológia potenciális alkalmazási lehetőségei lehetnek a termelésütemezés, adatbányászat, piaci események előrejelzése, forgalomirányítás, tudás-menedzsment, információintegrálás, vizuális keresés, meteorológiai előrejelzés, klímaváltozás vizsgálata, környezet-menedzsment, folyók szennyeződés és vízszint paramétereinek előrejelzése

## **6. Összefoglalás**

Az INGRID technológia egy új CNN paradigma több innovációval:

- Alap Analóg Rendszer program
- Új ötletek a számítógépek közötti dinamikus hálózati kapcsolat kialakítására
- A számítógépek egy CNN processzorainak tekinthetők
- Az analóg információ hierarchikus súlyozása

Az INGRID technológia alkalmazási lehetőségei határtalanok, és egy új gondolkodási módot teremthet meg a mesterséges intelligenciában.

## **Irodalomjegyzék**

- [1] J. J. Hopfield and D. W. Tank: Computing with neural circuits: A model, Science (USA), v. 233, 4764, 1986.
- [2] J. J. Hopfield: Neural networks and physical systems PNAS USA, vol. 79, 1982.
- [3] L. O. Chua, L. Yang: Cellular Neural Networks: Theory, IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 35, 10, 1988.
- [4] A. G. Radványi: On the rectangular GRID representation of general CNN networks
- [5] T. Roska, L. O. Chua: The CNN Universal Machine: An Analogic Array Computer, IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 40, 3, 1988.
- [6] L. O. Chua, T. Roska: The CNN Paradigm, IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 40, 3, 1988.
- [7] [http:// lab.analogic.sztaki.hu](http://lab.analogic.sztaki.hu)