

# AZ ÍRÁSOK MINT SAJÁTOS MINTARENDSZEREK EVOLÚCIÓJA

HOSSZÚ GÁBOR

**KIVONAT:** Az írás fogalmának általánosítása a mintarendszer, amely szimbólumokból, szintaxisból és elrendezési szabályokból áll. Egy írás szintaktikai szabályaival készült betűsornak a szimbólumszekvencia, egy íráshordozón lévő, feliratként értelmezhető jelek halmazának a jelszekvencia felel meg. Az időbeli evolúciót mutató, szimbólumok sorozatait eredményező mintarendszerek vizsgálata során a matematikai modellezés különböző lehetőségei kerültek alkalmazásra az időben változó tulajdonságok leírására. Ezek alapján a biológiai evolúció fogalmai alkalmazhatók a mintarendszerek evolúciójának leírására. Az evolúció egyik formája a hibridizáció, ez megfigyelhető a rovásírások kialakulásánál, amikor bizonyos esetekben az átvett grafémák alakját korábbról ismert taggák alakjával helyettesítették.

**KULCSSZAVAK:** elődanalízis, írásinformatika, mintaevolúció, mintarendszer, fenetika, filogenetika, rovásírások, tamga

---

## Bevezetés

A mintaevolúció vizsgálata egy alkalmazott informatikai tudományterület, amely az időbeli evolúciót mutató mintarendszerek kutatásával foglalkozik. A mintaevolúciós vizsgálatok során a biológiai evolúció matematikai modellezésére használt gépi tanulási módszerek kerültek alkalmazásra különböző, időbeli

fejlődést mutató mintarendszerek leírására. A mintaevolúciós vizsgálatok sajátos területe az írásinformatika, ez egy speciális mintarendszer, az írás evolúciójával foglalkozik.

A mintarendszer a szimbolikus kommunikáció egyik formája. A mintarendszer jellegekkel írható le, amelyek lehetnek szimbólumok, szintaktikai szabályok (szintaxis) és elrendezési szabályok. A mintarendszerek közé tartoznak például a morzekód különböző változatai, amelyek fejlődése a Morse által kitalált kódtól a Vail által módosított kódon (amerikai morzekód) át a több lépésben kialakult nemzetközi morzekódig tart. A mintarendszerek további példái a zenei kotta, a matematikai jelölések és a vonalkódok. A mintarendszerek kiterjeszthetők több dimenzióra is, így az integrált áramkörüi layoutok és a különféle kétdimenziós kódok (pl.: Aztec-kód, DataMatrix-kód, MaxiCode, QR-kód, Se-macode) is mintarendszernek tekinthetők.

A mintarendszerek sajátos típusai az írásrendszerek, röviden írások, amelyek ember által kifejlesztett szimbolikus kommunikációs formák. Az írások rendelkeznek időbeli evolúcióval, így alkalmas modellezési tárgyak a mintarendszerek vizsgálatára szolgáló eljárások ellenőrzésére, ezért erre a problematikára alkalmazhatók mintaevolúciós vizsgálati módszerek (Hosszú 2010, 2012, 2013a, b, 2014a, b, 2015).

A mintaevolúciós vizsgálatok célja a mintarendszerek evolúciós leszármazási kapcsolatainak felderítésével az evolúciós eseménysor feltárása. A mintarendszerekkel létrehozott szimbólumszekvenciák, majd az ezeket megvalósító változatos jelszekvenciák jelentése gyakran nem fejthető meg vagy a jelentésük nem egyértelmű. Ennek oka lehet a fennmaradt jelszekvencia rövidege vagy töredékessége, továbbá a jelszekvencia készítéséhez használt mintarendszer hiányos ismerete, például egy mintarendszer szimbólumkészlete, szintaxisa vagy elrendezési szabálykészlete nem vagy nem teljes körűen ismert. Ha a mintarendszerek közül az írásokra koncentrálunk, ezeknél előfordulhat, hogy az a nyelv, amelynek lejegyzéséhez az adott mintarendszert alkalmazták, nem vagy csak részlegesen ismert. Ezek miatt a tényezők miatt számos fennmaradt jelszekvenciának (írások esetén feliratnak) nincs olvasata. Valószínűsíthető, hogy az írások leszármazásának feltárásával a fennmaradt feliratok (jelszekvenciák) egy részét el lehet helyezni az írások evolúciójában, és így könnyebben megfejthetővé vál-

nak. Így a mintaevolúciós vizsgálatok területén várható eredmények a jelenleg ismert több millió eddig megfejtetlen jelszekvencia (pl. régészeti tárgyakon talált feliratok) által hordozott információ egy részének felderítéséhez alkalmazhatók.

A korábbi vizsgálatok alapján meghatároztuk a steppei népek által használt írások egy csoportját, a rovás írások (Kárpát-medencei rovás, steppei rovás, székely-magyar rovás és türk rovás) valószínű elődeit (Hosszú 2021a, 229–231.). Ezek szerint a rovás írások elsődleges elődje az arám-középiráni írások egy csoportja (hivatalos arám, párthus, középperzsa és szogd), a másodlagos elődje pedig a bráhmí írás. Az elvégzett vizsgálatok alapján az is világossá vált, hogy a rovás írások evolúciója a kezdetektől fogva egyfajta hibridizációval ment végbe, vagyis a vizsgált, újonnan születő írások használói az elődírásoktól átvett grafémák alakjait az általuk régebben ismert tamgák alakjához igazították. A cikk először a mintaevolúció alapfogalmaival, a fenetikai alapú modellezéssel, majd a vizsgálati eredmények keretében a hibridizáció egy esetével foglalkozik és végül következtetéseket von le.

## Elméleti háttér és irodalmi áttekintés

### Mintaevolúciós és biológiai evolúciós alapfogalmak párhuzama

Egy *mintarendszer* szimbólumok, szintaktikai szabályok (szintaxis) és elrendezési szabályok halmaza, amelyek a mintarendszer *jellei*. A mintarendszerek fejlődését kutató *mintaevolúciós vizsgálatok* fogalmi rendszerének kialakítása során felhasználásra került a *szimbólum* szemiotikai fogalma (1. táblázat). A szemiotika a jelek és jelrendszerek tudománya (Dyekiss 1993), beletartozik a megértés, a predikció és az a folyamat, ahogyan eljutunk a jelentéshez. Egy mintarendszerrel készült *jelszekvencia* (*graph sequence*) jelekből áll (1. táblázat). A jelszekvenciabeli (ún. alakzati) jel – ez a fogalom eltér a szemiotikai értelemben vett jeltől – felfogható úgy, mint a mintarendszer egy szimbólumának megvalósulása. Más szóval a mintarendszert alkotó szimbólum egy jelszekvenciabeli (alakzati) jel elvonatkoztatása (1. táblázat és 1. ábra).

<i>Fogalom</i>	<i>Leírás</i>
jel (alakzati) ( <i>graph</i> )	Önálló szerepű, vizuálisan vagy másképpen észlelhető alaki egység. Egy szimbólum jelszekvenciabeli megjelenési formája, a szimbólum megvalósított glifje. Lényegében megfelel az August és Kohrt által használt jelfogalomnak (August 1986, Kohrt 1986).
jel (szemiotikai) ( <i>sign</i> )	A szemiotikai értelemben vett jel bármilyen jelentéshordozó dolog lehet, amelynek van egy jelentése, amely más, mint saját maga, és amely ezért információt tud közölni valakivel, aki a jelet értelmezi vagy dekódolja.
szimbólum ( <i>symbol</i> )	A szemiotikai értelemben vett jel egyik típusa; olyan jel, amelyben a helyettesítő tárgyhoz egy az értelmező tudatában lévő eszme révén kapcsolódik.

1. táblázat: A különféle értelemben vett jel és a szimbólum fogalma

A *szimbólumszekvencia* (*symbol sequence*) az azonos mintarendszerbe tartozó szimbólumokból a mintarendszer szintaxisa szerint létrehozott kódsorozatot; például egy megformázott betűsor, amely egy adott írás szerinti mondatot alkot. További példák a morzekóddal létrehozott üzenet vagy egy integrált áramköri layout tervrajza. Ezek mindegyike valamilyen adatsorozattal van megadva.

A *szintaktikai szabály* egy összefüggés, amely meghatározza a szimbólumszekvenciák kialakítását; a szintaktikai szabályok összessége a *szintaxis*. Az *elrendezési szabály* egy összefüggés, amely meghatározza a szimbólumszekvencia adott technológiával való megvalósulását jelentő jelszekvencia kinézetét és elrendezését.

Egy anyagon, például íráshordozón észlelhető önálló szerepű vizuális egység jelnek nevezhető, s ez egy szimbólum *glifjének* (rajzolatának) megvalósulása. A jelek meghatározott sorozataként felfogott jelszekvencia pedig egy szimbólumszekvencia megvalósulása adott technológiával, a mintarendszerhez tartozó elrendezési szabályok szerint. Jelszekvencia pl. egy fizikailag mért egydimenziós jelsorozat, amely morzekóddal létrehozott üzenetként (szimbólumszekvenciaként) értelmezhető, egy félvezető chipen kialakított kétdimenziós vagy háromdimenziós mintázat, amely integrált áramköri mintázatként (*layout*) értelmezhető, vagy egy hordozóanyagon megvalósult egy- vagy többdimenziós felirat, amely megfeleltethető egy üzenet valamilyen mintarendszer szintaktikai és elrendezési szabályai szerinti szimbólumszekvenciájának. Az

írások mint speciális mintarendszerek esetén a jelszekvencia egy *felirat*, a hozzá tartozó szimbólumszekvencia pedig az a betűkből vagy más grafémákból álló sorozat, amelyet a felirat készítője meg akart jeleníteni a felirattal. A szimbólumszekvencia és a jelszekvencia közös elnevezése *minta* (*pattern*).

