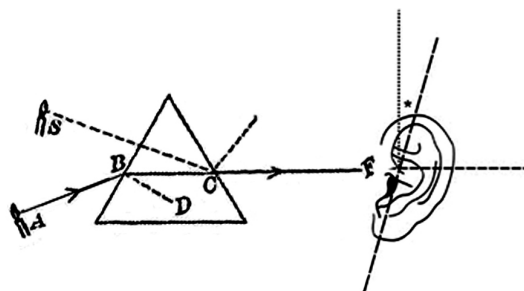


Nagy Ágoston

Vizuális hangszerek

Interakció modalitások szoftveralapú
zenei eszközökben



MOHOLY-NAGY MŰVÉSZETI EGYETEM
MOHOLY-NAGY UNIVERSITY OF ART AND DESIGN BUDAPEST

Doktori értekezés, javított változat
Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Doktori Iskola
Témavezető: Szirtes János
Budapest, 2015

Tartalom

Bevezetés	3
1. A leképezés nyelvei	5
1.1 Egy gondolat formája	5
1.2 Algoritmikus kifejezések	6
1.3 Programozási nyelvek	8
1.4 Vizuális programnyelvek	10
1.5 Az absztrakció rétegei	14
2. Vizuális hangszerek	16
2.1 Zenei vizualizációk	16
2.2 Reprezentáció	22
2.3 Rezgő testű hangszerek	24
2.4 Anyagfüggetlen hangszerek	25
2.4.1 Tiszta kód	26
2.4.2 Képernyő	27
2.4.3 Érintőképernyő	27
2.4.4 Taktilis interface-ek	29
2.4.5 Alternatív interface-ek	30
2.4.6 Tendenciák	30
2.4.7 Használati dimenziók	31
3. Intenció	38
3.1 Leírható rendszerek	38
3.2 A véletlen szerepe	39
3.3 Új utakon	40
4. Konklúzió	42
 Függelék I.: LibPd - Egy működő példa	 46
Függelék II.: Tézisek	50
Képek forrásai	52

Bevezetés

Az értekezés elsősorban a hangokon keresztül való kifejezés lehetőségeit kutatja az információs társadalom kultúrájában. A „Vizuális hangszerek” elsősorban digitális hangkeltő eszközöket jelölnek, avagy olyan rendszereket, amelyeket egyrészt fizikai tárgyak, másrészt az ezekbe ágyazott szoftverek alkotnak.

A címről

A címben szereplő, *vizuális* kifejezés főként erre a második, szoftver komponensre utal, amely eddig nem tapasztalt, új irányokat nyit a tervezők, zenészek, közönség, játékosok, felhasználók számára. Az anyagtan szoftver használati felületének és működési felépítésének kialakítása az elsődleges, látható design mellett (mögött) olyan területeket is érint, mint kognitív megismerés, pszichológia, episztemológia, ergonómia, vagy a proxemika területe.

A *hangszer* kifejezés némi kiegészítésre szorul, a magyar nyelvben ugyanis a zene létrehozására létrejött klasszikus eszközöket illetjük ezzel a szóval, általánosabban vett hang-instrumentumokra nem igazán létezik egységes kifejezés. Míg egy hangot kiadó mérőeszközt például nem illetnénk ilyen kifejezéssel, addig egy sípra, vagy épp dobverőként alkalmazott pálcára nyugodt lélekkel gondolunk zenei hangszerekként. Ez tehát kontextus kérdése, a mérőeszköz méltán betölthetné a hangszer pozícióját, ha például zenei kontextusban használnánk. A *hangszer* így elsősorban ezekre a kontextualizált rendszerekre vonatkozik, és nem a hagyományos értelemben vett klasszikus zenei hangszerekre.

Áttekintés

Egy-egy ötlet, vagy élmény leírása, rögzítése, interpretálása különböző absztrakciós rétegeken keresztül történik. Az értekezés első része ezekkel foglalkozik. E rétegek különböző nyelvi szinteken, különböző nyelvi módszerekkel írhatóak le, melyekből néhány, egymástól különböző irány bemutatásra kerül, a teljesség igénye nélkül.

A második részben kerülnek kifejtésre maguk a vizuális hangszerek. Egyúttal megvilágításba kerül az a szándék is, amely a hangszereket általánosítható absztrakciókként tekintené: avagy az általuk megközelíthető speciális (hang, előadói, szerzői, interpretációs stb.) problémák alkalmazhatóak általános tervezés módszertani, design elméleti kérdésekre is.

A fejezet végén az ismertetett módszerek gyakorlati példákon keresztül elemzésre kerülnek.

Az értekezés befejező részében kerülnek bemutatásra, amelyek általános érvényű

módszerek, és már jóval a digitális technológia előtt olyan szemléletet tükröznek, ahol a nem lineáris, szabadon választható, szervezett (vagy véletlen) szabályszerűségeken alapuló élmények létrehozását célozzák.

Megjegyzés

A dolgozat tematikája a szerző DLA tanulmányai során készült írások alapján lett összeállítva, a korábbi kutatások több helyütt felhasználásra kerültek. Ezen korábbi írások referenciája megtalálható az irodalomban, tartalmuk újrafelhasználható a *Creative Commons Share Alike (CC-BY-SA-4.0)* licenz értelmében. A borítón található grafikát a szerző készítette, a budapesti 2B Galériában rendezett, *Köztes Állapotok*¹ című kiállításához.

Jelölések

Az értekezés kenyérszövege *Open Sans* betűtípussal, a címek és alcímek *DejaVu Sans light* betűtípussal készültek. A szövegben a hagyományos konvencióhoz igazodó jelölések kerülnek felhasználásra. A *Dőlt betű* meglévő művekre, illetve alkalmazott eszközök neveire, szerzőktől való idézetekre, illetve speciális kontextusban szereplő szavakra, a KIS KAPITÁLISSEL szedett részek szerzőkre utalnak. Az illusztrációk mellett előfordulnak kód részletek is, amelyek a szövegtörzstől elválasztva,

külön betűtípussal

kerülnek szedésre.

Köszönetnyilvánítás

A kutatási témámhoz kapcsolódó értékes beszélgetésekért, észrevételekért, bátorításokért elsősorban a következő embereknek szeretnék köszönetet mondani:

Kim Cascone, Marek Chowalewsky, Nick Collins, Miha Cziglar, Debreczeni Márton, Dave Griffiths, Kovács Balázs, Kristóf Krisztián, Brandon LaBelle, Majsai Réka, Nagy Domonkos, Papp Gábor, Samu Bence, Somlai-Fischer Ádám, Százados László, Téri Gáspár, Tillman J. Attila, Veres Bálint

¹ A kiállítás az *Új Zenei Stúdió* munkásságának egy részét mutatja be vizuális kottákon, installációkon, hangobjekteken keresztül, a Pécsi Tudományegyetem Művészeti kar hallgatóinak bevonásával.

1. A leképezés nyelvei

„Ahol a nyelv véget ér, ott kezdődik a zene.”
Zbigniew Karkowski

1.1 Egy gondolat formája

Az emberi megismerés, illetve a „világ dolgainak” reprezentációja formákon keresztül történik. A formák az egyszerű, vizuális (színek, minták) vagy hangj (fonémák) alakzatoktól az összetett (szemantikus fa struktúrák, dinamikus hierarchiák) rendszerekig rendkívül sokfélék lehetnek. Ezek a koncepciók sok esetben kultúrától függetlenek, nem helyhez kötöttek, univerzális archetípusoknak tekinthetők. Például a fa alapú leképezés az egyik legősibb tudásszervező modell: az életfa, vagy a világot jelképező fa archetípus MIRCEA ELIADE szerint a legtöbb eredetmítoszban fellelhető². A norvég mitológiában az *Yggdrasil* névre hallgató tölgyfa például hasonlóképpen összeköti a világ kilenc rétegét, ahogyan a Maya kultúrában a világfa a világ négy sarkát. Hasonlóan fontos szerepe van a fának a zsidó-keresztény kultúrában is, ahol például a paradicsomban található a *Tudás fája*, vagy a Kaballában az absztraktabb felépítésű *Sephirot* a teremtés számainak permutációját írja le. Idő-tér leképezés kapcsán a köznap világunkat is lépten-nyomon átjárja a fa koncepciója: családfák, folyamatábrák, vagy a korszerű keresési algoritmusok faelágazásai egyaránt erre a koncepcióra épülnek.

E formák, szimbólumok, jelkészletek kombinálásával, permutálásával épülnek fel a nyelvek különböző variánsai. A nyelv felépítésére, kategorizálására nyelvészeti problémákra ez az írás részletesen nem tér ki³, a kutatás szempontjából ez nem is releváns. A nyelv a világot reprezentálja, viszont a nyelvet is reprezentálnunk kell, hogy az általa elmondottakat megérthessük. Ezekre az emberiség különböző jelölő rendszereket dolgozott ki, amelyek az érintettek számára egységesen értelmezhető sémákból állnak. Ilyen, egyezményesen kialakított jelölő sémák például a zenei kották, morze jelek, kriptográfiai kódok, bináris reprezentációk (például egy szoftver lefordított kódja).

A beszélt, hang alapú nyelvektől eltérően ezek a jelölő sémákra épült nyelvek gyengék a *mimetikus* leképezésekben, miután diszkrét szimbólumokká alakítják az általuk leírt világot. FRIEDRICH KITTLER rámutat⁴, hogy míg a beszélt nyelvekből eredő filmnyelv, a

2 A fa strukturájának grafikai, szintaktikai alkalmazásáról átfogó képet ad MANUEL LIMA *The Book of Trees* című műve.

3 A témában gazdag és értékes leírással szolgál BENCSIK VILMOS *Jel, hang írás* című könyve

4 FRIEDRICH KITTLER német médiafilozófus volt, többek között a Deutsche Forschungsgemeinschaft kutatóintézet *Literature and Media Analysis* projekt kereteiben kutatta az itt bemutatott nyelvek modalitásai közti különbségeket

fénykép nyelve, a gramofonokon rögzített hangok, vagy a kézírás erősen mimetikusak, miután a környezet nüanszeit, finom összetevőit, a természet apró részleteit egyaránt rögzítik, addig például az írógép (és a számítógépek által használt bináris kód) jóval kevésbé mimetikus, miután „az írógép nem rögzíti a kéz mozdulatait”. Az írógép, a morze, a bináris kód, a kották, és általában a notációs sémák jóval ideálisabbak egy, a mimetikustól eltérő, avagy ún. *algoritmikus* leképezésre.

Az algoritmikus leképezés a környezetét apró, különálló szeletekre szabdálja, majd az így kapott eredményeket újrászervezi. Ez a fajta technológia tehát nem modellezi, vagy újrakreálja a környezetet, hanem determinisztikus módon átrendezi azt. Ezek az átrendezések igen komplex és meglepő eredményeket adnak különböző alkalmazott területeken.

Az első fejezet egy elméleti és két praktikus megközelítést mutat be az algoritmusok leírására. Az elméleti megközelítés általánosságban mutatja be az algoritmikus problémamegoldás tulajdonságait. A gyakorlati megközelítés ismerteti a problémák megoldására alkalmazott szöveges és vizuális programozói nyelvek világát.

1.2 Algoritmikus kifejezések

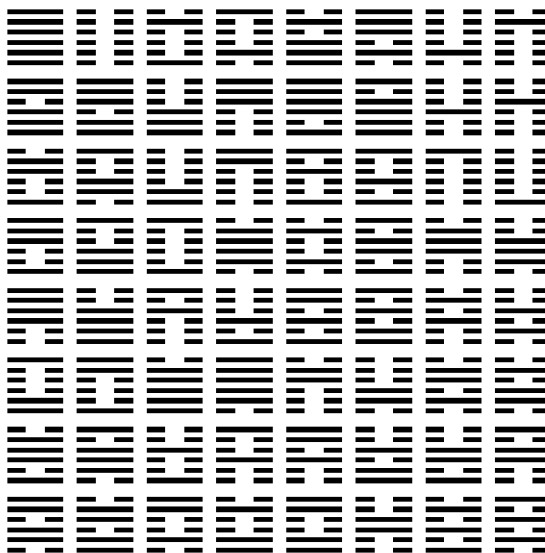
Milyen stratégiák figyelhetők meg a procedurális gondolkodás⁵, illetve az algoritmikus művészetek rendszerében? – teszi fel a kérdést JANETT ZWEIG, *Ars Combinatoria* című esszéjének elején. Írásában három alapvető koncepciót ismertet, amelyet a téma kutatásának kapcsán sikerült visszafejtenie és kategorizálnia. Vizsgálódásai főként számmisztikai rendszerekre, a procedurális művészetekre, illetve a számítási tudományok területeire vonatkoznak. ZWEIG az eredmények alapján a következő három gyakorlatot különbözteti meg: permutáció, kombináció, illetve variáció. Ez a három módszer három, nem teljesen egyforma, ám egytől egyig formalizálható megoldást jelöl meglévő jelkészletek (számok, zenei szekvenciák, szavak, stb.) manipulálására.

Permutáció az, amikor egy meglévő jelkészleten végzünk módosításokat, anélkül hogy hozzáadnánk, elvennénk, vagy ismételnénk annak elemeit. Kombináció az, amikor a meglévő elemek újrászervezésre kerülnek, és az eredeti elemek redukálásra, szelekcióra kerülnek. A variáció pedig az a módszer, ami mindkét korábbi eljárást egyesíti, engedett az ismétlés, redundancia, illetve a sokszorozás művelete is.

ZWEIG megközelítése messze túlhalad e gyakorlatok praktikus definícióin: kutatása arról

5 A procedurális gondolkodás ebben a kontextusban elsősorban egy adott folyamat kisebb lépésekre való lebontásának módszerét jelenti. Az ezekre a lépésekre vonatkozó szabályokat nevezzük algoritmusoknak. Egy-egy algoritmus megfelelő módon való végrehajtása egy-egy adott probléma megoldásának a formalizált folyamata.

szól, hogy hol körvonalazódnak a határok a spirituális tapasztalás, és a tisztán folyamat alapú megközelítések között. Amikor valaki az ábécé betűin végez permutációt, legyen az az Ősi Életfa, a *Sefer Yetzirah*⁶ elágazásainak módosítása, vagy a *Ji-csing*⁷ absztrakt bináris szimbólumainak használata, akkor kreatív transzformációról, avagy meditatív aktivitásról beszélünk?



1. ábra: a *Ji-csing*, avagy a *Változások* könyve
64 hexagramjának egy szekvenciája. A *Ji-csing* egy
bináris szimbólumokon és véletlen-műveleteken
alapuló jövődőlésrendszer

Minden jel arra mutat, hogy ezek a procedurális rendszerek történelmünk során kvalitatív változásokon mentek keresztül, a misztikus állapottól egy formalizálható,

-
- 6 A *Széfer Jecirán*nak számos értelmezése született. Próbálták filozófiai tanulmányként értelmezni, de az erőfeszítések következtében több „világosság” (egyértelműség) került a rendszereikbe, mint amennyi a szövegben volt. A teoretikus Kabbala jelenlegi formáját tekintve nagyrészt a Zóháron alapul, a spirituális tartomány mozgásvilágával foglalkozik, különösképpen a *Szefirot*, a lélek és az angyalok világával. A meditációs Kabbala kapcsolatban van az isteni nevek használatával, betűpermutációkkal, és a tudatosság magasabb állapotának elérésére irányuló egyszerű módszerekkel, továbbá minden hasonlóval, ideértve például egy jóga fajtát is. A legfőbb szövegek sohasem kerültek nyilvánosságra, noha szórványosan maradtak fenn kéziratok a nagyobb könyvtárakban és múzeumokban. Néhány fenti módszer rövid reneszánszát élte az 1700-as évek közepén, de egy félévszázadon belül, újra teljesen feledésbe merültek.
- 7 A *Ji csing* egy kínai, ie 3000 körül létrejött rendszer, amely a természeti törvények felismerésén keresztül rávezeti olvasóját a világegyetem működésére és a tao szerinti étellel való harmóniára, valamint a helyes gondolkodásra. A rendszer bináris szimbólumok segítségével magyarázza meg, miként történnek a dolgok a világban és az emberben.

folyamat alapú megközelítésig. Az eredeti, „univerzális misztikai” rendszerek később integrálódtak a különböző szimbolikus logikai rendszerekbe, elméleti játékokba és szimulációkba, míg végül különböző szemantikai intervenciókká izolálódtak. Ezek az intervenciók többek között a mai játék, játszás fogalmának alapját képezik. A játékoság pedig rengeteg kreatív aktivitásban megfigyelhető, a táblás játékoktól a kortárs zenén keresztül a különböző oktatási rendszerekig.

1.3 Programozási nyelvek

Az itt leírt, algoritmikus leképezéseken keresztüli reprezentáció, illetve az ezekre épülő kommunikáció alapja a bináris értékek alakításából, programozásából áll. Ez alapvetően egy hierarchikus rendszerre épül, ahol a legalsó szinten található a gépi kód, ez biztosítja a gép áramkörei, memóriaregisztereinek számára a működést. Ez a kód egyesekből és nullákból áll, ember számára nem, vagy csak nagyon lassan értelmezhető. Erre a rendszerre különböző illesztőrendszerek épülnek, míg végül a felhasználó egy ember által értelmezhető szintaxissal dolgozik.

A huszadik században rengeteg nyelv látott napvilágot, amelyek a programozást könnyíteni, hatékonyságát növelni voltak hivatottak. A géppel való kommunikáció az alacsonytól a magasabb szintekig különböző rétegekből épül föl. A géphez közeli, alacsony szintű nyelveket az ember számára nehéz olvasni, míg a magasabb szintű nyelvek az emberi olvasó által jóval közérthetőbbek. A klasszikus *Hello World*⁸ program például *Assembly* gépi kódban a következőképpen áll össze:

```
SEGMENT SEGMENT
ASSUME CS:SEGMENT, DS:SEGMENT
ORG 100h

Main:
MOV AH,09h
MOV DX,OFFSET Text
INT 21h
MOV AX,4C00h
INT 21h

Text:
DB "Hello, World$"
SEGMENT ENDS
END Main
```

Egy magasabb szintű nyelven kifejezve az ember számára jóval közérthetőbb formában

8 A programozási nyelvekhez való „belépési kapu”, avagy az első szemléltető program általában a *Hello World* karakterlánc kiírása a képernyőre.

lehet leírni ugyanezt az utasítássort. Például *Unix shell*⁹ programozási nyelvben a fenti kifejezés a következőképpen néz ki:

```
echo Hello World
```

Ez az egyszerű példa az egymásra rétegzett absztrakciós rétegek fontosságát jelképezi: az absztrakció szükséges, hogy letisztult, közérthető formában tudjuk megfogalmazni utasításainkat. A gépi vashoz közelebb haladva lefelé, az absztrakciós szinteken, egyre idegenebb, összetettebb kifejezési formákkal találkozunk¹⁰.

