

Népzenei összehasonlító elemzések mesterséges intelligenciákkal.

Juhász Zoltán

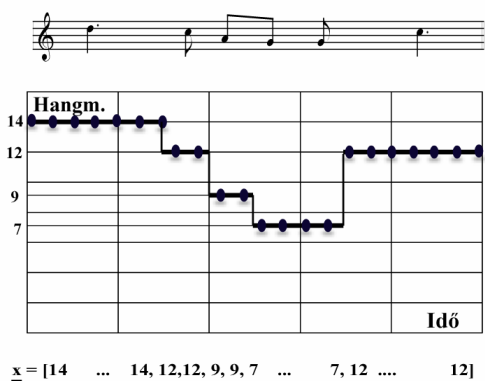
Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
1525 Budapest. P.O.B 49. T: 1 392 2678
juhasz@mfa.kfki.hu

Kilenc eurázsiai népzene reprezentatív dallam-gyűjteményeit elemeztük az un. Kohonen-féle önszervező térképek segítségével. A mesterséges intelligenciák megtanulták a különböző népzeneik jellegzetes dallamvonal-típusait, mintegy modellezve a zenei nyelveket. A nemzeti zenei nyelvek egymás közti kapcsolatait felvetették egy valaha létezett közös zenei ősnyelv lehetőségét. Ennek rekonstrukciója arra a következtetésre vezetett, hogy a zenei ősnyelv legtöbb elemét éppen a mai magyar népzene őrzi, így a Kárpát-medence igazolhatóan központi helyet foglal el Eurázsia zenei térképén.

Kodály Páva-variációit hallgatva elgondolkodhatunk azon, hogy micsoda szövevényes kapcsolatrendszer fűzheti össze a népzene sok ezer dallamát, ha egyetlen dallamtípus is ilyen csillogóan gazdag változatosságban mutatja meg különböző arcait. Ez a gazdagság elsősorban a szájhagyományos műveltség legfőbb alkotó módszerének, a variálásnak köszönhető. A népzene életéhez éppúgy hozzátartozik a változatok folytonos születése és a kevésbé sikeres változatok eltűnése, mint a mutációké az élővilágéhoz. A variánsok képződése és elhalása eredményeként kikristályosodó rend kutatása azonban már csak a dallamok óriási száma miatt is igen nehéz, hiszen a Zenetudományi Intézet archívumában pl. 200 000-nél is több egyedi dallam-változat található.

Az elemző munkát nyilván megkönnyíthetjük olyan számítógépes algoritmusokkal, amelyek mintegy „maguktól” megkeresik a dallam-sokaságokban rejtőző legfontosabb alapformákat, és ezzel megmutatják a vég nélküli variálás kiindulópontjait – azokat az elvont, a valóságban pontosan tán soha el sem hangzó formákat, melyek éppen a belőlük fakadó változatok segítségével őrződnek meg évezredekig egy-egy szájhagyományos műveltség emlékezetében.

Első lépésként keresnünk kell egy olyan módszert, mely a dallamokat matematikailag is értelmezhető módon - az időben egymást követő hangmagasság értékeket tartalmazó számsor formájában – írja le. A számsor származtatását az 1. ábrán éppen a Kodály művének címet adó magyar népdal, a „Felszállott a páva” első sora illusztrálja. A kotta alapján először megalkotjuk az un. hangmagasság-idő függvényt. Az 1. ábrán a vastag lépcsős vonal mutatja, hogy a hangmagasság-idő függvényben a félhang-ugrásnak egységnyi, a nagyszekund lépésnek két egységnyi, stb. változás felel meg. A függvényben a hangok időtartama is megjelenik, így az a ritmus lényeges jellemzőit is leképezi. A folytonos hangmagasság-idő függvényt alkalmasan megválasztott D db egyenlő szakaszra bontjuk, és minden szakaszon mintát veszünk a hangmagasságból. A dallamsorokat leíró hangmagasság-minták sorozata így egy D dimenziós vektorban jelenik meg.



1. ábra. A dallamvonalat leíró vektor származtatása. A hangmagasság-idő függvényből az ábrán pontokkal jelölt diszkrét időpontokban veszünk mintát, és ezeket az \underline{x} vektorban tároljuk. A vektor dimenziószáma a minták számával egyenlő.