Az időben változó mintarendszerek fejlődésének matematikai modellezésére a biológiai evolúcióban használatos fogalmakat és módszereket alkalmazzuk. A *filogenetikában* az osztályozás alapját jelentő *taxonok*at karaktereknek nevezett jellemzőkkel írják le. Ez az elnevezés azonban ütközik az informatikában más értelemben használt karakterfogalommal. Ezért a mintaevolúciós vizsgálatokban a taxonokat leíró jellemzők (karakterek) elnevezése *jellegek*, míg az informatikai karakter általánosításának tekinthető fogalomé *szimbólum* (Hosszú 2020). A mintarendszereket alkotó szimbólumkészlet mérete igen változó, pl. a morzekód csak kevés szimbólumot tartalmaz (rövid jel, hosszú jel, rövid szünetjel, hosszú szünetjel, nagyon hosszú szünetjel), míg a karakterkódolásban használatos kódtáblázatok igen sokat. A mintaevolúciós vizsgálatokban a taxon vagy egy mintarendszer vagy mintarendszerek egy csoportja. Két taxon közötti jellegátvitelnél az átadó elnevezése *elődtaxon*, az átvevőé pedig *utódtaxon*.

A *rendszertanba* tartozó *filogenetika* és *taxonómia* fogalomrendszere és elemzési módszerei alkalmazhatók a mintarendszerekre, mint időben fejlődő tárgyakra (2. táblázat). Ennek során párhuzamba állítható a mintarendszer fogalma a biológiai fajfogalommal, így a mintarendszerek evolúciója az evolúciós biológiához és a bioinformatikához hasonlóan tanulmányozható. A mintaevolúciós vizsgálatokban a biológiai *egyed* fogalma egy adott mintarendszerrel készült szimbólumszekvenciának felel meg, a biológiai *lelet* (pl. fosszília) megfelelője pedig a mintaevolúciós jelszekvencia.

Az *evolúciós biológia* az élet különféleségének evolúciós folyamatait tanulmányozza. A *bioinformatika* célja biológiai adatok elemzésére szolgáló, informatikára, statisztikára, matematikára és mérnöki ismeretekre épülő eljárások fejlesztése (Luscombe et al. 2001). Az evolúció tanulmányozására kidolgozott módszerek más területeken is alkalmazhatók; pl. a szoftverevolúció a szoftverek fejlődését filogenetikai módszerekkel vizsgálja (Sampaio 2007; Benlarabi et al. 2014).

<i>Fogalom</i>	<i>Leírás</i>
rendszerteran	Objektumok elnevezése és osztályozása közös jellegeik alapján. Két területe a filogenetika és a taxonómia.
filogenetika	Feladata az evolúciós folyamatok tanulmányozása, az ősi és a leszármazott állapot elkülönítése. Módszerei közé tartozik a <i>fenetika</i> (Sneath–Sokal 1973) és a <i>kladisztika</i> (Wiley–Lieberman 2011).
taxonómia	Feladata objektumok osztályozása és elnevezése formális, hierarchikus rendszer keretében.
taxon	Rendszertani egység ( <i>taxonomic unit</i> ), az egyedek (objektumok, adatpontok) azonos kategóriába sorolt csoportja, amelyet a rendszerteranban egységként kezelnek és formális taxonómiai módszerrel határoznak meg. A modellezés elvonatkoztatási szintjétől függ, hogy mi tekinthető taxonnak; azon egyedek csoportját szokás taxonnak tekinteni, amelyek leszármazási viszonyai a vizsgálat tárgyát képezik. A taxon lehet tanulmányozható ( <i>operational taxonomic unit</i> , OTU, más néven <i>evolutionary unit</i> , EU) és feltételezett ( <i>hypothetical taxonomic unit</i> , HTU).
dendrogram	Gyökeres fagráf, végpontjai az osztályozott taxonoknak felelnek meg. A taxonok egymáshoz tartozását szemlélteti.
karakter (filogenetikai értelemben)	A kladisztikában a taxont leíró jellemző.
jelleg	A mintaevolúcióban a taxont leíró jellemző, azonos a filogenetikai karakterrel. Jelleg például egy adott alakú és jelentésű szimbólum megléte egy mintarendszerben.
jellegállapot	Egy taxonban egy jelleg meglétét (1) vagy hiányát (0) adja meg.
jellegpolaritás (karakterpolaritás)	Megadja, hogy melyik jellegállapot eredeti és melyik leszármazott.

2. táblázat: Rendszertani alapfogalmak

Ahogy a biológiában az élőlények fajokhoz, úgy a mintaevolúcióban a szimbólumszekvenciák mintarendszerekhez tartoznak, így a két tudományterület egyes fogalmai párba állíthatók (3. táblázat).

<i>Biológiai evolúciós fogalom</i>	<i>Mintaevolúciós fogalom</i>
biológiai egyed	egy adott mintarendszerrel készült szimbólumszekvenciát megvalósító jelszekvencia
biológiai egyed meghatározó tulajdonságok (örökítőanyag)	egy mintarendszer használójának a mintarendszerrel kapcsolatos ismeretei, amely az adott mintarendszer általa ismert jellegeinek összessége

<i>Biológiai evolúciós fogalom</i>	<i>Mintaevolúciós fogalom</i>
biológiai faj	mintarendszer, más néven mintaevolúciós taxon
biológiai fajt meghatározó tulajdonságok (örökítőanyag)	mintarendszer jellegeinek összessége
biológiai lelet (pl. fosszília)	fennmaradt mintaevolúciós jelszekvencia (írások esetén fennmaradt felirat vagy dokumentum)
biológiai populáció	mintaevolúciós populáció, egy mintarendszer használói által az adott mintarendszerről alkotott egyéni ismeretek összessége
egy fajba tartozó élőlények maradványai (leletek)	azonos mintarendszerrel készült fennmaradt jelszekvenciák

3. táblázat: Biológiai evolúciós és mintaevolúciós fogalmak összehasonlítása

Egy fennmaradt jelszekvencia gyakran igen rövid, de elvileg annak létrehozásakor rendelkezésre állt a jelszekvenciával kifejezett szimbólumszekvencia összeállítójának a mintarendszerről alkotott képe, vagyis az általa ismert jellegkészlet; legfeljebb az adott szimbólumszekvencia, illetve annak egyfajta technológiával való megvalósulását jelentő jelszekvencia megvalósításához csak kevés jellegre volt szükség.

## Az írások mint speciális mintarendszerek

A mintaevolúció sajátossága, hogy a mintarendszerek eredete és fejlődése gyakran bizonytalanabban határozható meg a biológiai fajokénál (4. táblázat), emiatt a biológiai evolúciós módszerek csak módosítással alkalmazhatók a mintarendszerek evolúciójának modellezésére.

A mintarendszerek evolúciója hosszú időn át tartó folyamat lehet, viszont ebből sokszor csak egy-egy jelszekvencia (dokumentum, felirat, írásemlék, illetve ezek valamilyen töredéke) maradt fenn. A régebben kihalt biológiai fajoknál szintén előfordulhat, hogy csak kevés fosszília ismert.

A mintarendszerek (pl. az írások) gyakran kisszámú és kevés alaki változatosságú jelleggel (pl.: szimbólumok alakja, szintaktikai szabályok) írhatók le, míg a biológiai fajok általában igen sok adattal. Ezért a mintarendszerek esetén sokkal nagyobb lehet a jellegek közötti véletlen hasonlóság (*homoplázia*) esélye, mint a biológiai fajoknál.

4. táblázat: A mintarendszerek és a biológiai fajok evolúciója feltárhatóságának összehasonlítása

Az írások mint speciális mintarendszerek sajátossága, hogy az élővilágban található, örökítőanyagokkal jellemezhető fajokhoz képest nagyságrendekkel kevesebb jelleggel rendelkeznek. Ráadásul számos írásban hasonló jellegeket találunk, hiszen az írás szimbólumai egyszerű reprodukálhatóságának (leírás, bevésés) és egymástól való megkülönböztethetőségének igénye miatt egyes írások gyakran igen egyszerű geometriai alakzatokat alkalmaznak. Erre példa a cirill P <r> és a latin P <p>, illetve a cirill H <n> és a latin H <h> alaki egybeesése. Megjegyzendő, hogy a cirill B <v> és a latin B <b> közötti kapcsolat nem homoplázia, hiszen a jelentésbeli különbségnek hangfejlődési oka van, nevezetesen az, hogy a cirill B <v> elődjét, a görög B <β>-t a Kr. u. V. sz. körül v-nek kezdték ejteni (Nagy 1895, 276.).

A biológiai taxonómia mintájára a kutatás során az írások – mint egyfajta szimbolikus kommunikációt megvalósító mintarendszerek – területén a szakirodalomban már meglévő, de esetenként következtetlenül alkalmazott rendszerezést a biológiai taxonómiára emlékeztető következetességgel alkalmaztam, ennek során az egymást hierarchikusan magukba foglaló rendszertani szintekre a következő elnevezések szerepelnek: *írás csoport*, *írás*, *írás változat*. Írás csoport például: arámi, délsémi, görög betűs, itáliai, kánaáni, középiráni, latin betűs, óhiszán, rovás, szláv stb. Írások például: arab, bráhmii, cirill, főníciai, geez, glagolita, görög, hatrai, héber, hivatalos arám, hvárizmi, káros-ti, Kárpát-medencei rovás (kmr.), keltibér, kopt, középperzsa, latin, lyd, lyk, óarám, ócirill, ódélarábiai, ógörög, óhéber, ólatin, pártus, pun, rúna, steppei rovás (sr.), szafái, székely-magyar rovás (szmr.), szír, szogd, tajmani, tibeti, türk rovás (tr.), ujjur, umber. Példaként a középperzsa írás írás változatai a következők: feliratos pehlevi, zsoltáros pehlevi, korai kurzív pehlevi és könyves pehlevi (Skjærvø 1996, 516–517.). Egy másik példa az írás változatokra: a latin írás nemzeti helyesírásai.

