

---

# Sejtautomaták

*A platoni és archimedesi testeken át*

BÉRCZI SZANISZLÓ

A sejtautomaták megnevezés olyan fogalmi gépezetet jelöl, amely hasonlít a Descartes koordináták használatához. Ebben is, abban is elődeink által megformált segédeszközökből áll össze egy leírási forma. A Descartes koordináták merev leírási háttérre képeznek, amely háttér előtt bizonyos változások (például helyzetváltozások) jól leírhatók. A sejtautomatáknál ez a háttér nem merev. A modellbeli eseményleírás olyan sejtháttéren történik, amely már eredendően is sok változatosságot rejt magában. Ahogy a képi névadás is jól érzékelteti, a sejtautomaták "háttérét" sejtek képezik. A sejtsokaság belső változatossága, például a deformálhatósága, része a háttérnek és ez a háttérmozgás rendezett. A háttér sejtekbe épített, de egységes belső átrendeződéssort teljesíthet: e változásokban a szomszédsági viszonyoktól való függés is fontos szerepű lehet. Mindezek a szabályok első sugallatra is gazdag cselekvőképességű rendszert és változási leírást sejtetnek. A sejtautomata gépezetet egyszerű építkezési tevékenység során mutatjuk be.

## Jelenség-háttér

A sejtautomaták szemcsékből, sejtekből összetevődő, rendezett egészek (egy felületnek) a sejtváltozásaiban megnyilvánuló állapotváltozásait írják le. Maga a jelenség meglehetősen távol esik hétköznapjainktól, mégsem ritka. Nemcsak a gyakorisága, hanem a megjelenési terület sajátosságai miatt is tekintsük az 1. ábrát. Ezen a háromszögdiagramok keverési szabályai szerint három sarkalatos jelenségtípus keverékeit ábrázoltuk néhány reprezentánssal. A föltüntetett jelenségek érzékeltetik azt, hogy milyen jelenségsoron jutunk el egy másik sarkalatos tulajdonságú jelenséghez; a tulajdonságok a szomszédos jelenségeken át haladva csak kicsit változnak, mégis gyökeresen mások lesznek a sarkokba jutva. A három tulajdonság: *merev-kemény*, *darabos-szemcsés* és *gyűrt-lágy* olyan, hogy rájuk alapozva egyúttal különböző matematikai (geometriai) diszciplínák jutnak eszünkbe, melyek kidolgozták, fölhasználták az adott tulajdonságú anyagokon alapuló szemléletünket is. Végigtekintve a fölvázolt jelenség-térképen, láthatjuk, hogy az a tartomány, amely valamennyire (időlegesen) merev, de gyengén deformálható és szemcsés is, a térkép közepén helyezkedik el. Habok, formálódó növények és embriók világa ez.

Hosszasabb magyarázat helyett ez a fölvázolás is érzékelteti azt, hogy a sejtautomata modellezés jelenségköre létező és gazdag a természetben. Ez az utalás mozgósítja majd szemléletünket, ami nem hátrány az új fogalomkombinációk kialakításakor. Mert a sejtautomata modell ezzel az újszerű fogalomkombinációval szokatlan. Természeti alapjelenségek modellezésével, alapoktól való építkezéssel 18 éves fejlesztés eredményeként négyféle jelenségkörben építettem föl a most bemutatásra kerülő leírasmódot. Fölhasználtam az előttünk járó gondolkodók néhány fejlesztését is, ha



1. ábra

Sarkalatos tulajdonságok alapján elrendezett jelenség-térkép, mely a FESZES-KEMÉNY, a SZEMCSÉS-DARABOS és a GYŰRT-LÁGY tulajdonság pólusok között elhelyezkedő különféle tulajdonság-együtteseket próbálja asszociálni az olvasóban. (A keverékdíagram pontos használata Viviáni tételén alapul, lásd pl. Bérczi Sz.: Kristályoktól bolygótestekig, Akadémiai, 1991. 92. o.)

azok más irányból is közelítettek a fogalomkörhöz. A sejtautomata megnevezés Stanislaw Ulam-tól és Neumann Jánostól származik. Az ő konstrukciójuk máshonnan indulva máshova ért el, de a fogalomcsomópontok egyezők.

Építkezésünket rendező elvekkel indítjuk. Segítségükkel néhány erőteljes lépéssel eljutunk a sejtautomata konstrukcióhoz.

## Rendező elvek

Mikor egy változást leírunk, előre el kell képzelnünk a folyamat lényeges vonásait s ezeket meg kell neveznünk a már kialakult fogalmakkal. Most egy szabad szemmel meg nem figyelhető változás leírására készülünk. Tudjuk, hogy nem lehetünk folyamatosan jelen a változások idején, ezért az első elvben rögzítjük azt az elvárásunkat, hogy mégis használható képhez jussunk akkor is, ha csak bizonyos pillanatait, *fázisait* rögzíthetjük a változásnak. Igen ritkán megfogalmazott, ősi, és mégis gyakran használt elv ez: *a változást fázisaival elv*. Élményszinten hétköznapi. A folytonos mozgást például villogó fénnel fázisaira szaggathatjuk (stroboszkópia), vagy elemi képek sorozatából, például a rajzfilmek készítésekor, összerakhatjuk. Erre az állóképekkel történő mozgásleírásra tudatosan törekszünk minden olyan esetben, amelyet napi szemlélettel vagy az emberöltő hosszával követni nem tudunk. (Ilyen folyamatok főleg a biológiában és a geológiában gyakoriak.)

A második elv a szimmetria elv. Ebben két "rétegnek" a rendezett kapcsolatát fogalmazzuk meg tömören. Az egyik "réteg" maga az *egész*, amely rendezetten épül föl a másik "réteget" képező *elemekből*. A klasszikus szimmetria elv az *elemeknek* azokat a belső átrendeződéseit összegzi, amelyek az *egészt* változatlanul hagyják. Ezekből majd kiválaszthatók lesznek azok, amelyek az *elemek* szomszédsági viszonyai alapján is megfogalmazhatók és így az *elemeket* fölcserélgető műveletek körén belül egy szűkebb csoportot képeznek. A *szimmetria elv* tehát olyan *rész-egész* kapcsolat, amelyben legalább két hierarchiaszint megjelenik, és a *rész-egész* kapcsolat egy része az *elemek* (*részek*) szomszédsági viszonyaival is értelmezhető.

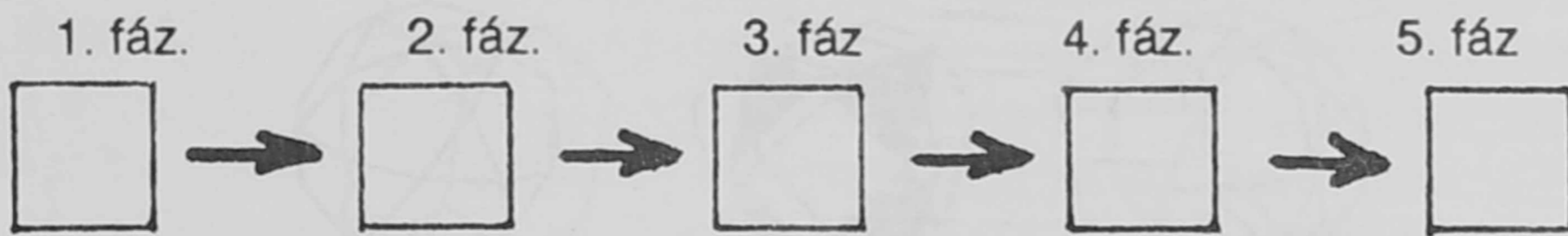
A harmadik elv részben az előző kettő ötvözete: nevezhetjük ezt most *sejtautomata elv*-nek. Egybevágó *sejtekből* (mint *elemekből*) álló mozaikrács (mint *egészen*) írunk le *állapotváltozást fázisaival*. Az állapotváltozás leírása mind az egyes sejtek szintjén, mind a sejtmozaikrács, vagyis az *egész* szintjén megtörténik. A szimmetria elv biztosítja a szerkezet kétrétegűségét (tehát a sejtek szintjén lokális, az egész szintjén globális szerkezetadást), a változást fázisaival elv pedig az időben diszkrét, tehát időlépéses mozgásleírást. (2. ábra)

## Platoni-archimedesi sejtautomaták

Bemutatunk egy készletet geometriai testekből. A szabályos (platonai) és féligszabályos (archimedesi) testek a lehető legegyszerűbbek és legszabályosabbak. Egybevágó lapokból épülnek föl, a platonai testek egyféléből, az archimedesiek két- vagy háromféléből. E testeknek nemcsak a lapjaik egybevágóak, hanem a csúcsalakzataik is: a csúcsalakzatok az archimedesi testeknél is egyfélék, de amíg a platonai testeknél a csúcsalakzatok szabályosak, az archimedesi testeknél nem szabályosak. (Ez abban nyilvánul meg, hogy ha a csúcshoz a testközéppontból húzott vezérsugarat e sugárra merőlegesen és a testbe metszően egy síkkal elmetsszük, akkor az e csomóponttal kapott lapocskák nem szabályos sokszög az archimedesi testeknél, míg szabályos a platonaiaknál.)