A tapasztalat azt mutatja, hogy $D = 32$ minta kielégítő pontossággal írja le népdalaink egy-egy sorát. A módszer egyaránt alkalmazható teljes dallamok, dallamsorok, vagy sor-párok (pl. az első és második sorok alkotta dallamrészek) leképezésére. Itt jegyzem meg, hogy a dallamok a népzene tudományban szokásos módon mind közös G záróhangra transzponálva értendők. Minden dallamsorból, annak szótagszámától, ritmusától, tempójától, tehát tényleges időtartamától függetlenül mindig 32 hangmintát veszünk, így valóban minden dallamsornak egy 32 dimenziós vektor felel meg. Sor-párok és egész dallamok vizsgálatára értelemszerűen legalább 64 hangmintát veszünk, tehát a nagyobb zenei egységeket magasabb dimenziójú térbe képezzük le.

A D dimenziós dallamvonal vektorok a fentiek szerint egy D dimenziós tér egy-egy pontjába mutatnak – a teret kifeszítő bázis első koordinátája a dallamvonal első mintájának hangértékét adja, második koordinátája a második mintáét, stb. Belátható, hogy az így definiált „dallam-térben” két pont euklideszi távolsága éppen a dallamvonalak eltérését jellemzi, így zenei értelemben is alkalmas mértéket jelent. A dallam-sokaságban rejlő zenei rendezettséget tehát egy sokdimenziós pontrendszer térbeli rendezettségébe képeztük le. A pontrendszer sűrűbb tartományai az adott műveltség által kedvelt, sokat variált zenei formákra utalnak, így a sűrűsödések gócpontjai éppen a fent említett zenei alapformáknak feleltethetők meg.

A gócpontokat – a népzene alapszerkezetét meghatározó tipikus dallamvonalakat - a mesterséges intelligenciák egyik közkedvelt típusa, az un. Kohonen-féle önszervező térkép segítségével kereshetjük meg [1]. Az önszervező térkép a 2. ábrán lévő síkbeli rácson alakul ki, egy lassú tanulási folyamat eredményeképpen. Minden egyes rácsponthoz egy D dimenziós dallamvonal vektor tartozik – az (i, j) koordinátájú rácsponthoz pl. $c_{i,j}$. Ezek a vektorok alakulnak majd a tanulás során úgy, hogy lassan egy-egy tipikus dallamvonalat írjanak le. Kezdetben a vektorokat véletlen számokkal töltjük fel, vagyis a tanulás elején csupa értelmetlen dallamvonal tölti be a leendő típusok helyét.

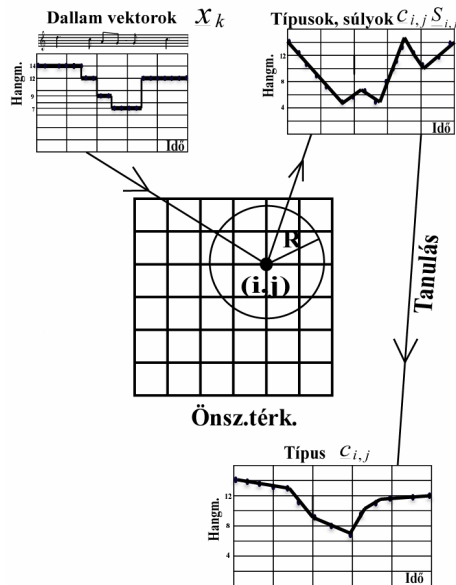
A tanítás során először találomra kiválasztunk az adatbázisból egy dallamot – az ábra szerint a k -adikat. Ebből az 1. ábrán ismertetett módon megalkotjuk az x_k dallamvonal vektort, és megkeressük a térképen azt a $c_{i,j}$ típus-vektort, amelytől legkisebb a távolsága. (Kezdetben persze a hasonlóság még igencsak gyenge, hiszen a $c_{i,j}$ „típusok” még véletlen hangsorok, nem igazi dallamvonalak.) Tartozzon ez a típus vektor a rács (i, j) rácspontjához (1. 2. ábra).