A biológiában a *taxon* általában egy faj vagy fajta, ezzel szemben a mintaevolúciós taxon lehet bármilyen mintarendszer, például morzekód, írás, írás változat, tamgák vagy díszjelek rendszere (vö. 5. táblázat). Az írásinformatikában a taxon általában egy írás, de lehet egy írás változat is (Hosszú 2019, 125.). A *taxon csoport* a taxonok rokonsági és használati viszonyain alapuló csoportosítása, amely nem feltétlenül esik egybe az evolúcióból adódó rokoni viszo-



nyaikkal. Az írások mint mintarendszerek esetében a szimbólumok típusait bemutatja az 5. táblázat.

<i>Szimbólumtípus</i>	<i>Leírás</i>
graféma	Hangértékkel vagy jelentéssel rendelkező szimbólum. Típusai pl.: <i>álligatúra</i> (több hangból álló hangcsoportot jelöl, amelyet nem grafémák glifjeinek összevonásából képeztek, vagy legalábbis ez már nem ismerhető fel), <i>betű</i> (hangot jelöl), <i>determinatívum</i> (a megelőző vagy azt követő graféma értelmezését jelzi), <i>fonetikus kiegészítő</i> (egy-egy írásokban (például anatóliai hieroglif) egy szó leírására egyes esetekben a logogrammal együtt alkalmazták [Payne 2010, 7.]), <i>fonogram</i> (önmagában értelemmel nem rendelkező hangsor megjelenítésére szolgál, amely lehet egy vagy több hang, fonéma vagy szótag), <i>ideogram</i> (fogalmat jelképez), <i>írásjel, képjel</i> (olyan ideogram, amelynek alakja egy fizikai tárgy képére emlékeztet), <i>ligatúra</i> (több hangból álló hangcsoportot jelöl, amely több graféma glifjének összevonásával jött létre, az eredeti glifek legalább részben felismerhetők az alakjában), <i>logogram</i> (egész szót vagy a szó legkisebb értelmezhető részét jelentő morfémat jelképez), <i>mellékjel</i> (lehet egy glif része, amely nélkül a glif egy eltérő jelentésű, hangzású vagy hangsúlyú grafémához tartozna [ha felülre van elhelyezve, akkor <i>ékezetnek</i> nevezik], de jelenthet az általa jelölt grafémától független fonetikai értéket) és <i>számjegy</i> . A graféma megvalósulása egyfajta jelszekvenciabeli jel.
tamga	Hangérték nélküli szimbólum, amelynek sajátos jelentése van, például nemzetségjel, bélyeg vagy tulajdonjegy. A tamga megvalósulása egyfajta jelszekvenciabeli jel.
díszjel	Hangérték vagy jelentés nélküli szimbólum, amelynek meghatározott díszítési szerepe van. A díszjel megvalósulása egyfajta jelszekvenciabeli jel.

5. táblázat: Szimbólumtípusok meghatározása írások esetén

A jelleg egyes típusai eltérő tulajdonságúak, ezeket a 6. táblázat ismerteti.

<i>Jellegtípus</i>	<i>Jellegaltípus</i>	<i>Tulajdonság (csak példák, nem teljeskörű felsorolás)</i>	<i>Altulajdonság</i>	
Szimbólum (szemiotikai értelemben)	graféma	a mintarendszer, amelyhez tartozik; grafémanév (betúnév, pl. <i>alfa, béta, gamma</i> ); grafémaalak; grafémastílus; átbetűzési érték; hangérték vagy jelentés	használati időszak (egyres tulajdonságokra eltérő lehet)	társégi eloszlás (egyres tulajdonságokra eltérő lehet)
	tamga	technológiai háttér; tamgaalak; tamgastílus; jelentés		
	díszjel	technológiai háttér; díszjelalak; díszjelstílus; díszítési szerep		
Szintaktikai szabály		a mintarendszer, amelyhez tartozik; haladási irány; sorok sorrendje; kisbetű-nagybetű megkülönböztetése		
Elrendezési szabály		a mintarendszer, amelyhez tartozik; renderelési (megjelenítési) szabályok; szövegformálás; kiemelés (szövegrészek megerősítése); szövegszétválasztás (sorok vagy más szövegrészek elválasztása párhuzamos vonalakkal)		

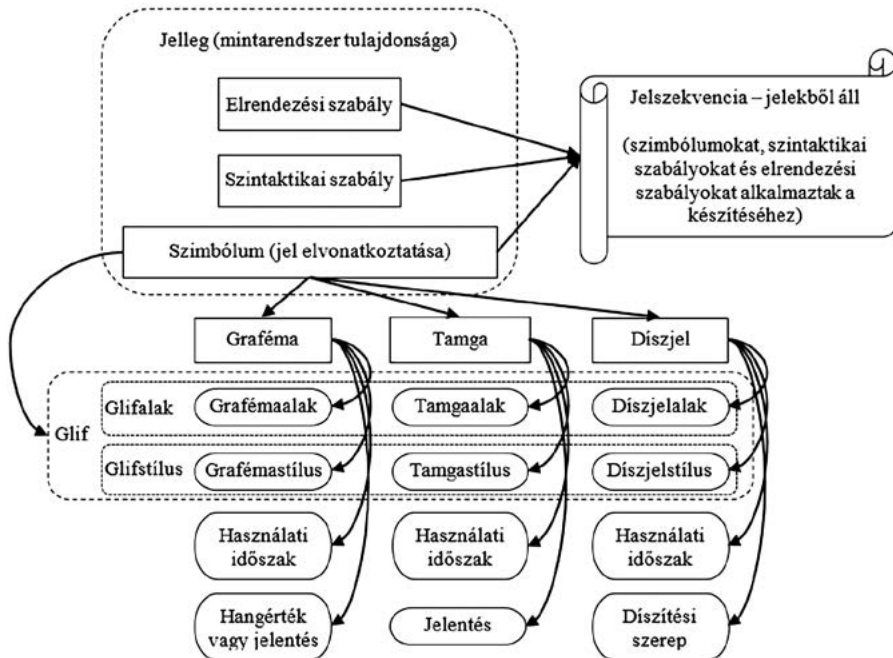
6. táblázat: A jellegtípusok tulajdonságai

A szimbólum mint elvont objektum tulajdonságai közé tartozik a szimbólum *glifje*. A glif fogalmán belül két tulajdonság különböztethető meg: a meghatározó geometriai jellemzőit kifejező *glifalak* és a stílusát leíró *glifstílus* (7. táblázat).

Jellegtípus	Leírás
Glif	A szimbólum tulajdonsága, a szimbólum jelszekvenciában megjelenő alakja (rajzolata). Tulajdonságai: glifalak és glifstílus.
Glifalak	A glif meghatározó geometriai jellemzői, nem tekintve a stílusát. Típusa a glifhez tartozó szimbólum típusa szerint lehet grafémaalak, tamgaalak vagy díszjelalak.
Glifstílus	A glif stílusát leíró jellemző. Típusa a glifhez tartozó szimbólum típusa szerint lehet grafémastílus, tamgastílus vagy díszjelstílus.

7. táblázat: A glif tulajdonságai általában, és a glifhez tartozó szimbólum típusa alapján

Az 5. táblázat, a 6. táblázat, és a 7. táblázat fontosabb fogalmainak egymáshoz való viszonyát összefoglalja az 1. ábra.



1. ábra: Alapvető mintaevolúciós fogalmak és néhány tulajdonságuk egymáshoz való viszonya

Egy mintarendszeren belül lényeges annak eldöntése, hogy két eltérő glif milyen esetben tartozik azonos szimbólumhoz, és mikor különbözőhöz. Az erre vonatkozóan elvégzett nagyszámú vizsgálaton alapulva a 8. táblázatban olvasható meghatározások tehetők. A meghatározásokban szereplő *vizuális azonosság* (Pardede et al. 2012; Pardede et al. 2016) adott mintarendszeren belül az egyes szimbólumok glifjei közötti azon eltérés mértéke, amely ahhoz szükséges, hogy kellően megkülönböztethetők legyenek egymástól.

Két glif akkor tartozik ugyanazon grafémához vagy tamgához, ha a glifek hangértéke vagy jelentése azonos vagy rokonítható, és hasonlítanak egymásra.
--

Két glif akkor tartozik ugyanazon díszjelhez, ha a díszítési szerepük azonos vagy rokonítható, és hasonlítanak egymásra.
--

A hasonlóság mértékét az határozza meg, hogy a szóban forgó szimbólum (graféma, tamga vagy díszjel) az adott mintarendszerhez tartozó egyéb szimbólumok vizuális azonosságától eltér-e.
---

8. táblázat: A glifek azonos szimbólumhoz tartozásához tartozó meghatározások

Mivel a taxon jellegekkel írható le, így a taxonok hasonlósága a jellegeiken keresztül mérhető. Az elvégzett vizsgálatokban a jellegek nagy része ún. *alternatív* jelleg, amely csak két jelleállapottal rendelkezik, ezért bináris változóval adható meg.