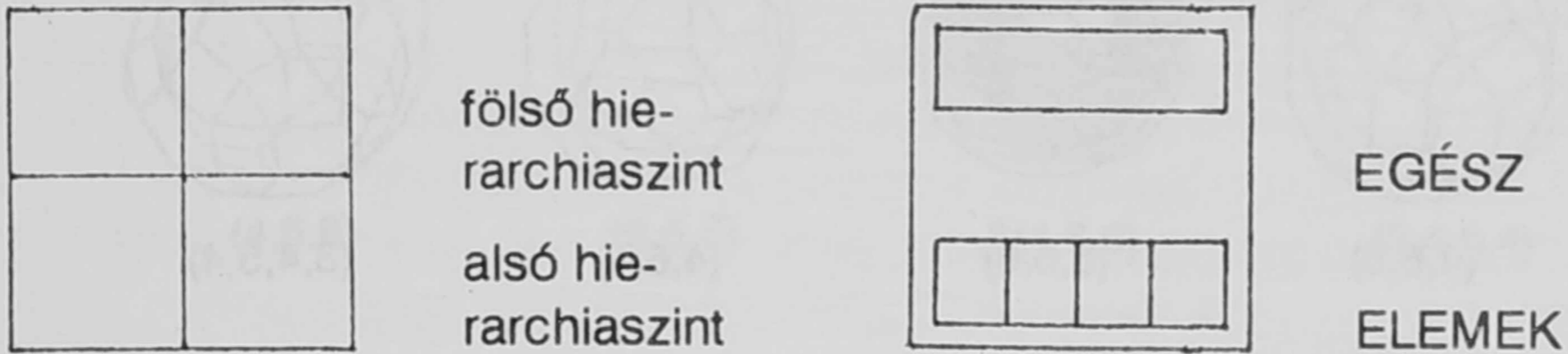
Sejtautomata rendszert konstruálunk a készletből. Első lépésként keressünk olyan csoportot a készlet alakzatai között, amelynek tagjain közös szerkezeti vonások

a.



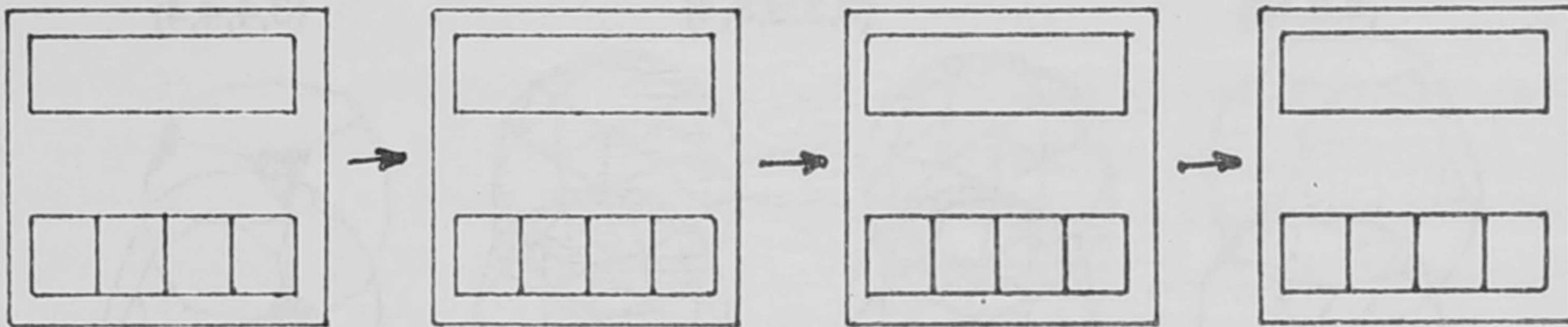
A változást fázisaival elv egyik legegyszerűbb ábrázolása. (Így bemutatva l. pl. Bérczi Sz.: Anyagtechnológia I., Tankönyvkiadó, 1982.)

b.



Az egész szimmetriájának kétféle szimbolikus ábrázolása. Bal oldal: A négy elem fölépíti az egészt. Jobb oldal: az egész két hierarchiaszintre bontható föl. Ez utóbbi szerkezetet kell behelyettesíteni az a. ábra fázisaiba.

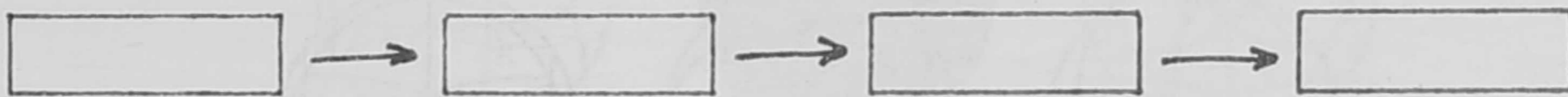
c.



A sejtautomata elv a b. ábra jobb oldalán megadott fölbontásának az a. ábrába helyettesítésével nyerhető. Ez a szimbolika már jelzi a két, párhuzamosan futó hierarchiaszint szerinti eseményleírás lehetőségét.

d.

#### GLOBALIS ÁTMENETI FÜGGVÉNY

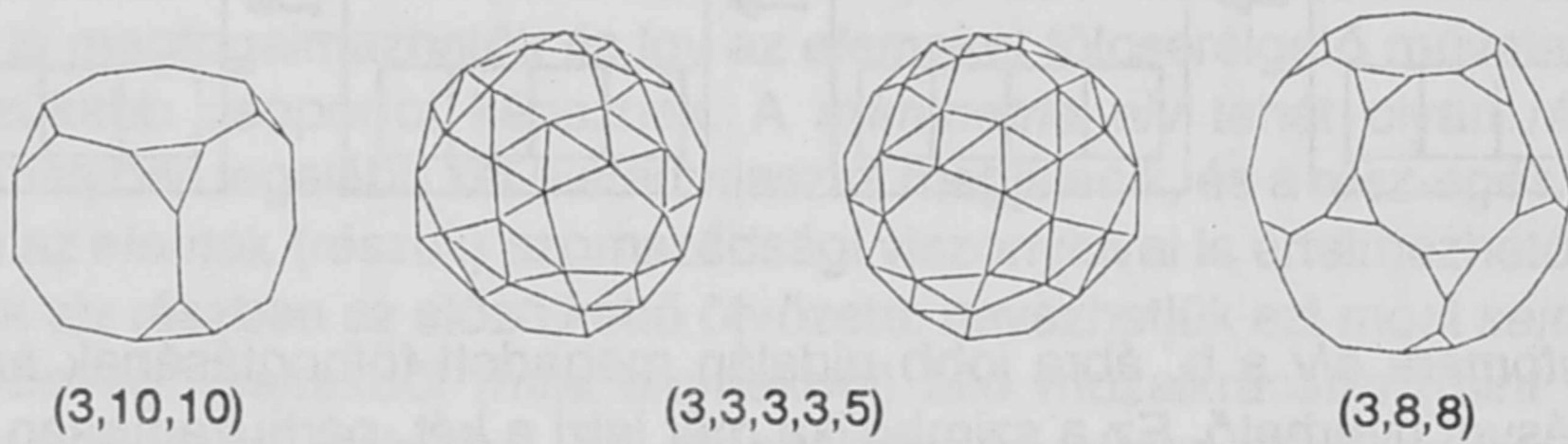
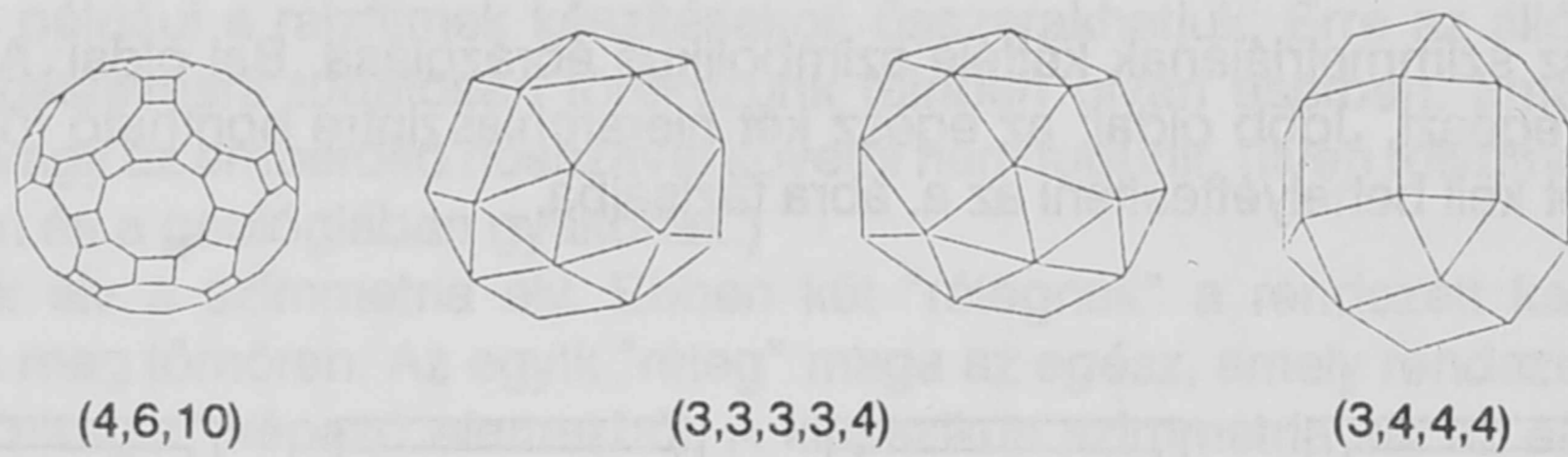
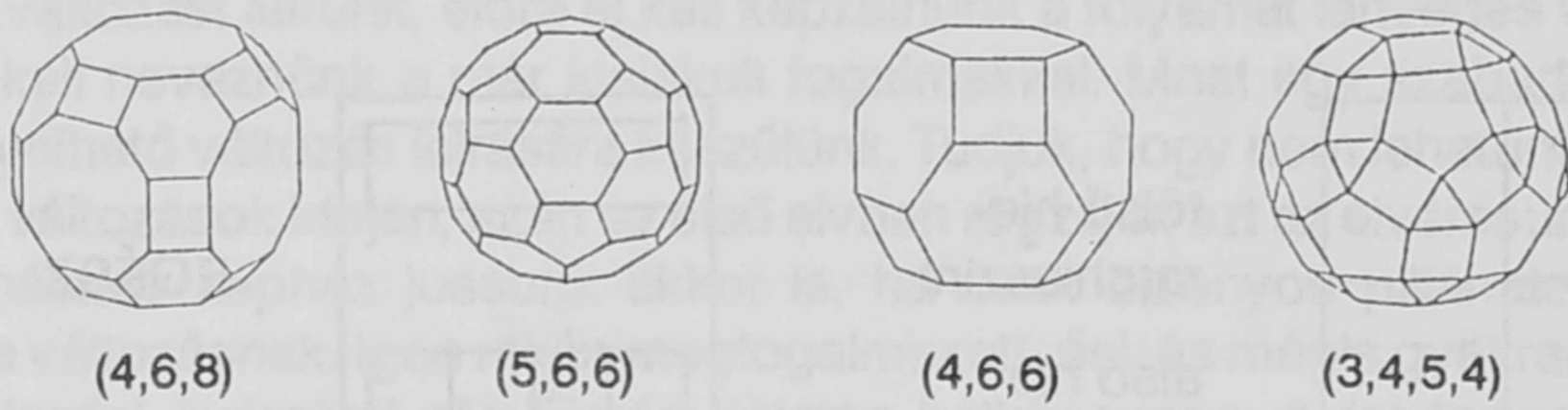
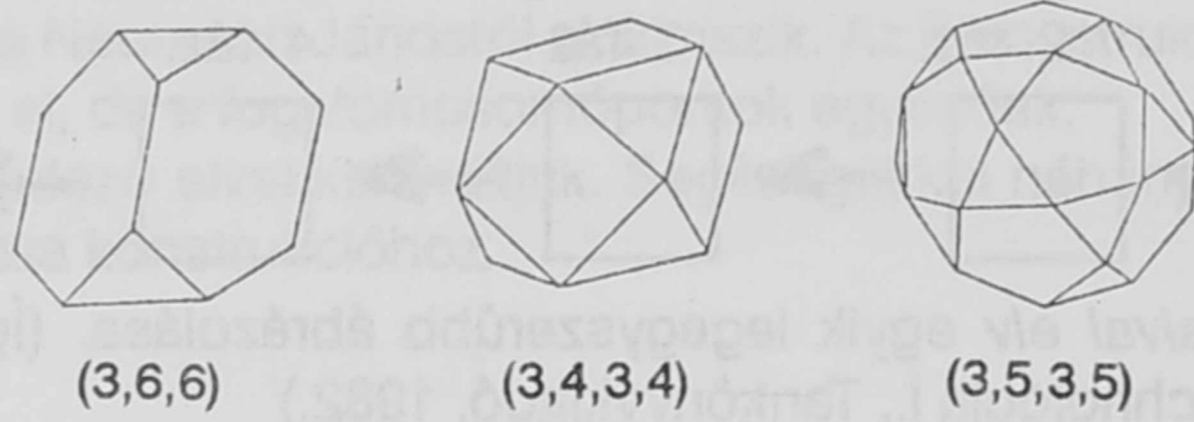