Miután megtaláltuk a leginkább hasonló $c_{i,j}$ típus-vektort, azt úgy módosítjuk, hogy egy kicsit jobban hasonlítson a kiválasztott igazi dallamvonal vektorra, x_k -ra - vagyis a dallam-térben a $c_{i,j}$ vektort kissé elmozdítjuk az x_k vektor felé. Ezt a módosítást azonban nem csak $c_{i,j}$ -vel végezzük el, hanem az (i, j) rácspont bizonyos környezetében minden rácsponthoz tartozó típus-vektorral. Az (i, j) rácspont környezetén a 2. ábra értelmében annak egy adott R sugarú körön belüli szomszédságát értjük. R -et szokás a rács-méret feleként megadni a tanítás elején, majd a tanulás során értékét folyamatosan egy rács-távolságnyi alá csökkentjük.

Ezután újabb dallamot választunk adatbázisunkból, és most annak a helyét keressük meg a rácson. Ha ez történetesen megint az (i, j) rácsponton lévő dallamvonalhoz hasonlít a legjobban, akkor a $c_{i,j}$ típus vektort (és R sugarú környezetét) most kicsit efelé a dallamvonal felé módosítjuk, így abban most már két dallamvonal tulajdonságai átlagolódnak. Így az (i, j) rácspont a továbbiakban egyre inkább vonzza az elsőnek rátalált dallam rokonait. A $c_{i,j}$ típus vektor ennek megfelelően a dallamok egy bizonyos csoportjának - rokonsági körének - átlagolt dallamvonalához közelít a tanulás során. A továbbiakban ezeket az átlagolt, tipikus dallamvonalakat nevezzük típusoknak.

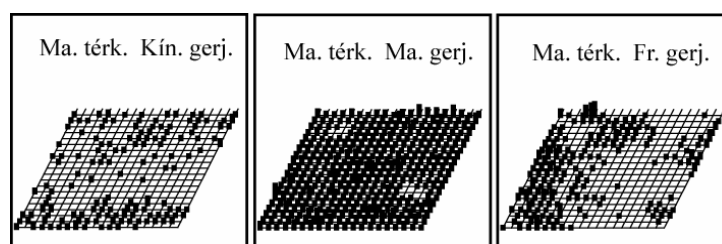
Persze sokkal valószínűbb, hogy a másodiknak kiválasztott dallamnak új helyet találunk a rácson, így ott egy másik dallamvonal-típus kezd el fejlődni. Így idővel minden rácsponton megindul valamilyen dallamvonal-típus „tanulása”. A tanulási ciklust nagyon sokszor megismételve, a térkép rácspontjaihoz rendelt vektorokban lassan kialakulnak a legfontosabb

dallamvonal típusok, hasonló valódi dallamvonalak csoportjainak átlagaként. Mivel pedig a típusok módosítása a tanulás során a szomszédságra is kihat, a térképen a hasonló típusok egymás közelében fejlődnek ki. A térkép tehát valóban térkép – az adott zenekultúra tulajdonságait tükrözi, csak hogy immár nem a sokdimenziós dallam-térben, hanem két dimenzióban.



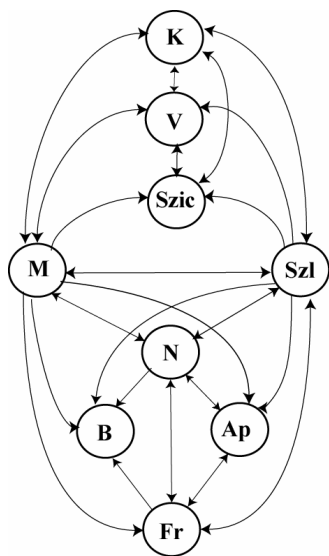
2. ábra. A dallamvonalak típusait tanuló önszervező térkép. A kottából származtatott dallamvonal (x_k) a négyzetrács (i, j) koordinátájú rácspontjához tartozó dallamvonal típust ($c_{i,j}$ -t) találja leghasonlóbbnak. Az (i, j) rácspont R sugarú környezetében minden dallamvonal típust kissé a maga képeire formál. A tanulás végén egy jellegzetes dallamvonal típus átlagolt formája jelenik meg $c_{i,j}$ -ben.