A vizsgálat első lépései a jellegtervezésbe tartoznak. *Jellegtervezés* a bemeneti nyers adatok feldolgozásának és rendszerezésének folyamata a gépi tanulási algoritmusok működéséhez hasznos jellegek meghatározása érdekében. Egy vizsgált taxonra (utódtaxonra) nézve az utódjelleg, az elődtaxon, az elődjelleg, a tanútaxon és a tanújelleg fogalmát bemutatja a 9. táblázat.

<i>Fogalom</i>	<i>Leírás</i>
elődtaxon	Olyan taxon, amely a vizsgálatban szereplő utódtaxon legalább egy jellegének feltételezett elődje. Közvetlenül hathatott az elődtaxonra. A vizsgálat során az „elődtaxon” minősítést nem a vizsgálat végeredménye, hanem egy taxonnak a vizsgálat során betöltött szerepe határozza meg.
elődjelleg	Egy elődtaxon jellege, amely egy vizsgálatban eredeti ( <i>apomorf</i> , 10. táblázat). Az elődjelleg gyakori típusa az elődszimbólum. A vizsgálat során az „elődjelleg” minősítést nem a vizsgálat végeredménye, hanem egy jellegnek a vizsgálat során betöltött szerepe határozza meg.
utódtaxon	Egy filogenetikai vizsgálatban tanulmányozott taxon (Hosszú 2021a).
utódjelleg	Egy utódtaxon jellege, amely egy vizsgálatban leszármazott ( <i>pleziomorf</i> , 10. táblázat). Az utódjelleg gyakori típusa az utódszimbólum.
tanútaxon	Az a nem elődtaxon, amely adott időszakban és térségben egy utódtaxon vagy annak elődtaxona bizonyos jellegeiben osztozott, majd fejlődésük elvált, és a tanútaxon megőrizte a vizsgált utódtaxonnal eredetileg közös jellegét. Így a vizsgálatunk szempontjából a közvetlen előd (elődtaxon) elődtaxona is lehet tanútaxon. A vizsgálat során a „tanútaxon” minősítést nem a vizsgálat végeredménye, hanem egy taxonnak a vizsgálat során betöltött szerepe határozza meg.
tanújelleg	A tanútaxonnak egy adott összehasonlításban érintett jellege. A tanújelleg gyakori típusa a tanúszimbólum. A vizsgálat során a „tanújelleg” minősítést nem a vizsgálat végeredménye, hanem egy jellegnek a vizsgálat során betöltött szerepe határozza meg.

9. táblázat: A taxonok és jellegek leszármazási viszonyát kifejező fogalmak

A 9. táblázatbeli mintaevolúciós fogalmak alkalmazására példa, hogy az ógörög írás egyes szimbólumai tanúként megőrizték az előd föníciai írás bizonyos időszakra jellemző glifjeit. Később a föníciai írás evolúciójával ezek a glifek a föníciai íráson belül megváltoztak. Így az ógörög írás egy korábbi időszakra nézve a föníciai írás mint utódtaxon tanútaxona. Az ógörög írásnak mint utódtaxonnak viszont általában a föníciai írás az elődtaxona.

## A homoplázia és a hozzá kapcsolódó fogalmak

A biológiai fajképződésnek a mintaevolúcióban az a fejlődési folyamat felel meg, amelyben egy mintaevolúciós populáció (3. táblázat) vagy annak egy része egy másik mintarendszer használóiból álló mintaevolúciós populációvá fejlődik. A taxonok jellegállapotával kapcsolatos fogalmakat és azok mintaevolúciós alkalmazását bemutatja a 10. táblázat.

<i>Fogalom</i>	<i>Leírás</i>
apomorfia	Leszármazott jellegállapot. Viszonylagos fogalom, ellentétével, a pleziomorfiával összefüggésben definiálható. Típusai: autapomorfia, szünapomorfia és homoplázia.
autapomorfia	Egyetlen taxonra jellemző jellegállapot.
homoplázia	Több taxonra jellemző, egymástól függetlenül kialakult jellegállapot. Olyan tulajdonság, amely több nem közös őstől származó taxon között megegyezik (Torres-Montúfar et al. 2018, 543–551.).
pleziomorfia	Eredeti jellegállapot. Viszonylagos fogalom, ellentétével, az apomorfiával összefüggésben definiálható. Ha a taxonok közös őselődjére is jellemző, akkor neve szümpleziomorfia.
szümpleziomorfia	Több taxonra jellemző, legközelebbi közös ősnél korábbtól származó jellegállapot. A kladsztika nem veszi figyelembe, csak a fenetika.
szünapomorfia	Két vagy több taxon megfelelő jellegének közös leszármazott jellegállapota, amely a közös törzsvonalon evolúciós újdonságként jött létre, és a legközelebbi közös elődjüktől ered. Erre épül a kladsztikai elemzés.

10. táblázat: A taxonok jellegállapotainak viszonya

A biológiai evolúcióval szemben a mintaevolúcióban a vizsgált esetekben (írásoknál) sokkal gyakoribb a homoplázia, ami abból adódik, hogy a biológiai taxonokhoz képest kevesebb és kisebb változatosságú jellegek határozzák meg a mintaevolúciós taxont. A homoplázia mintaevolúciós típusait a 11. táblázat ismerteti.

<i>Homoplázia típus</i>	<i>Leírás</i>
Konvergencia	Eltérő taxonok egyik olyan jellege változik hasonló irányba, amelynek nem volt előzménye a vizsgált taxonok esetleges közös ősenél. A homoplázia a taxonokban különböző mechanizmusok révén alakul ki.
Párhuzamos evolúció	Taxonok közös őstől induló leszármazási vonalainak divergenciája megáll, és egy részükben azonos mechanizmussal homoplázia fejlődik ki. Például a latin írás országonkénti változataiban az ékezetes betűk kialakulása, mivel szétválásuk után nem tértek el tovább egymástól, hanem szoros kölcsönhatásban fejlődtek. Másik példa a latin, a görög és az arám írás különböző leszármazottainál a betűk összekötésének íráskultúrákon átnyúló divattá válása.
Visszafordulás	Egy jelleg visszaalakul egy korábbi állapotába, vagyis apomorfból pleziomorfbá. Például a latin írás fejlődése során hagyománytiszteletből időnként visszatértek korábbi korok glifjeire.

11. táblázat: A homoplázia mintaevolúciós típusai

A homoplázia egyes típusainak elkülönítése nem mindig egyértelmű. Két jelleg közötti hasonlóság *konvergencia*, ha az ok pusztán véletlen; vagy pedig *párhuzamos evolúció*, ha az ok a hasonló technológia. A homoplázia egyik típusa, a *horizontális átvitel* mintaevolúciós formáit a 12. táblázat ismerteti.

<i>Horizontális átvitelforma</i>	<i>Leírás</i>
Szimbólumátvitel	Az egyik taxonból a másikba átkerül egy olyan jelleg, amely egy szimbólum. Ennek egyik példája az Y és Z betűk átvitele a görögből a latin írásba. Egy másik példa a rúna <þ> átvitele a latin írás izlandi helyesírásába. A szimbólumátvitel abban különbözik a hibridizációtól, hogy a szimbólumátvitelnél két létező taxon között történik az átadás, míg a hibridizációnál (13. táblázat) az egyik taxon létrejöttékor kerül át szimbólum egy másik taxonból.
Glifalak-átvitel	Az egyik taxonból a másikba átkerül egy szimbólumnak (mint egyfajta jellegnek) nem az összes, hanem csak egyik tulajdonsága, a glifalakja.
Glifstílus-átvitel	Az egyik taxonból a másikba átkerül egy szimbólumnak (mint egyfajta jellegnek) egyik tulajdonsága, a glifstílusa. Egy példája a latin és a görög írás egymásra hatása a középkorban történt párhuzamos fejlődésük során.
Szintaktikai szabályátvitel	Az egyik taxonból a másikba átkerül egy olyan jelleg, amely szintaktikai szabály. Egy példája a nagybetűvel való írásra vonatkozó szintaktikai szabályok átvitele a latin írás változatai között.
Elrendezési szabályátvitel	Az egyik taxonból a másikba átkerül egy olyan jelleg, amely elrendezési szabály. Erre példa az, hogy a latin betűs kódexek és egyéb iratok elrendezése, általános kinézete hatott a cirill betűs írásbeliségekre.

12. táblázat: A horizontális átvitel mintaevolúciós formái

Megjegyzendő, hogy horizontális átvitel esetén a fenetika célravezetőbb lehet a kladisztikánál. A horizontális átvitel nemcsak egyfajta homoplázia, hanem egyben a retikuláris evolúció egyik mechanizmusa (13. táblázat). A *retikuláris evolúció*, más néven hálózatos evolúció vagy anasztomózis (Podani 1997, 175.) az evolúció olyan típusa, amelynél két, eltérő leszármazási vonalon lévő taxon összekapcsolódik, ezért fa helyett hálózattal lehet leírni.

<i>Mechanizmus</i>	<i>Leírás</i>
Horizontális átvitel	Két létező taxon között jön létre egy jelleg átvitele. Egy taxon átad egy jelleget egy másik taxonnak. A biológiában a nem hagyományos szaporodás során a különböző fajok közötti génátvitelt írja le; csak néhány gén, esetleg a gének egy részének átvitelét jelenti (Sneath 1975). A mintaevolúciós vizsgálatokban egy jelleg egészének vagy egy tulajdonságának átvitele két taxon között. Mintaevolúciós típusait bemutatja a 12. táblázat.
Hibridizáció	Eltérő elődtaxonok kereszteződésekor létrejövő új genetikai információ; az új utódtaxon a létrejöttékor használ fel jelleget különböző elődtaxonokból.
Átrendezés	Egy taxon jellegeinek különböző szimbólumszekvenciákban való keveredése új kombinációkká. Erre példa az ógörög írás változatossága, amikor az írás egyes szimbólumainak glifjei és hangértékei szimbólumszekvenciánként vagy térségenként eltérő módon kombinálódtak.