#### LOKÁLIS ÁTMENETI FÜGGVÉNY

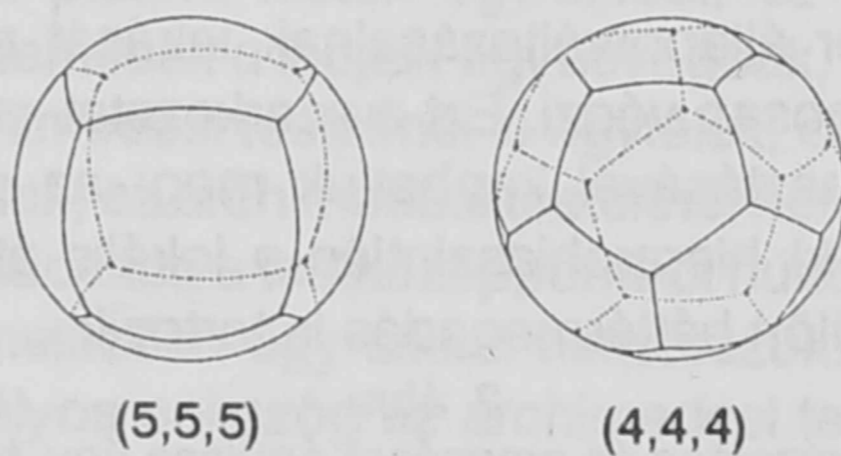
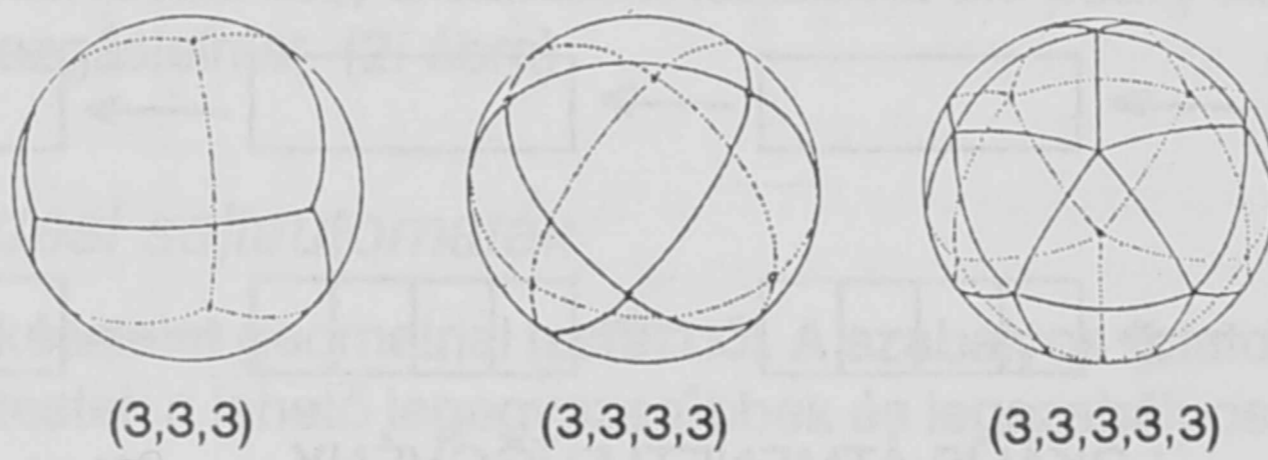
A sejtautomata rendszer állapotváltozásainak leírását a sejtautomata modell két hierarchiaszinten párhuzamosan végzi. Ezt a szerkezetet a c. ábrán ábrázolt állapotváltozási sorozat kettéválasztásával kaphatjuk meg: az egész hierarchiaszintjén a globális, az *elemek* (sejtek) hierarchiaszintjén a lokális átmeneti függvény a leírási forma. Mindkét szinthez külön háttérmegadás is tartozik.