A huszadik század második felében számtalan dialektus, új megközelítés jelent meg, amelyek – a gépek kapacitásának növekedésével párhuzamosan – egyre összetettebb feladatokat tudtak ellátni, a szövegmanipulációtól indulva a képek manipulálásán keresztül, videótartalmak, nagyméretű valóságszimulációk modellezéséig, hálózatra kötött, elosztott feladatok hatékony elvégzéséig.

A szöveg alapú nyelvekkel való programozás egyik legnagyobb előnye, hogy nagyon flexibilis, könnyen skálázható rendszerek építhetők belőle. A végső cél implementálása általában ilyen nyelvekkel történik, miután ipari sztenderdeknek, szabványoknak megfelelően működnek.

Az ezredforduló óta különösen elterjedt gyakorlat, hogy a tervezők, mérnökök ipari sztenderdekre (*C++*, *Java*, *JavaScript*) épülő kreatív keretrendszereket készítenek maguk és különböző közösségek számára, amelyek az ötleteik könnyebb megvalósítását teszik lehetővé. Ezek a keretrendszerek biztosítani tudják a „kódolj egyszer, futtasd mindenhol” paradigmát, vagyis egy kódbázis minimális módosításokkal alkalmazható telefonokon, laptopokon, szervereken, mikroszámítógépeken egyaránt.

9 A hatvanas években kifejlesztett *Unix* rengeteg mai szoftverarchitektúra (Linux, OSX, stb) alapját képezi. A nevét a folyamatok egyszerűsítéséről és egységesítéséről kapta. Eredetileg az egyik, a hatvanas években elterjedt operációs rendszer, a *Multix* alternatívájaként fejlesztették ki.

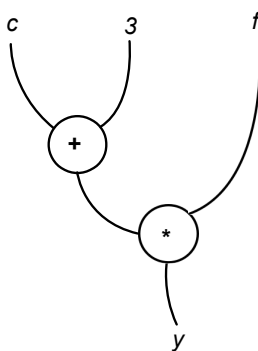
10 A modern programozási koncepciók mind ezeket a bonyolultsági fokokat igyekeznek egyszerűbben megközelíthetővé tenni, a hatékonyságuk fokozásának figyelembevételével. Ezek a technológiák és koncepciók a mai napig meghatározóak a gépekkel való kommunikációkban. Az első *compiler*, a *FORTRAN* (1957) mellett ekkor jelent meg a *LISP*, (1958) amely a funkcionális programozás archetipusának tekinthető, és a mai napig a mesterséges intelligenciában alkalmazott egyik leghatékonyabb nyelv. Ezt követte pár év múlva a KEMÉNY JÁNOSHOZ köthető *BASIC* (1964), amely lényegesen leegyszerűsítette a géppel való kommunikációs rutinok megírását, újrafelhasználását.

1.4 Vizuális Programnyelvek

A vizuális programozás azt a módszert jelenti, amikor a hagyományos szöveg helyett grafikai illusztrációkkal hozzuk létre az adott programot, tehát az információ szimbolikus reprezentációit közvetlenül manipuláljuk. Ezeket a rendszereket szokás még *Dataflow* (*adatfolyam*) nyelvekként is emlegetni, ami arra utal, hogy az átfolyó adat útját vizuálisan végig lehet követni az elemek közötti elágazásokon. Ha megvizsgáljuk az alábbi kifejezést:

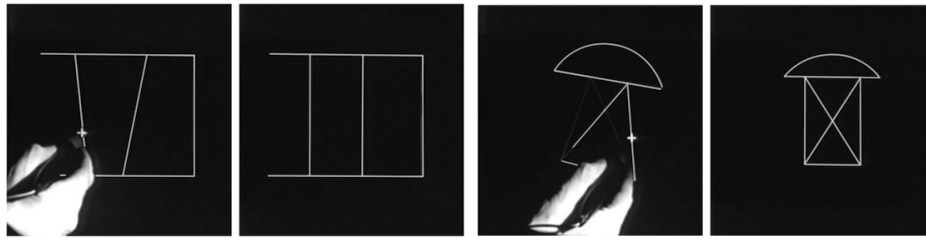
$$y = (c + 3) * f$$

Az eredményt ki tudjuk számítani úgy, hogy először végrehajtjuk a zárójelen belüli, majd az azon kívül található műveleteket. Ezt az összefüggést vizuálisan ábrázolva, egyfajta vizuális hierarchiába rendezve máshogyan is meg tudjuk jeleníteni:



2. ábra: a vizuális nyelvekben az adat áramlása látható a felületen elhelyezett objektumok pozíciójából.

Ez a jelölésmód komplex adattípusok (hangjelek, kép-folyamok, mátrixok, stb.) esetén könnyebben átláthatóvá teszi a műveletek sorrendiségét, ok-okozati összefüggéseit, különösen a vizuális beállítottságú tervezők, felhasználók számára. A *Dataflow* paradigma gyökerei többek között az analóg eszközök (áramkörök) technikai leírásához alkalmazott diagramokban, vagy az analóg szintetizátorok moduláris, „kötögetős felületeiben” keresendők. Általában, a magyarázóábrák, folyamatábrák, vagy a gráf-szerűen ábrázolt adatstruktúrák egyaránt fellelhetőek a módszer szemantikai felépítésében.



3. ábra: Sketchpad, 1962. A képpárokon a bevitt rajz baloldalt látható, jobboldalt pedig a korrigált rajz.

Az egyik első grafikus felületű programozói nyelvet WILLIAM ROBERT SUTHERLAND készítette 1963-ban *SketchPad* néven. A mai rajzolóprogramok, az objektumorientált¹¹ programozás, a grafikus felhasználói interface egyaránt ennek a rendszernek az öröksége. A korszak egészen elképesztő invenciókat és szemléletmódot produkált. A társadalmi ellenkultúra, a pszichedelikus forradalom, a szexuális szabadság, globális szintű politikai függetlenedések és az úrkorszak ígérete mellett megjelent az internet őse (az *Arpanet*), illetve olyan új, kapcsolódó tudományágak, mint a kognitív megismerés, proxemika, szemiotika, illetve fokozatosan körvonalazódó számítógép-tudomány.

Ilyen szellemi légkörben alkotta meg ALAN KAY *Grace*¹² nevű programját, amely, hasonlóan a *SketchPad*-hez, az információ grafikus reprezentációját egy videoképen tette lehetővé, a felhasználó által egy fényceruzával rajzolt gesztusok felismerésével és funkcionális adaptálásával.

B.A. MYERS *Vizuális Programozás Taxonómiája és Programvizualizációk* című cikkében a következőképpen definiálja a fogalmat:

„A Vizuális Programozás egy olyan rendszert jelent, ahol a felhasználó két (vagy több) dimenzióban szerkesztheti a programot. [...] a konvencionális szöveg- alapú nyelvek nem tekintendők két-dimenziósoknak, mivel a kompilerek hosszú, egydimenziós folyamokként kezelik őket.”

Az adat áramlásának követhetősége, a modulok egymáshoz rendelése, összekötése kifejezetten alkalmas prototípusok gyors készítésére, ez talán a legnagyobb előnye a *Dataflow* környezeteknek. Ebben az esetben, egy eszköz fejlesztése során egy szerkezeti vázat létrehozunk, módosítanak, fejlesztenek, és iteratív módon folyamatosan gyakorlatban is tesztelnek, már a kezdeti stádiumtól. A leendő kész verzió rengeteg

11 Az objektumorientált programozás (OOP) egy olyan rendszer, amely különálló objektumok kölcsönhatásából épül fel. Az objektumok modulárisak, újrahasználhatóak, tulajdonságaik átadhatóak más objektumoknak.

12 KAY volt az egyik első, aki az információ szimbolikus reprezentációjának közvetlen manipulációjával foglalkozott. *Grace* nevű programja használatakor a felhasználó a képernyőn közvetlen visszacsatolással tudott navigálni, manipulálni, információt szervezni. A ceruzák és más beviteli eszközök mellett például kortárs, DOUGLAS ENGELBART fejlesztette ki az azóta világszerte elterjedt egeret is.

iteráció után körvonalazódik, ekkor kezdődhet az implementálás egy, a piaci konvencióknak megfelelő, szabványosított, jobbra textuális nyelvben.

A prototípus-készítés során tehát a rendszer folyamatosan működik, és közben valós időben módosíthatunk a grafikus felületen, elvehetünk, hozzáadhatunk, variálhatunk a tartalmon, és így közvetlen visszacsatolást kapunk a rendszer aktuális állapotáról, tehát a (kisebb) hibák működés közben korrigálhatóak. Feltehetően ez az interaktivitás a legnagyobb előnye e nyelveknek. Ennek mintájára az utóbbi pár évben szövegalapú nyelvekhez is megjelentek olyan környezetek, ahol a változó értékeket futás közben állíthatjuk, így könnyítve a tesztelést.

„A keverés, a hozzárendelés, a ritmus, a frekvencia, az összeillesztés, a folyamat, a kölcsönhatás a tudományos eljárások alapjai, amelyek bármire vonatkoztathatóak, mikro és makro szinten egyaránt. Emiatt a zene és a hang kitüntetett szereppel bír a médiaarcheológiában.”

Állítja SIEGFRIED ZIELENSKY *Deep Time of the Media (A média ideje)* című könyvében. Nem véletlen, hogy a *Dataflow* nyelvek egyik legfőbb inspirációja is a zenével és a hangokkal, a hangok modellezésével foglalkozik, taxonómiai gyökerei a szintetizátorokhoz és az áramkörökhöz köthetőek. Az analóg áramkörök „patch”-elése, kábeleken keresztül a hang (az áram) eljuttatása egyik helyről a másikra lényegében a vizuális programozással identikus szimbólumkezelés. A zene (és a hang) kapcsolata a tudományokkal mindig az élvonalbeli technológia mentén körvonalazódott: MARINNE MERSENNES például a kombinálást és a komponálást ekvivalens kifejezésnek tekinti, és kutatásaiban¹³ már a XVI-XVII. században kifejti, hogy igény mutatkozik kompozíciós gépek előállítására.

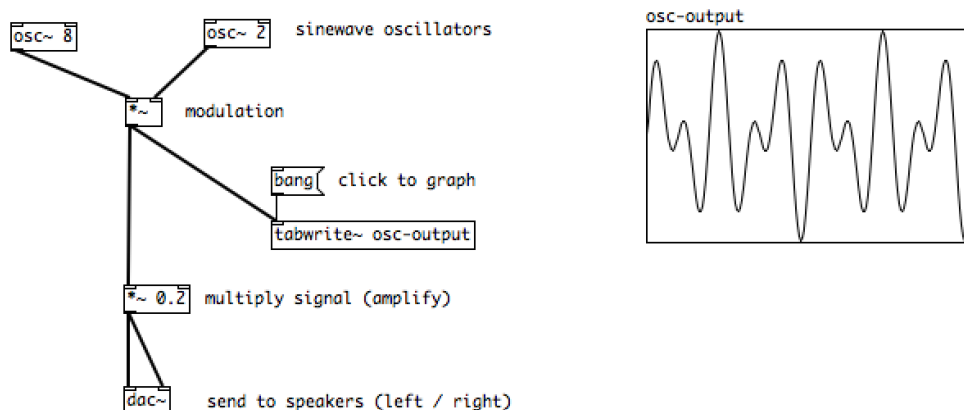
A vizuális programnyelvek szélesebb körben elterjedt első generációi is az alapvető logikai szimbólumkezelés mellett zenei, akusztikai problémák modellezésére szolgáltak. MILLER S. PUCKETTE a párizsi újjenei kutatóintézetben, az IRCAM-ban¹⁴ írta meg *Patcher* nevű vizuális programnyelvét, amely MIDI¹⁵ adatokkal kommunikált elektronikus hangszerekkel és más gépekkel. A rendszer később a MAX nevet kapta, MAX MATHEWS után (MATHEWS alkotta az első ismert hangszintézis programot, *MUSIC* néven, 1957-ben). A jelenlegi MAX programot a *Cycling 74* cég fejleszti. PUCKETTE viszont úgy döntött, hogy újraírja az egészet, és közzé teszi fejlesztései forráskódját. Így egy másik ágon megszületett a nyílt forráskódú, ingyenes *Pure Data*, szabadon terjeszthető és újrahasználatos GPL licenz alatt. Az értekezés függelékében bemutatásra kerül egy gyakorlati példa, amely a Pure Data programnyelvre épül, és ismerteti annak módszerét,

13 MERSENNES matematikus, teológus, filozófus, aki zeneelmélettel is foglalkozott. Kutatásait többek között a *Harmonie Universelle* című, 1636-ban kiadott műben összegezte.

14 Az IRCAM (*Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*) kutatóintézet főként zene, hang, avant garde elektroakusztikus művészet és tudomány határterületével foglalkozik.

15 A MIDI (*Music Instrument Digital Interface*) egy 1982-ben létrejött szabvány a digitális hangszerek közti egységesített kommunikációjára.

hogyan integrálható egy vele készített hangrendszer különböző prototípusokba, termékekbe.



4. ábra: Egy Pure Data patch, amely fentről lefelé: egy 8 és egy 2 hertz-es szinuszhullámot modulál, ezek hullámképét megjeleníti (az osc-output nevű táblában), majd a szintetizált hangot felerősítés után a rendszer hangszóróiba küldi.

A hangszervezés és a zenei világ mellett napjainkra igen hatékony *Dataflow* nyelvek jelentek meg például a vizuális kommunikáció területén is, az osztrák MESO által fejlesztett WWW¹⁶ például teljesen új koncepciót és látásmódot teremtett a generált képek világában, de ugyanígy érdekes az online elérhető tool-ok robbanásszerű növekedése is¹⁷.

16 A WWW egy kereskedelmi szoftver, valós idejű képi tartalmak előállítására. Fejlesztők olyan újszerű koncepciókkal segítik a gyors, intuitív fejlesztést, mint például a *spread*-ek. Ez utóbbi eszközök nagy mennyiségű és komplexitású, hasonló típusú elemek egyszerű kezelését teszik elérhetővé a programozásban kevésbé jártas alkotók számára.

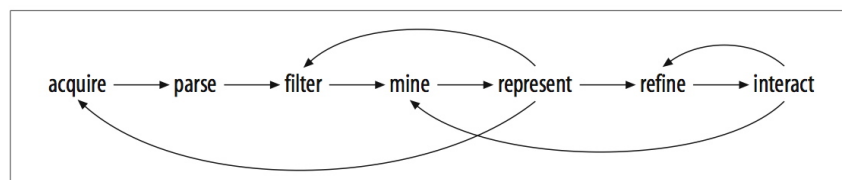
17 Egy új generációt jelent a böngészőben, mobil eszközökön, mikroszámítógépeken futó, főként *Javascript* és más, webes alapokon működő környezetek fejlődése. A professzionális felhasználás mellett a fizikai és szoftveres eszközök demokratizálódásával egyre szélesebb rétegekhez jutnak el ezek a kezdeményezések, így a fogyasztók által készített tartalom (és annak kezelése, fenntartása és terjesztése) is egyre nagyobb hangsúlyt kap a palettán.

1.5 Az absztrakció rétegei

Szoftverek tervezésekor lényegében problémákat fogalmazunk meg, analizáljuk azokat, majd a megoldáshoz vezető utat olyan kis lépésekre bontjuk le, amelyek formalizálhatóak, vagyis utasítások formájában megadhatóak egy számítógépnek.

Architektúrális szempontból ezek az utasítások általában kisebb blokkokba, *függvényekbe* szervezhetőek, amelyeket szükség esetén meghívhatunk, és ezek a kis modulok minden alkalommal ellátják a nekik szánt feladatokat. Egy ilyen modul akkor működik leghatékonyabban, ha nincsen belső állapota, vagyis a feldolgozásra átadott adat feldolgozása kívülről paraméterezhető, így a modul, eredménytől függetlenül felhasználható új és új környezetekben, mint egy építőkocka egy ház falában.

Az időbeliség szempontjából az eszközök tervezési folyamata felfogható egy érdekes, önmagát folyton módosító párbeszédként. A tervező (fejlesztő) folyamatos diskurzusban áll önmagával, fejlesztő társaival, valamint az általa választott fejlesztői környezet lehetőségeivel és szintaktikai sajátosságaival, illetve a megoldandó problémával. Ez a párbeszéd egyfajta iteratív gondolkodást feltételez, ami annyit jelent, hogy folyamatos tervezés, tesztelés váltogatja egymást. A tesztelési (az alkalmazások világában erre az egyik legtöbbször alkalmazott módszer a *szimuláció*¹⁸) eredmények alapján újra visszatérünk a tervezéshez, majd ismét, iteratív módon újratesteljük a már újratevezett rendszerünket, és a kódot módosítjuk, optimalizáljuk, hogy végül teljesen megfeleljen a neki szánt funkciónak. BEN FRY *Visualizing Data (az adat láttatása)* című alapművében ezt a fajta iteratív tervezési modellt érthetően és konzekvensen ismerteti az olvasóval. Nála a fő problémakör az adatok hatékony, érthető vizualizációja. Az adatvizualizáció tervezése során hét stádiumot különböztet meg.



5. ábra: Ben Fry hét lépcsőfoka az adatvizualizáció tervezése során

18 Diszkrét események szimulációjánál egy bonyolult rendszert vizsgálnak, amelyben számos esemény következik, illetve következhet be. Ha a rendszerben véletlen hatások is felléphetnek, akkor ezeket pszeudovéletlen számok felhasználásával imitálják. A szimulációs modell futása alatt a rendszer működése szempontjából fontos események bekövetkezéséről és a rendszert jellemző paraméterekről statisztikát készítenek, amely az értékelés alapja.

A folyamat első lépése az *acquire* (megszerzés), vagyis a nyers adat megszerzése valamilyen forrásból. Ezután következik a *parsing* (elemzés) lépése, ahol a használandó programunk számára megfelelő módon átrendezzük a kapott nyers adatokat (sorokba rendezés, szóközökkel ellátás, listává alakítás, stb). A *filterezés* (szűrés) során a vizsgálat szempontjából lényegtelen elemeket eltávolítjuk az adatstruktúrából. A *mining* (bányászás) során szoftveresen feltesszük kérdéseinket, amelyre a már megtisztított adatokból válaszokat kapunk, így ezt már tudjuk *reprezentálni*, megjeleníteni a következő lépésben. A megjelenítés során derülnek ki korábban nem látott zavaró tényezők, így amennyiben más jellegű adatokra volna szükség, visszatérhetünk az első lépcsőhöz újabb adatokat gyűjteni, de az is lehet, hogy csak a szűrési feltételeken kell módosítanunk.