Ha az önszervező térképet valamely kultúra zenei hagyományát jól reprezentáló dallamgyűjteménnyel tanítjuk, a térképen az adott kultúra összes jellemző alapformája kialakul – a térkép tehát az adott „zenei nyelv” modelljének tekinthető. A magyar népzene esetében pl. az adatbázisban szereplő 2500 dallam 80%-a jól osztályozható egy 400 rácspontot (dallamvonal-típust) tartalmazó térképen. Az eredmények igen jó összhangban vannak a zenetudomány által felderített dallamtípusokkal, így joggal feltételezhetjük, hogy a módszer más, általunk kevésbé ismert népzenei esetekben is jól határozza meg a jellemző formákat. Így a jelenleg rendelkezésre álló adatbázisok segítségével a következő „zenei nyelvek” modelljeit határoztuk meg: magyar, szlovák, Volga-vidéki (cseremiszi, csuvas, tatár, votják), kínai (han), szicíliai, német, francia, bolgár és Appalache-i (főleg skót és ír telepések hagyománya). Ha mármint az A nemzet (régión) térképén egy másik nemzet (B) dallamait osztályozzuk – vagyis az A nemzet térképén megkeressük azokat a típusokat, melyekhez hasonló dallam megtalálható a B nemzet dallamai között – akkor A önszervező térképén előhívhatjuk azokat a területeket, melyek a B nemzet zenéjével kapcsolatban állnak. Például a magyar térkép aktiválását kínai, magyar és francia dallamok hatására a 3. ábrán tekinthetjük át. A saját dallamok gyakorlatilag teljes területükön gerjesztik a térképet – kevés kivétellel minden rácspontra jut dallam, ha a magyar térképet magyar dallamokkal gerjesztjük. A magyar térképet ellenben világosan elkülönülő foltokon gerjesztik a kínai és francia dallamok.



3. ábra. A magyar önszervező térkép gerjesztése kínai, magyar és francia dallamokkal. A különböző kultúrák különböző mintázatokat hívnak elő a magyar népzene térképén.

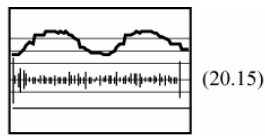
Jellemezzük az A és B kultúra kapcsolatának erősségét az A térképén B dallamai által aktivált rácspontok (típusok) összes rácspontához mért arányával! Ekkor kiválaszthatjuk pl. a magyar térképet legerősebben aktiváló 2 (3, 4, stb.) idegen kultúrát, majd ugyanígy járhatunk el a többi nyolccal is. Az eredményeket a 4. ábra gráfja foglalja össze. A gráfon a nemzeti kultúrákat jelképező csomópontokat akkor köti össze él, ha azok egymás legerősebb négy aktiválója között szerepelnek. A nyilak az aktiválás irányát jelzik. (Pl. a francia kultúrát a magyar erősen aktiválja, de fordítva ez már nem igaz. A magyar és a szlovák kultúrák viszont kölcsönösen erősen aktiválják egymást.) Az ábra igen világos és tanulságos viszonyrendszert tár elénk. A magyar és a szlovák csomópont nélkül a gráf két önálló rendszerré esne szét: a kínai – Volga-vidéki – szicíliai, ill. a német – francia – Appalache-i – bolgár rendszerekre. A két alrendszert – melyeket bízvást nevezhetünk „keletinek”, ill. „nyugatinak” - csak a két Kárpát-medencei csomópont kapcsolja össze. Ugyanakkor bármely másik két csomópontot távolítanánk is el, azzal nem törnénk meg a gráf egységét. A Kárpát-medence tehát központi helyet foglal el a vizsgált kilenc eurázsiai népzene kapcsolatrendszerében. Az itt élő dallamtípusok kapcsolják össze Kelet és Nyugat zenei hagyományát egyetlen nagy rendszerré.



4. ábra. *Kilenc eurázsiai népzene kapcsolatai.*
(Kínai (K), Volga-vidéki (V), SziCíliai (SziC),
magyar (M), szlovák (Szl), német (N), bolgár (B),
Appalache-i (Ap), francia (Fr).)