2. ábra

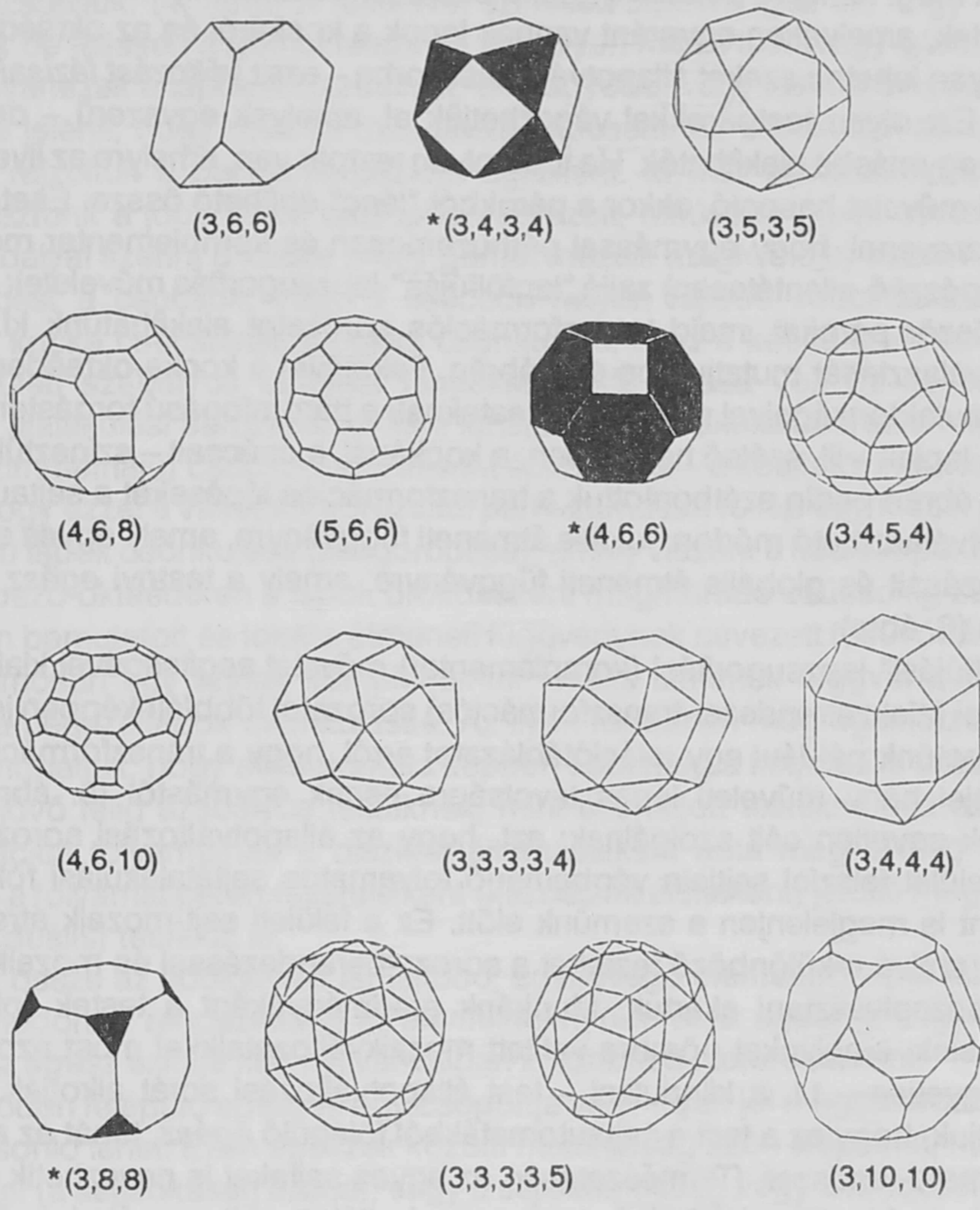
A három elv szimbolikus ábrázolása és egymásra épülése úgy, hogy belőlük a sejtautomata rendszer állapotváltozás-leírása levezethető legyen. a. és b. két független elv; ezek egyesítése c., melyet az eseményleírás fonalán haladóan a két hierarchiaszint szerint kettéválasztva jutunk el a d. sejtautomata rendszer leírási modellhez.



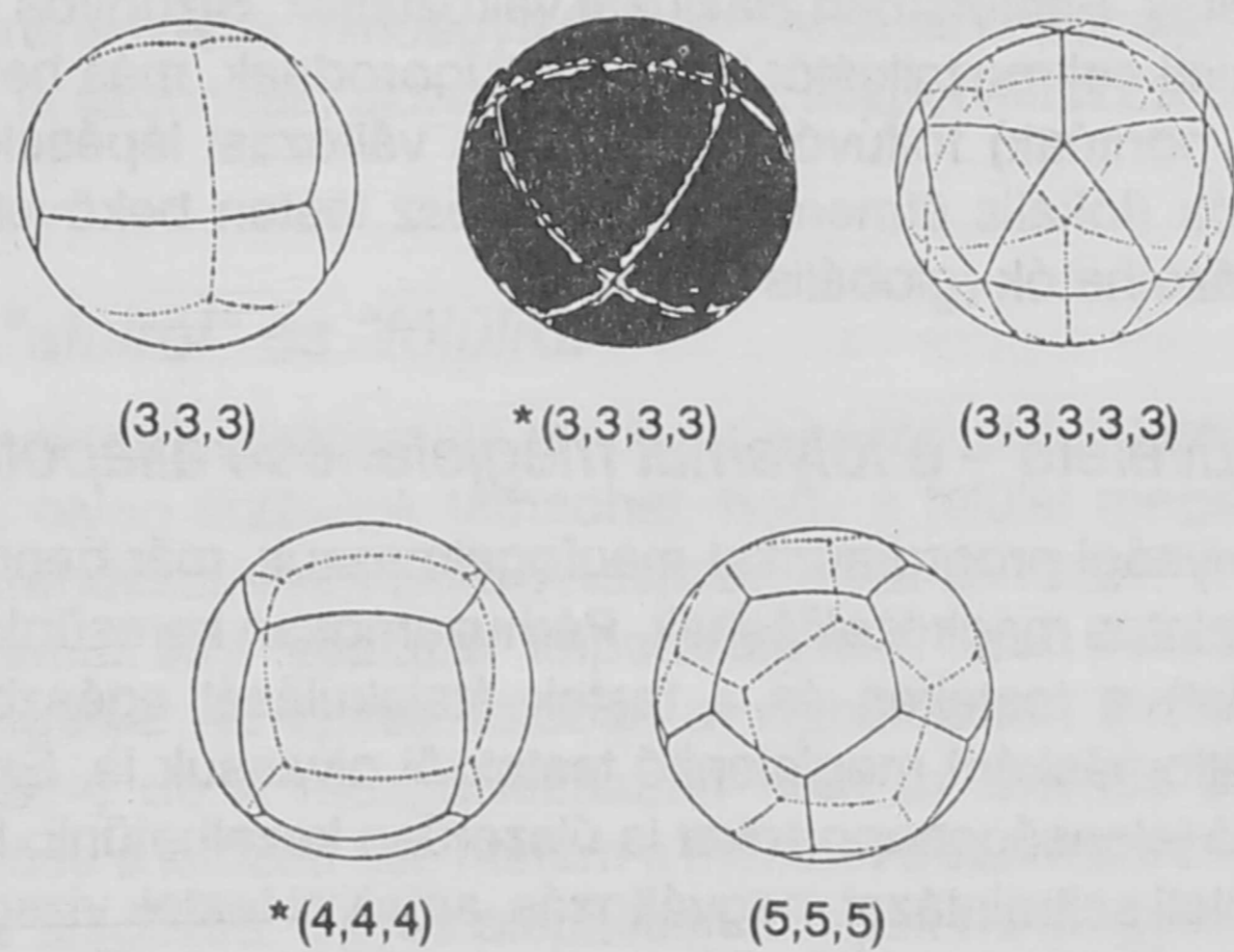
A féligszabályos (archimedesi) és



a szabályos (platoni) testek készlete  
3. ábra



Az archimedeszi (félig szabályos) testek készlete a kitüntetett tengellyel rendelkező prizmáktól és



antiprizmáktól eltekintve. Az alsó öt test a platoni testek készletét alkotja; gömbi mozaik formájában ábrázoltuk azokat. Az X-szel megjelölt öt test összekapcsolását elemezzük a sejtautomata modellel.

4. ábra

figyelhetők meg. Ismerve például a kocka-oktaéder dualitást, ilyen csoportot alkotnak azok a testek, amelyeken egyaránt vannak lapok a kockáról és az oktaéderről is. (3. ábra) Hogyan lehetne ezeket állapotváltozási sorba – azaz *változást fázisaival* sorba – rendezni? Ezt olyan testpárokkal végezhetjük el, amelyek egyszerű – de újszerű – művelettel egymásba alakíthatók. Ha több olyan testpár van, amelyre az ilyen egymásbaalakítási művelet hasonló, akkor a párokból "lánc" építhető össze. Esetünkben azt lehetett észrevenni, hogy egymással párhuzamosan és komplementer módon (egymással kiegészítő-ellentétesen) zajló "lapfölfújás"-lapzsugorítás műveletek azok, amelyekkel először párokat, majd transzformációs sorozatot alakíthatunk ki. Egy ilyen csoport kiválasztását mutatjuk be a 4. ábrán. Feketével a kocka-oktaéder duális pár szimmetriatulajdonságaival rendelkező testeknek a háromfogású forgástengelyek irányába eső lapjait – ill. szélső helyzetben, a kockánál, a csúcsait – színeztük meg. Egy következő ábrán pedig szétbontottuk a transzformációs lépéseket a sejtautomata elv szerint szétválasztható módon: lokális átmeneti függvényre, amely egyes sejttartományok változásait és globális átmeneti függvényre, amely a testnyi egész változásait mutatja be (6. ábra).