A *refine* stádium a finomhangolás stádiuma, a végső méretek, színek, grafikai elemek letisztázása. Utolsó lépésként *interakciót* adunk a vizualizációhoz (egér, billentyűzet, szenzorok, stb bevonásával), így a néző számára fontos vetületek kiemelhetőek, például adott számok, nevek megjelenítése egérpozícióhoz rendelve. A felületen így a túlszűfolttság elkerülhető, kevesebb esély marad a figyelem megosztására, hatékonyabban működik a rendszer. Bár a hét lépés alapvetően lineáris sorrendben végrehajtható, a gyakorlatban igen ritka (és alapvetően hibás hozzáállásra utal) az az eset, hogy nem térünk vissza egy-egy állapothoz a finomhangolás, optimalizáció, hatékonyság növelése érdekében.

E hét lépcsőfok nem csak az adatvizualizáció terén használható, ha általánosabban értelmezzük a fogalmakat, bármilyen rendszerre átvihető ez a folyamat. Ha például az „adatokat” kicseréljük „ötletekre”, akkor egy szépen, logikusan rendszerezett lépéssort kapunk ötleteink megfelelő kiválasztásához, reprezentálásához. Amit Fry végigvezet könyvében, az általában véve a parttalan lehetőségekből (nagy mennyiségű adatból, vagy más alapanyagból) való disztilláció műveletsorai.

*

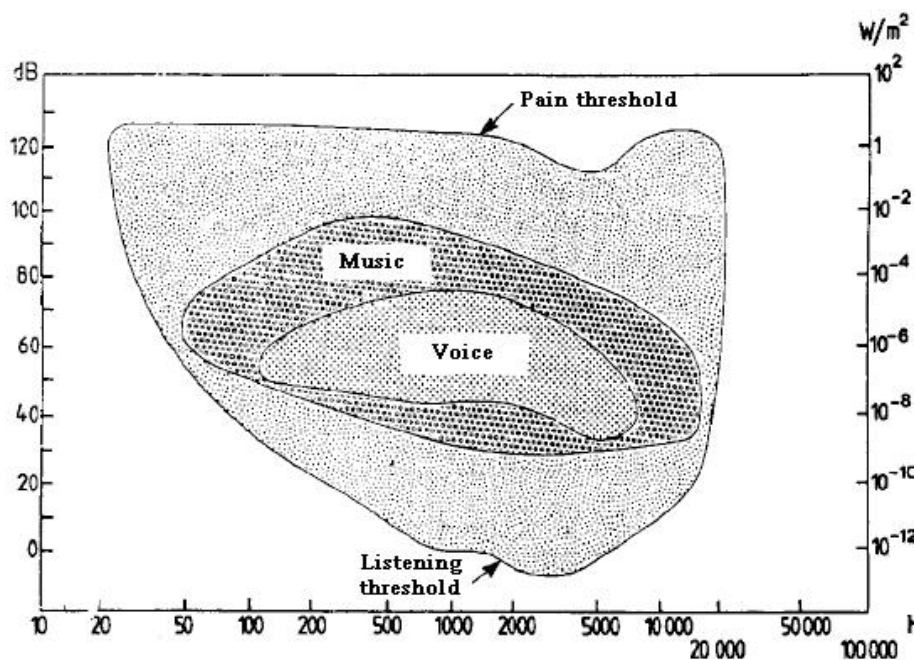
2. Vizuális hangszerek

Természetesen mindig lesznek, akik csak a technikát figyelik, akik azt kérdezik, „hogyan”, míg mások, akik kíváncsibb természetűek, azt kérdezik, „miért”. Én személy szerint mindig fontosabbnak tartottam az inspirációt az információnál.

Man Ray

2.1 Zenei Vizualizációk

Bár a világot nagyrészt vizuálisan érzékeljük, elméleti rendszereink szöveg-alapúak, hiszen nyelvünk hozza létre a valósághoz társított fogalmakat. Emiatt egyidejűleg nagy mennyiségű információ feldolgozása nehézkes. Ennek könnyítéseként alkalmazzuk a képi ábrázolás különböző módjait matematikában, zenében, és általában: az adatokat vizualizáljuk a könnyebb, hatékonyabb befogadhatóság érdekében. A hangok a fül által hallható tartományban képződő rezgésekből épülnek fel. Az elsődleges kommunikáció, a beszéd hangjai ebben a spektrumban egy kisebb tartományba esnek, míg a zenei hangok egy jóval tágabb spektrumot ölelnek fel, az alig hallható hangoktól egészen fájdalomküszöb körüli értékig (6. ábra).



6. ábra: A hallható hangok frekvenciáinak hallásküszöbértékei.

Az emberi kultúra tértől és időtől függetlenül újra és újra szükségesnek tartja ezen rezgések képi megjelenítését. Az indíték eltérhet: a tudományos analízistől a metafizikai szimbólumrendszereken át az esztétikai reprezentációig igen széles skálán megjelennek a hangok képei. E skála értékei között gyakran átfedéseket találunk: sokszor kerül művészi kontextusba egy természettudományos eljárás, megfigyelés, de az is megeshet, hogy egy metafizikai rendszer megelőlegez egy tudományos paradigmát. Korunk interdiszciplináris és intermediális gondolkodása az említett jelenségek közötti átjárhatóság, transzparencia, rétegződés vonatkozásában rengeteg kérdést vet fel.



7. Ábra: Az AREZZÓI GUIDO által alkalmazott modell, hangok leírására.
 A kéz különböző egységei különböző hangmagasságokat jelölnek.

A médium, amivel a zene rögzítése megtörténik, önmaga egyfajta vizualizáció. A tág értelemben vett kotta az egyik legősibb grafikai reprezentáció, amely a dallamok sokszorosíthatóságára, reprodukálhatóságára irányult. Ez a módszer volt a zenei örökség fő médiuma egészen a tizenkilencedik század végéig. A bevezető szövegben már esett róla szó, hogy a zenei notáció elsősorban algoritmikus, a folyamatos zenei eseményeket

diszkrét értékekre osztja fel, amelyeknek explicit módon meg kell felelniük különböző konvencióknak, az egyértelmű visszafejthetőség céljából.

Miután a hang időben kibontott esemény, a kottának minden esetben tartalmaznia kell valamilyen időbeliségre való utalást. Ez általában a vízszintes, Dészartes koordináta rendszer szerinti x tengelynek felel meg, amin párhuzamosan akár több hang is megszólalhat egy időben. Legtöbb esetben a hangok magassága a másik tengelyen található, általában fent találhatóak a magas hangok, lent az alacsonyok.

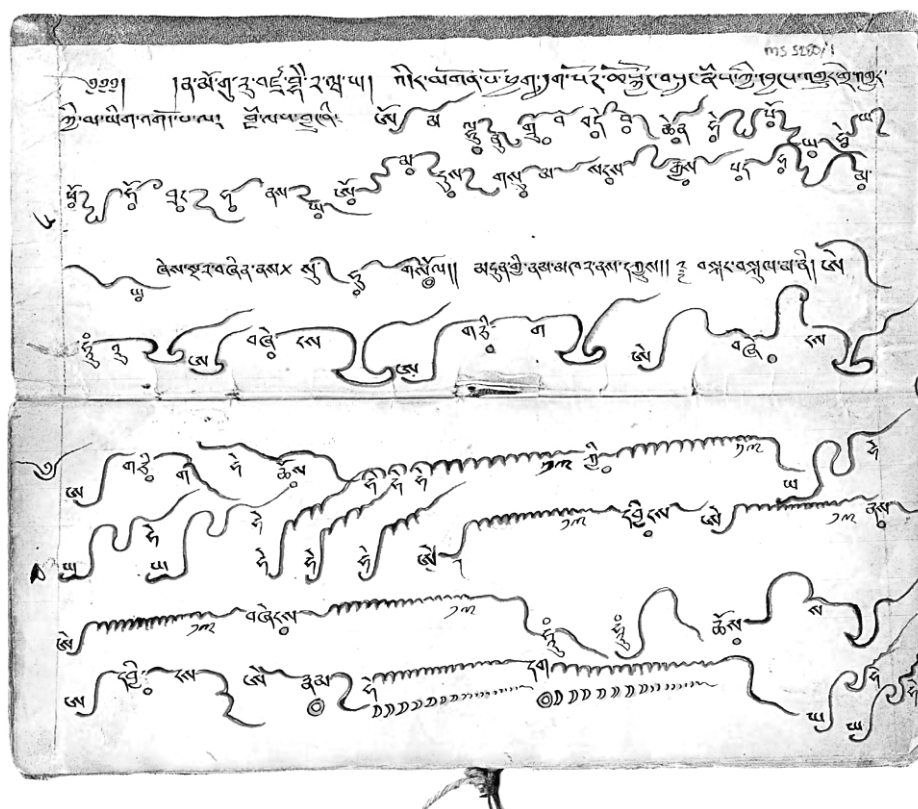
A mai forma prototípusa a középkorban alakult ki, amikor szerzetesek lejegyezték dallamaikat. AREZZOI GUIDO¹⁹ a bencés apátok zenéjét úgy ábrázolta (7. ábra), hogy felosztotta tenyerét és ujjperceit, amelyekkel a különböző hangmagasságokra utalt, így kéz alapján, az énekeseknek „élőben” lehetett jelezni, mikor melyik hangmagasság következik. Később ezeket a jelöléseket papírra vetették, és a részeket vonalakkal választották el egymástól.



8. ábra: JOHANNES KEPLER az európai kotta jelölésrendszerét használja a bolygók mozgásának leírására. KEPLER a naptól való távolság arányában zenei intervallumokat és zenei mozgást társított a bolygókhoz. (*Harmonices Mundi*, 1619)

Ez a módszer fokozatosan finomult az idők során, megjelentek az ütemek tagolásai, különböző előjegyzések és instrukciók, ritmikai jelölések. A nyomtatás megjelenésével a kották is könnyebben sokszorosíthatóvá váltak, jelrendszerük egységesebb lett. A tradicionális európai kottán egy előadóhoz egy sáv tartozik. Egy sávot öt párhuzamos vonal alkot, terc (három szekund) távolságra egymástól (8. ábra). Léteznek még más, érdekes példák távoli kultúrákban a zenei notációra.

19 GUIDO itáliai bencés szerzetest és korának egyik legnagyobb teoretikusát tekintik a nyugati zenében mai napig rendkívüli jelentőséggel bíró szolmizációs rendszer legkorábbi változatának alkotójának. GUIDO az 1025–26 körül keletkezett *Micrologus* című művében fektette le a rendszer elméleti alapjait. Felismerte, hogy a szótagok közvetlenül a hangminőséghez kötődnek, minden szótag a hozzárendelt hangot a hangsor fél- és egészhang-lépéseinek sorában azonosítja.



9. ábra: Tibeti kotta (19. század)

A Tibetben, szintén szerzetesek által alkalmazott lejegyzésmód az egyik legősibb formája a zenei események rögzítésének. A notáció az európai formanyelvhez hasonlóan, balról jobbra mutatja az időt, ám miután náluk nincs temperált skála²⁰, így a határolóvonalakra sincs szükség, ehelyett folytonos görbéket, hullámszerű vonalakat alkalmaznak (6. ábra).

A buddhista énekekben a kromatikus hangközök helyett sokkal nagyobb szerepet kapnak a felhangok, a mikrotonalitás és más, fizikai tulajdonságok, ezért a jelölésben is más módszereket alkalmaznak. A hullámzó vonalak hangmagasság támpontok, a körülöttük található feliratok viszont nem szokványos jelölések, amelyek olyan tanácsokkal látják el az énekest, hogy „úgy énekelj, mint a hömpölygő kispatak”, vagy „a madár röptéhez hasonlóan”, és más, zenei hasonlatokban szokatlan képzetársításokkal.

A hagyományos zenei jelölés konvenciói a nyugati kultúrában lényegében a huszadik századig uralkodóak voltak, amikor is – a képzőművészeti konvenciókkal egyetemben – teljesen felborultak és autonóm jogosultságot szereztek a művészi kifejezésmódok között. Ez a folyamat ahhoz is köthető, hogy az elektromos rögzítőberendezések megjelenésével a hallgató, előadó, befogadó szerepei átértékelődtek, így a kotta

20 A hangköz két hang rezgésszámának hányadosa. Az Európában elterjedt, tizenkét félhangra temperált skála a kromatikus skála egyenlő hangközű változata.

felszabadulhatott korábbi kötött, hagyományos interpretátor szerepéből és a kortárs zenében szabad asszociációs láncolatok közvetítőjévé vált. Számtalan szubjektív kottanyelvezet született a hangok ábrázolására, amelyek már nem egy egységes konvencióhoz igazodnak, hanem a kompozícióhoz tartozó, új formanyelvet teremtenek. A szerző több esetben részben kivonja individuális döntéseit a darabból, inkább egyfajta keretrendszert hoz létre, amelynek tartományain belül autonóm szabadságot kapnak a zenészek. A jelenlét, performativitás és a véletlen kauzalitások jelölésére talán a legszemléletesebb példák a *Fluxus* művészeinek instrukciós kártyái. TAKEHISA KOSUGI *Organikus Zene* című művének 1965-ben készült „kottája”, vagy utasítássorozata például a következőképp épül fel²¹:

Lélegezz, vagy fújj meg valamit annyi alkalommal,
ahányszor az előadás előtt elhatároztad.

Minden alkalommal szív be, tartsd bent és fújd ki
a levegőt.

Hangszereket is használhatsz.

A huszadik századi avantgard bőséges és igen színvonalas anyaggal szolgál nem szokványos, vizuális kottákból külföldön és Magyarországon egyaránt. Gondoljunk JOHN CAGE, IANNIS XENAKIS, KARLHEINZ STOCKHAUSEN munkáira, a korai optikai hangszintézisre²², a fluxus mozgalom többi alkotójára, majd későbbiekben GOLAN LEVIN, vagy a *Live Coding* szcéná: THOR MAGNUSSON, ALEX MCLEAN, NICK COLLINS műveire, magyar viszonylatban SÁRY LÁSZLÓ, JENY ZOLTÁN, az *Újzenei Stúdió*, vagy később SZEMZŐ TIBOR és más interdiszciplináris művészek munkáira. A különböző indíttatások, műfajok, vizuális rendszerek feltérképezése messze túlmutat ezen írás keretein.

A kották esetében a képi tartalom következtében jön létre a zene, tehát ezek preszkriptív rendszereknek tekinthetők. A már megszólaltatott hangokhoz kapcsolódó leképezési eljárások esetében pedig egy analízisen alapuló képi hozzárendelés történik, ezek deskriptív eljárásnak tekinthetők²³. E két eljárás keveredése gyakran megfigyelhető performanszok, transzmediális előadások kereteiben. Erre a hibrid szimbiózisa érdekes példa a „Tiszta Kód” bekezdésben részletesebben tárgyalt *Live Coding* szcéná, amelyben az előadók magát a notációt (számítógépes kódot, vagy más szimbólumrendszert) manipulálnak a helyszínen, amely egyrészt leírja, másrészt funkcionálisan alakítja is az éppen bekövetkező zenei események sorát.

21 Forrás: Artpool. <http://www.artpool.hu/Fluxus/Kosugi.html>

22 Az optikai hangszintézist, vagyis vizuális jelek közvetlen hanggá alakítását először az 1920-as években, filmszalagokra festett foltokként kezdték alkalmazni szovjet anarchisták propagandafilmeiken.

23 Deskriptív zenei eszközök a különböző vizualizációs eszközök, például a 18. századi színgongora, vagy később TOSHIO Iwai médiaművész hangokon alapuló színvizualizációi.

2.2 Reprezentáció

A kulturális, technológiai korszellem biológiai percepciónk, ingerküszöbünk tartományainak határértékeit mindigis erősen befolyásolták. Például, a hangok megszólaltatása természetes úton eleve adott, környezeti paramétereiktől függ, amelyet az adott társadalmi közeg alakít, adaptál és rendszeresen újradefiniál. A környezet fizikai architektúrája például az alkalmazott hangszerek tervezésének és fejlődésének egyik legfontosabb tényezője. Míg az arab pengetős hangszereket különböző méretű, egymásba ágyazott fraktálszerű kupolák zengették ki kellően, addig egy barokk templom tere a templomi orgona időtlen, jóformán hangerő dinamika nélküli hangfolyamát hivatott kierősíteni.

Ebből kiindulva, ha megfigyeljük a hangrögzítés első évszázadát, nyomon követhető, hogy egy-egy adott évtized zenei stílusát nem csak a zene társadalmi, kulturális kontextusa, hanem a meglévő hangosítási technológia is nagyban formálta. A hagyományos értelemben vett, fallal körülhatárolt építészeti terek feltöredezték az elektronikus technológia által. Az akusztikus jazz, a bigbandek elmozdultak az erősítők megjelenésével a keményebb rock felé, a mindenkori lázadás a zenében manifesztálódott, a hallgatói közeg a kis térfogatú szobákban elhangzó kamarazeneből kiterjedt a koncertcsarnokokon, repülőtereken át, határtalan kiterjedésű, szabadtéri helyszínekre. A komolyzene területén még extrémebb koncepciókkal is találkozhatunk, elég csak a már említett IANNIS XENAKIS, vagy ALVIN LUCIER műveire gondolni²⁴.

A digitális, szoftver alapú média idején a keltett hangok nem hangszertestekből származnak, hanem absztrakt kódrelációkból. Ezeknek nincs hagyományos értelemben vett akusztikai rezgése, kis túlzással állíthatjuk, hogy az elektromos áramkörök fizikai karakterisztikái sem igazán mérvadóak percepcionálisan e területen (többek között azért is, mert egy azon szoftver számtalan különböző hardveren futhat), a jel gyakorlatilag logikai műveletek (szoftverek) segítségével létrehozott, anyag nélküli súlytalan értékek sorozata.

