

## Szakmai beszámoló

Kutatásaink öt fő területre csoportosíthatók : automataelméleti kutatások, formális nyelvészeti kutatások, logikai kutatások, új elvű számítási modellek kutatása, egyéb kutatások.

### 1. Automataelméleti kutatások

Monográfiában foglaltuk össze a véges automata hálózatok elméletének alapvető eredményeit [5]. A monográfiában a szakirodalmi eredmények összefoglalása mellett további új eredményeket is sikerült elérni. Jellemeztük az irányított gráfok és automata hálózatok kapcsolatát. Új bizonyítását adtuk a Krohn-Rhodes tételnek. Jellemeztük a fél-Leticsevszkij kritériumnak eleget tevő, valamint a Leticsevszkij kritérium nélküli automata hálózatokat. Jellemeztük a véges állapot homogén automata hálózatok és az aszinkron automata hálózatok számítási kapacitását [5]. Megadtuk a Leticsevszkij kritérium nélküli automata-hálózatok egy új jellemzését [37]. Vizsgáltuk az automaták algebrai felbontásának alkalmazásait különböző területeken. Komputer algebrai alkalmazáshoz olyan heterogén reprezentációt adtunk a számok ábrázolására, melynek segítségével gyors összeadási és szorzási algoritmusok implementálhatók. Biológiai alkalmazáshoz egyszerű példákon demonstráltuk a hierarchikus felbontás használatosságát hierarchikus biológiai hálózatok feltérképezésére mind biokémiai, mind pedig génszabályozási hálózatok esetén. Modellezés alkalmazásához feltártuk a Petri hálóokban rejlő algebrai struktúrák függőségét különböző interpretációknál [26]. Megadtunk bizonyos szimbólum osztályokkal ellátott többszalagos automatákat, melyek a szövegbányászatban jól alkalmazhatónak bizonyultak [21]. Elkészítettünk egy véges automata alapú titkosítási rendszert. A rendszer tulajdonságai lehetővé teszik a mikroméretű megvalósítást, s egyéb előnyök mellett a rendszer jól alkalmazhatónak tűnik a digitális műsorszórásban [25].

### 2. Formális nyelvészeti kutatások

Vizsgáltuk a szavak kombinatorikai és algoritmikus tulajdonságai kapcsolatát. A nemprimitív szavak szétszórt rész-szó bonyolultságának kutatásánál a következő eredményeket értük el: Minden nem primitív "w" és egymástól páronként különböző betűkből álló n hosszú "u" esetén "u"-nak legalább  $2^n - n$  különböző permutációja megtalálható "w"-ben. Tetszőleges "w"<sup>n</sup> nem primitív szóban egy "ab" kétbetűs szó valamint fordítottja ("ba") előfordulásainak aránya nagyobb vagy egyenlő mint  $(n-1)/(n+1)$  és kisebb vagy egyenlő mint  $(n+1)/(n-1)$ . Megmutattuk azt is, hogy ezek a határok pontosak, azaz az egyenlőtlenség egyenlőséggé alakul, amennyiben "w" alakja "a<sup>+</sup>b<sup>+</sup>", illetve "b<sup>+</sup>a<sup>+</sup>". Ezenfelül bebizonyítottuk, hogy az említett arány 1-el egyenlő amennyiben "w" palindroma, de ennek fordítottja nem áll fenn. Adtunk egy pontos felső határt tetszőleges "w"<sup>n</sup> és "u" szavak esetén "u"-nak "w"<sup>n</sup>-ben való előfordulásainak számára. Igazoltuk a következő tételt is : vegyünk két "P,Q" szóhalmazt úgy, hogy az egy halmazban levő szavak egymás permutációi, valamint két "w,z" szót amelyek egyforma hosszúak és ugyanazon betűk fordulnak elő bennük (nem feltétlenül ugyanannyiszor). Ekkor belátható, hogy "u" eleme P<sup>n</sup> és "v" eleme Q<sup>n</sup> szavak esetén "w" szó "u"-ban való előfordulásainak száma törve "z" szó "v"-ben való előfordulásainak számával határértéke (n tart a végtelenbe) csak "w" és "z" szavak Parikh-vektorától függ, a betűk sorrendjétől nem. Bemutattuk a tétel két alkalmazását, s kimutattuk egy tesztről, hogy a szavak primitivitásának eldöntésére nem alkalmas [40]. Sikerült újabb, viszonylag egyszerű bizonyítást adni a jól ismert Lyndon–Schützenberger tételre, mely szerint a szavak feletti  $a^n b^n = c^n$  azonosságnak