Ha feltesszük, hogy ez az egység egy réges-régen létezett közös zenei ősnyelv továbbélésének következménye, akkor felismerhetjük: ez az ősnyelv elég biztonságosan rekonstruálható az önszervező térkép segítségével. Ehhez a nemzeti térképeken meghatározott típusokat kell egyesítenünk egyetlen adatbázissá, és ezzel kell tanítanunk az „ősnyelv” önszervező térképét. Ekkor a több helyen is előforduló hasonló típusok nagyobb eséllyel alakítanak ki közös típust, mint azok, amelyek csak egy nemzeti kultúrában fordulnak elő. Az is belátható, hogy a viszonylag későn elterjedt, kevésbé meggyökeresedett zenei formákat már a nemzeti önszervező térképek tanításakor jelentősen kiszűrtük, így az ősnyelv térképén nagyobb valószínűséggel alakulnak ki régről közös őstípusok, mint újabb korok elterjedt divatjelenségei. Meglepő, hogy ezek az őstípusok nem a ma élő legprimitívebb formákra hasonlítanak. A nagy hangterjedelmű, összetett dallammozgású típusok ugyanolyan gyakoriak köztük, mint a mai népzeneben – erre láthatunk magyar és francia példát az 5. ábrán. Mindkét dallam első két sora az ötödik fok (d) és az oktáv (g) közötti kupolás ívet futja be. Ez a két egyforma ív jelenik meg a diagramon látható ősnyelvi sor-pár típusban is. A két dallam a

közös első sor-páron túlmenően is mutat kapcsolatokat. A francia dallam 3. sora még az előzőket ismétli, 4 sora pedig a magyar dallam 3. sorában jelenik meg, megkettőzve. Az utolsó sorok szintén nagyon hasonlóak.

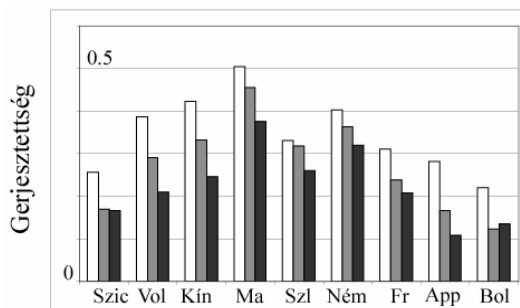


Magyar 18-231-00-01x.ps 1800

Francia 10002800.ps 599

5. ábra. A feltételezett zenei ősnyelv egy sor-párjának rekonstruált típusa, magyar és francia változattal. Az ősnyelvi típus a fenti diagramban látható.

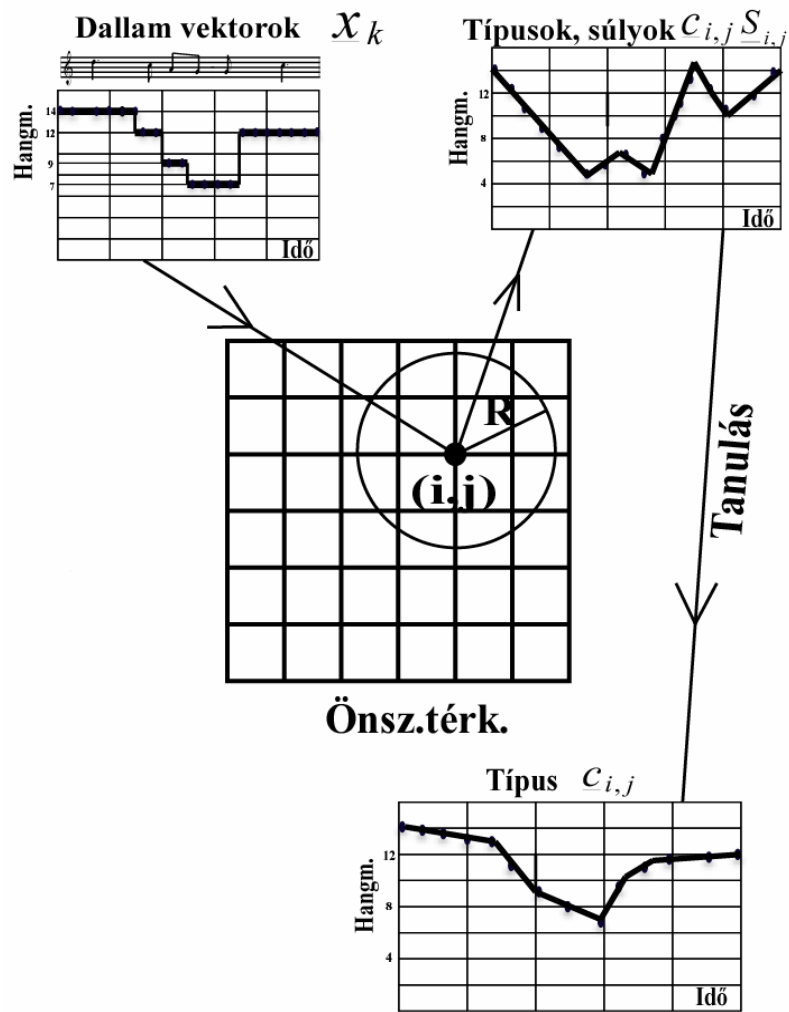
Az ősnyelv térképét eltérő területein és eltérő mértékben aktiválják a mai nemzeti zenei nyelvek, attól függően, hogy melyik mennyit őriz mai állapotában a közös örökségből. A 6. ábra szerint megállapítható, hogy a legerősebben éppen a magyar népzene aktiválja az ősnyelv térképét, tehát a mi népzeneink áll a legközelebb a közös forráshoz [2]. Ez az eredmény kiválóan megmagyarázza a 4. ábra kapcsolati gráfjáról leszűrt tapasztalatokat – a Kárpát medence éppen azért van központi helyzetben Eurázsia zenei térképén, mert itt élnek legnagyobb számban egy közös zenei ősnyelv formái.