13. táblázat: A retikuláris evolúció mintaevolúciós mechanizmusai

A hibridizáció mintaevolúciós eseteit bemutatja a 14. táblázat.

<i>Hibridizációtípus</i>	<i>Leírás</i>
Taxonszintű hibridizáció	Egy utódtaxon egy vagy több elődtaxon keverékéből ered. Egy példája a gót írás: ugyan a gót írás elsődlegesen a görögből származik, de latin és rúna betűket is felhasználtak a létrehozatalakor. Egy másik példa, hogy az ócirill írás a görög és a glagolita írás kombinációjából jött létre. Ez utóbbi valószínűleg nem horizontális szimbólumátvitel (12. táblázat), mivel a glagolita írás néhány szimbólumát nem egy előzőleg létrehozott írásba vitték át, hanem a jelenleg ismert adatok alapján az ócirill írás kialakulásakor kerültek át szimbólumok a glagolitából.
Jellegsztű hibridizáció	Egy utódtaxon egyik jellege két különböző elődtaxon valamilyen jellegéből jön létre. Jellemző esete, amikor a jelleg egy szimbólum; ekkor szimbólumszintű hibridizációnak nevezhető. Ebben az esetben egy mintarendszer egyik szimbóluma két különböző mintarendszer szimbólumából, glifalakjából vagy glifstílusából jön létre. Pl. egyes steppei írások valószínűleg felhasználták az eurázsiai tamgák alakjait a bráhmí szimbólumok átvételekor (2. ábra).

14. táblázat: A hibridizáció mintaevolúciós esetei

A biológiai fajkeletkezés mintaevolúciós analógiájaként meghatározhatók a mintarendszer-keletkezés időbeli és térbeli modelljei: 15. táblázat és 16. táblázat. A biológiai evolúcióból ismert fülke egy taxon egyedei által betöltött öko-



lógiai tér. A fülke a mintaevolúcióban az egy mintarendszerrel készült jelszekvenciák készülésének technológiai és földrajzi tere.

<i>Modell</i>	<i>Leírás</i>
Hasadás	Az eredeti mintarendszer helyett két másik jön létre. Pl. az ókánaáni írás a Kr. e. II. évezredben két ágra vált szét, az északnyugat-sémire és a délsémire (Macdonald 2008).
Lefűződés	Az eredeti mintarendszer fennmarad, de egy új kiválik belőle. Erre példa az óhéber és az óarám írás kialakulása a föníciai írásból.
Anagenezis	Az egyik mintarendszer lassú változások sorozatával, kihalás nélkül alakul át egy másikba, így az eredeti helyett egy új jön létre. Erre példa az ógörög írás átalakulása a görög írásba.

15. táblázat: A biológiai fajkeletkezés időbeli modelljeinek mintaevolúciós analógiái

<i>Modell</i>	<i>Leírás</i>
Allopatrikus	Az eredeti mintarendszer felhasználóinak sokasága kettéválik egy gát miatt, s annak a túlsó oldalán új mintarendszer jön létre. Erre példa a pun írás kialakulása a föníciaiból.
Peripatrikus	Az eredeti mintarendszer felhasználóinak sokaságából egy csoport egy új fülkébe kerül, s itt új mintarendszer jön létre. Erre példa az etiópiai geez írásnak Afrikában történt kialakulása az Arab-félszigeten használt ó-délarábiai írásból.
Parapatrikus	Az eredeti mintarendszer használóiból alkotott sokaságból egy csoport egy új fülkébe kerül, ahol új mintarendszer jön létre, de az új fülke érintkezik a régivel. Pl. az óhéber és az óarám írásnak a föníciaiból való létrejöttét a használók politikai és kulturális elkülönülése tette lehetővé, de megmaradtak az utódírások használóinak a kereskedelmi kapcsolatai a föníciai írás használóival.
Szimpatrikus	Nincs térbeli elkülönülés, mégis létrejönnek az eredetitől eltérő jellegállapotok (genetikai polimorfizmus, azaz elkülönülő, öröklődő morfológiai vagy viselkedési változat), amiből egy új mintarendszer keletkezik. Egy példa erre a párthus írás létrejötte a hivatalos arámból a párthus kulturális fülkében.

16. táblázat: A biogeográfiai fajkeletkezés térbeli modelljeinek mintaevolúciós analógiái

Egy mintarendszer szimbólumaihoz tartozó glifek forrása lehet más mintarendszerekből való átvétel, egy létező glifre épülve egy új glif létrehozása, vagy ezen mechanizmusok vegyítése. Az elvégzett kutatások a szimbólumfajták közül a legtöbb mintarendszer esetén a legfontosabbakra, a grafémákra koncentráltak. A szimbólumok eredete igazolását megalapozzák a 17. táblázatban látható, az egyik mintarendszerből a másikba történő átvétel tényét igazoló szükséges feltételek.

<i>Feltétel</i>	<i>Leírás</i>
Alakzati hasonlóság	Az átadó és az átvevő mintarendszerek (taxonok) megfelelő glifjei azonosak, vagy különbségük észszerűen magyarázható.
Hangértékbeli vagy jelentésbeli kapcsolat	Az átvevő taxon szimbólumának hangértéke vagy jelentése azonos az átadó taxon megfelelő szimbólumának hangértékével vagy jelentésével, vagy különbségük a vonatkozó szakirodalmi adatok szerint indokolt.
Technológiai, időbeli és térbeli körülmények	A technológiai, időbeli és térbeli körülmények igazolják, vagy legalábbis nem zárják ki a kapcsolatot az átadó és az átvevő taxonok használói között.
Motiváció	Gazdasági, kulturális vagy ideológiai hatás szükséges egy szimbólum átvételéhez.

17. táblázat: Egy szimbólum átvételének szükséges feltételei

## Módszer: fenetikai alapú modellezés

Az utódtaxonok fenetikai elemzéséhez elkészült *egyszerű fenetikai modell* (Hosszú 2017) az utódtaxonok jellegeit egymáshoz képest vizsgálja. A vizsgált utódtaxonok egymásnak megfeleltethető jellegeit ún. *hasonlósági jellegcsoportok* (*Similarity Features Group*, SFG) tartalmazzák. Az SFG a jellegtervezés során a bemenő adatok kiválasztását segítő szöveges adatbázis; az utódtaxon egy jellegéhez tartozó háttér adatok együttese. Azonban az egymástól eltérő jellegek korlátozott volta miatt az egyes utódtaxonokat (mintarendszereket) leíró jellegek között gyakran előfordul olyan hasonlóság és időnként azonosság is, amely nem közvetlen evolúciós kapcsolatból adódik, hanem egymástól teljesen független fejlődés eredménye. Ezeket a véletlen egybeeséseket homopláziának

nevezik (10. táblázat). A biológiai evolúcióban számos példa ismert a homopláziára, ilyen pl. a denevér és a madarak repülési képességei közötti hasonlóság. Az írások mint speciális mintarendszerek esetén az eddigiekben leírtak alapján a homoplázia felléptének gyakorisága jelentősen nagyobb a biológiai evolúcióban megszokott mértéknél, ennek következtében a taxonok jellegeinek hasonlóságát feltáró fenetikai analízis könnyen téves összefüggésekre vezethet.

Az olyan utódtaxonokra (mintarendszerekre), amelyekre jellemző a nagyszámú homoplázia, kidolgoztuk a *kiterjesztett fenetikai modellt*, amelyben az egyszerű fenetikai modell kiegészült olyan evolúciós megfontolásokkal, amelyekkel a véletlen egybeesések általában kiküszöbölhetőek. A kiterjesztett fenetikai modell a vizsgálandó taxonok (utódtaxonok) mellett figyelembe veszi azok lehetséges elődjeit (elődtaxonokat) is úgy, hogy számításba veszi a vizsgált utódtaxonok jellegeinek evolúciósan távolabbi, elődként valószínűsíthető taxonokból (elődtaxonokból) származó eredetét (Hosszú 2019; 2021a). Ez minimalizálja az apofóniának, vagyis az össze nem függő adatok közötti kapcsolat feltételezésének a lehetőségét. A kiterjesztett fenetikai modellbeli egyes SFG-kben alternatív *eredetmodellek* szerepelnek. A kiterjesztett fenetikai modellből közvetlenül képezhető egy egyszerű fenetikai modell, amelyben csak az utódtaxonok és azok jellegeit megtestesítő SFG-k szerepelnek. De a kiterjesztett fenetikai modell ennél több információt is tartalmaz, amit a szukcesszív eliminációnak nevezett kiértékelési algoritmussal lehet kinyerni (Hosszú 2021b).

A kiterjesztett fenetikai modellnek a szukcesszív eliminációval történő kiértékelése során kapható egy *szűrt fenetikai modell*, amely a taxonok fenetikai modelljében szereplő SFG-k egy részét figyelmen kívül hagyva valamilyen szempontból előnyösebb, mint a kiindulási, kiterjesztett fenetikai modell. A taxonok szűrt fenetikai modelljének az utódtaxonokra vonatkozó részhalmaza az utódtaxonok egyszerű fenetikai modellje, ami csak annyiban különbözik a kiterjesztett fenetikai modellből közvetlenül képzett egyszerű fenetikai modelltől, hogy kevesebb SFG-t tartalmaz. Így ugyan rosszabb az *adatgazdagsága* (az egyértelmű SFG-k száma), de csak azokat az SFG-ket tartalmazza, amelyek eredete valamilyen értelemben biztos. Emiatt az utódtaxonok evolúciójára nézve pontosabb lehet, mint a kiterjesztett fenetikai modellből közvetlenül képzett egyszerű fenetikai modell (Hosszú 2021a).