A "lapfölfújási"-lapzsugorítási (komplementer) művelet segítségével kialakított állapotváltozási (alakzatrendszer-transzformációs) sorozatot többféleképpen jellemezhetjük. Készíthetünk például egy relációtáblázatot arról, hogy a transzformációs sorozat egyes testjei hány műveleti lépés távolságra esnek egymástól (5. ábra). Ezek a rendezések egyetlen célt szolgálnak: azt, hogy az állapotváltozási sorozat végül is egyetlen felület felszíni sejtjein végbemenő folyamatos sejtátalakulási folyamatként, sorozatként is megjelenjen a szemünk előtt. Ez a felületi sejt-mozaik átrendeződési képsor az, amivé e különböző testeket a sorozatberendezéssel és mozaikmegelevenítéssel összeolvasztani akartuk. Munkánk eredményeként a testek (platoniaiak és archimedesiek, amelyeket gömbre vetített mozaikváltozataikkal most azonosnak tekintünk) egyetlen – t.i. a kiindulási – test állapotváltozási sorát alkotják. Most már kimondhatjuk, hogy ez a test a sejtautomatákból fölépülő egész, tehát ez a test maga a sejtautomata-rendszer. (Természetesen az egyes sejteket is nevezhetik egyes sejtautomatáknak, hiszen mint belső programmal ellátott sejt-egységek működnek az átalakulásokban.)

Maga a test tehát a sejtautomata rendszer. Felszíni lapjai, mint mozaik elemek, az egyes sejtautomaták. Esetünkben alakjukat változtatják. Bizonyos (4-forgású) helyzetűek a kocka felületi sejtmozaikjától indulva zsugorodnak, más helyzetűek (a kezdetben 3-as forgási pontúak) fölfúvódnak. Ezek a változási lépések egyes sejtekre is megfogalmazhatók (lokális átmenet) és az egész testen bekövetkező lépésenként, összesítve is ábrázolhatók (globális átmenet).

### *A csonkítás művelete – e folyamat megjelenése állapotsorban*

Amikor tevékenységi programunkat megfogalmazzuk, már benne kell rejtőzködni a két hierarchia szintés megközelítésnek. Párhuzamosan keresünk részecskeátalakulást (lapátalakulást) a testeken és a testek átalakulását egészben. Mindkettőt az állapotváltozást állomásként megjelenítő testekről olvassuk le. Ezzel pedig nehezen megfogalmazható jelenségcsoportokat is újszerűen kezelhetünk. Ilyen az a deformációs mozgás, felületi sejtmintázat megváltozás, amelyet testek vizsgálata esetén csonkításnak, ugyanezen szimmetriájú alakzatoknak gömbi mozaik megjelenítése esetén "sejtfölfújás"-sejtzsugorodás deformáció-páros műveletnek nevezhetünk. A két folyamatot egyként vizsgáljuk.

A megadott szempontegyüttesnek a szimbólumaiknál X-szel megjelölt öt testre (vagy ami azonos értelmű vizsgálatunkban: gömbi mozaikra) megvalósuló átalakulás-

sorozatát vizsgáljuk. (4. ábra) A feketével színezett lapokra igaz az, hogy – ha csak nem borítják be teljesen a gömbi felszínt – van olyan másik test (vagy gömbi mozaik) amelyen ugyanezek a lapok előfordulnak, de nagyobb, vagy kisebb élhosszúsággal; ami itt azt is jelenti, hogy más és más társlap típussal. Az átalakulási sorozatot a 6. ábrán le is rajzoltuk a bal oldali oszlop tagjaiként. Itt már átalakulási lépéseket is megfogalmaztunk a jobb oldali oszlopban ábrázolt, fölfúvódó lapok esetére, mert a sorozat szabályai szerint a kocka (vagy gömbi mozaik megfelelője) esetén a sorozatba illeszkedést a csúcsok, vagy a csúcsok helyén fejlődő csúcsalakzatok tették lehetővé. A kocka csúcsainak lapokká csonkulása, azaz a kocka-gömbmozaik csúcsainak felületi szabályos lapokká (sejtekké) fölfúvódása volt az az első lépés, amellyel az átalakulási sorozatot indítani lehetett. Az átalakulási sorozat tehát a fölfúvódó ( $D_3$  szimmetriájú) csúcspontok szerint építhető föl – a kockától indítva. Láthatjuk azonban, hogy ezzel a változási sorozattal párhuzamosan föllép egy másik is. Ez a  $D_4$  szimmetriájú lapok csonkulása (zsugorodása), amely viszont a kockalapoktól a kocka duálisát képező oktaéderen e lapok örökösöként megmaradó csúcsokig zajlik.

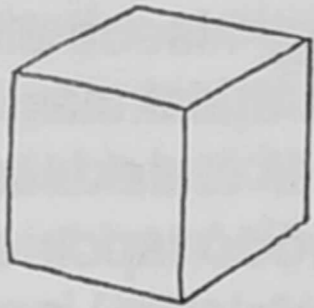
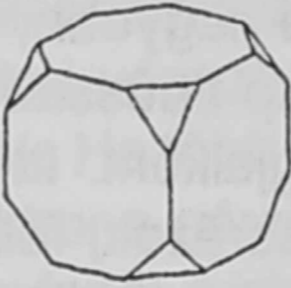
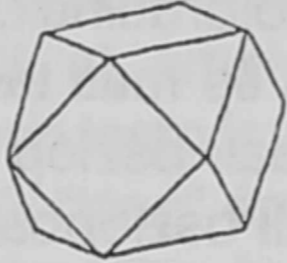
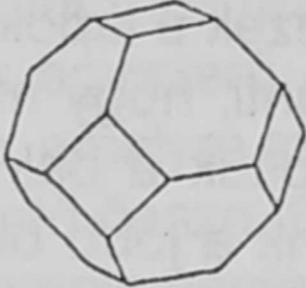
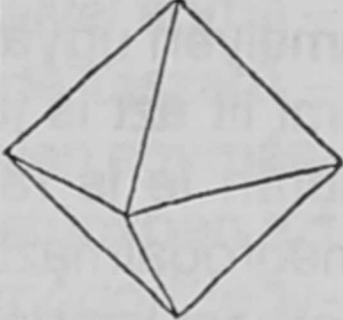
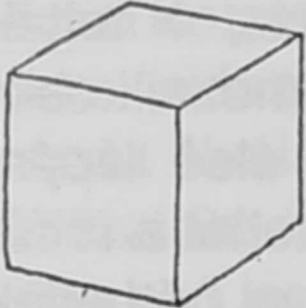
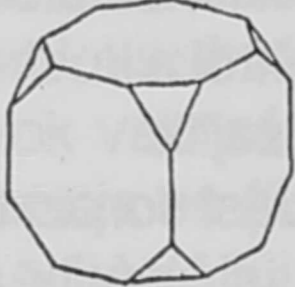
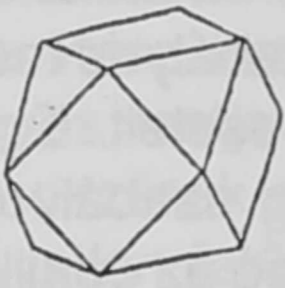
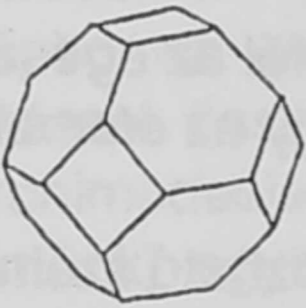
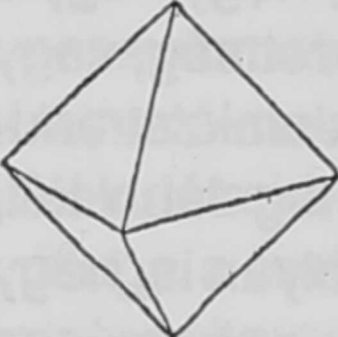
A 6. ábrán bemutatott és lokális átmeneti függvénynek nevezett fölfúvódási sorozattal párhuzamosan egy annak komplementer lokális átmeneti függvény is adódik a sorozatra: a négyzetlapok csonkulásáé. Az ilyen formában megfogalmazott átalakulásról elmondhatjuk, hogy sejtautomata képben adta meg a két, duális szabályos test között létrejövő félig szabályos testeknek, mint csonkított testeknek az eseteit. Egy transzformációs folyamatnak a diszkrét állomásaiként adta meg a félig szabályos testeket, és a folyamat peremfeltételeiként (kezdeti feltételeiként) jelölte meg az odaillő szabályos (duális) testeket is.

Foglaljuk össze az eddigieket. Ismétlődő, egybevágó *elemekből* épül föl az *egész*, rendezett módon. E rendezettség az *elemektől* nyúlik föl az *egész*ig, s így az *elemek* szintje és az *egész* szintje két, nyilvánvalóan különböző hierarchiaszint.

A fenti módon felépülő *egészek* egy csoportja valamilyen jól meghatározható szempontból hasonló lehet. Ezen *egészek* közötti hasonlóság azon alapulhat, hogy vagy a peremfeltétel (a sejtsokaság alakja), vagy a sejtszámosság vagy a rendezettség, vagy ezek együttesen véve mind lényegileg azonosak lehetnek ezen *egészek* alakzatrendszere számára. Ilyenkor található olyan művelet, amely összekapcsol legalább két, eddig *egészként* számon tartott alakzatrendszert. Ha a művelet egyúttal olyan is, hogy a rokonított alakzatrendszerek mindegyikét ilyen párokba kapcsolja, és az egymásba alakítási műveletek is azonosak, akkor az *egészek* állapotváltozási sorozatba rendezhetők.