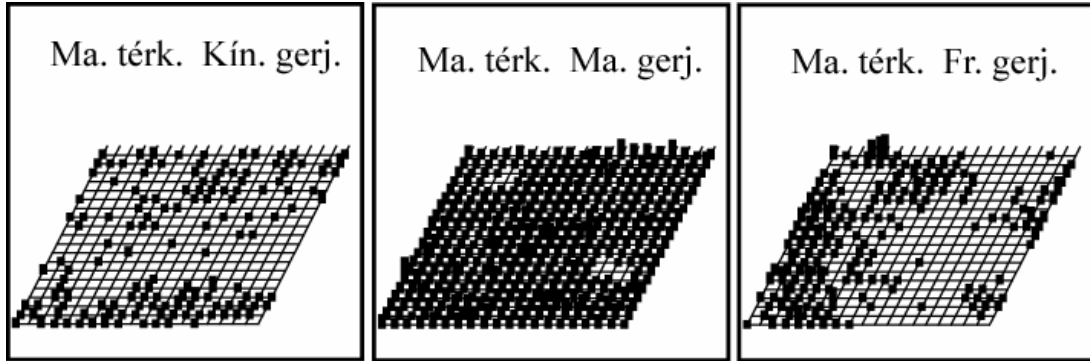
6. ábra. A feltételezett közös zenei ősnyelv aktiválása (gerjesztése) 9 eurázsiai népdallamtípusaival. Az oszlopok az első sorok, első sor-párok és teljes dallamok térképein mért eredményeket mutatják.