csupán triviális megoldásai lehetnek [9]. Új bizonyítást adtunk a Shyr-Yu tételre is, mely szerint tetszőleges egymástól különböző nem-primitív  $p, q$  szavak esetén a  $p^+q^+$  nyelvben legfeljebb egy nemprimitív szó fordulhat elő [39]. Két elemi bizonyítást adtunk annak a jól ismert ténynek az igazolására, hogy egy nemtriviális ábécé feletti primitív szavak nyelve nem reguláris [2]. Általánosítottuk a szavak primitivitásának, illetve periodicitásának fogalmát, s megadtuk, hogy melyek azok a Marcus nyelvtanok, amelyek az adott típusú szavakból álló nyelveket képesek generálni [10]. Sikerült találni egy iterációs lemmát azon környezetfüggetlen nyelvekre, melyek nem lineárisak [11]. Definiáltuk a környezetfüggő nyelvekhez a legalacsonyabb levezetést, valamint egy új automata típust, az árnyék-verem automatát és vizsgáltuk ezek tulajdonságait [14,18]. A contextuális sztringnyelvek általánosításaként bevezettük a hypergráf contextuális nyelvek és nyelvtanok fogalmát [13], továbbá vizsgáltuk a gráfokkal programozott nyelvtanok (programmed grammars) generáló erejét a gráf tulajdonságainak függvényében [9]. Ezen vizsgálat során több univerzális és több korlátozott erejű modellt találtunk. [6] -ban a non-erasing típusú \*-minta (star-pattern) nyelvek ekvivalencia problémájáról van szó. Ezekben a nyelvekben a változók helyett csak nem 0 hosszúságú sztringeket helyettesíthetünk, és a Kleene-\* műveletet is használhatjuk. (Az ilyen kiterjesztett reguláris kifejezések több programnyelvben is fontos szerepet játszanak.) Néhány érdekes tartalmazási és ekvivalencia problémát dolgoztunk fel, mely közelebb vihet az általános probléma megoldásához. A \*-mintával megadható nyelvek sokban hasonlítanak az uniómentes reguláris nyelvekhez (amelyeket olyan reguláris kifejezésekkel adhatunk meg, ami nem tartalmaz unió műveletet). [16]-ban ezen uniómentes reguláris nyelvek karakterizációját adjuk meg automaták segítségével. Az uniómentes nyelvek pontosan azok, amelyek felismerhetőek olyan véges automatákkal amelyekben minden állapotra pontosan egy körmentes elfogadó út van. Értelmeztük és vizsgáltuk formális nyelvek különböző távolságait. Nyelvek szimmetrikus differenciája alapján, szomszédsági viszonyt definiáltunk nyelveken, ez alapján is mértünk távolságot, valamint jól ismert szótávolságokat is felhasználva [19].

### **3. Logikai kutatások**

Logikai kutatásainkban [24] a különféle logikai kalkulusok és valamely levezetési rendszer szabályai szerint megadott levezetések kapcsolatait, s a különféle kalkulusok normalizálhatósági tulajdonságait vizsgáltuk. Leírtuk a  $\lambda$ -kalkulus klasszikus logikának megfelelő bővített változatait a normalizálhatóság kérdésköre szempontjából [24]. A Parigot féle  $\lambda$ - $\mu$ -kalkulus szimmetrikus változatának típusmentes részéhez, találtunk az erős normalizálhatóságra újabb bizonyítást [24]. Találtunk egy bizonyítást a  $\lambda$ - $\mu$ - $\mu'$ - $\rho$ -kalkulus gyenge normalizálhatóságára is [24]. További eredmény a  $\lambda$ - $\mu$ - $\rho$ -kalkulus redukciós sorozatainak hosszára egy felső becslés megtalálása [24].

### **4. Új elvű számítási modellek kutatása**

Új elvű számítási kutatásainkban az intervallum-értékű számításokat, mint új számítási modellt írtuk le, ahol az információsűrűség nincs korlátozva [29]. Ebben a modellben P-space teljes problémát oldottunk meg lineáris számítással, illetve igazoltuk, hogy speciális formájú számításokkal éppen a P-space problémaosztály számítható ki. Bemutattuk továbbá az intervallumértékű számításokat mint vizuális

algoritmusokat, s ennek kapcsán, egy temporális logikai rendszer is ismertetésre került [29]. Megadtuk kontextuális gráfnyelvtanok segítségével Boole áramkörök összerakásának egy szimulációját (annak alapján, ahogy DNS számításokkal is történik ez) [28]. Mindemellett tanulmányoztuk a kontextuális gráfnyelvtanok nyelvészeti alkalmazását fa-kapcsoló nyelvtanok szimulálásánál [30]. Vizsgáltuk a párhuzamosság megjelenési formáit a klasszikus számításokban (mesterséges és kiszámíthatósági intelligencia algoritmusokban) [8]. Elvégeztük a membrán-számítások formális modelljeinek és a grafikus operációs rendszereknek egy összehasonlítását [23]. Példát mutattunk az intervallum-értékű logika alapú diagrammikus érvelési módokra [15], s megoldottuk a lineáris intervallum-értékű számításokkal PSPACE-teljes problémát, a QSAT-ot [20]. A lineáris nyelveket és speciális részosztályait, mint pl. a fix-fokú lineáris nyelveket 2-fejű (Watson-Crick) automatákkal fogadtuk el [35]. A bevezetett automaták által felismert nyelvosztályok és a klasszikus nyelvosztályok kapcsolatait is elemeztük.