### Struktúraépítés “alulról” és “fölről”

Minthogy a bemutatott sejtautomata-rendszer *egészeket* felületre kirakott mozaiknak is tekinthetjük, olyan érzésünk támadhat, hogy a felület maga – esetünkben a gömb – a mozaikrendszer zsaluzata. A sejtautomata rendszer megépítése során azonban az építőelemek és a “zsaluzat” kapcsolata nem olyan passzív, mint ahogy azt a fenti hasonlat sugallja. Az építés valóban a sejhálózaton történik – legtöbbször átépítésről van szó –, de a mozgásleírásban nem az elemek összeerősítése és formába kényszerítése a kitűzött cél, hanem a már eleve szomszédságban lévő sejtek mozaikjának ügyes átépítése. Ügyes átépítésen a sejtek mindegyikébe elrejtett és ott tárolt ismeretet értjük. Ennek megnyilvánulása az a műveletsor, amelyre a sejtmozaik-együttes lépésről-lépésre egy-egy meghatározott mintázatot, alakzatrendszert képes fölvenni. Általános esetben mintázaton éppúgy értjük egy-egy felületnek a mozaikból fölépülő (a mozaikrendszer visszahajlásaival és így visszacsatolásaival önmagára “ráépülő”) alakját, vagy a felületmozaik rácsszerkezetét, mint a mozaikot alkalmasint

					
	1	2	3	4	5
	2	1	2	3	4
	3	2	1	2	3
	4	3	2	1	2
	5	4	3	2	1

Relációtáblázat arról, hogy a kocka-oktaéder csonkítási sorozatban a sorozat testjei hány műveleti lépés távolságra esnek egymástól. A táblázat egyszerűsége azt is érzékelteti, hogy a sejtautomata rendszer megépítésekor éppúgy hétköznapi jelenségekből vonódik ki a gyakran előforduló eseményekre a művelet, vagy bármely szigorúbb forma (elvont forma). Bár a művelet itt az, hogy mondjuk késsel levagdossuk a kocka sarkait, persze a szabályosság kívánalmai szerint, ez a művelet ugyanaz, mintha a fenti alakzatok gömbre feszülve fölfúvódnának-zsugorodnának komplementer módon. A művelettávolság a háttérbe képzelt jelenségtől függetlenül a beírt szám.

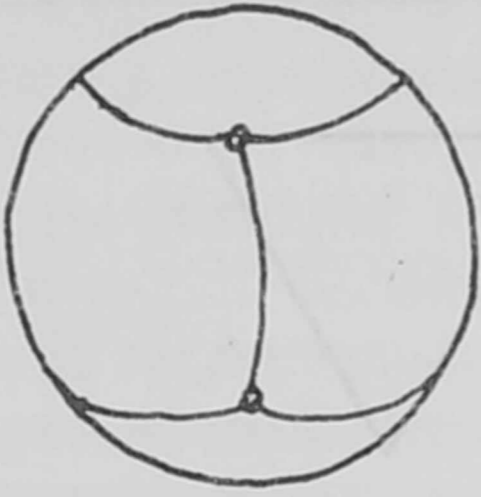
5. ábra

“díszítő” ismétlődő sejtábrák rendjét. A sejtek általánosságban megadható állapot-tárolói valójában a sejtekhez rendelhető függvényértékek. Az ilyen függvényértékeknek az együttese (vagyis az alakzatrendszer és/vagy mozaik mintázata) az az egész, amit kezdetben a szimmetria-leírással (más szempontok szerint) megadtunk.

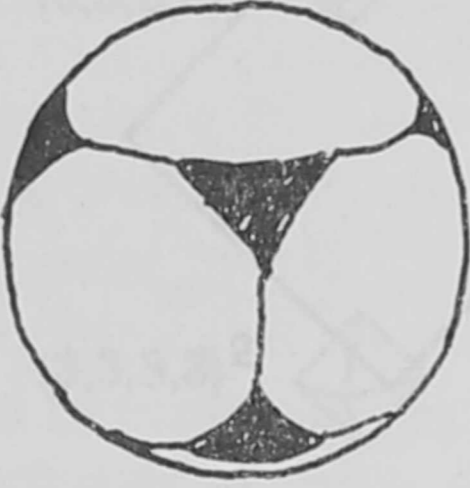
A sejtautomata szerkezetnek az iménti gondolati megépítésében a kizsaluzási hasonlat azt is jelenti, hogy az építkezést alulról és felülről egyaránt tudatosan végeztük. Alulról, az ismétlődő elemek kombinációs lehetőségeivel (illesztések, szabályos és félig szabályos testek), és fölülről, a kívánt forma (a gömb) által az elemkapcsolódásokra bocsátott kényszerrel (szabályosság kényszere csúcsalakzatokra és/vagy lapokra).

## Globális átmeneti függvény

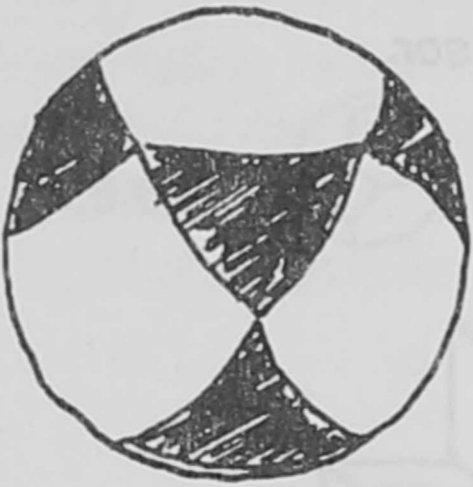
## Lokális átmeneti függvény



Bb-1.



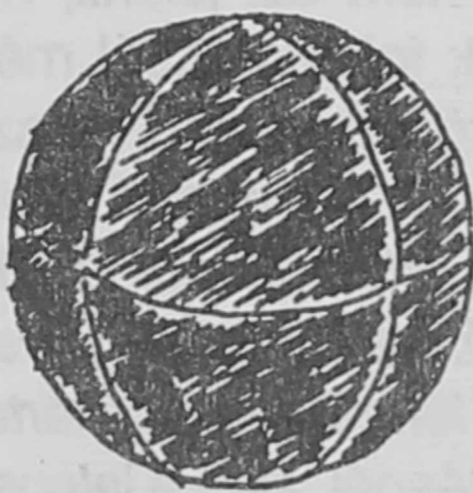
Bb-2.



Bb-3.



Bb-4.



Bb-5.



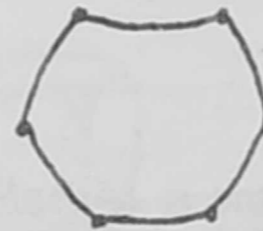
Ba-1.



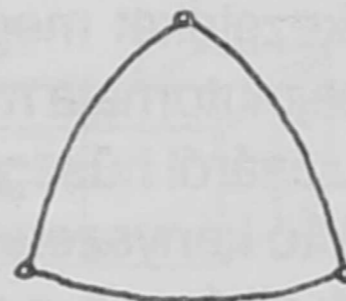
Ba-2.



Ba-3.



Ba-4.



Ba-5.

A fölfúvódó tartományhoz kapcsolódó lépések alkotják a lokális átmeneti függvényt az addigi csúcsok elkezdnek fölfúvódni a gömbön

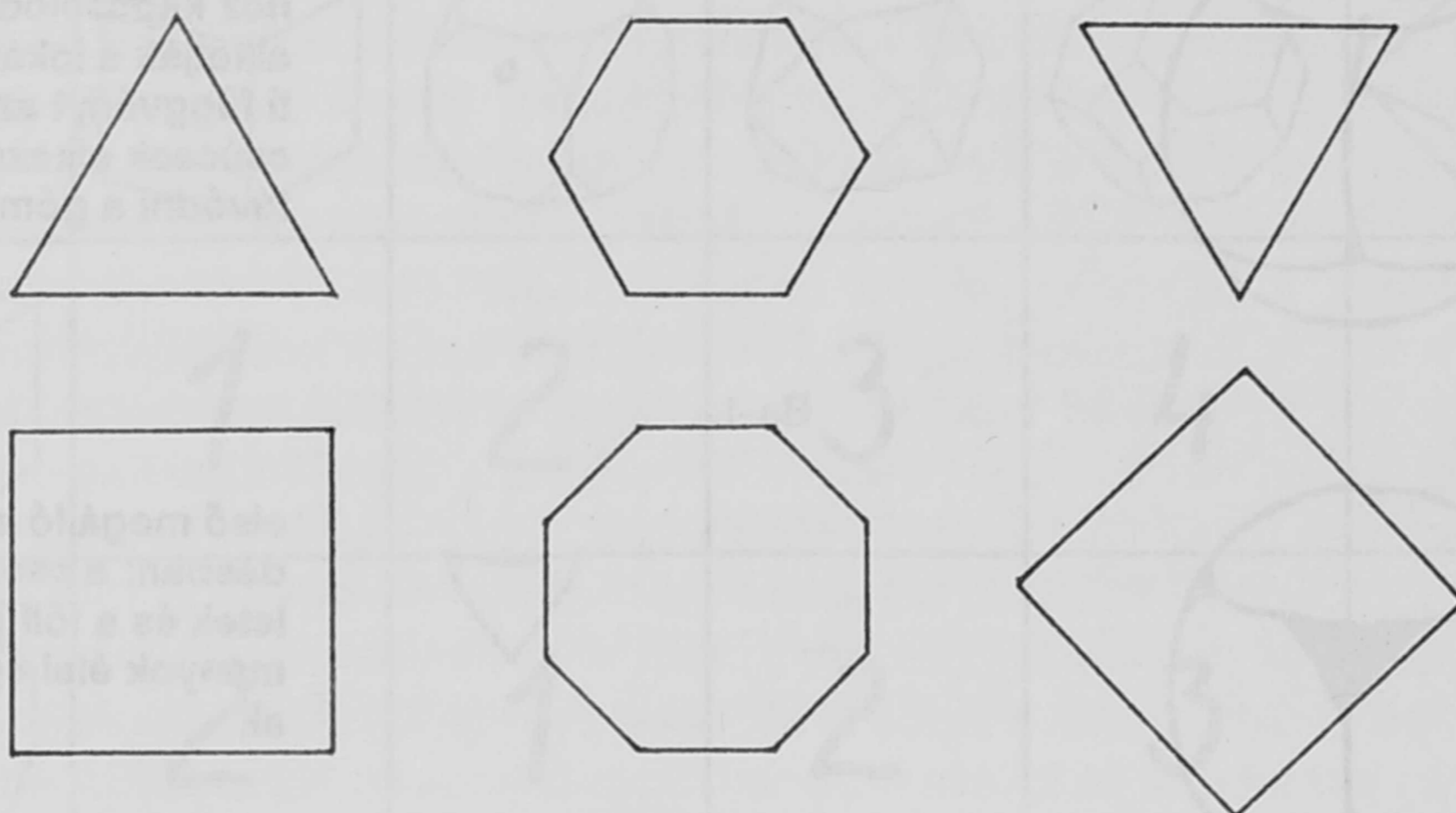
első megálló a fölfúvódásban: a csonkuló területek és a fölfúvódó tartományok élei egybevágnak