Erre a fajta újrakonfigurálhatóságra már évszázadokkal ezelőtt mutatkozott igény, a zene, a zeneművek hordozhatósága, transzponálása, újrahangszerelése már a korareneszánsztól²⁵ foglalkoztatta a nyugati kultúrát. Az újrahangolhatóságra, vagy a

24 A két alkotó az akusztika, hang és a tér viszonyát egészen extrém szinten vizsgálta. Az általuk is kutatott, tér és hang viszonyrendszer elméletével BRANDON LABELLE mélyrehatóan foglalkozik könyveiben.

25 A reneszánsz zenéje elsősorban a következő két, a hangolási rendszer szempontjából fontos változást mutatta fel a korábbiakhoz képest: A énekes polifóniában egyre gyakoribbá vált a hangsor *színezése* (kromatika), így a hangok száma végérvényesen 12-re nőtt. A disszonancia fogalma megváltozott a középkorhoz képest, és felértékelődött a korábban disszonánsnak mondott *terc* szerepe. Ezzel a probléma: 12 egymásra épített (püthagoraszai) kvint nem ad zárt kvintkört, a 13. hang a püthagoraszai kommával magasabb, mint a kiindulóhang hetedik oktávja. A probléma megoldásához – az új konszonanciaideálnak megfelelően – a tiszta nagytercet (frekvenciaviszonya 4 : 5) vették alapul, és ennek segítségével építették fel az ún. *középhangú temperálást*. Ebben a szintonikus komma eltüntetéséhez kissé szűkített kvinteket

minél több zenei rendszerrel való kompatibilitásra törekvő szándék következtében pedig az európai zene a történelem során több reduktív eljárásnak esett áldozatul. Az alábbiakban két példa illusztrálja, hogy az univerzalitás jegyében milyen paradox folyamatok érték zenei örökségünket.

A tizenhetedik századra a zene kulturálisan cserélhető, helytől függetlenül előadható médium lett. Szabad transzponálhatósága, sokszorosíthatósága, újrafelhasználhatósága, de leginkább a különböző hangszerek összehangolhatósága, valamint a korszellem változása egységes zenei skálát igényelt, amely lényege, hogy akár egy mélyhegedűn, vagy akár egy bécsi zongorán egyaránt, közös hangnemben megszólaltatható legyen egy adott dallamfűzér. Létrejött a kromatikusan (középhangra) temperált skála, amely a hangok tizenkét fokban való arányos rögzítését jelentette. Így terjedhetett el egy általános, a különböző hangszerekre egységesen alkalmazható metódus. Ez a változás két dolgot jelent: egyrészt, kulturális értelemben véve egy neutrálisan terjeszthető, összehangolható, szabadon transzponálható, megosztható zenét, másrészt a hangszerek természetes felhangrendszeréről, rezgéseiről való lemondást, az egyéni karakterisztikák összemosását a többi hangszerrel, a zenei hallás tizenkét hangra optimalizált redukcióját.

A hangrögzítés első évszázadának végére az adott kor technológiai követelményeinek következtében hasonló szükség jelent meg: az addigra széles körben elterjedt, általánosan használt digitális elektronikus eszközök (szintetizátorok, szoftverek, hardware-ek, keverők) összehangolásának szüksége. 1982-ben definiálták a már említett *MIDI* protokollt, amely az elektromosan előállított hangok tulajdonságait (hangerő, hangmagasság, burkológörbék, szekvenszálas stb.) hivatott paraméterenként 128 értékben rögzíteni és egymásnak egy szabványos protokollon át küldeni.

Ez később olyan szinten elterjedt, hogy mindennemű zenei produkcióhoz, filmek, animációk hangjaihoz, interaktív tartalmakhoz, sőt, nem csak zenei, hanem általános elektronikus eszközökhöz (fénypultok, videokeverők, lézerek, robotok stb.) egyaránt elérhető, alkalmazható szabvány lett.

A zenénél maradva, ez a folyamat a természetes hangrezgések temperálásához hasonló előnyöket és hátrányokat hordoz magában. Hasznos, hogy minden eszköz tud kommunikálni a másikkal, az értékeket így nagyon könnyen egymáshoz lehet rendelni (ezt nevezik *mapping*nek). Kevésbé jó, hogy ez az eredeti eszközök fizikai karakterének rovására megy, hiszen a határtalan finomsággal rendelkező elektromos áramkörök mindössze 128 egész számmal paraméterezhetők, illetve meghatározott sávszélességgel és felbontással kezelhetők. Az ehhez tartozó kontroll felület pedig nagyon kötött módszereken alapul: előre beállított hangkészletek, effektek, a tizenkét fókuszágon alapuló zongorabillentyűzet, mint beviteli eszköz is visszavezethető a korábbi, temperálással kapcsolatos redukcióra. Emellett, ami talán még problémásabb, hogy az

alkalmaztak, amiből 4 együtt kiadja a tiszta nagytercet. 11 középhangú kvint egymásraépítésével megkapjuk a hangrendszer 12 hangját.

alkotók gondolkodását meghatározzák az eszközök tulajdonságai. A forma felülírja a tartalmat, illetve a funkciót, a nem mérhető, kreatív gondolatokat gyakran „MIDI meppelési csatornába” tereli, és a már sokszor, jól bejáratott, közhelyes panelekből építkeznek. Ez talán az egyik legnagyobb, napjainkig tartó hatása a MIDI és a hasonló kommunikációs protokollok kialakulásának: radikális, megdöbbentő gondolatok arányaiban jóval kevésbé fordulnak elő, mint az „analóg” világban, miután az adott, limitált szimbólumkészlet a laikus számára tágnak (és újszerűnek) tűnik, a kevésbé kreatív gondolatok is egyénibbnek, ötletesebbnek tűnnek a felszínen.

Az univerzális MIDI protokoll másik öröksége az órajel az elektronikus zenében. Miután az időbeli pontosság érdekében mindent órajelekkel szinkronizálunk, a percenkénti leütés (bpm, *beat per minute*) központi elemmé fejlődött, olyannyira, hogy az ezredfordulóra külön zenei műfajok meghatározó jellemzője lett²⁶. Az erre való reflexió, avagy az órajel és más, adat szintű paraméterek manipulálása, akusztikai tényezővé való kontextualizálása nagyjából ugyanekkor vált elterjedt gyakorlattá. Megjelentek különböző szintű hangprogramozást lehetővé tévő textuális programnyelvek (*Supercollider, CSound, Chuck* stb), illetve ezekkel párhuzamosan a már részletesebben tárgyalt, analóg áramkörök mintájára kialakult, *dataflow* nyelvek (*MAX, Pure Data, Reaktor* stb). Ez utóbbiak később a laptopok széleskörű használatával a valós idejű számolást igénylő vizuális művészetekben is igen népszerűek lettek (*www, Jitter, Quartz Composer, Touch Designer*, stb).

2.3 Rezgő testű hangszerek

A hangszerek, mint célirányosan formált hangkeltő eszközök, fontos, központi szerepet töltenek be különböző üzenetek közvetítésében, főként rituálék, vagy kiemelt társasági összejövetelek terén. A profán időciklusokból való kilépést rendszerint hangok, koncertek, közös örömmzenélések kísérik. Az ezekhez használatos eszközök kulturánként eltérő, az életmódból, beállítottságból, környezeti tényezőkből adódó különböző akusztikai tulajdonságokkal rendelkeznek. A korábbi építészeti példához visszatérve, az arab, perzsa fraktálszerű kupolaépítészet falai szerkezetéből adódóan megengedi, hogy finom, halkan pengetett húrok szólalhassanak meg termeiben. Ezzel szemben egy európai katedrális az apró, staccato jellegű, finoman ritmizált hangszíneket nem bírja el. A templomi orgona karakterisztikája gyakorlatilag időtlen hangtömegként hömpölyögve éri el végső formáját, akár a recitativo énektechnika²⁷. Az építészet és a hangkeltés eszközei egyfajta szimbiózist alkotnak. A kiemelt, hangkeltésre szánt terek struktúrája

26 A kilencvenes évek végén az elektronikus zenei irányzatokat főként az órajel sebessége definiálta: az összejöveteleken a látogató a különböző helyszínekere érve választhatott felgyorsult *drum & bass* (180 bpm), középtempós *techno* (110-120 bpm), lassú *break*-ek (90 bpm) között.

27 Az orgona, mint világsszimuláció érdekes megvilágításba kerül TILLMANN JA és HANNES BÖHRINGER *Az orgona intonációja* című beszélgetésében. A szöveg elérhető itt: http://www.c3.hu/~tillmann/forditasok/Bohringer_Kis%E9rletek/orgel.html

tükrözi, inspirálja, erősíti az adott téri közegben használatos tárgyak alkotóinak szándékát is.

A klasszikus értelemben vett hangszer formája adja annak akusztikai rezgéstulajdonságait is. A méret általában alapjaiban határozza meg a létrejövő hangot. Egy apró síp magasan szól, míg egy több méteres kávájú bőrozott dob akár több ezer hertz-el mélyebbi hangtónusban szólal meg. Minden hangszer, típusától függetlenül használójának tulajdonságaira, adottságaira épül. A két kézzel, vagy szájjal megszólaltatott hangszerek emberléptékűek, ujjaink, szájunk, testünk meghatározzák a hangszerek ergonómiai felépítését. Egy doromb a hangszálak kiterjesztéseként a kezek és a szájüreg térfogatának, alakzatának variálásával, ezek sikeres összehangoltságával szólaltatható meg, míg például a templomi orgona testünk teljes kiterjesztéseként, kézzel, lábbal egyaránt, egyszerre hozható működésbe. A billentyűk mérete nem lehet sokkal több, vagy sokkal kevesebb, mint amit a kezünk mérete befogni enged, ugyanígy, a lábbal hajtott pedálok sem vehetnek fel túl extrém méretet. A hangszerek tehát nagyon szorosan alkalmazkodnak testünk fizikai tulajdonságainkhoz.

A megszólaltatás (input) történhet billentyűn, húron, csövön, szilárd felületen, membránon, vagy bármilyen olyan eszközön, amely képes fizikai rezgést mechanikus erő hatására létrehozni. A megszólalás (output) viszont a legtöbb esetben elválik az input-tól. Az orgona rezgőteste a sípok és a templom által alkotott architektúra, egy lant rezgőteste a húrok alatt található faidomok által határolt tér, egy vibrafon rezgőteste a lamellák alá helyezett csövek összessége. Az akusztikai rezgő hangszerek tehát a bemenet, módosítás (akusztikai paraméterek, játéktechnika), kimenet hármasából állnak.

2.4 Anyagfüggetlen hangszerek

A bemenet (input) módosítás (feldolgozás, processing), kimenet (output) talán még egyértelműbb és szembeűnőbb az anyagfüggetlen, vagyis digitális hangszerek esetében. Voltaképpen a legtöbb ember-tárgy, ember-gép kommunikáció e hármass interakcióra van felfűzve. Az anyagtalanságból (vagy inkább az anyagtól való függetlenségből) adódóan viszont lényeges különbségek következnek a korábban vázolt akusztikai és tárgyhasználati struktúrákhoz képest. Az információ magas szintű absztraháltsága azt eredményezi, hogy sem az input, sem a feldolgozás, sem az output nem áll fizikai értelemben vett kölcsönhatásban a hangszer (tárgy) testével, formájával, felépítésével. Az input - a későbbiekben vázoltak alapján - *bármilyen* lehet, amely digitális jellé alakítható. Ez a feldolgozott jel néhány módosításon, strukturális moduláción keresztül eljut az outputhoz, ahol jobbra hangszóró membránokon keresztül alakul analóg hanghullámmá alakul, amely a hangszer rezgőtesteként funkcionál. Természetesen vannak a digitális rendszerhez kapcsolt, motorikusan vagy más, mechanikusan megszólaltatott, alternatív rezgőtestek (főként hanginstallációkban), de miután a rögzített zene, az élő előadások nagyrésztre kieroősítésre kerül, így végül majd minden esetben a végső rezgőtest egy, a hangszer logikai, szerkezeti struktúrájától független membránrendszer (hangszóró) lesz.

A következő részek ezeket a hangszertípusokat ismertetik, a bemeneti és a kimeneti csatornák szempontjából kategóriákba rendezve. A szöveg alapú rendszerek mellett említésre kerülnek az érintőképernyős felületek, a taktilis interface-ek és az alternatív felületek.

2.4.1 Tiszta kód

A digitális hangszerek felépítése a természetes rezgésű (akusztikus, adott esetben elektromos) hangszerekkel szemben a hangszertest formájától független logikai rendszereken alapul. A hang digitális reprezentációját alacsony szintű kódok formálják és újrastrukturálják, mielőtt az visszakerülne a fizikailag hallható világba.

A digitális hangszerek legalsó, forráshoz legközelebbi szintje a kód módosítása kétféle módon: vagy előre összeállítva (kompozíciós, generatív, automatizált algoritmusok), vagy élőben kódolva (live coding, előadás közben manipulált, újraírt kód). Általában a kódolás az írógépből származtatott számítógép klaviatúráján zajlik, így - miután a hangszerek legfőbb szerepe az élő reprezentáció - nem igazán alkalmas élő előadásra. Ergonómiai szempontból az írás, gépelés tökéletesen alkalmazkodik a kézhez és a nyelvi struktúrákhoz (például az írógép esetében az angol nyelv szavaiban egymás mellett előforduló legritkább betűkonstellációk voltak a fő vezérelvek a billentyűzet kiosztásánál), viszont az általános gyakorlatban ezt az eszközt előkészítési fázisban használja az ember. Könyvet, cikket, listát ír, gondolatokat rendez, az interpretáció más szinten valósul meg.

A *Live Coding* alkalmazása viszonylag újkeletű a zene (és a vizuális művészetek) területén, kialakulása elsősorban a *Computer Music Journal*-ban²⁸ rendszeresen publikáló THOR MAGNUSSON-hoz, ALEX MCLEAN-hez, NICK COLLINS-hoz köthető. Míg a szoftverfejlesztésben a gyors prototipizálás, élő tesztelés, játék, kísérletezés elengedhetetlen kelléke, addig a zenei előadásban az élő írás nem túl performatív, a live coding jelensége legtöbb esetben tulajdonképpen kontextusszakadás: a színpad és az élő zenélés zsákutcája (ezalól NICK COLLINS frenetikus, szuggesztív, néhol abszurd humort sem nélkülöző performanszai kivételt képeznek). Az ember teste nem veszi át a hangszer tulajdonságait, intuitív reakciók nem születnek váratlanul, rideg logikai kalkuláció és kontrollált precizitás zajlik agyban és a gépelő ujjak idegvégződéseiben.

28 A *Computer Music Journal* az MIT által negyedévente megjelentetett periodika, amely főként a kortárs számítógépes zenei technológiák, esztétika, filozófia határterületeiről tudósít.

2.4.2 Képernyő

Az irodai eszközök (monitor/laptop, egér) használata a tiszta kódoláson túl az otthoni használatban, zenélésben szintén elterjedt. Ez a VST (Virtual Studio Technology) instrumentumok világa, avagy a nyolcvanas évek MIDI alapú modulrendszerének öröksége. Több szoftver összekapcsolása, virtuális szemplerek, szintetizátorok kommunikációja zajlik a képernyőn. A gombokat egérklikkekkel vagy adott esetben MIDI kontrollerekkel irányítja a zenész, fontos, hogy a képernyőt nézze, vizuálisan dekódolja a kurzor pozícióját, figyelmének jelentős részét leköti a vizuális szervezés nyomkövetése, taktilis információval gyakorlatilag nem találkozik. Az ilyen szintű vizuális figyelemkiszájtás jobbra a megélt, lejátszott zenei hangok fals értelmezéséhez vezet, az előadó nem, vagy alig csukja be a szemét, a hangkeltés elsődlegesen a korábban említett, kódoláshoz hasonlatos logikai szinten jön létre, jellemző az emocionális, taktilis zsigeri érzületek hiánya. A több évtizeden át tartó, színpadon is működtetett „képernyő paradigma” laptop zenészek garmadáját hozta magával, ahol a befogadó közönség egy sötétben sejlő sziluettnél nincs sokkal többre beavatva: az előadó az egerével, billentyűjével akár az emailjeit is nézegethetné.

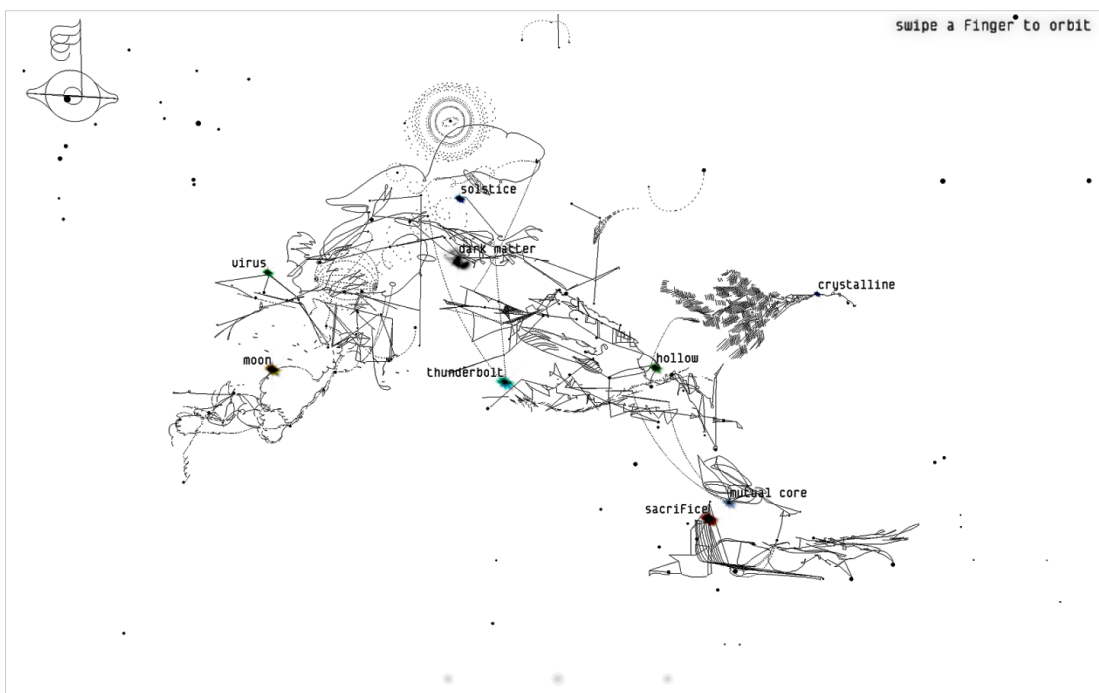
2.4.3 Érintőképernyő

A multitouch paradigma egy más szemlélet: ott történik minden, ahova figyelsz, ahova nyúlsz. A vizuális output helye egyezik az input helyével. Míg egy egér vagy billentyű esetében a bevinni kívánt információ helyszíne különbözik a visszakapott, látható információ (monitor) felületétől, addig az érintőképernyők esetében ez a figyelem többé nem oszlik ketté: egy irányba figyel a felhasználó. A műfajban gombamód szaporodnak az érdekes megoldások és felvetések: SCOTT SNIBBE²⁹ interaktív alkalmazásai (*Biophilia*, *OscilloScoop*, stb), JAMIE BULLOCK az érintő gesztusokat extrém szofisztikáltsággal kezelő *Orphion*-ja, ZACH GAGE munkái (*Sonic Wire Sculptor*, *SynthPond*), vagy a BINAURA³⁰ által készített immerzív vizuális hangszerek (*SphereTones*, *Flux*). Az IT cégek és hardware gyártók a kétezres években a személyi számítógépek és a laptopok mellett piaci résre leltek és kialakították a tabletek, okostelefonok piacát. Ezek lényegében olyan számítógépek, amelyekhez már nem feltétlenül kapcsolódnak perifériák, minden folyamat egy helyen történik, minden kommunikáció az érintőfelületen, mikrofonon és szenzorokon keresztül zajlik. A tabletek és telefonok az irodából és a sötét szobából kihozzák a digitális tartalmakat az emberek zsebébe és a kezébe. Ennek a demokratizálódási folyamatnak is megvannak az előnyei, valamint a hátrányai. Elgondolkodtató, hogy pont az említett figyelem helyrekerülésével, vagyis az „intuitív” használatból adódóan a hétköznapi használat során a mindenütt jelenvaló gépezés rengeteg esetben vezet kognitív disszonanciához³¹.