Az elvégzett vizsgálatokban egyes elődtaxonok jellegei annyira hasonlóak lehetnek egymáshoz, hogy nehéz megkülönböztetni, hogy egy utódtaxon melyik elődtaxonból vett át egy bizonyos jelleget. Ezért gyakran célszerű az elődtaxonként szóba jöhető és egymáshoz hasonló taxonokat csoportokba foglalni (Hosszú 2019, 2021a). Ilyen elődtaxoncsoportok pl.: arám–középiráni, bráhmí, görögbetűs, latinbetűs, szláv, rovás (Hosszú 2021a).

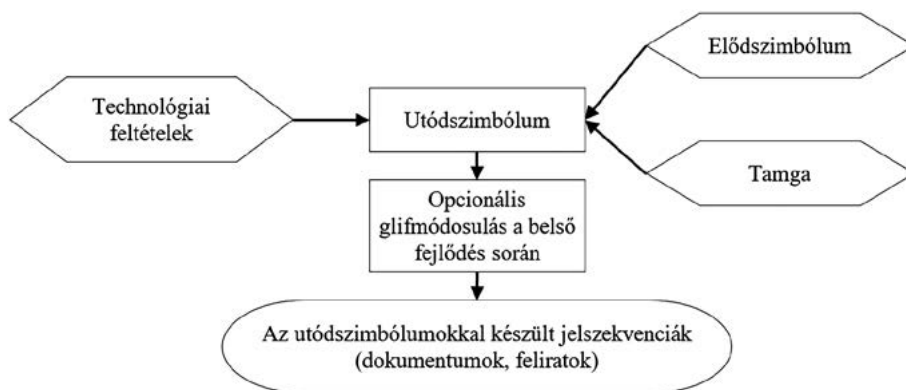
Az evolúciós vizsgálatokba tartozó *elődanalízis* célja az utódtaxonok elődjének meghatározása, de nem feladata a törzsfjlődésük evolúciós elágazási sorozatának felderítése. A másik, az evolúciós vizsgálatokba sorolható elemzés a *kladisztikai analízis*, amely – szemben az elődanalízissel – célul tűzi ki a vizsgált taxonok törzsfjlődése evolúciós elágazási sorozatának felderítését. A szűrt fenetikai modell kiértékelhető elődanalízissel, ekkor az utódtaxonok mellett az elődtaxonokat is figyelembe veszi. Míg a fenetikai analízissel csak az utódtaxonok egymás közötti hasonlósági viszonyait lehet feltárni, addig az elődanalízissel az utódtaxonok eredetéről is kaphatók adatok, mivel az elődanalízis meghatározza, hogy az adott szűrt fenetikai modellben lévő SFG-kből mennyi ered egy-egy elődtaxontól vagy elődtaxoncsoporttól. Ennek a kiértékelésnek az eredménye a *taxonspektrum*, illetve a *csoportspektrum*. Ezek megmutatják, hogy egy utódtaxon jellegei közül mennyi származik egy adott fenetikai modell alapján valamelyik elődtaxonból, illetve elődtaxoncsoportból.

Csak olyan fenetikai modellből hozható létre taxonspektrum, amelyben az egyes SFG-k mindegyike csak egyetlen elődtaxont tartalmaz, illetve akkor képezhető csoportspektrum, ha az egyes SFG-k mindegyike csak egyetlen elődtaxoncsoportot tartalmaz. Ha a fenetikai modell (pl. a kiindulási kiterjesztett fenetikai modell) nem egyértelmű az elődtaxonokra vagy elődtaxoncsoportokra nézve, akkor először egy *feldolgozási operátorral* a kiindulási fenetikai modellből létre kell hozni egy olyan szűrt fenetikai modellt, amelyet azután ki lehet értékelni taxonspektrummal vagy csoportspektrummal. A feldolgozási operátorokban különböző *kiértékelési stratégiáknak* (*evaluation strategy*) nevezett általános elvek kerülnek megvalósításra, amelyek minden mintarendszerre alkalmazhatók. Egy ilyen kiértékelési stratégia a „Tamgák valószínű hatásának kigyűjtése” (ennek a feldolgozási operátora:  $E_{tamga}$ ), amely a vizsgált fenetikai modellből egyes SFG-ket kihagy, és az  $E_{tamga}$  feldolgozási operátor által létreho-

zott redukált fenetikai modellben csak olyan SFG-k maradnak, amelyekben a tamgák hatása valószínűsíthető. A redukált fenetikai modell a kiindulási fenetikai modellnél kevesebb SFG-t tartalmaz, így az adatgazdagsága kisebb, viszont lehetővé tesz egy adott tulajdonság (itt a tamgák hatása) szerinti vizsgálatot; esetünkben annak feltárását, hogy milyen arányban származnak az egyes elődtaxoncsoportoktól a vizsgált utódtaxonok olyan egyértelmű SFG-i, amelyek kialakulását befolyásolhatták tamgák (ezeket tartalmazza a redukált fenetikai modell).

## Vizsgálati eredmények és értékelésük

A vizsgált mintaevolúciós esetek során előfordult, hogy egy utódjelleg nem egyszerű leszármazással, hanem retikuláris evolúcióval (13. táblázat) jött létre. Ennek egy sajátos oka lehet, hogy egy adott SFG-ben szereplő eredetmodellel megadott elődjelleg mellett az utódjellegnek van egy másik elődje is. Ez egyfajta jellegszintű hibridizációt jelent (14. táblázat), vagyis egy jellegnek az evolúciója során akár több elődje is lehetett. Ennek egy sajátos esete, amikor az utódjelleg egy szimbólum, és a tulajdonságait (pl. a hangértékét) általában egy adott eredetmodellbeli elődjellegből nyeri, viszont a glifje (esetleg csak a glifalakja vagy a glifstílusa) egy, az eredetmodellben nem szereplő elődtaxonba tartozó szimbólumból származik. Az elvégzett vizsgálatokban a szimbólum átvitelénél az utódtaxonban létrejövő utódszimbólum glifje nem az elődszimbólum glifje lesz, hanem az utódtaxon használói (a vizsgált esetben egy steppei népesség) által korábbról ismert egyik tamga glifjét alkalmazták (2. ábra).



2. ábra: A tamgák esetleges hatása

A tamgák szerepe az utódszimbólumok fejlődésében egyes esetekben igen nagy valószínűséggel megállapítható, mivel az utódszimbólum jellemzői (pl. hangértéke) általában megegyeznek egy másik taxonban (elődtaxonban) meglévő szimbólum (elődszimbólum) jellemzőivel (elsősorban a hangértékével), kivéve azt az egy jellemzőt, hogy az utódszimbólum alakja (glifje) eltér az elődszimbólum alakjától, csak hasonlít hozzá; viszont teljesen megegyezik egy már korábban is létezett tamga alakjával (Hosszú 2021a). Számos ilyen eset azonosítható, így ezek alapján biztosnak mondható a fentiekben leírt kettős eredetű szimbólumátviteli mechanizmus (2. ábra). Ugyanakkor vannak olyan esetek is, ahol az utódszimbólum alakja (glifje) megegyezik az elődszimbóluméval, s ettől függetlenül létezik olyan tamga, amelynek alakja szintén megegyezik az utódszimbóluméval. Ekkor vagy véletlen egybeesésről van szó, vagy az elődszimbólum átvételét könnyítette, hogy az átvevő mintarendszer (utódtaxon) felhasználói számára már az átvétel előtt is ismert volt az elődszimbólum alakja.

A 18. táblázat és a 19. táblázat a tamgák esetleges megjelenését mutatja néhány utódjellegben. Az itt szereplő rövidítések a következők: *szmr.*: székely-magyar rovás, *kmr.*: Kárpát-medencei rovás, *sr.*: steppei rovás, *tr.*: türk rovás. A 18. táblázat és a 19. táblázat esetei közül pl. az SFG-25, SFG-77 és SFG-102 esetén a tamgák esetleges szerepe nehezen mutatható ki, mivel az elődjellegek alakja eleve lényegében azonos az utódjelleg alakjával. De például az SFG-28, SFG-44, SFG-48, SFG-99 és SFG-100 esetében biztos a tamgák szerepe, mivel

jelentősen eltérő az elődtaxon és az utódtaxon megfelelő jellegének alakja. A hivatkozott SFG-k részletezése, a szimbólumok forrása és a jelölések értelmezése megtalálható: Hosszú 2021a.