## 5. Egyéb kutatások

Különböző módszerekkel közelítettük az Euklideszi kört [19] szomszédsági sorozatokat felhasználva: kerület-, terület-, illetve kompaktság alapú közelítésekhez táblázatot is megadtunk, melynek segítségével könnyen implementálhatóak az eredményeink. Digitális távolság alapján értelmezett szakaszokat, köröket, hiperbolákat és parabolákat is vizsgáltunk a négyzetrácson [32]. [27]-ben olyan kétszemélyes játékokat tekintettünk, amikben a véletlen is szerepet játszik, kiértékelő módszert adtunk és vágásokkal gyorsítottuk a kiértékelést.

## Irodalomjegyzék

- [1] Dömösi, Pál; Horváth, Géza: *On products of primitive words*, Automata and formal languages, 112--121, Univ. Szeged. Inst. Inform., Szeged, 2005
- [2] Dömösi, Pál; Horváth, Géza: *The language of primitive words is not regular: two simple proofs*, Bull. Eur. Assoc. Theor. Comput. Sci. EATCS No. 87, 191--197, 2005
- [3] Dömösi, Pál; Kudlek, Manfred: *New iteration lemmata for regular languages*, Fund. Inform. 64, no. 1-4, 151--157, 2005
- [4] Dömösi, Pál; Martin-Vide, Carlos; Mateescu, Alexandru: *On polyslender context-free languages*, Publ. Math. Debrecen 66, no. 1-2, 1--15., 2005
- [5] Dömösi, Pál; Nehaniv, Chrystopher L.: *Algebraic theory of automata networks. An introduction.*, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, 11, SIAM, Philadelphia, PA, 2005
- [6] Nagy, Benedek: *On the language equivalence of NE star-patterns*, Inf. Proc. Let. 95, 396-400, 2005

- [7] Barbaiani, M.;Bibire, C.;Dassow, J.;Delaney, A.;Fazekas, Sz;Ionescu, M.;Liu, G;Lodhi,A; Nagy,B.: *The power of programmed grammars with graphs from various classes*, JAMC 22, 21-38, 2006
- [8] Dediu,Adrian-Horia;Klempien-Hinrichs,Renate;Kreowski,Hans-Jörg;Nagy,Benedek: *Contextual Hypergraph Grammars - A New Approach to the Generation of Hypergraph Languages*, DLT 2006, Santa Barbara, CA, USA, LNCS 4036, 327-338, 2006
- [9] Dömösi, Pál; Horváth, Géza: *Alternative proof of the Lyndon-Schützenberger theorem*, Theoret. Comput. Sci. 366 (2006), no. 3, 194--198, 2006
- [10] Dömösi, Pál; Horváth, Géza; Ito, Masami; Shikishima-Tsuji, Kayoko: *Some periodicity of words and Marcus contextual grammars*, Vietnam J. Math. 34, no. 4, 381--387, 2006
- [11] Horváth,Géza: *New Pumping Lemma for Non-Linear Context-Free Languages*, Proceedings of the 9th Symposium on Algebras, Languages and Computation, Shimane University, 160-163, 2006
- [12] Kudlek,Manfred; Nagy,Benedek: *On Distances of Languages*, Pure Mathematics and Applications - P.U.M.A. 17 (2006), 349-357, 2006
- [13] Nagy, Benedek: *Geometry of neighborhood sequences in hexagonal grid*, DGCI 2006, Szeged, Hungary, LNCS 4245, 53-64, 2006
- [14] Nagy, Benedek: *Shadow-Pushdown Automata*, WSEAS Trans. Comp. 5/11, 2565-2570, 2006
- [15] Nagy,Benedek: *Reasoning by Intervals*, Diagrams 2006, Fourth Int. Conf. on the Theory and Application of Diagrams, Stanford, CA, USA, 145-147. (LNCS-LNAI 4045), 2006
- [16] Nagy,Benedek: *Union-free languages and 1-cycle-free-path-automata*, Publ. Math. Debrecen 68, 183-197, 2006
- [17] Nagy,Benedek: *On the Notion of Parallelism in Artificial and Computational Intelligence*, Proc. 7th Int. Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, Hungary, 533-541., 2006
- [18] Nagy,Benedek: *Left-most derivation and shadow-pushdown automata for context-sensitive languages*, Proceedings of the 10th WSEAS Int. Conf.on Computers, Athens, Greece, 962-967, 2006
- [19] Nagy,Benedek;Strand,Robin: *Approximating Euclidean Distance Using Distances based on Neighbourhood Sequences in Non-Standard Three-Dimensional Grids*, IWCIA 2006, 11th Int. Workshop on Combinatorial Image Analysis, Berlin, Germany, LNCS 4040, 89-100, 2006