29 SCOTT SNIBBE a *Snibbe Interactive* alapítója, az interaktív zenei app-ok egyik úttörője. Csapatával kollaboráltak többek között Björk-el és PHILIP GLASS-al is.

30 Az értekezés szerzője a BINAURA formáció egyik alapító tagja.

31 Bár a kognitív disszonancia elsősorban reklámhatásokra alkalmazott szociálpszichológiai elmélet, amelyet



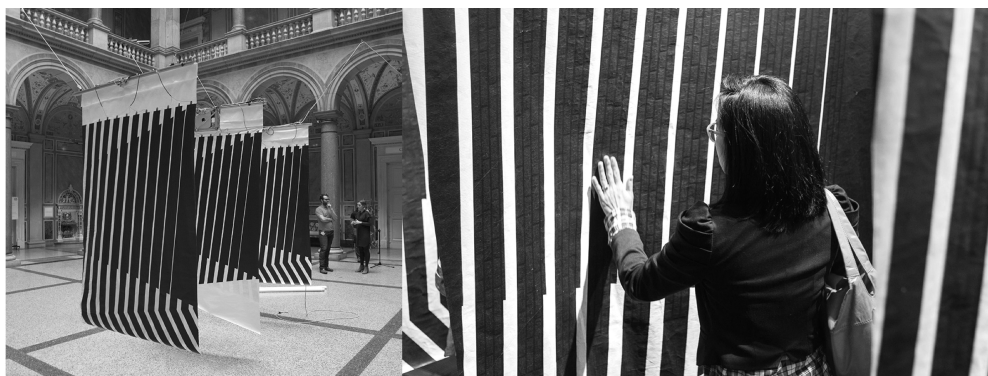
10. ábra: Björk – Biophilia. A SCOTT SNIBBE stúdiójával közösen készített interaktív album műfajteremtő alkotás, az egyik első mainstream experimentális vizuális zenei alkalmazás. A képen az album nyitójelenete látható, ahol a különböző zenei terek között lehet navigálni egy csillagkép szerű struktúrában. (A kép inverzbe lett fordítva, a jobb nyomtathatóság miatt)

A megérintett képernyő „hangszer szemléletből” nézve hasonlóan problematikus, mint a korábban vázoltak. A primér szinten működő vizuális visszacsatolás (néznem kell, hogy hova nyúlok) a zenei hangkeltés rovására megy, fals interpretációt hordoz(hat) magában. A taktilitás hiánya, a vizuális dominancia inkább a számítógépes játékok világába kalauzol, ahol a színes, mozgó szimulációk, gyors visszacsatolású folyamatok határozzák meg a felhasználó élményeit.

LEON FESTINGER amerikai pszichológus alkotott meg 1957-ben, a jelenség kiterjeszthető a nemrégiben elterjedt interaktív eszközök használati modelljeire is. Az elmélet eredetileg egy, a tapasztalt, illetve a reklámok által generált, ellentmondó tudattartalmak összehangolásával való problémáról szól, amely hasonló egy, a telefonon való folyamatos szociális aktivitás, illetve az aktuális fizikai közeg (például buszmegálló) közötti nem-jelenlét ellentmondásosságához.

2.4.4 Taktilis interfészek

A taktilis, vagy *tangible* interfészek világa az előbbi megoldásoktól eltérően az érintésre, fogásra, a tárgyak rendszerére és azok összefüggésére koncentrálnak. A vizuális visszacsatolás természetesen ezekben az esetekben is jelen van (hanghullámok, szonikus összefüggések, felhasználói navigáció láttatása), ám elhagyható, adott esetben nélkülözhető. A különböző módszerekkel (pl. computervision, rfid, gps, szenzorok) hálózatba összekapcsolt, általában kéz méretű kis tárgyak mint építőkövek viselkednek: a modularitás, újraszervezhetőség jegyében működnek. Ez egy lényeges aspektus, hiszen a klasszikus értelemben vett rezgőtestű akusztikus hangszereket nagyon ritkán jellemzi bármilyen modularitás, újrakonfigurálhatóság. Bizonyos (például húros) hangszerek esetében az áthangolás, a capodaster, talált tárgyak húrok közé való ékelése valamelyest lehetővé teszi a variabilitást, de ezt távolról sem nevezhetnénk modularitásnak, vagy neutrális elemek emergens³² rendszerré való összekapcsolásának.



11. ábra: A BARE CONDUCTIVE a bécsi MAK múzeumnak készített *Contours*³³ című installációja egy nagyméretű generatív hanginstalláció, ahol a különböző, textilbe fűzött vezető felületeket érintve a látogató saját kezűleg térképezi fel a hangtáját.

A modularitás, újrahaznosíthatóság, előre definiált belső állapot nélküiség márpedig a digitális kódok, a sokszorozható, már korábban említett objektum orientált és más típusú programozási módszerek esszenciája. A taktilis interfészek esetében a nem vizuális figyelemvezetés (pixelek helyett tárgyak, szenzorok és formák) és a digitális paradigma (sokszorozhatóság, modularitás) egymásra találhat és érdekes kombinációkat eredményezhet a közeljövőben.

32 A modularitás magában hordozza az emergencia lehetőségét: az egyszerű szabályok alapján működő modulokon különböző kombinációkba szervezve nagy eséllyel figyelhetünk meg emergens tulajdonságokat.

33 Az installációról fotók és bővebb információ: <http://www.creativeapplications.net/maxmsp/contours-breathing-life-into-a-textile-skin/>

2.4.5 Alternatív interfészek

A szenzorokon és a taktilitáson túl rengeteg nem megszokott interfészt alkalmaznak különböző kísérletekre. Játék, tudományos vizsgálatok, akár haditechnika, vagy egyszerű hangkeltés területén egyaránt léteznek bioszenzitív, agyhullám alapú, vagy bármilyen más, szokatlan beviteli eszközzel operáló kommunikációs felületek, amelyeket nemzetközileg elismert fesztiválokon, platformokon és konferenciákon (*NIME*, *SIGGRAPH*, *Ars Electronica*, stb) ismertetnek az alkotó tervezők. Ám egyrészt miután ezek az elitista, akadémista körökből alig-alig szabadulnak ki, igen kevés emberhez jutnak el, másrészt (és talán részben ebből eredően) kulturális beágyazottságuk nem számottevő, valamint – noha marginálisak - megjelenési formáik átláthatatlanul szerteágazóak, ezen írás ezekre nem tér ki.

2.4.6 Tendenciák

A hangkeltő tárgyak kulturális relevanciája megkérdőjelezhetetlen és állandó, jelenlétük, használatuk elemi szükség. A fizikai rezgőtesttel szemben a digitális eszközök méret- és időfüggetlenek, az elmúlt pár évtized során kialakult néhány kanonizált, sikeresen alkalmazott típus. Az újrakonfigurálhatóságnak köszönhetően ezek inkább hordozzák egy játék tulajdonságait, semmint egy specifikus hangszerét. Két probléma körvonalazódik e hangszerek, hanginstallációk, játékok körül:

A tanulás és a kapott siker (pozitív visszacsatolás) arányának kérdése. Egy újmédia installáción, taktilis interfészen pár perc játék, kísérletezés után úgy érzi a játékos, mintha birtokában lenne egy hangszeres vagy más navigációs tudásnak. A valóságban ez néhány előre definiált paramétermezőn való áthaladást jelent, amelyet az alkotó/hangszertervező úgy szerkesztett meg, hogy a legtöbb konstellációban jól szójon, ne fusson a játékos meglepetésbe vagy hibába. Egy valódi hangszeren való játék, annak hibáinak, akusztikai sajátosságainak kiismerése éveket vesz igénybe, rengeteg negatív és pozitív tapasztalattal jár a tanulási út folyamán.

A másik tendencia – és ez a posztdigitális társadalomra levetítve általános érvényű probléma – az irányított figyelem (*attention span*, vagyis az egy dologra való figyelem idejének) csökkenése. Ez sem független az előző, „tanulásba beáldozott” és kapott idő arányától. Az emberek egy installációval, szoftverrel, új hangszerrel játszanak egy keveset, érdekes élménynek tartják. A tervezők sok esetben korlátozott, önkényes gondolkodásából, a médium sajátosságaiból adódóan ott kell abbahagyják, ahol épp kezdeni kéne a hangszer használatát: a hibák, sajátos karakterisztikák kiismerésével, és a hangok szervezésének, komponálásának kulturális kontextualizálásával, hogy az iteratív folyamat során minden hang és kísérlet a helyére kerüljön és a hosszú, körütekintő felfedezés során új élményhez juttassa a felhasználó játékost.

2.4.7 Használati dimenziók

Viszonylag egyszerű a dolgunk az akusztikus hangszerek rendszerezésekor. A méret, a megszólaltatás módja, a hangszer testében alkalmazott anyaghasználat, a hangszer alkalmazásának történeti, földrajzi pozíciója eleve adott keretekkel segít kontextusba helyezni egy-egy eszközt. A digitális hangszerek esetében nehezebb dolgunk van. Hagyományos értelemben nincsen rezgőtest (a digitális, elektroakusztikus zenei rendszerekben a hangkeltés a belső struktúrától függetlenedett), még nem igazán állnak rendelkezésre történetileg elhelyezhető típusok sem, így jelenleg átfogó analízist egy primérből szinten, az emberi eszközhasználat szintjén kísérelhetünk meg felvázolni. Míg az akusztikus hangszereket vizsgálhatjuk a test kiterjesztéseként, a téri kontextusban betöltött szerepük alapján, addig a digitális hangszereket más módon kell megközelítenünk: ezek az eszközök nem a test kiterjesztéseiként nyilvánulnak meg, hanem egy attól független rendszerben mozgatott információ interpretációjaként, amely hermeneutikus³⁴ kapcsolatként jellemezhető. Ilyen módon ezeket az eszközöket szöveggént is értelmezhetjük, amelyeket használatuk során folyamatosan olvasunk, logikailag értelmezünk.

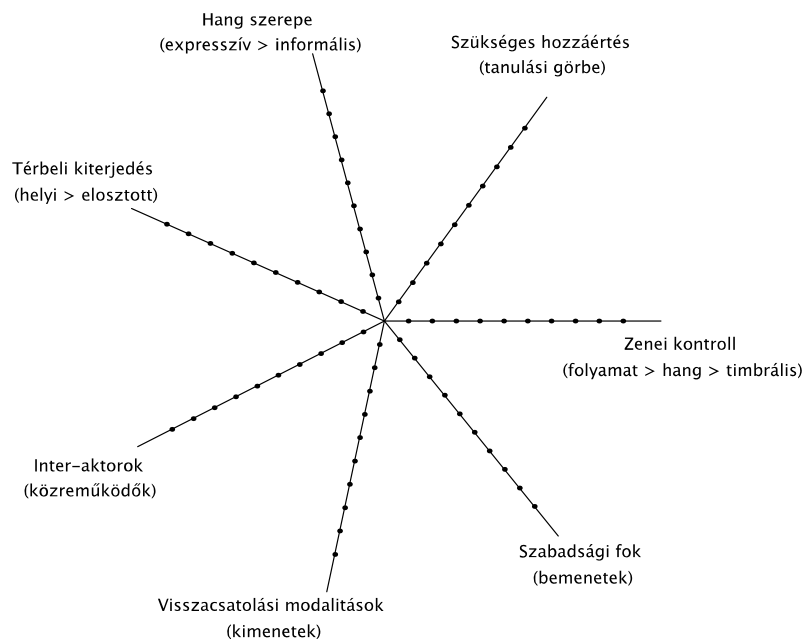
THOR MAGNUSSON A *Zenei eszközök episztemológiai terének dimenziói* című írásában említi³⁵ azt a három fajta eszköztípust, amelyeket az ember mindennapja során használ. A *primér eszközök* (például kalapács) az ember testének kiterjesztései. Az *indusztériális eszközök* olyan gépek, amelyek a testünktől független energiával dolgoznak, emberi feladatokat látnak el repetitíven, normalizált formában. A harmadik típus a *kibernetikus eszköz* (például számítógép): ez nemcsak automatizálja a folyamatokat, hanem magas szintű szimbólumrendszerén keresztül meghatározza az emberi gondolkodást is. Miután a számítógép egyfajta metagépnek tekinthető, egyszerre alkalmas eszköz a gondolkodáshoz, illetve az ötleteink végrehajtásához is.

A digitális hangszerek tervezésének konceptuális, teoretikus megközelítéséhez D. BIRNBAUM és társai kidolgoztak egy fenomenológiai dimenzióteret³⁶, amelyen egy többdimenziós koordináta-rendszerben ábrázolják a digitális hangszerek episztemológiai tulajdonságait.

34 A GADAMER-i értelemben vett hermeneutika szerint a megértés, értelmezés és alkalmazás egyenrangú és összefüggő elemei a hagyománnyal való viszonyoknak, amely kölcsönösségre, a dialógus elvére épül. E szerint minden emberi mű bekapcsolódik az emberi önmegértés szakadatlan folyamatába, minden mű maga is történés, és megértése, értelmezése és alkalmazása is az.

35 *An Epistemic Dimension Space for Musical Devices*, NIME Proceedings, 2010

36 *Towards a Dimension Space for Musical Artifacts*, NIME Proceedings, 2005



12. ábra: fenomenológiai dimenziótér (BIRNBAUM et al)

Az itt felvázolt szempontok egy olyan rendszerezési elvet tesznek lehetővé, amelyek egy zenei eszköz interakciós modalitását mérhetővé, jobban megközelíthetővé teszik.

Ezekkel a paraméterekkel elsősorban a hangszerrel, a zenei kifejezéssel, illetve az egész rendszerrel való interakció minősége és mennyisége mérhető, az ezekkel kapcsolatos használati dimenziók kerülnek felsorolásra. Ebben a felosztásrendszerben a következő hét dimenzió szerepel:

zenei irányítás: a kifejezési szint szub-hang szinten (*timbre*),
hang szinten (*magasság, hossz*), avagy
kompozíciós szinten (*score level*) zajlik.

a szabadság foka: a bemeneti paraméterek mennyisége

visszacsatolási modalitás: azonnali visszajelzések szintje a felhasználó
számára a rendszertől (*taktilis, vizuális, stb*)

interaktorok, résztvevők: a rendszert működtető játékosok száma

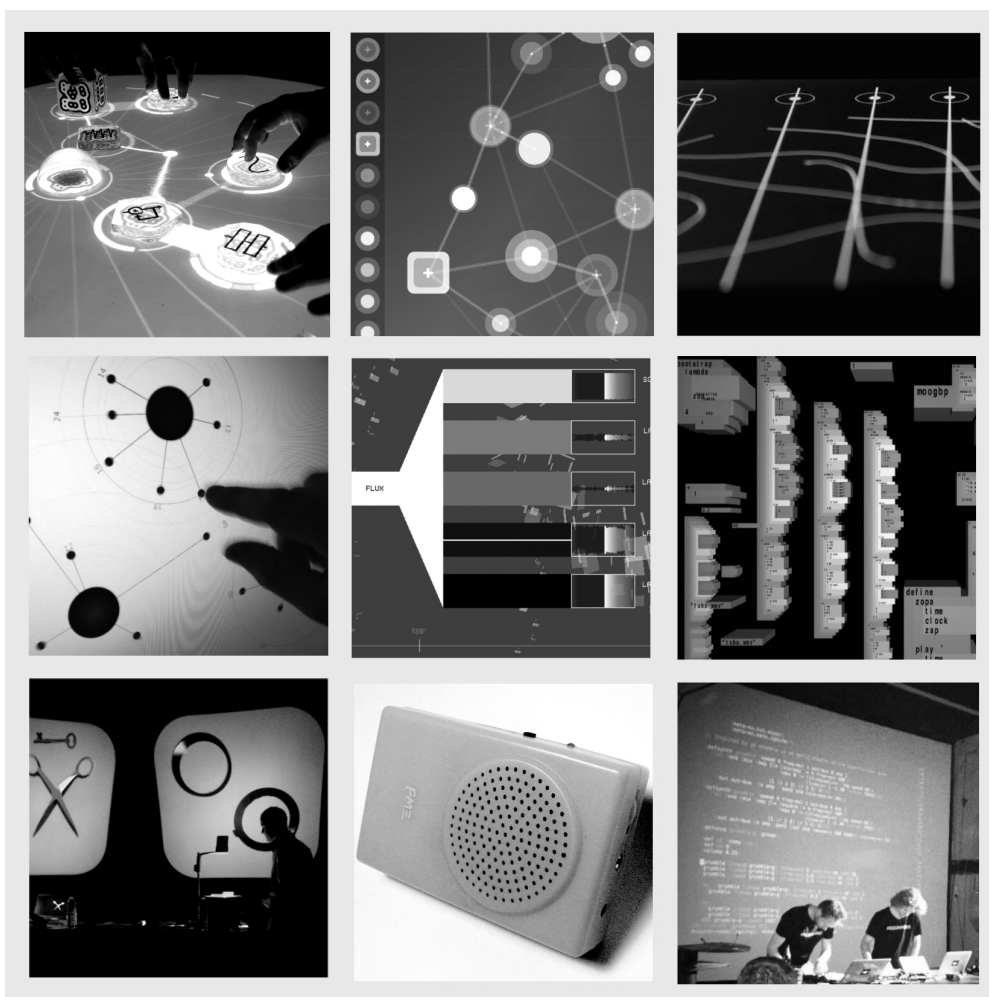
térbeli eloszlás: a hangszer fizikai méretei

a hang szerepe: információs cél, környezeti reprezentáció, vagy
expresszív kifejezési forma

szükséges tapasztalat: a tanultság foka, amellyel a felhasználónak
rendelkeznie kell a hangszer
megszólaltatásához

Ennek a viszonyrendszernek köszönhetően megközelíthetőbbé, rendszerezhetővé válnak digitális hangkeltő eszközeinkben alkalmazott koncepcióink: az elsőre áttekinthetetlennek tűnő alkalmazások kavalkádja ezzel a módszerrel logikusan felépített kifejezési formák eszköztárává válik. Még ennél a szempontrendszerrel is előkerülnek olyan problémák, hogy bizonyos paraméterek nehezen állapíthatóak meg pontosan. Ugyanis olyan, multimodális hangszerek esetében, ahol több szinten lehet szervezni a hang eseményeket, már nehezen szétválasztható, hogy a zenei irányítás kompozíciós, vagy hanganatómiai szinten zajlik. Egy olyan eszköznel, ahol a különböző modalitások között váltva az egyik szinten (például egy zoom alapú navigációs paradigmával) egy hang burkológörbéjét, modulációs paramétereit tudjuk állítani, egy másik szinten pedig a makrotemporális, kompozíciós tényezőket tudjuk alakítani, a *zenei irányítás* dimenziója, besorolhatóság szempontjából értelmét veszti. E problémák ellenére azonban még mindig elég szemléletes és hatékony rendszerezési móddal van dolgunk.