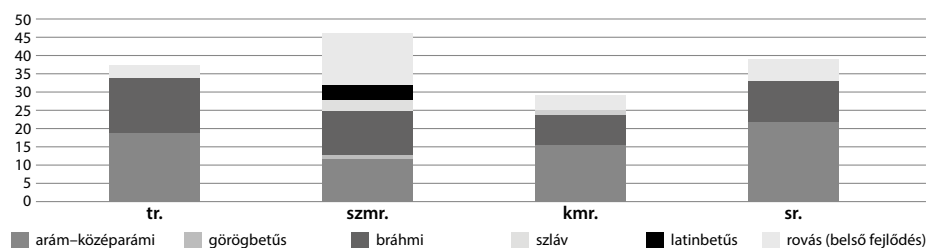
SFG	Utódjelleg	Lehetséges elődjellegek	Hasonló taggák
SFG-8	kmr. ʎ, ʎ <A>; sr. ʎ, ʎ <A>	párthus ʎ <'>	ʎ, ʎ, ʎ
SFG-14	tr. 𑆗, 𑆘, 𑆙, 𑆚 <b²>; kmr. 𑆗 <b>; sr. 𑆗 <b¹>	bráhmi 𑆗 <ba>; 𑆗 <bhi>; 𑆗 <bu>	𑆗, 𑆘, 𑆙, 𑆚, 𑆗
SFG-21	tr. X <g¹>; szmr. 𑍆 <ɣ>; kmr. 𑍆, 𑍇, 𑍈 <ɣ>; sr. 𑍆, 𑍇, 𑍈 <g¹>	szogd 𑍆, N <ɣ>	H, 𑍆, N
SFG-25	kmr. > <d>; sr. >, > <d>	hivatalos arám 𐤎, 𐤏 <d>, párthus 𐭆 <d>	>
SFG-28	tr. 𑀜, 𑀝, 𑀞, 𑀟, 𑀠, 𑀡, 𑀢 <nd, nt>	bráhmi 𑀜 <dha>	𑀜, 𑀝, 𑀞, 𑀟, 𑀠, 𑀡, 𑀢
SFG-44	kmr. 𑀢, 𑀣 <ɣ>; sr. 𑀢, 𑀣 <h>	hivatalos arám 𑀢, 𑀣, 𑀤 <h>; párthus 𑀢 <h>	𑀢, 𑀣, 𑀤, 𑀢, 𑀣
SFG-48	tr. 𑀧, 𑀨, 𑀩, 𑀪, 𑀫 <t¹>	bráhmi 𑀧, 𑀨, 𑀩, 𑀪 <tā>	𑀧, 𑀨, 𑀩, 𑀪
SFG-61	tr. 𑀫, 𑀬 <q⁵>; szmr. 𑀫, 𑀬 <k>	bráhmi 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮 <kha>; bráhmi 𑀫, 𑀬, 𑀭 <khī>	𑀫
SFG-62	tr. 𑀯, 𑀰 <wq <sup>w</sup> >	bráhmi 𑀯, 𑀰, 𑀱, 𑀲 <ka>	𑀯, 𑀰

18. táblázat: Néhány példa a taggák esetleges szerepére (1. rész)

SFG	Utódjelleg	Lehetséges elődjellegek	Hasonló taggák
SFG-67	tr. 𑀜, 𑀝, 𑀞, 𑀟, 𑀠, 𑀡, 𑀢, 𑀣, 𑀤, 𑀥, 𑀦, 𑀧, 𑀨, 𑀩, 𑀪, 𑀫 <m>; sr. 𑀜 <m>	középperzsa 𑎧, 𑎨, 𑎩, 𑎪, 𑎫, 𑎬 <m>; bráhmi 𑀜, 𑀝, 𑀞, 𑀟 <ma>	𑀜, 𑀝, 𑀞, 𑀟, 𑀠, 𑀡, 𑀢, 𑀣, 𑀤, 𑀥, 𑀦, 𑀧, 𑀨, 𑀩, 𑀪
SFG-68	szmr. 𑀧, 𑀨, 𑀩, 𑀪 <m>	bráhmi 𑀧, 𑀨 <ma>; 𑀩, 𑀪 <mq>	𑀧, 𑀨
SFG-75	tr. 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮 <n²>; sr. 𑀫 <n²>	bráhmi 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮 <ne>	𑀫, 𑀬
SFG-77	kmr. 𑀰 <q>	ócirill 𑀰 <q>	𑀰, 𑀱, 𑀲, 𑀳, 𑀴, 𑀵
SFG-80	szmr. 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮 <p>; kmr. 𑀫 <f>; sr. 𑀫 <p>	hivatalos arám 𑀫 <p>; bráhmi 𑀫, 𑀬 <pū>	𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮, 𑀫
SFG-82	szmr. 𑀫, 𑀬, 𑀭 <č>; sr. 𑀫, 𑀬, 𑀭 <č>	bráhmi 𑀫, 𑀬 <tsa>	𑀫, 𑀬, 𑀭
SFG-88	kmr. 𑀰 <q>; sr. 𑀰 <q>; 𑀰 <wq <sup>w</sup> >	bráhmi 𑀰, 𑀱 <kā>	𑀰, 𑀱
SFG-91	szmr. 𑀫 <k>; sr. 𑀫 <q>	bráhmi 𑀫, 𑀬 <ka>	𑀫, 𑀬
SFG-93	tr. 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮 <r²>	bráhmi 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮 <ro>	𑀫, 𑀬
SFG-99	szmr. 𑀰 <š>; kmr. 𑀰, 𑀱 <š>	bráhmi 𑀰, 𑀱 <śa>; 𑀲 <śa>	𑀰
SFG-100	tr. 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮 <š>	bráhmi 𑀫, 𑀬 <śa>	𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮, 𑀫, 𑀬, 𑀭, 𑀮
SFG-102	szmr. 𑀰, 𑀱, 𑀲 <z>	bráhmi 𑀰, 𑀱 <śa>	𑀰, 𑀱, 𑀲

19. táblázat: Néhány példa a taggák esetleges szerepére (2. rész)

A vizsgált utódtaxonok jellegei alapján valószínűsíthető, hogy az utódtaxonok használói rendszerint az elődszimbólum gliféhez valamilyen mértékben hasonlító tamgákat alkalmaztak az átvétel során, így az utódszimbólum glifje bizonyos mértékig hasonlít az elődszimbólum glifére, viszont teljesen meggyezik egy már korábban is létezett tamga alakjával. A kiterjesztett fenetikai modell kiértékelése során a nem egyértelmű SFG-k kihagyásával létrejött, és az elődtaxoncsoportokra csak egyértelmű SFG-eket tartalmazó  $P_0$  szűrt fenetikai modell alapján készült csoportspektrumokat bemutatja a 3. ábra.

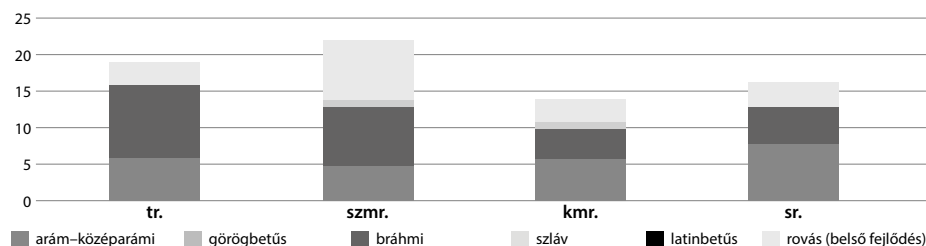


3. ábra: A  $P_0$  szűrt fenetikai modellen alapuló csoportspektrumok

Alkalmazva az  $E_{tamga}$  kiértékelési operátort a  $P_0$  szűrt fenetikai modellre, a  $P_{tamga}$  redukált fenetikai modellt kapjuk (1) szerint.

$$P_{tamga} = E_{tamga} P_0 \quad (1)$$

A  $P_{tamga}$  redukált fenetikai modell által meghatározott csoportspektrumokat bemutatja a 4. ábra.



4. ábra: A  $P_{tamga}$  redukált fenetikai modellen alapuló csoportspektrumok



A 3. ábra és a 4. ábra összehasonlításából látszik, hogy az egyetlen írást (a bráhmit) tartalmazó bráhmi elődtaxoncsoportból származó SFG-kre nagyobb arányban hathattak a tamgák, mint a hivatalos arám, párthus, középperzsa és szogd írást tartalmazó arám–középiráni elődtaxoncsoportból származó SFG-kre. Feltételezhetően a tamgák azért hatottak az utódtaxonokra, mert az utódtaxonokkal készült jelszekvenciákat az elődtaxonokétól eltérő, a tamgákhoz használt technológiával hozták létre. Ugyanis míg az arám–középiráninál kalligrafikusabb bráhmi glifeket döntően papírra írták, a vizsgált utódtaxonok használói steppei nomádok voltak, és az általuk ismert technológiához (jellemzően fára vagy kőre való vésés) a tamgák glifjei jobban illeszkedtek.

Ezek a megfigyelések a jelszekvenciák (feliratok) készítéséhez alkalmazott írástechnológia egy különleges hatását mutatják a mintaevolúcióra. Ez a korábban nem ismert jelenség korlátozza az utódtaxonok jellegei eredetének meghatározhatóságát, vagyis a vizsgálatok szempontjából úgy hat, mintha zajt kevernének egy átviteli csatornába.



5. ábra: A technológia által meghatározott alakzatok hatása a jellegátvitelre

Az 5. ábra szerinti megközelítéssel a mintarendszerek fejlődésének modellezése végső fokon visszavezethető egy elődtaxon és egy utódtaxon közötti jelátviteli problémára, ahol a jelátviteli útba egyfajta zavarjel kerül azáltal, hogy az utódtaxon használói másfajta technológiát alkalmaznak, mint az elődtaxon használói, így bizonyos jellegeket (szimbólumokat) csak módosított alakzattal tudnak átvenni. A problémát bonyolítja, hogy nem minden jellemnél tapasztalható ez a zavaró hatás; továbbá megjelenése az evolúció során fellépett esetlegességektől is függhet, ami utólag rekonstruálhatatlan. Ilyen típusú problé-

mák valószínűleg nemcsak az írások fejlődése kapcsán merülhetnek fel, hanem egyéb mintarendszerek evolúciós jelenségeinél is felléphetnek, és ezek kezelésére alkalmas lehet a kiterjesztett fenetikai modellen alapuló elemzés.