Irodalom

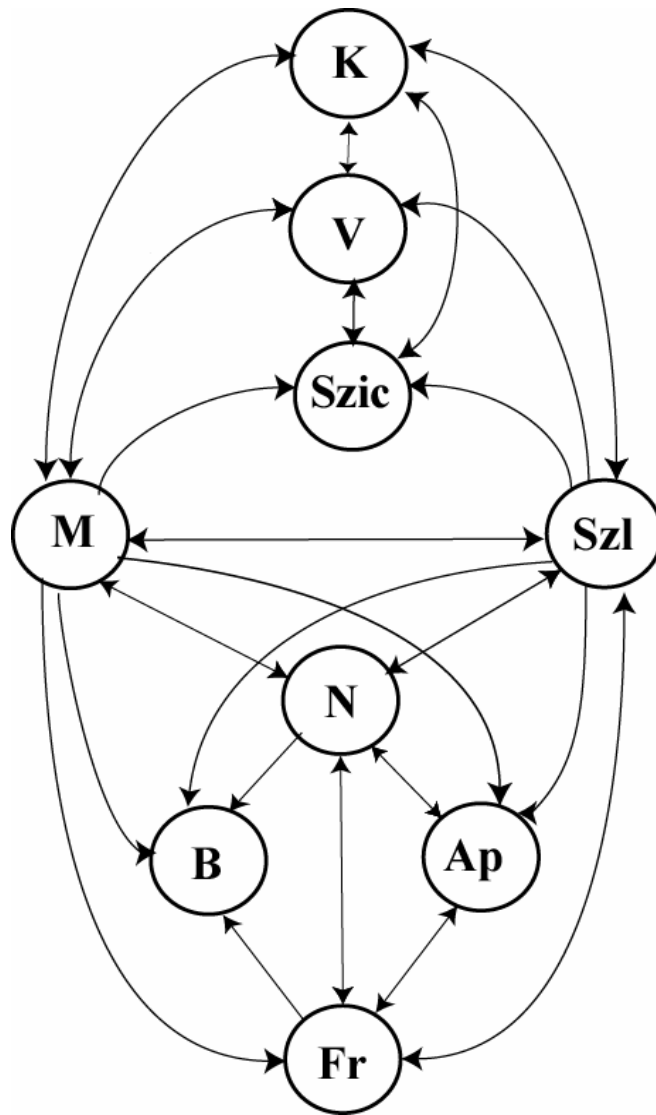
1. Kohonen, T (1995) Self-organising Maps. Berlin:Springer-Verlag
2. Juhász, Z (2006) A zene ősnyelve. Fríg Kiadó, Pilisvörösvár



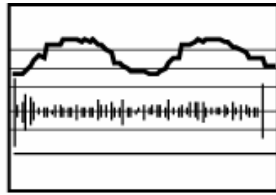
2. ábra



3. ábra



4. ábra

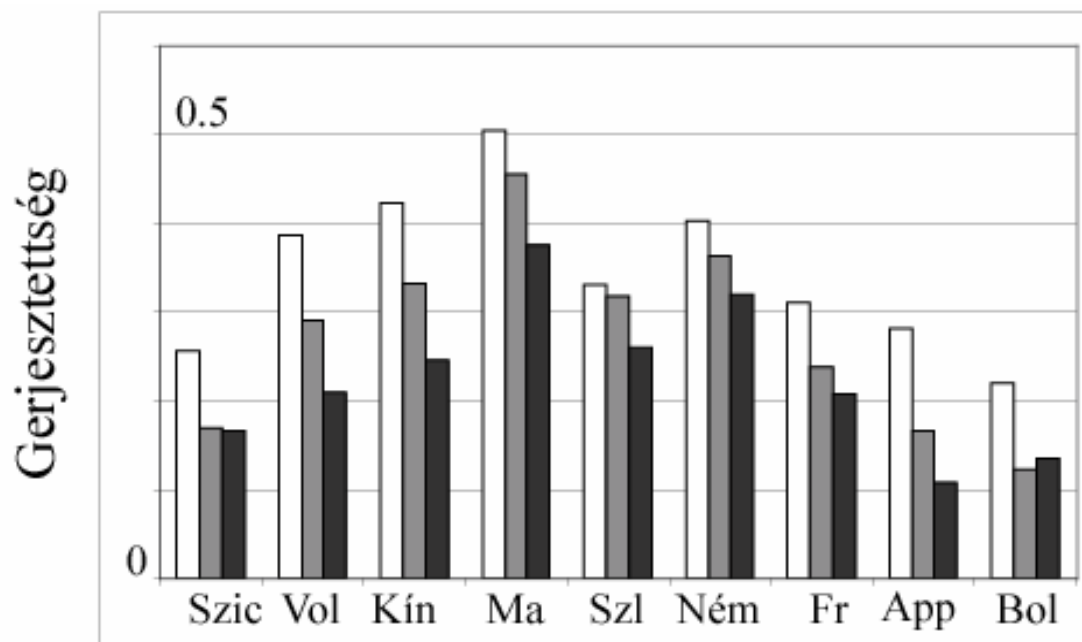


(20.15)

Magyar 18-231-00-01x.ps 1800

Francia 10002800.ps 599

5. ábra



6. ábra