A módszer alkalmazására álljon itt néhány létező vizuális hangszer összehasonlítása. Az itt szereplő hangszerek kiválasztása a teljesség igénye nélkül, szubjektív alapokon történt. Felsorakoztatásuk célja elsősorban az egy-egy eszközre jellemző episztemológiai dimenziótrajektória láttatása, és a diagrammok ábrázolt hangszerek jellegeinek, típusainak minél egyszerűbb vizuális megkülönböztethetősége.



13. ábra: Vizuális hangszerek (balról jobbra, soronként: *reactTable*, *NodeBeat*, *SoundBow*, *SphereTones*, *Flux*, *SchemeBricks*, *Manual Input*, *Buddha Machine*, *Overtone*)

A *reactTable*³⁷ az egyik legnépszerűbb és legismertebb taktilis vizuális hangszer, amelyet 2003-ban mutatott be a Barcelonai Pompeu Fabra egyetemén SERGI JORDÀ, GÜNTER GEIGER, MARTIN KALTENBRUNNER és MARCOS ALONSO. Használata során kis építőkockákat helyeznek egy asztalra a zenészek. Az asztalon jelennek meg a megszólalt hangokhoz kapcsolódó vizuális tartalom, illetve itt történik az interakció.

A *NodeBeat*³⁸ SETH SANDLER, JUSTIN WINDLE, és LAURENCE MULLER alkotása, az előző hangszerhez hasonló, moduláris építőelemekből álló hangszer, amely elsősorban

37 *reactTable* - <http://www.reactable.com/>

38 *NodeBeat* - <http://nodebeat.com/>

tabletekre, telefonokra lett tervezve. A *SoundBow*³⁹, a *SphereTones*⁴⁰, illetve a *Flux*⁴¹ a BINAURA kollektíva (SAMU BENCE és NAGY ÁGOSTON) munkái, elsősorban szintén tabletre és telefonokra tervezve, amelyek főként az interakció modalitások kognitív vetületeit kutatják. A *SchemeBricks*⁴² DAVE GRIFFITHS egyik performansz eszköze, amelyben téglalakú modulok egymásra pakolásával lehet zenei tartalmakat egymásra szervezni.

A *Manual Input Sessions*⁴³ egy érdekes példa a digitális és az analóg eszközök egyidejű keverésére. A GOLAN LEVIN és ZACH LIEBERMAN készítette eszközzel a játékos a kezének az árnyékaival hozza létre a zenei tartalmat, amelynek pozícióit egy kamera veszi, és közvetlenül kivetíti egy írásvetítő és egy hozzá kapcsolódó projektor. A komplexebb zenei tartalmakat így teljesen manuálisan állítják elő. A *Buddha Machine*⁴⁴ a kínai FM3 kollektíva (CHRISTIAAN VIRANT és ZHANG JIANHANG) hangobjektje. Használatkor kilenc meditatív ambient loop között válthat a játékos, amelyek folyamatosan ismétlődve lejátszódnak. Az eszköz a távolkeleten, főként Kínában használatos imagépekből ered, amelyekkel mantrákat, vallásos énekeket játszanak le rövidebb-hosszabb loopokba fűzve a felhasználók.

Végezetül, az *Overtone*⁴⁵ egy szövegalapú hangszer, *SuperCollider* és *Clojure* alapokon, amely fejlesztéséért elsősorban SAM AARON felel. Használják előadáshoz, szintézishez, hangszerépítéshez és kollaboratív, hálózatba kötött zenéléshez is.

A felsorolt eszközök a szemlélő számára első ránézésre mind egyfajta vizuális felületen (képernyőn, asztalra vetülő projekción, extrém esetben objektént) megjelenő, alakítható színes formák, amelyek a felhasználói interakcióra hangokat adnak, válaszokat közölnek (13. ábra). A megjelenítés mögött húzódó, valódi funkciók tüzetes vizsgálata az ismertetett koordinátarendszerben azonban vizuálisan is érzékletesen árnyalja az alkalmazások közötti különbségek természetét.

A 14. ábrán található diagrammokat összehasonlítva, vizuálisan, első ránézésre is szembetűnnek olyan karakteres tulajdonságok, amelyeket csak hosszas utánajárás, próba, vagy leírások alapján deríthetnénk ki. Egy kellően nagymennyiségű mintavételezésből (a digitális előtti korokra is visszanyúlva, fizikai hangszerekre is alkalmazva a fentieket) sok további dolog kiderülhetne az épp aktuális társadalmat, társadalmi rétegeket foglalkoztató kérdésekkel, kulturális paradigmákkal kapcsolatban is.

39 *SoundBow* - <http://www.binaura.net/stc/wrx/soundbow/>

40 *SphereTones* - <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.openframeworks.SphereTones&hl=en>

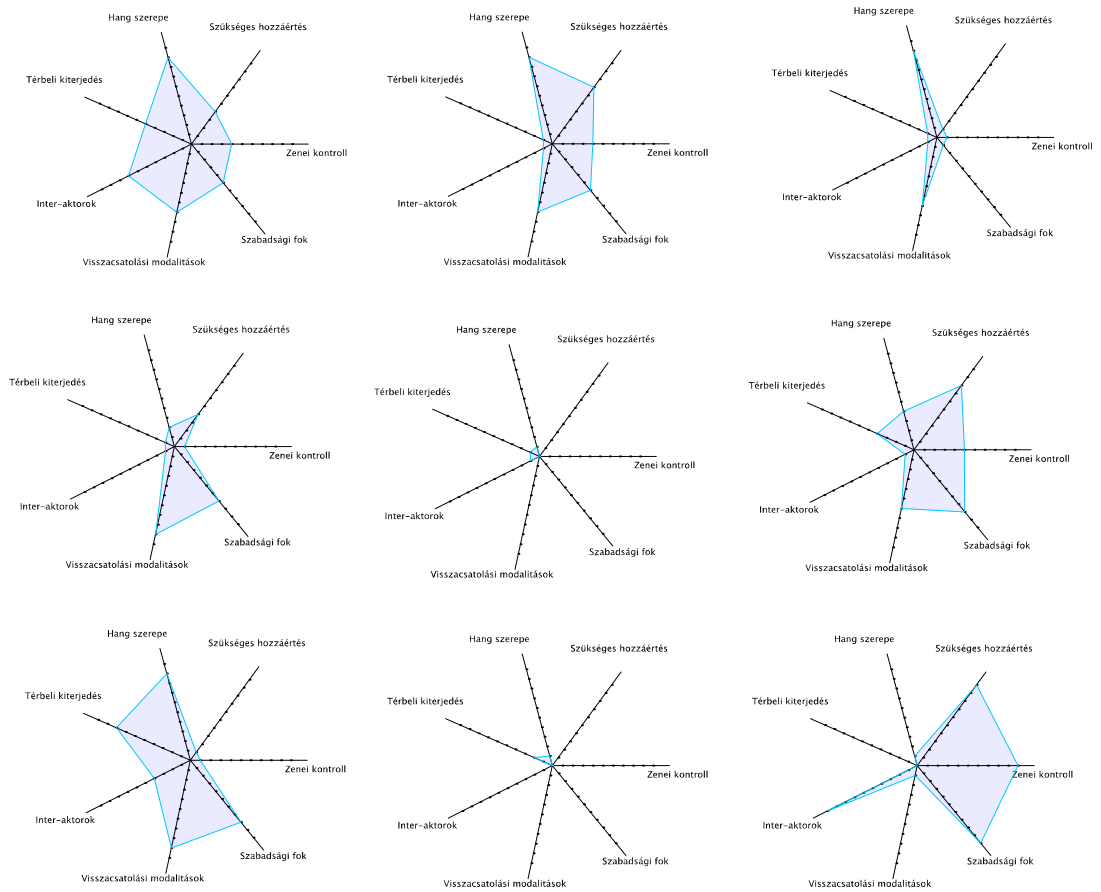
41 *Flux* - <http://www.binaura.net/stc/wrx/flux/>

42 *SchemeBricks* - <http://www.pawfal.org/dave/blog/tag/scheme-bricks/>

43 *Manual Input Sessions* - <http://www.tmema.org/mis/>

44 *Buddha Machine* - <http://www.fm3buddhamachine.com/>

45 *Overtone* - <http://overtone.github.io/>



14. ábra: A hangszerek funkcionalitásának dimenziói
(balról jobbra, soronként: reacTable, NodeBeat,
SoundBow, SphereTones, Flux, SchemeBricks,
Manual Input Workstation,
Buddha Machine, Overtone)

Ezek alapján a jövőben érdemes lehet a digitális, illetve a posztdigitális, nem szokványos, speciális kreatív használatra szánt eszközöket így, parametrizálható dimenziók mentén megközelíteni, az adatbázisokban való kereshetőséget a dimenziók intenzitása alapján kialakítani. Egyfajta interaktív szemantikai keresőrendszer könnyen kezelhetővé tenné a szerteágazó műfaji, típusbeli különbségek közötti navigációt.

Ahogy jól bevált módszerek kialakultak képek keresésére, hangok klaszterezésre és identifikálására, úgy célszerű lenne egy multidimenzionális, hangolható paraméterekkel rendelkező eszköz, ahol nem formai, vagy lexikális összefüggések alapján, hanem funkciókon és kvalitatív minőségeken alapuló szemantikai összefüggések alapján tudnánk rendszerezni és visszakeresni létező eszközeinket. Ezt a jelenleg elérhető technológiák a rendelkezésre álló adatbázisokra építve már többé kevésbé lehetővé teszik.

Ahogy LEV MANOVICH a nehezen mérhető vizuális adatbázisok automatizált rendszerezésére javasol egészen újszerű, interaktív megoldásokat⁴⁶, úgy igen üdvözlendő lenne a nem vizuális alapokon, hanem az interaktív, és zenei, funkcióbeli modalitásokon alapuló, digitális hangszerek világában egy hasonló kezdeményezés.

E gondolatmenetet folytatva, általános értelemben a mára nehezen átlátható interaktív műfajok rutinszerű átjárhatósága, egymásba ágyazottsága is esetleg feldolgozható hasonló, multidimenzionális adatbázisokban gondolkodva, ahol automatizált módszerekkel létrehozott, trajektória-elvű szerveződés, illetve az abban való interaktív navigáció megkönnyíti a kultúrakutatók, művészettörténészek, és teoretikusok egyre nehezebb munkáját.

*

46 LEV MANOVICH a *Software Studies Lab* (<http://lab.softwarestudies.com/>) kereteiben a kép alapú médiatartalom (filmek, instagram, festmények, stb) különböző, automatizálható (színek, formák, tag-ek alapján működő) rendszerezési elveivel foglalkozik.

3. Intenció

„Az, amit mondani szeretnél, meghatározza a nyelvet, amit használsz.”
Cornelius Cardew

3.1 A felszín mögött

Milyen hasonlóságok fedezhetőek fel az ősi, arab automata rendszerekben, az origami hajtogatásban, a poetikus kódokban, a parametrikus⁴⁷ design-ban, JOHN CAGE zenéjében, vagy az olyan nyugati zenei tradíciókban, mint a JOHANN PHILIPP KIRNBERGER⁴⁸ vagy WOLFGANG AMADEUS MOZART által is alkalmazott kockavetésen alapuló zenei kompozíciókban? Ha megfigyeljük, ezek mind olyan példák, amelyek az emberi logika, illetve az embert körülvevő külső környezet valamilyen természetes viselkedésének a viszonyából épülnek fel. Egyrésről a felsorolt tevékenységek és alkotók, olyan esztétikai szempontrendszereket alakítanak ki, amelyek engedik, hogy a kreatív folyamatban az alkotóktól független szervezőelvek és döntésmechanizmusok is részt vegyenek.

Ezen a ponton a tervező keretrendszereket jelöl ki, amelyeken belül fél-automata procedúrák előre nem megjósolható konstellációkban „hajtják végre”, hozzák létre a keletkező művet. Másrészt, ezek az alapvető folyamatok nem pusztán esztétikai döntések, hanem egy gondolkodásmód megnyilvánulásai, amelyek megmutatják, hogyan viszonyulunk a környezetünkhöz és önmagunkhoz. E folyamatok inspirációs forrásai filozófiai, tudományos és misztikus tradíciókhoz és gyakorlatokhoz nyúlnak vissza.

47 Elméletben a parametrikus tervezés azon alapul, hogy a geometriát különböző számok vezérlik. Az ebben rejlő lehetőségeket akkor aknázhathatjuk ki igazán, ha ezeket a számokat egymással kapcsolatba hozzuk, és ez a kapcsolati hálózat egy rendszert alkot. Így lehetséges, hogy egyetlen paramétert megváltoztatva a teljes test megváltozik, annak minden komponensével együtt.

48 Az első kockavetésen alapuló zene a feltehetően BACH tanítványa, JOHANN PHILIPP KIRNBERGER *Der allezeit fertige Polonoisen* darabja lehetett. A kockák dobásakor dőlt el, hogy a zenész milyen zenei részlettel folytassa addigi játékát.

3.2 A véletlen szerepe

Egy egyszerű jelkészlet és használati szabályainak megfelelő reprodukciója civilizációkat teremthet, gondoljunk csak az emberi nyelvre. Az első fejezetben már ismertetett módszerek gyakran segítenek eligazodni és újabb rendszereket, világokat létrehozni. A véletlen-generált események kiválóan alkalmasak arra, hogy folyamatosan változó adatokat szimuláljunk extrém tesztekhez, a rendszerünk működésének finomítása, további tanulmányozás céljából.

A véletlenszerűség, az interaktív relációkból adódó variabilitás sok emberben azt a téves következtetést keltik, hogy ezek a jelenségek értéket és komplexitást adnak az általuk létrehozott világokhoz. Ezt főként amiatt is feltételezik, mert a nem megjósolható, véletlenszerű viselkedés (például egy videojátékban, jazz improvizációban, vagy generatív grafikai munkában) meglepetést okoz, a végtelen számú kombinációk lehetősége az újdonság kiapadhatatlanságának illúzióját nyújtja. MICHELL WHITELAW a *Neural*⁴⁹ magazinnak adott egyik interjújában⁵⁰ pontosan ezekről a tendenciákról számol be. A generatív művészetek, az autonóm tartalmakat előállító interface-ek területén az utóbbi pár évben megjelentek bizonyos, agyonhasznált, kiüresedett módszerek, ez többek között meglévő matematikai eljárások vizuális és zenei adaptációjához vezetett. A vizuálisan meggyőző, ám tartalmilag az üzenettől leváló, funkciójukat veszített, öncélú generatív látványok (például voronoi diagram-ok, körpakolási algoritmusok, rekurzív fraktálok, stb.) bár rendkívül variábilisak, önmagukban nem adnak kvalitatív értéket egy rendszerhez.

Egy másik, kevésbé algoritmusokra, jóval inkább az a priori véletlenre és a hibákra alapozott tendencia, a *Glitch*⁵¹ művészete pedig önmaga létrejöttével szüntette meg saját létjogosultságát: formanyelvének központi elemévé teszi a hibát. Miután pedig egy leírható rendszerben reprodukálható hibák annak (vagy más, belőle építkező rendszer) jelkészletének elemeivé válnak, megszűnnek hibák lenni, hiszen funkcióba kerülnek.

49 A *Neural* magazin az olasz médiakritikus, ALESSANDRO LUDOVICO által alapított, évente nyomtatásban is háromszor megjelenő periodika, amely a médiaművészet, kritikai elméletek, experimentális zene, és a poszt digitális tendenciák témaköreit kutatja.

50 *An Interview with Paul Prudence, for Neural 40* - <http://teemingvoid.blogspot.hu/2012/01/interview-with-paul-prudence-for-neural.html>

51 A Glitch jelentése eredetileg egy rendszer működésében bekövetkező hiba, zavar, nem várt esemény. A digitális eszközökben bekövetkező, hibákat kísérő auditív és vizuális jelenségek (drop out-ok, szétesett pixelek és 3D modellek, zajok, stb) hamar adaptálódtak a kortárs művészeti kultúra formanyelvébe. A jelenségről először többek között KIM CASONE írása számol be, az ezredforuló művészeti törekvéseire vonatkoztatva, *A hiba esztétikája: poszt-digitális tendenciák a kortárs komputerzenében* címmel. Az írás megjelent a Balkon folyóiratban is, Kovács Balázs fordításában: http://www.balkon.hu/balkon03_12/12cascone.html

3.3 Új utakon

Az esetlegesség, a hibák, a nem várt események felismerése, beépítése egy játékfolyamatba, kommunikációs modellbe alapvető fontosságú. Az élmények tervezésekor a viselkedési minták, az emberben kialakult rutinok, reflexek, villanások⁵² egyaránt meghatározzák egy termék, hangszer, vagy szolgáltatás megítélését.