- [20] Nagy,Benedek;Vályi,Sándor: *Solving a PSPACE-complete problem by a linear interval-valued computation*, CiE 2006 Computability in Europe 2006: Logical Approaches to Computational Barriers, University of Wales Swansea, UK, 216-225, 2006
- [21] Nicart,F.;Champarnaud,J.-M.;Csáki,T.;Gaál,T.; Kempe,A.: *Multi-tape Automata with Symbol Classes*, Proc. IAA'2006, LNCS 4004, 126-136, 2006
- [22] Strand, R.;Nagy, B.;Fouard, C.; Borgefors,G.: *Generating Distance Maps with Neighbourhood Sequences*, DGCI 2006, Szeged, Hungary, LNCS 4245, 295-307, 2006
- [23] Szegedi,L.;Nagy, B.: *Membrane computing and graphical operating systems*, JUCS 12/9, 1312-1331, 2006
- [24] Battyányi, Péter: *Normalization properties of symmetric logical calculi*, PhD dissertation, Université de Savoie, Chambéry, 2007
- [25] Dömösi, Pál: *Symmetric key cryptographic method and apparatus for information encryption and decryption*, agyar Szabadalmi Hivatal, Nemzetközi PCT szabadalmi bejelentés, PCT/HU0700008, 2007
- [26] Egri-Nagy,Attila;Nehaniv,Chrystoper,L.: *Finite residue class rings of integers modulo n from the viewpoint of global semigroup theory*, Semigroups and formal languages, World Scientific,66-83, 2007
- [27] Melkó,Ervin; Nagy,Benedek: *Optimal strategy in games with chance nodes*, Acta Cybernetica, 18/2, 171-192, 2007
- [28] Nagy, Benedek & Dediu, Adrian-Horia: *Self-assembling tilings of Boolean tree-like circuits modeled by contextual, etc.*, NSIP2007, IEEE, Bucharest, 150-153., 2007
- [29] Nagy, Benedek & Vályi, Sándor: *Visual reasoning by generalized interval-values and*, Workshop on Visual Languages and Logic, - VL/HCC 07, IEEE Symposium, 2007
- [30] Nagy, Benedek; Dediu, Adrian-Horia: *Computing Trees with Contextual Hypergraph*, ForLing2007-FCT2007, Budapest, Hungary, 39-53., 2007
- [31] Nagy, Benedek; Dediu, Adrian-Horia: *Self-assembling tilings of Boolean tree-like circuit modeled by contextual hypergraph grammars*, NSIP2007, IEEE, Bucharest, 150-153, 2007
- [32] Nagy,Benedek;Orosz, Ágota: *Simple digital objects on  $Z^2$* , ICAI 2007, 7th International Conference on Applied Informatics, Eger, Hungary, volume I. 139-146, 2007
- [33] Nicart, Florent; Champarnaud, Jean-Marc; Csáki, Tibor; Gaál, Tamás; Kempe, André: *Labelling multi-tape automata with constrained symbol classes*, Internat. J. Found. Comput. Sci. 18, no. 4, 847--858., 2007

- [34] Dömösi, Pál; Ito, Masami; Marcus, Solomon: *Marcus contextual languages consisting of primitive words*, Discrete Math. 308, no. 21, 4877--4881, 2008
- [35] Nagy, Benedek: *On 5'->3' sensing Watson-Crick finite automata*, DNA 13, Lecture Notes in Computer Science - LNCS 4848, 256-262, 2008
- [36] Nagy, Benedek; Vályi, Sándor: *Interval-valued computations and their connection with PSPACE*, Theoret. Comput. Sci. 394/3, 208-222, 2008
- [37] Dömösi, Pál: *Automata Networks without any Letichevsky Criteria*, Kiadvány Gécseg Ferenc akadémikus 70. születésnapja alkalmából, Univ. Szeged. Inst. Inform., Szeged, 2009
- [38] Dömösi, Pál: *A Novel Stream Cipher Based on Finite Automata without Outputs*, AFLAS 2008, International Workshop on Automata, Formal Languages and Algebraic Systems, megjelenés alatt, 2009
- [39] Dömösi, Pál; Horváth, Géza; Vuillon, Laurent: *On the Shyr-Yu Theorem*, Theoret. Comput. Sci., közlésre elfogadva, 2009
- [40] Szilárd Fazekas and Benedek Nagy: *Scattered subword complexity of non-primitive words*, Journal of Automata, Languages and Combinatorics - JALC, közlésre elfogadva, 2009