második megálló a fölfúvódásban: a csonkuló területek kezdetben megvált élei ponttá zsugorodtak, a fölfúvódó tartományok élei összetalálkoznak e pontokban

harmadik megálló a fölfúvódásban: a fölfúvódó tartományok közötti élek épülnek föl és itt egybevágnak a csonkuló tartományok éleivel

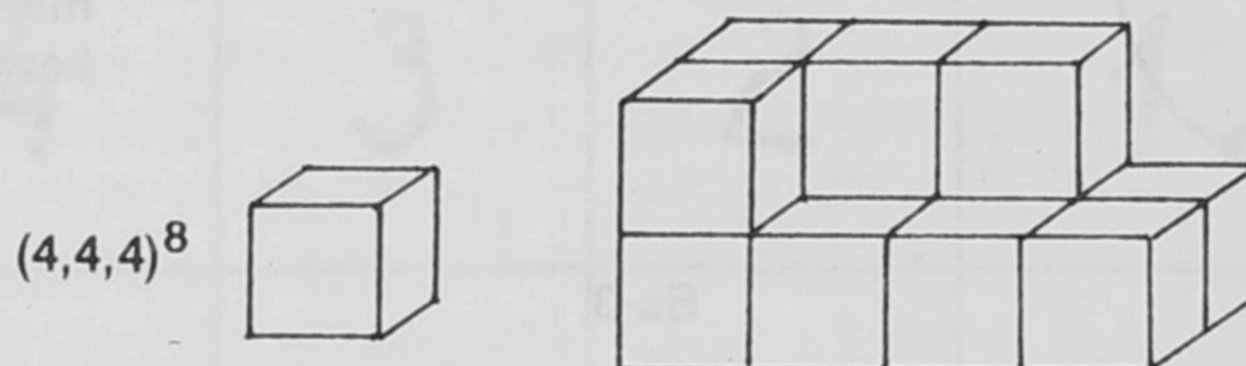
a fölfúvódó tartományok teljes élhosszaik mentén határosakká válnak fölfúvódó szomszédaikkal, a csonkuló területek ponttá zsugorodnak

Az egyszerű csonkítási sorozat globális (bal oldali oszlop) és lokális (jobb oldali oszlop) átmeneti függvényének megadása és ábrázolása két duális platoni és három hozzájuk tartozó archimedesi mozaikot eredményező lépésként.



7. ábra

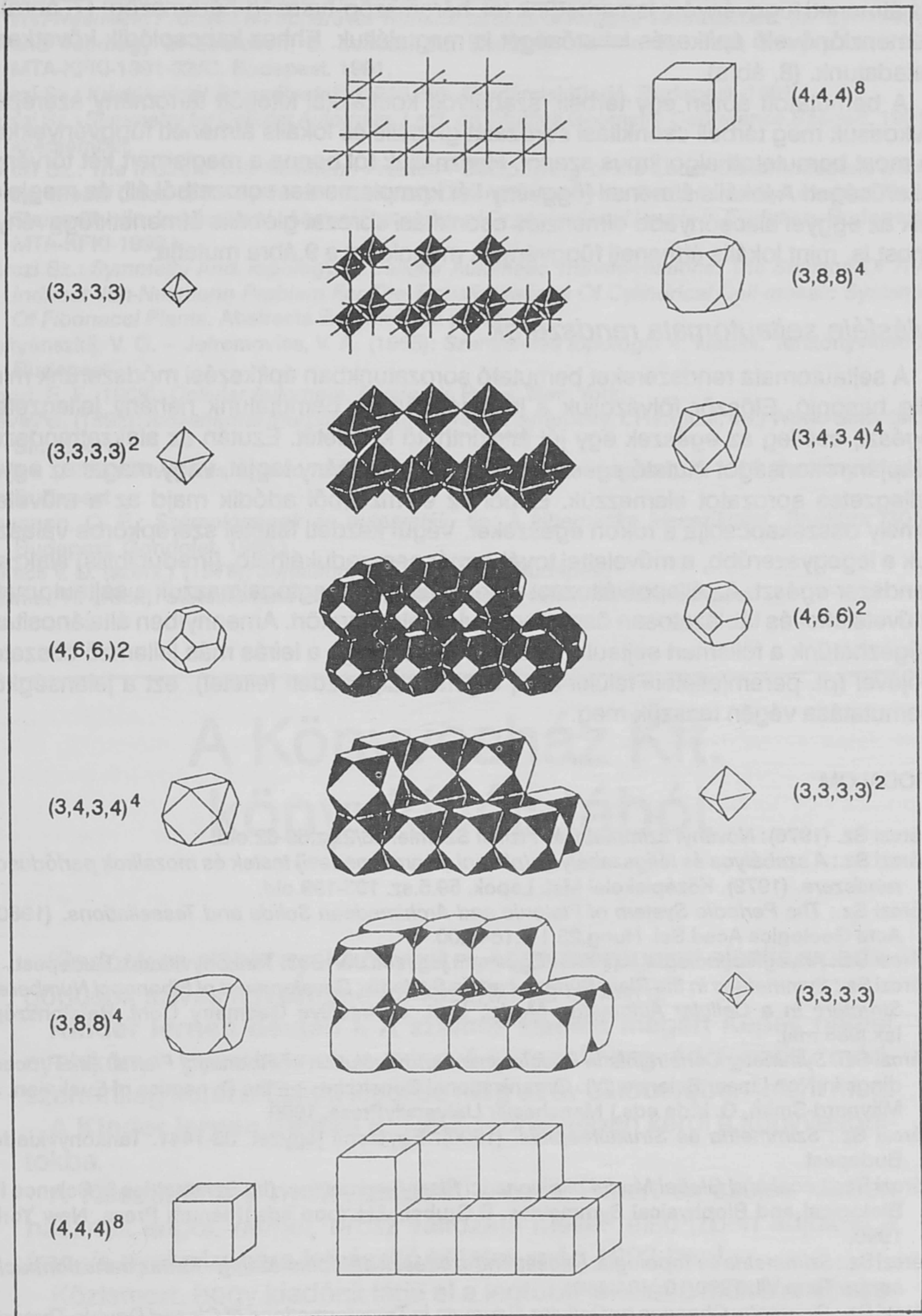
Két igen egyszerű, sokszögre fölírt csonkítási sor.



Adjuk meg ennek az alakzatnak a térbeli csonkítási sorát! A csonkítási sorozatot kétrétegű mozgásegyenlettel írjuk le! Egyik rétege ennek a globális átmeneti függvény, amely az itt bemutatott egész állapotváltozást adja meg csonkítási lépésként, a másik rétege a lokális átmeneti függvény. A lokális átmeneti függvényt külön kell megadnunk a kezdetben kockaként szereplő sejtekre, és az akkor még csúcspontként szereplő fölfúvódó duálsejtekre.