## Következtetések

Az írás a szimbólumokból, szintaxisból és elrendezési szabályokból álló mintarendszerek speciális esete. A mintarendszerrel alkotott szimbólumszekvencia sajátos típusa egy írás szabályaival készült betűsor (pl. egy szó vagy egy mondat), míg a szimbólumszekvencia megvalósulásaként értelmezhető jelszekvencia az írások mint mintarendszerek esetén a valamilyen hordozón fennmaradt, feliratként értelmezhető jelek összessége.

A biológiai evolúció egyes fogalmai használhatók a mintarendszerek evolúciójának (mintaevolúció) leírására. A vizsgált speciális mintarendszerek egy csoportjánál a hibridizáció egyik sajátos típusa figyelhető meg, amikor az utódtaxonok kialakulásakor azok felhasználói az elődtaxonok szimbólumainak glifjeit helyettesítették ismert glifekkel, ami nehezíti az utódtaxonok jellegei eredetének felderítését. A vizsgálatokat a steppei népek által használt rovás írásokra alkalmazva megfigyelhető, hogy a rovás írások kialakulásánál egyes átvett grafémák alakját a korábbról ismert tamgák alakjával helyettesítették. Az elvégzett vizsgálatok eredményeket szolgáltatottak azzal kapcsolatban, hogy melyik utódtaxonra milyen mértékben hatottak a tamgák.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- Augst 1986.** Gerhard Augst: Descriptively and explanatorily adequate models of orthography. In: G. Augst (ed.): *New Trends in Graphemics and Orthography*. De Gruyter, Berlin, 1986. 25–42.
- Benlarabi et al. 2014.** Anissa Benlarabi – Bouchra El Asri – Amal Khtira: A co-evolution model for software product lines: An approach based on evolutionary trees. In: *2014 Second World Conference on Complex Systems (WCCS)*. IEEE, 2014. 140–145.
- Dyekiss 1993.** E. G. Dyekiss: A parciális logika természetes nyelvi kapcsolódásairól. *Gond* 5–6. (1993) 96–103.
- Hosszú 2010.** Hosszú Gábor: Az informatika írástörténeti alkalmazásai. (Meghívott plenáris előadás) In: Cserny László (szerk.): *Informatika Korszerű Technikái Konferencia* (2010. március 5–6.). Dunaújvárosi Főiskola Informatikai Intézet, Dunaújváros, 2010. 5–21.
- Hosszú 2012.** Hosszú Gábor: A grafémák leszármazási elemzése. In: Hosszú Gábor (szerk.): *I. Alkalmazott Számítógépes Paleográfiai Konferencia*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Budapest, 2012. 18–36.
- Hosszú 2013a.** Hosszú, Gábor: *Heritage of Scribes. The Relation of Rovas Scripts to Eurasian Writing Systems*, 3rd, revised and extended edition. Rovas Foundation, Budapest, 2013. <http://google.hu/books?id=TyK8az-CqC34C&pg>
- Hosszú 2013b.** Hosszú Gábor: *Rovásatlasz*. Milani, Budapest, 2013.
- Hosszú 2014a.** Hosszú Gábor: Topológiai eltérések minimalizálására visszavezetett graféma leszármazási vizsgálatok. In: Cserny László – Hadaricsné Dudás Nóra – Nagy Bálint (szerk.): *Informatika Korszerű Technikái Konferencia* (2012. november 16–17.). Dunaújvárosi Főiskola – *Új Mandátum* Könyvkiadó, Budapest, 2014. 60–71.
- Hosszú 2014b.** Gábor Hosszú: Mathematical Statistical Examinations on Script Relics. In: V. Bhatnagar (ed.): *Data Mining and Analysis in the Engineering Field*. Chapter 8. Information Science Reference, Hershey–New York, 2014. 142–158.

- Hosszú 2015.** Gábor Hosszú: A Novel Computerized Paleographical Method for Determining the Evolution of Graphemes. In: Mehdi Khosrow-Pour (ed.): *Encyclopedia of Information Science and Technology*. Chapter 194. Information Science Reference, Hershey–New York, 2015<sup>3</sup>. 2017–2031.
- Hosszú 2017.** Gábor Hosszú: Phenetic Approach to Script Evolution. In: Hannah Busch – Franz Fischer – Patrick Sahle (eds.): *Kodikologie und Paläographie im Digitalen Zeitalter 4*. Codicology and Palaeography in the Digital Age 4. Books on Demand, Norderstedt, 2017. 179–252.
- Hosszú 2019.** Hosszú Gábor: Írás emlékek grafémaalakjainak térstatisztikai és fenetikai elemzése. In: Zelliger Erzsébet (szerk.): *Rovás – magyar nyelvtörténet – művelődéstörténet*. Magyarországi Kutató Intézet, Budapest, 2019. 120–450.
- Hosszú 2020.** Hosszú Gábor: Evolúciós számítások írásinformatikai alkalmazása. In: Fehér Bence – Ferenczi Gábor (szerk.): *Ősi írásaink*. Tanulmánykötet a Magyarországi Kutató Intézet által 2019. december 12–13-án rendezett konferencián elhangzott előadásokból. Magyarországi Kutató Intézet, Budapest, 2020. 51–76.
- Hosszú 2021a.** Gábor Hosszú: *Scriptinformatics*. Extended Phenetic Approach to Script Evolution. Nap Kiadó, Budapest, 2021. [http://napkiado.hu/media/Hosszu\\_Gabor-Scriptinformatics.pdf](http://napkiado.hu/media/Hosszu_Gabor-Scriptinformatics.pdf)
- Hosszú 2021b.** Gábor Hosszú: Data-Driven Phenetic Modeling of Scripts' Evolution. In: Shifeng Liu – Gábor Bohács – Xianliang Shi – Xiaopu Shang – Anqiang Huang (eds.): *LISS 2020*. Proceedings of the 10th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences. Chapter 28. Springer, Singapore, 2021. 389–403.
- Kohrt 1986.** M. Kohrt: The term 'grapheme' in the history and theory of linguistics. In: G. Augst (ed.): *New Trends in Graphemics and Orthography*. De Gruyter, Berlin, 1986. 80–96.
- Luscombe et al. 2001.** N. M. Luscombe – D. Greenbaum – M. Gerstein: What is bioinformatics? A proposed definition and overview of the field. *Methods of Information in Medicine* 40. (2001) 4. sz. 346–358.
- Macdonald 2008.** M. C. A. Macdonald: The Phoenix of Phinikēia: Alphabetic Reincarnation in Arabia. In: J. Baines – J. Benner – S. Houston (eds.): *The Disappearance of Writing Systems*. Equinox, London, 2008. 207–229.

- Nagy 1895.** Nagy Géza: A székely írás eredete. *Ethnographia* 6. (1895) 4. sz. 269–276.
- Pardede et al. 2012.** Raymond Eliza Ivan Pardede – Loránd Lehel Tóth – Gábor Hosszú – Ferenc Kovács: Glyph Identification Based on Topological Analysis. In: *Proceedings of the PhD Workshops at BME*, March 9, 2012. BME, Budapest, 2012. 99–103.
- Pardede et al. 2016.** Raymond Eliza Ivan Pardede – Loránd Lehel Tóth – György András Jeney – Ferenc Kovács – Gábor Hosszú: Four-Layer Grapheme Model for Computational Paleography. *Journal of Information Technology Research (JITR)* 9. (2016) 4. sz. 64–82.
- Payne 2010.** Annick Payne: *Hieroglyphic Luwian. An Introduction with Original Texts*, 2nd, revised edition. Harrassowitz, Wiesbaden, 2010.
- Podani 1997.** Podani János: *Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe*. Scientia Kiadó, Budapest, 1997.
- Sampaio 2007.** Alberto Sampaio: Software Phenetics, Phylogeny and Evolution. In: *Third International IEEE Workshop on Software Evolvability 2007*. IEEE, Paris, 2007. 60–66.
- Skjærvø 1996.** Prods Oktor Skjærvø: Aramaic Scripts for Iranian Languages. In: Peter T. Daniels – William Bright (eds.): *The World's Writing Systems*. Oxford University Press, New York, Oxford. 1996. 515–535.
- Sneath 1975.** Peter H. A. Sneath: Cladistic Representation of Reticulate Evolution. *Systematic Zoology*, 24. (1975) 3. sz. 360–368.
- Sneath–Sokal 1973.** Peter H. A. Sneath – Robert Reuven Sokal: *Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification*. Freeman, San Francisco (CA), 1973.
- Torres-Montúfar et al. 2018.** Alejandro Torres-Montúfar – Thomas Borsch – Helga Ochoterena: When homoplasy is not homoplasy: dissecting trait evolution by contrasting composite and reductive coding. *Systematic Biology* 67. (2018) 3. sz. 543–551.
- Wiley–Lieberman 2011.** E. O. Wiley – Bruce S. Lieberman: *Phylogenetics: The Theory and Practice of Phylogenetic Systematics*. Wiley-Blackwell, Hoboken (NJ), 2011.

## **The evolution of scripts as specific pattern systems**

**ABSTRACT:** A generalisation of the concept of script is the pattern system, which consists of symbols, syntax and layout rules. The symbol sequence corresponds to a sequence of letters made up of the syntactic rules of a script; the graph sequence corresponds to a set of graphs on a writing medium that can be interpreted as an inscription. In studying pattern systems that exhibit evolution over time, resulting in symbol sequences, different possibilities of mathematical modelling have been used to describe time-varying properties. These allow the concepts of biological evolution to be applied to describe the evolution of pattern systems. One form of evolution is hybridisation, which can be observed in the evolution of Rovash scripts, where in some cases, the shapes of the adopted graphemes were replaced by the shapes of earlier known tamgas.

**KEYWORDS:** ancestor analysis, pattern evolution, pattern system, phenetics, phylogenetics, Rovash scripts, scriptinformatics, tamga