A jövő eszközei egyre jobban mérhetőek, alakíthatóak lesznek használatuk folyamán is. Az eddigi, statikus ergonómiai, funkcionalitásbeli szempontok mellett fokozatosan megjelennek a temporalitás, az újraformálhatóság és a személyesség kérdéskörei is. E metrikák figyelembevételével képesek lehetünk olyan eszközöket építeni, amelyeket jóval egyszerűbb használni, amelyek folyamatos diskurzusban vannak felhasználóikkal és adaptálják magukat a szükséges feltételekhez.

Azok az entitások (tárgyak, szoftverek, eszközök), amelyek érzik és valamilyen szinten megértik környezetüket, újszerű módokon adaptálhatóak belső reprezentációs világunkba. Így a tervezett, pillanatnyilag megfogható tartalom (hangok, látvány, anyag) mellett a fő szempont sok esetben a ritmus, időbeliség, a rutinokból adódó mintázatok megfelelő adaptálása lesz. Ez a tágabb értelemben vett „kontextus” tervezés művészete, ahol az elemek helyett fontosabbak az elemek közötti kapcsolatok.

BRET VICTOR⁵³ rámutat, hogy az interakció jó és fontos, ha meglévő szerkezetek manipulálására alkalmazott szoftverekről van szó, például képszerkesztők, szövegszerkesztők, játékok esetében. Az információt reprezentáló szoftverek esetében viszont, ahol az elsődleges szempont a kreálással szemben a tanulás, az interakció zavaróvá válik⁵⁴. Egy olyan interface-nek, amely információt közvetít, a lehető legkevesebb interakcióval kell működnie, hogy az ne álljon a percepció és a kognitív folyamat útjába. Ezeknek a szoftvereknek a környezetük mérhető adottságait (mozgás, fény, lokáció, alapzaj, stb) is ki kell használni, hogy újraalakíthassák magukat szükség esetén.

52 BARABÁSI ALBERT LÁSZLÓ *Villanások* című könyvében a természetben (és az emberi viselkedés mintázataiban) előforduló eloszlásgörbéinek csúcspontjait villanásoknak hívja. A könyv szerint ezek időbeli eloszlása, frekvenciája megjósolható, nem véletlenszerű.

53 BRET VICTOR interakciótervező, többek között az *Alesis*, az *Apple* cégeknél tervezett újszerű interaktív rendszereket és interface-eket. Írásai, szoftveres prototípusai az ember és rendszerek közötti szimbolikus kommunikáció új útjait kutatják.

54 „Interaction becomes interruption”. In: *Magic Ink: Information Software and the Graphical Interface*, <http://worrydream.com/MagicInk/>

A környezetbe természetesen nem csak a fizikailag, szenzorokkal mérhető tényezők tartoznak bele, hanem a felhasználó korábbi műveleteinek története, annak mintázatai, érdeklődési körei, szokásai, minden, amit eddig használatával a rendszerbe öntudatlanul is beletett. Az interface-nek PASK-i értelemben vett, *valódi párbeszédet* kell fenntartania felhasználójának kontextusával. A *Társalgás Elmélet (Conversation Theory)* központjában a tanulás, az adaptív tulajdonságok állnak. GORDON PASK angol kibernetikus kísérletei során olyan interaktív rendszereket tervezett, amelyek a természethez hasonlóan dinamikusak és összetettek anélkül, hogy autokratikussá válnának, és a kapcsolatba lépő felek interakcióit kisajátítanák, korlátoznák. PASK rámutat arra, hogy az interpretáció és a kontextus az emberi nyelv szükséges elemei a jelentés lokalizálásához, és ezek bármilyen tervezési folyamatra ugyanígy érvényesek. Egy párbeszéd, interakció során a két fél folyamatosan alakítja saját nézeteit, álláspontját, alkalmazkodik a másik feltételezett tudásához, kontextusba helyezi a küldött és a kapott üzeneteket.

Belső ritmusunk, a környezetünk ritmusának, temporális szekvenciáinak, a táncnak, a zenének, az emberi kapcsolatoknak az elmélyült megfigyelése alapvető fontosságú a feltérképezetlen területek megértéséhez. A szoftverek egyik előnye, hogy belső reprezentációjuk, architektúrájuk - az emberekhez hasonlóan - szintén újrakonfigurálhatóak, azokat adaptálni tudják a környezetükhöz alakítva. A *reszponzív*⁵⁵ tervezés, reaktív építéset, egy *nyitott mű*⁵⁶ szemiotikai felépítése vagy a netes keresőmotorok már mind ennek a folyamatnak az előfutárai. A jövő szempontjából kulcsfontosságú, hogy ezek a szoftverek és a rajtuk keresztül alkalmazott protokollok átláthatóak és nyitottak maradjanak, felépítésüket, forrásukat és viselkedésüket tekintve egyaránt.

*

55 Leegyszerűsítve a *reszponzív* design lényege, hogy egy weboldalunk van, viszont ez az oldal másképp reagál az egyes képernyőméretekre. Az elemeinek szélessége lecsökken, a menüpontok összerendeződnek, ahol 4 oszlopos megjelenés volt, az végül már fokozatosan 1-re csökken, de a weboldal funkcionalitása megmarad.

56 AZ UMBERTO ECO által bevezetett *nyitottság* fogalma elsősorban a kortárs költészet, az új zene, az informel festészet, az ANTONIONI utáni film fémjelezte új esztétikai helyzet vázolására és elemzésére született. *Nyitott mű* című könyve azokat a műveket, áramlatokat, technikákat mutatja fel, amelyek a befogadótól kreatív önállóságot követelő poétikák jegyében fogantak. Módszertani kiindulópontja forma és nyitottság, rend és kaland, klasszikus forma és többértelmű forma dialektikáján alapul. Ezek a művészeti, esztétikai megállapításokon alapuló felvetések hasonlítanak, a belőlük szerzett tapasztalatok kiterjeszthetők a digitális, valós időben írható, olvasható tartalmakkal való érintkezések mintázataira is.

4. Konklúzió

A vizuális hangszerek az újraformálható médiumok világában új kérdések és feladatok elé állítják a játékosokat, a fejlesztőket, a kutatókat és a kritikusokat egyaránt. A hangszer specializált fogalma egyrészt megkönnyíti történelmi beágyazottságából adódóan elemzési szempontjainkat, ugyanakkor a levont következtetések az esetek többségében általános interakció-tervezés módszertani kérdésekre is válaszokat adnak.

A hangszerek strukturálisan átértelmeződnek, korunk vizuális hangszerei a fizikai rezgőtest mellett (sok esetben a rezgőtest helyett) anyagtalan, logikai architektúrák szerveződéséből épülnek fel. Ezek a szöveggel leírható szerkezetek *belső* (a szoftver adatpációja, flexibilitása), illetve *külső* (szociológiai kontextus, interakciós modellek) reprezentáció szempontjából egyaránt saját törvényszerűségekkel bírnak.

A *belső* törvényszerűségeket a hagyományos, preszkriptív, statikusan lejegyzett kották éppúgy meghatározzák, mint a különböző, dinamikus programozási paradigmák, objektum orientáltság, funkcionális megközelítés, moduláris építkezés, stb.

A *külső* törvényszerűségeket tekintve a technikai szempontokon alapuló besoroláson túl (képernyők, taktilis, alternatív interface-ek, stb) egy hangsúlyos jelenség a szociális szerepek átértelmeződése. Egyrészt, jóval nagyobb szerepet kap a játék (a játékok világából ismerős tervezési minták, tanító modellek, terjesztés), másrészt nincsen hagyományos értelemben vett, különválasztható zeneszerző, hangszerkészítő, előadó, és közönség. Ezeket a szerepköröket is inkább átveszik a játékvilágból ismerős fogalmak.

- a *játékos*: zenél, „fogyaszt”, szórakozik, tanul, relaxál
- a *játékkészítő*, aki a szabályokat kitalálja, a játékot összerakja, a játék élményét megtervezi

Ezek a szerepek természetesen nem feltétlenül személyeket jelölnek, mindkét szerepben lehetnek cégek, művészeti csapatok, vagy más szerveződések.

Az interaktív felületeken keresztül való kommunikáció, önmegvalósítás olyan jelrendszereket, nyelveket igényel, amelyekben nagy hangsúlyt kapnak a kognitív szempontok, a temporális percepció, a pszichológiai reakciók, a „játékkészítő” által tervezett eszköznek állandó párbeszédben kell lennie a játékossal. Egy ilyen szimbolikus nyelv kialakulása pedig rengeteg időt, külső behatásokat, szélsőséges helyzeteket igényel. A nyelv végsősoron az általa használt ábécé betűinek permutációja.

Ugyanakkor, a jelentés és ebből eredően tudatunk *belső* koncepciói, *végző* soron maguk a gondolatok nemhogy ezekben a diszkrét elemekben nem találhatók meg, hanem e különböző elemek szintaktikai konfigurációiból, nyelvészeti formuláiból sem reprodukálhatóak. Mégis, ha a világunkat és *belső* koncepcióinkat a nyelven keresztül realizáljuk, többnek kell lennie, mint egy egyszerű kommunikációs eszköznek.

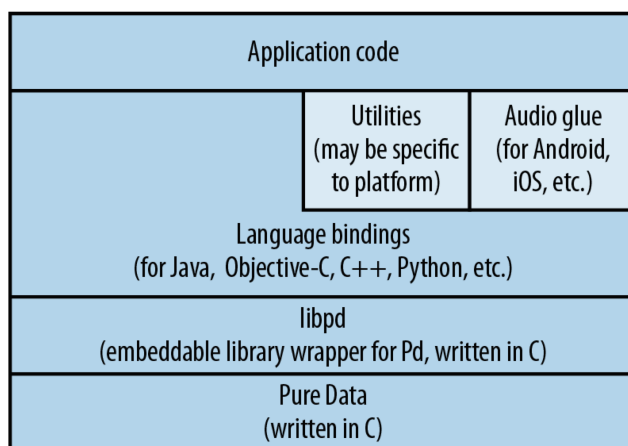
DOUGLAS HOFSTADTER *Felületek és Esszenciák* című könyvében inkább úgy írja le a nyelvet, mint egyfajta inkubátort, az *analógiák* inkubátorát. Szerinte ezek az analógiák, illetve ezek hierarchikus láncolatai az emberi gondolkodás fő mozgatóelemei. Ezek az analógiák alkotják a tájat, amely körülöttünk és bennünk létezik vizuálisan, szövegben leírhatóan és mentálisan egyaránt. E táj kutatása, feltérképezése pedig új világok felé indíthatja a játékost és a játékkészítőt egyaránt.

Függelék I.

LibPd: Egy működő példa

Az első fejezetben ismertetett tervezési stratégiák elsősorban prototípusok készítésére a legalkalmasabbak, amelyek lényegében felölelik a művészeti installációk, kísérleti zenei hangszerek, szoftverművészet, kreatív, vagy más, nem szokványos alkalmazások területét. Ezekben az esetekben a rendszer skálázása, széleskörű kompatibilitása általában nem alapkövetelmény, így a tervezés és a fejlesztés koncentrálhat adhoc problémák, kihívások megoldására, kísérletezésre, jóval inkább belefér a hibázás és a véletlen meglepetés lehetősége.

A *LibPd*⁵⁷ nevű projekt egy, a már említett vizuális nyelvekre épülő, következő generációs projekt. PETER BRINKMANN először szabadidejében kezdte el fejleszteni, majd hamarosan társultak hozzá más fejlesztők, később a Google által fejlesztői támogatást is kapott a projekt. A *LibPd* lényegében egy már korábban említett, mai paradigmát megcélzó kezdeményezés: „egy kódot írnak, működjön mindehol”. Ez úgy lehetséges, hogy a különböző nyelvekhez különböző illesztőket (ún. *wrappereket*) írnak azok készítői, amelyek a részegységek, vagy modulok közti kommunikációt teszik lehetővé. Lényegében az összes protokoll ezt a célt hivatott szolgálni: értsék egymást a különböző egységek, tudjanak egymással „beszélgetni”.



17. ábra: A LibPd rétegei

57 Lásd: www.libpd.cc

A *LibPd* egy bármilyen rendszerbe (telefonok, webes technológiák, natív alkalmazások, mikroszámítógépek, szemüvegek, órák stb) beépülő *könyvtár*⁵⁸, vagyis az épp adott nyelvbe beépülve, annak funkcióin keresztül elérhető, hangfeldolgozásra, hangkeltésre és más, multimédiaműveletekre alkalmazható modulok tárháza. A rendszer a már említett *Pure Data* programkörnyezeten alapul, és annak funkcióit integrálja a legkülönbözőbb eszközökön futó rendszerekbe. A 4. ábra ennek a beépülő módszernek a rétegeit ismerteti. Itt minden réteg csak a közvetlenül utána következő réteggel kommunikál. A *Pure Data* C nyelvben van írva, saját adattípusokkal. A *libpd wrapper* szintén C nyelvben van írva, viszont itt az API⁵⁹ adattípusai próbálnak a standard típusokhoz igazodni, amennyire lehetséges. A nyelvi bekötések (*language bindings*) már a célnyelvek adattípusait (*float*, *string*, *list*, *array*) használják.

Ennek a felépítésnek köszönhetően, például egy digitális hangszer esetében a hangrendszer teljesen elkülönül a program többi kódjától, a felhasználói interakciók és a képi megjelenítés csak néhány ponton érintkezik a hangrendszerrel. Ilyen pontok egy-egy érték átadása, vagy egy-egy esemény meghívása. Így az alkalmazásfejlesztőnek nem kell értenie a hangtervezéshez és a DSP-hez⁶⁰, ugyanakkor a sound designernek sem kell az alkalmazás natív fejlesztői környezetéhez értenie.

Mégeggy előnye az ilyen módon felépített projektnek, hogy miután a hangrendszer bár beépül az alkalmazásba, annak kódja teljesen különáll a többi résztől, így nagyon könnyen be lehet illeszteni egy másik környezetbe. Így, lényegében egy *Pure Data* patch alkalmazható Androidon, iOS-en, Linux alapú mikroszámítógépeken (pl. Beagleboard, Raspberry pi), asztali rendszereken, vagy akár HTML 5-re épülő webes alkalmazásokban, a WebAudio⁶¹ API-n keresztül.

58 Programozási könyvtárnak hívjuk bizonyos funkciók (vagy osztályok) lefordított halmazát. Sok programnyelv alapvetően csak aránylag egyszerű feladatok megoldását definiálja magában a nyelvben, viszont jóval több funkciót tesz lehetővé könyvtárakon keresztül. Jellemzően ilyen feladatok a grafikai műveletek, az adatbázis-elérés, a platform funkcióinak használata, egyes bonyolultabb matematikai számítások.

59 Az API egy olyan programozási felület biztosítása az operációs rendszerhez vagy alkalmazásokhoz, amely felület lehetővé teszi hogy külső programok elérhessék a publikált szolgáltatásokat. Az API-n keresztül független, külső programok vezérelhetik az eszközt illetve elérhetik annak adatait, státuszát.

60 Digitális jelfeldolgozásnak (Digital Signal Processing, DSP) vagy digitalizálásnak nevezzük azt a folyamatot, amikor egy fizikai mennyiséget valamilyen módon számítógéppel feldolgozhatóvá teszünk. A fizikai dolgokat, például a hangrezgéseket (melyek „analóg”, számítógépek által közvetlenül nem kezelhető formában léteznek) valamilyen módon jellemezni kell digitális formában ahhoz, hogy azokkal a számítógépek dolgozni tudjanak.

61 A WebAudio akárcsak a WebGL, szintén egy viszonylag új technológia, amely webes környezetben alacsony szintű hangműveletek (saját felépítésű DSP funkciók) futtatását teszi lehetővé.

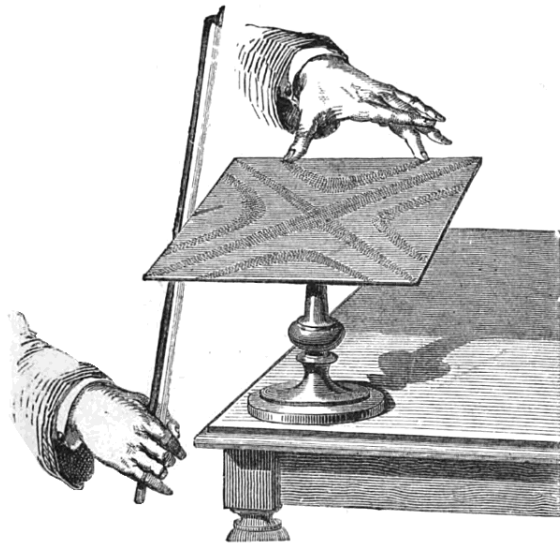
Függelék II.

Tézisek

A kutatás előzményei elsősorban gyakorlati tevékenységemhez kapcsolódnak. A mindennapi tervezésbeli és más problémák megoldásaihoz a közvetlen figyelem, az „itt és most”, a csinálás, a kíváncsisággal kevert improvizáció adja a legjobb megoldásokat, beleértve a hibázás, tévedés lehetőségeit is. Ez a hozzáállás adja a jelenleg elterjedt, demokratizált technológiákkal, hálózatba kötött közösségek együttműködésével működtetett „maker” mozgalom egyik alpját is, amely lényegében gyakorlat orientált módszertan.

Ebből adódóan elméleti szinten fontosnak tartom az analógiák és a metaforák alkalmazását egy-egy ötlet, vagy probléma leírásához, kommunikálásához, megértéséhez. Ezek eszközök, amelyek a játékosság, a kitekintések láncolatának aktív indukciós eszközei. Az új technológiák, találmányok készítői egyaránt metaforákhoz fordulnak, amikor a társadalom szélesebb rétegeibe adaptálják eredményeiket. A hangszer analógia egy kulturálisan könnyen értelmezhető forrás. A hagyományos értelemben vett hangszer mindenütt jelenlevő, globális jelenség, ugyanakkor lokális közösségekre, specializált helyzetekre nagyon jellemző tulajdonságokkal bír. Strukturális felépítését tekintve teljesen közérthető: a cél fizikai energiával hangok megszólaltatása. Ez az egyszerű törekvés ergonómiai szempontból rendkívül érdekes, évszázados, évezredes tapasztalatra és tradíciókra nyúlik vissza.