8. ábra

Műveletek és zsaluzat szoros összetartozása a modellben nem azt jelenti, hogy a természetben vizsgált szerkezeteket megtervezték. Kialakulásuk folyamatából még sok mindent nem ismerünk és sejtautomata modellezésünk többek között azt a célt is szolgálja, hogy e struktúrák kialakulásáról hűségesebb képet alkothassunk. A vizsgált struktúrák részben fejlődési, formaalakító kényszerek, természeti törvények működésére jöttek létre, más formák kifejlődése csak elképzelt, s előfordulásuk valószínű. De a jelenségek *sejtautomata leírásában a fejlődés-leírás "szereposztása" gazdagabb lehetőségeket tartalmaz*, nem olyan élesen szétváló és végleges, mint akár az emberi építésnél, akár a jelenségfejlődés klasszikus fizikai leírásánál. *A sejtek itt egyszerre szereplői és feltételei a sejtmozaik rendszer továbbépülésének vagy átalakulásának.* Ennyiben tehát túlegyszerűsített a beton+zsaluzat hasonlat. Csak egy kiindulási helyzet rögzítésére alkalmas, amikor még minden áll. A beton helyébe lépő *sejtegyüttes megelevenedése szétfeszíti a zsaluzat kereteit*, s csak néhány jellemző paramétere marad meg e "zsaluzatnak".



A kocka-oktaéder csonkítási sorozatra épülve megalkotott térbeli kocka-mozaik önmagával alkotott transzformációs sorozata. Jobbra és balra a lokális átmeneti függvény kétféle: balra a fölfúvódó, jobbra a lecsonkuló sejt szerinti (fölülről indulva). Középen sorakoznak a globális átmeneti függvény lépései egy kiragadott tértartományon.

9. ábra

Mivel a lokális átmeneti függvényben az eggyel alacsonyabb dimenziós eset globális átmeneti függvényére ismerhetünk (pl. háromszög-hatszög-háromszög) (7. ábra) a dimenziónövelő építkezés lehetőségét is megtaláltuk. Ehhez kapcsolódik következő feladatunk. (8. ábra)

A bemutatott ábrán egy térbeli, szabályos kockákkal kitöltött tartomány szerepel. Alkossuk meg térbeli csonkítási sorozatát globális és lokális átmeneti függvényekkel, a most bemutatott algoritmus szerint. Használjuk föl benne a megismert két törvényszerűséget! A lokális átmeneti függvény két komplementer sorozatból áll; és megjelenik az eggyel alacsonyabb dimenziós csonkítási sorozat globális átmeneti függvénye most is, mint lokális átmeneti függvény. A megoldást a 9. ábra mutatja.

### Másféle sejtautomata rendszerek

A sejtautomata rendszereket bemutató sorozatunkban építkezési módszerünk mindig hasonló. Először fölvezetjük a jelenségkört és bemutatunk néhány jellegzetes egészt, esetleg az egészek egy jól áttekinthető készletét. Ezután az alakzatrendszer alapján rokonságot mutató egészek sorozatának néhány tagját, vagy magát az egyik jellegzetes sorozatot elemezzük. Ebből az elemzésből adódik majd az a művelet, amely összekapcsolja a rokon egészeket. Végül kezdeti feltétel szerepkörbe választjuk a legegyszerűbb, a művelettel tovább már nem redukálható, (irreducibilis) alakzatrendszer-egészt. Az állapotváltozási sorozat alapján megfogalmazzuk a sejtautomata műveleteket és táblázatosan összefoglaljuk a jelenségkört. Amennyiben általánosítást végezhetünk a fölismert sejtautomata művelettel, vagy a leírás más jellemző összetevőjével (pl. peremfeltétel=felület-alak, sejhálózat, kezdeti feltétel), ezt a jelenségkör bemutatása végén tesszük meg.

### IRODALOM

- Bérczi Sz. (1976): *Növényi szimmetriák*. Fizikai Szemle. 26/2.sz.59-62.old.
- Bérczi Sz.: *A szabályos és féligszabályos (platonai és archimedesi) testek és mozaikok periódusos rendszere*. (1979). Középiskolai Mat. Lapok. 59.5.sz. 193-199.old.
- Bérczi Sz.: *The Periodic System of Platonic and Archimedean Solids and Tessellations*. (1980). Acta Geologica Acad.Sci. Hung.23.1-4.184-200. o.
- Bérczi Sz.: *Anyagtechnológia I.* (1985). Egyetemi jegyzet. J3-1333. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Bérczi Sz.: *Symmetries in the Plant Surface Lattice Systems: Development of Fibonacci Numbered Structure in a Cellular Automaton Model*. Lect. on Intuitive Geometry Conf. Balatonszép-lak.1985.máj.
- Bérczi Sz.: *Symmetry Constraints in Development and Evolution of Fibonacci Plants*. (in: Proceedings in Non Linear Science (IV). Organizational Constraints on the Dynamics of Evolution. J. Maynard-Smith, G. Vida eds.) Manchester University Press, 1990.
- Bérczi Sz.: *Szimmetria és Struktúraépítés*. (1990). Egyetemi jegyzet. J3-1441. Tankönyvkiadó, Budapest
- Bérczi Sz.: *Local and Global Model of Fibonacci Plant Symmetries*. (In: Symmetries in Science IV. Biological and Biophysical Symmetries. B.Gruber, J.H.Yopp eds.) Plenum Press, New York, 1990.
- Bérczi Sz.: *Szimmetria és Topológia: Rácsátrendeződések a Möbius-szalag - Tórusz transzformáció során*. Term.Vil. 1990/10. 464-466.
- Bérczi Sz.: *Symmetry Changes by Cellular Automata in Transformations of Closed Double-Threads and Cellular Tubes with Möbius-Band, Torus, Tube-Knot and Klein-Bottle Topologies*. (In: Symmetry and Topology in Evolution, B. Lukács, Sz. Bérczi, I. Molnár, Gy. Paál, Eds.) p.29-41. MTA-KFKI-1991-32/C. Budapest.
- Bérczi Sz. Lukács B., Molnár I.: *On Symmetry and Topology of the Organisms in Macroevolution*. (In: Symmetry and Topology in Evolution, B. Lukács, Sz. Bérczi, I. Molnár, Gy. Paál, Eds.) p.73-79.. MTA-KFKI-1991-32/C. Budapest. 1991.
- Bérczi Sz.: *Symmetry and Topology in a "Cell-Mosaic-Automata" Model of the Fibonacci-Plant Structures*. (In: Symmetry and Topology in Evolution, B. Lukács, Sz. Bérczi, I. Molnár, Gy. Paál,

- Eds.) p.80-90. MTA-KFKI-1991-32/C. Budapest.1991.
- Bérczi Sz.: *Platonic-Archimedean Spherical Cellular Automata in the Solution of the Indirect Von-Neumann Problem on Sphere for Transformations of Regular Tessellations.* (In: *Symmetry and Topology in Evolution*, B. Lukács, Sz. Bérczi, I. Molnár, Gy. Paál, Eds.) p.111-116. MTA-KFKI-1991-32/C. Budapest. 1991.
- Bérczi Sz.: *Kristályoktól Bolygótestekig.* 210.old. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1991.
- Bérczi Sz.: *Symmetry by Cellular Automata.* Lect. on Intuitive Geometry Conference.Szeged, 1991 szeptember.
- Bérczi Sz.: *The Indirect Von Neumann Problem: Deciphering of the Local Transformations from the Global Ones of the Systems Structurally Determined by the Both Hierarchy Levels of Their Symmetry.* (In: Lukács et al.: *Mutual Dynamics of Organizational Levels in Evolution.* Budapest, MTA-KFKI-1992.)
- Bérczi Sz.: *Symmetry And Topology In Cellular Automatic Transformations: The Solution Of The Indirect Von-Neumann Problem For The Transfigurations Of Cylindrical Cell-mosaic Systems Of Fibonacci Plants.* *Abstracta Botanica*, (in press)
- Boltyánszkij, V. G. – Jefremovics, V. A. (1965): *Szemléletes topológia* 4. kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest
- Codd, E. F. (1968): *Cellular Automata.* Academic Press, New York.
- Gévay G. (1992): *Icosahedral morphology.* (In: *Fivefold Symmetry*, I. Hargittai, ed.) World Scientific, Singapore.
- Peák I. (1980): *Bevezetés az automaták elméletébe* I. Egyetemi jegyzet, J3-1115. Tankönyvkiadó, Budapest
- Shannon, C. E.: *Számológépek és automaták.* (In: *A kibernetika klasszikusai*, Studium (30.). Budapest, Gondolat, 1965.)
- Takács V. D. (szerk.) (1978): *Sejtautomaták.* Gondolat, Budapest.
- Vollmar, R. (1982): *Sejtautomata algoritmusok.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

## A Könyvesház Kft. könyvkínálatából

Kiadónk az alábbi nyelvkönyveket, segédanyagokat ajánlja a pedagógusok szíves figyelmébe az 1992/93-as tanévre:

**Kinder lernen deutsh I.** A számos kiadást megért Képes német nyelvkönyv gyerekeknek c. kiadvány tartalmilag ádolgozott, módszertanilag korszerűsített kiadása még ez év októberében jelent meg.

**A Kinder lernen deutsh II.** 1993. februárjában kerül a könyvesboltokba.

**A Készüljünk a nyelvvizsgára!** sorozat ismert és széles körben használt *angol, német, orosz* változata mellett első ízben adjuk ki a *francia* nyelvvizsgára felkészítő kötetet, még 1992-ben!

Közismert, hogy kiadónk látja el a legtöbb iskolát a méltán népszerű **Themen** és **Strategles** sorozat köteteivel. E kiadványaink folyamatosan kaphatók, illetve a megjelenés előtt állók előjegyezhetőek a **Könyvesház Kft.** könyvesboltjában:

1134 Budapest, Váci út 19.