A szoftveres felületek efemer, rendkívül friss eszközök, amelyek még nem rendelkeznek ilyen hosszú tapasztalati történettel, így ezek és a tradicionális hangszerek komparatív analízise nagyon érdekes kérdéseket vet fel. Az ezekből a kutatásokból adódó konklúziók pedig általánosabban véve is érvényesíthetőek a kortárs interaktív technológiákra. Szerencsére performanszokhoz, installációkhoz és interface-ekhez a legtöbb esetben magam is szoftver alapú eszközöket készítek, így az értekezés és a mestermunka egymásból adódó egységet alkot.



*

A vizuális hangszerek kutatásának kiindulási alapja általános értelemben a nyelv, mint absztrakt szimbólumok manipulációs eszköze. A nyelv eszköz a világ interpretálására, kommunikációra, az emberi gondolatok és érzelmek absztrakciós szintjeinek leírására és átadására. A természetes nyelvek mellett a mesterséges nyelvek szintén nagy szerepet játszanak a világ folyamatainak alakításában. A tág értelemben vett nyelvi eszközök képesek leírni, újraformálni, átalakítani, kiterjeszteni a valóság tapasztalását. A nyelv, mint mimetikus kommunikációs rendszer intencionális, generatív (nyitott, fejlődő rendszer), és referenciális (valamire utal, valamit leképez).

A mimézis a társas megértőképességnek a nyelvet megelőzően létrejött első formája, amely epizodikus adatbázisra épülő, fő vonásaiban **analóg** információátvitelt jelent. A mimetikus (beszölt, film-, fotó-) nyelv helyett az értekezés **digitális**, kriptografikus természetű nyelvek (zenei notáció, számítógépes kód, bináris rendszerek), kerülnek vizsgálatra, amelyek a vizuális hangszerek felépítését segítik megérteni. **A kriptografikus természetű nyelvekkel való tervezés újfajta szemléletet igényel, amely különbözik a mimetikus nyelvekkel való tervezés folyamatától.**

Az értekezésben szereplő, napjainkban elterjedt programozási szemléletek bemutatása az interaktív rendszerek felépítésében fellelhető alapvető absztrakciós rétegek feltérképezéséhez szolgál. Az egydimenziós, szöveg alapú leképezésre épülve, a kétdimenziós képi megjelenítésen keresztül **ezek a rétegek multidimenzionális interakció modellekből állnak, amelyek az időbeli dimenzió mellett különböző viselkedésmintákat, kognitív szempontokat is figyelembe vesznek.**

Ezek tervezésére, rendszerezésére bemutatásra kerül az ún. fenomenológiai dimenziótér fogalma. A hangszerek vonatkozásában, a rezgő testű, klasszikus hangszerek, kulturális, ergonómiai beágyazottságuknak köszönhetően ezeket a dimenziótereket természetes módon tartalmazzák. **Szoftver alapú hangszerek esetében ezek a dimenziók nem származnak a priori értelemben a használati tárgy felépítéséből, így ezeket tudatosan be kell építeni az eszközök működési modelljeibe.**

Ebből következően **a fizikai test hiánya egy újfajta, belső koherens rendszert feltételez a szoftver alapú, vizuális hangszerekben, amely eddig ismeretlen kognitív és mentális területekre kalauzolja a tervezőket és a játékosokat egyaránt.**

A szoftver alapú eszközök történetében identikus változások figyelhetők meg a klasszikus, rezgőtesttel rendelkező hangszerekkel összehasonlítva. A skálázhatóságra, univerzalításra való törekvés rendre új paradigmákat generál a használati tárgyak történetében. A hagyományos zenei rendszerek esetében az egyik ilyen jelenség a korareneszánszban kialakuló tizenkét fokra való temperáltság fogalma, amely a hangközök demokratizálódásával a különböző hangszerek összehangolhatóságát hivatott lehetővé tenni, amely által a zenei univerzum lemond a rezgőtestek természetes felhangrendszereiről. Ehhez hasonló a huszadik század második felében a digitális

hangszerek szinkronizálására létrejövő MIDI protokoll jelensége, ahol a hangszerek egyedi karakterisztikája egy, paraméterekként 128 értékben leírható redukcióra kényszerül. **A temperált hangsor kialakulása és a MIDI protokoll a maguk idejében az univerzalitás jegyében egyaránt hasonló módon korlátozták a zenei kreativitást.**

Az újrendezhető, dinamikus médiumok rendszerében a kreativitás új formája jelenik meg, amely az említett dichotómia jegyeit természetesen magában hordozza.

A hangszer fogalma ebben az összefüggésben kiterjesztett jelölő: az interface az interakciós felület mellett egy leképezési felület is. A zeneszerző, az előadó és a hallgató szerepe a mainstream kultúrában is megváltozott, ahogyan a folyamat a képzőművészetben és a fluxus mozgalomban már a huszadik század közepén az akkori, progresszív, kortárs kulturális közösségek köreiben elkezdődött. **A zeneszerző a lejegyzést, avagy a notációs elemeket is beleépíti az általa készített hangszerbe, amelyet az előadó-hallgató valós időben interpretál a mű befogadásakor. A zenei jelölés preszkriptív jellege, illetve a rögzítés, vizualizáció deskriptív jellege így összetetalálkoznak, a vizuális hangszerek interaktív notációk egyben.**

A zeneszerző, előadó, befogadó hármásának fogalmai ebben a rendszerben tehát nem helytállóak többé. A művek maguk is eszközök, leírásukra a legjobb analógia a **játékok** világa. A játék és zene kapcsolata eleve kódolva van mindennapi nyelvi rutinunkban is: *játszani a zongorán, mikor játszol?* stb. A digitális játékok ökoszisztémája a jelenlegi zenei terjesztésre amúgy is jobban alkalmazható, mint a hangrögzítésből öröklött megoldások: vaskos lemezek, hangszalagok vásárlása helyett pár centekért, bitek formájában jutnak el az alkotások a fogyasztókhoz. Miután elosztott helyekről, online felületekről töltik le az alkalmazásokat, interaktív albumokat, hangszereket a felhasználók, a – bár aszinkron, de – majdnem valós idejű visszajelzés alapvető fontosságú e terjesztői modellek esetében. Így a szoftver alapú hangszerek esetében a **befogadótól érkező feedback is inkább hasonlít a játékok esetében elterjedt gyakorlathoz, mint a hagyományos hangszeres zenélésben elvárt reakciók** (lásd: taps).

A vizuális hangszerek ökoszisztémája leginkább a játékokéra hasonlít: a befogadás során a játékélmény elengedhetetlen szempont, a felfedezés, próbálkozás, esetlegességek, vagy éppen a véletlenek a tapasztalás részei. A játékkészítők hangszereket (ha úgy tetszik, pályákat) terveznek, amelyeken a játékosok navigálnak, és lényegében az épp aktuális játékélményen keresztül komponálnak.

* Az illusztráció egy vizuális hangszert, ERNST CHLADNI hangkísérleteihez alkalmazott fémlemezét ábrázolja használat közben. Forrás: WILLIAM HENRY STONE: *Elementary Lessons on Sound*, London: Macmillan, 1879, p 26, fig 12.

Képek forrásai

Első ábra: *Ji-Csing*. A kép a hozzá tartozó Wikipédia bejegyzésből származik:
http://es.wikipedia.org/wiki/L_Ching CC BY-SA 3.0

Második ábra: *A vizuális nyelvek felépítése*. A szerző illusztrációja.

Harmadik ábra: *Sketchpad*. Forrás: Wikipédia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad#mediaviewer/File:Sketchpad-Apple.jpg>

Negyedik ábra: *Pure Data Patch*. A szerző illusztrációja.

Ötödik ábra: *Ben Fry hét lépcsőfoka az adatvizualizáció tervezése során*. In:
FRY, BEN: *Visualizing Data*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, 2008, 15. oldal

Hatodik ábra: *A hallható hangok frekvenciáinak hallásküszöbértékei*. A kép közkincs (Public Domain), a Wikimedia közgyűjteményéből származik.
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Audible.JPG>

Hetedik ábra: *AREZZOI GUIDO által a hangok felosztása a kézre alkalmazva*. Forrás: Wikipédia.
http://en.wikipedia.org/wiki/Guidonian_hand#mediaviewer/File:Guidonian_hand.jpg

Nyolcadik ábra: *Johannes Kepler: Harmonices Mundi (1619)*. Közkincs. Forrás:
<http://fineartamerica.com/featured/harmony-of-the-world-1619-science-source.html>

Kilencedik ábra: *Tibeti kotta (19. század)*. A kép yang imákat ábrázol, a tibeti yang yig jelölésrendszer szerint. A kép a *Schoyen Collection* (Sam Fogg, London) tulajdonát képezi. A reprodukció (MS 5280/1) a *Schoyen Collection* online elérhető manuskript katalógusából került felhasználásra.

Tizedik ábra: *Björk: Biophilia* (app screenshot)

Tizenegyedik ábra: *Bare Conductive: Contours*. Forrás: www.creativeapplications.net:
<http://www.creativeapplications.net/maxmsp/contours-breathing-life-into-a-textile-skin/>

Tizenkettedik ábra: *A fenomenológiai dimenziótér (BIRNBAUM és társai alapján)*. A kép MAGNUSSON, THOR: *Epistemic Tools: The Phenomenology of Digital Musical Instruments* című disszertációjának 212. oldalán került angolul publikálásra: <http://www.ixi-audio.net/thor/EpistemicTools.pdf>
Ennek magyar átiratát a szerző készítette.

Tizenharmadik ábra: *Vizuális hangszerek bemutatása*. A kép egy, a hangszerekről online elérhető képekből kivágott részletek alapján készített kollázs. A szerző illusztrációja.

Tizennegyedik ábra: *A hangszerek funkcionalitásának dimenziói*. A szerző illusztrációja.

Tizenötödik ábra: *A LibPd rétegei*. In: BRINKMANN, PETER: *Making Musical Apps*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, 2012, 44. oldal

Bibliográfia

- ANDERSEN, CHRISTIAN ULRIK: *Interface Criticism: Aesthetics Beyond the Buttons*. Aarhus University Press, 2011
- BARABÁSI ALBERT LÁSZLÓ: *Villanások. Nyitott Könyvműhely kiadó*, Budapest, 2010
- BENCZIK VILMOS: *Jel, Hang, Írás. Adalékok a nyelv medialitásának kérdéseihez*. Trezor Kiadó, Budapest, 2006
- BEY, HAKIM: *Temporary Autonomous Zone*. Autonomedia, Anticopyright
- BIRD, JON; LAYZELL, PAUL; WEBSTER, ANDY: *Towards Epistemically Autonomous Robots: Exploiting the Potential of Physical Systems*. In: Leonardo, Vol. 36, No. 2, the MIT press, Cambridge, 2003
- BRINKMANN, PETER: *Making Musical Apps*. O'Reilly Media, New York, 2012
- BULLIVANT, LUCY: *Responsive Environments: Architecture, Art and Design*. V&A Publications, London, 2006
- BURROUGHS, WILLIAM: *The Future of the Novel*, 1964. In: Multimedia, New York, 2002.
- CAPRA, FRITJOF: *The Web of Life*. Flamingo, London, 1997
- CASCONI, KIM: *A hiba esztétikája*. In: Balkon, 2003, 12.
- CHANDRA, VIKRAM: *Mirrored Mind. My life in Letters and Code*. Penguin Books, India, Mumbai, 2013
- CHILDS, IV GW: *Making Music with Mobile Devices*. Course Technology, Boston, 2011
- CLARK, A.: *Natural-Born Cyborgs: Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence*. Oxford University Press, Oxford, 2003.
- CSERES, JOZEF: *Zenei szimulákrumok*. Magyar Műhely, Budapest, 2005.
- ECO, UMBERTO: *Nyitott mű*. Európa Könyvkiadó, Budapest, 2006
- ELIADE, MIRCEA: *Szent és profán*. Európa könyvkiadó, Budapest, 2009
- FRAZER, JOHN: *An Evolutionary Architecture. Nature as a basis for design*. Architectural Association Publications, Themes VII, Cambridge, 1995
- FRY, BEN: *Visualizing Data*. O'Reilly, New York, 2007.
- FULLER, MATTHEW: *Software Studies. A Lexicon*. MIT Press, USA, 2008

GEIGER, GÜNTER: *The Search for Usability and Flexibility in Computer Music Systems*. In: Bangbook (<http://pd-graz.mur.at/label/book01>)

GRAHAM, PAUL: *Essays*. <http://paulgraham.com/articles.html>

HALL, T. EDWARD: *Rejtett dimenziók*. Gondolat kiadó, Budapest, 1987

HAQUE, USMAN & SOMLAI FISCHER ÁDÁM SZABOLCS: *Low Tech Sensors and Actuators* (<http://lowtech.propositions.org.uk/>)

HAQUE, USMAN: *Architecture, Interaction, Systems*. In: *Arquitetura & Urbanismo*, AU 149. Brazil, 2006

HAQUE, USMAN: *The Architectural Relevance of Gordon Pask*. In: *Architectural Design Magazine*, Vol. 77, No. 4, London, 2007

HOFSTADTER, R. DOUGLAS: *I am a strange loop*. Basic Books, New York, 2007

HOFSTADTER, R. DOUGLAS: *Gödel, Escher, Bach*. Typotex, Budapest, 1998

HOFSTADTER, R. DOUGLAS: *Surfaces and Essences*. Basic Books, New York, 2013

HUWS, URSULA: *Nature, Technology and Art: The Emergence of a New Relationship?* In: *Leonardo*, Vol. 33, No. 1, the MIT press, Cambridge, 2000

HUYEBEK, WLIFRIED: *What is forage psychogeography?* cryptoforest.blogspot.com. First Draft, 2011

JORDÁ, SERGI: *Interactive Music Systems for everyone: Exploring visual feedback as a way for creating more intuitive, efficient and learnable instruments*. Stockholm Music Acoustics Conference, 2003.

KALTENBURGER, MARTIN, GEIGER, GÜNTER, JORDÁ, SERGI: *Dynamic Patches for Live Musical Performance*. New Interfaces for Musical Expression Conference, Hamamatsu, 2004.

KAUFFMANN, STUART: *Reinventing the Sacred*. Basic Books, New York, 2008

KLUITENBERG, ERIC: *Delusive Spaces. Essays on Culture, Media and Technology*. Nai Publishers, Rotterdam, 2008.

KRANENBURG, ROB VAN: *The Internet of things*. Institute of Network Cultures, Amsterdam, 2008

KURZWEIL, RAY: *The Age of Spiritual Machines*. Phoenix, London, 1999

LANIER, JARON: *You are not a gadget (a manifest)*. Vintage Books, New York, 2010

LU YAN, YAN ZHANG, LAURENCE T. YANG & HUANSHENG NING: *The internet of things*. Auerbach,

New York, 2008

LÉVY, PIERRE: „*The Art of Architecture of Cyberspace*,” *Collective Intelligence*, 1994. In: Multimedia, New York, 2002.

LÉVY, STEVEN: *Hackers, heroes of the computer revolution*. Anchor Press, New York, 1984

MAEDA, JOHN: *Creative Code*. Thames & Hudson, Massachusetts, 2004

MAEDA, JOHN: *The Laws of Simplicity*. MIT Press, London, 2006

MAGNUSSON, THOR: NIME (New Interfaces for Musical Expressions) leírások. <http://ixi-software.net>, 2010

MATTIN, et al.: *Noise & Capitalism*. Anticopyright.

http://www.arteleku.net/audiolab/noise_capitalism.pdf

MCCANDLESS, DAVID: *Az információ gyönyörű*. Typotech, Budapest, 2011

MYERS, B. A.: *Taxonomies of Visual Programming and Program Visualization*. In: journal jvlc, 1990.

MÉRŐ LÁSZLÓ: *Észjárások*. Budapest, 1989.

NAGY ÁGOSTON: Összegyűjtött írások. <http://www.binaura.net/stc/wrx/text>

NIERHAUS, GERHARD: *Algorithmic Composition: Paradigms of Automated Music Generation...*

NOBLE, JOSHUA: *Programming Interactivity*. O'Reilly Media, Sebastopol, 2009

PACKER, RANDALL & JORDAN, KEN (ed.): *Multimedia from Wagner to Virtual Reality*. W. W. Norton, New York, 2002.

POLLACK, B. JORDAN; HORNBY, S. GREGORY; LIPSON, HOD és PABLO, FUNES: *Computer Creativity in the Automatic Design of Robots*. In: Leonardo, Vol. 36, No. 2, the MIT press, Cambridge, 2003

PUCKETTE, M. MILLER: *The Theory and Technique of Electronic Music*, World Scientific Publishing Co., 2007

RITSCH, WINFRIED: *Does Pure Data Dream of Electronic Violins?* In: Bangbook (<http://pd-graz.mur.at/label/book01>)

ROADS, CURTIS: *The computer music tutorial*. MIT Press, London, 1996, 2002

SCOTT, BERNARD: *Gordon Pask's Conversation Theory: A Domain Independent Constructivist Model of Human Knowing*. In: Foundations of Science, Vol.6, No. 4, Brüsszel, 2001

- SHARP, ROBIN: *Principles of Protocol Design*, Springer Verlag, 2008
- STEINER, HANS CHRISTOPH: *Modular Performance*. IDMI Polytechnic University, New York, 2006
- TILLMANN J. A.: *Merőleges elmozdulások*. Palatinus Kiadó, Budapest, 2004
- TÓFALVY TAMÁS, KACSUK ZOLTÁN, VÁLYI GÁBOR (szerk.): *Zenei hálózatok*. L'Harmattan, Budapest, 2011
- VELTMAN, KIM: *Understanding New Media*. University of Calgary Press, Alberta, 2006
- VIRILIO, PAUL: *The information bomb*. Editions Galiléé, Paris, 1998
- VOIGT VILMOS: *A szférák zenéje a világ harmóniája*. 2005.
http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/hidverok/voigt_szferak.html
- WHITEHEAD, COLSON: *The Intuitionist*. Anchor Books, New York, 1999
- WIENER, NORBERT: „Cybernetics in History,” *The Human Use of Human Beings*, 1954. In: Multimedia, New York, 2002.
- WISHART, TREVOR: *Audible Design*, Orpheus the Pantomime, Paris, 1994
- ZIELINSKI, SIEGFRIED: *Deep Time of the Media Toward an Archaeology of Hearing and Seeing by Technical Means*. MIT Press, London, 2006.