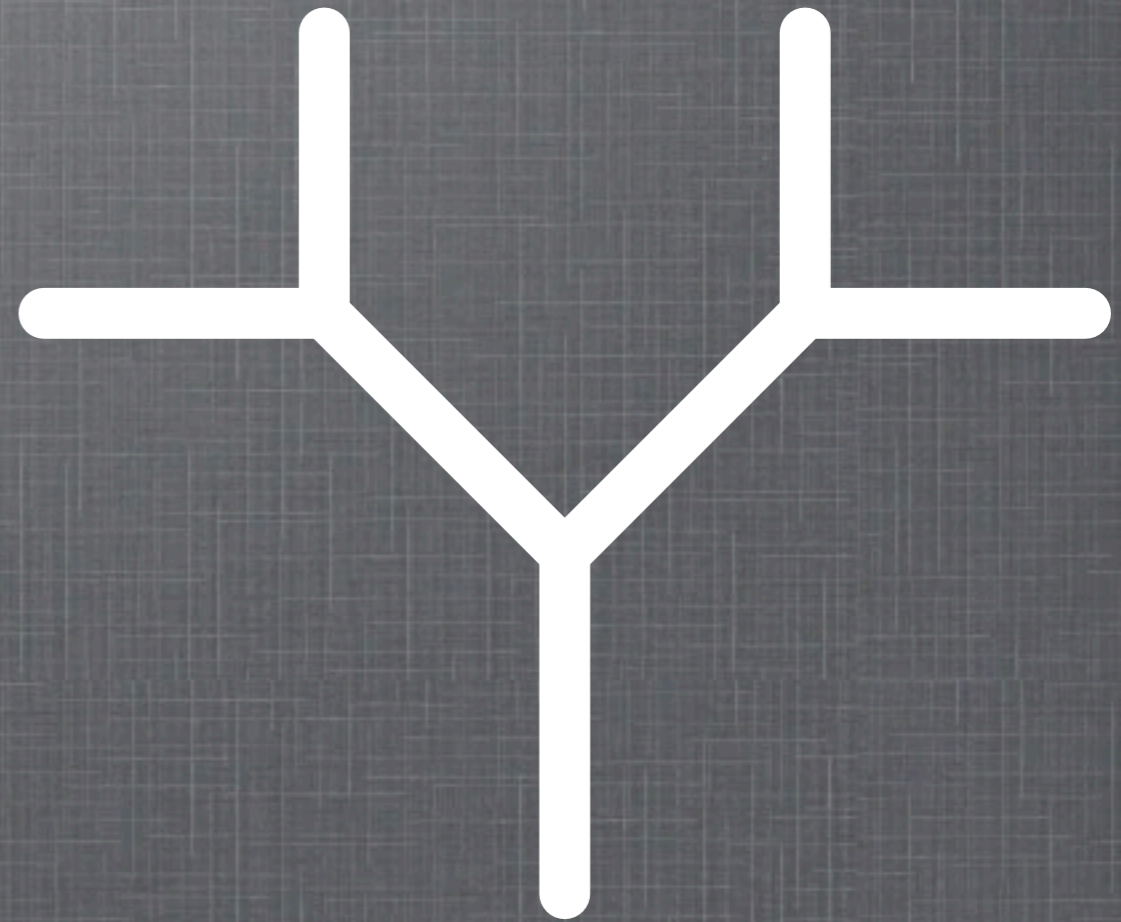
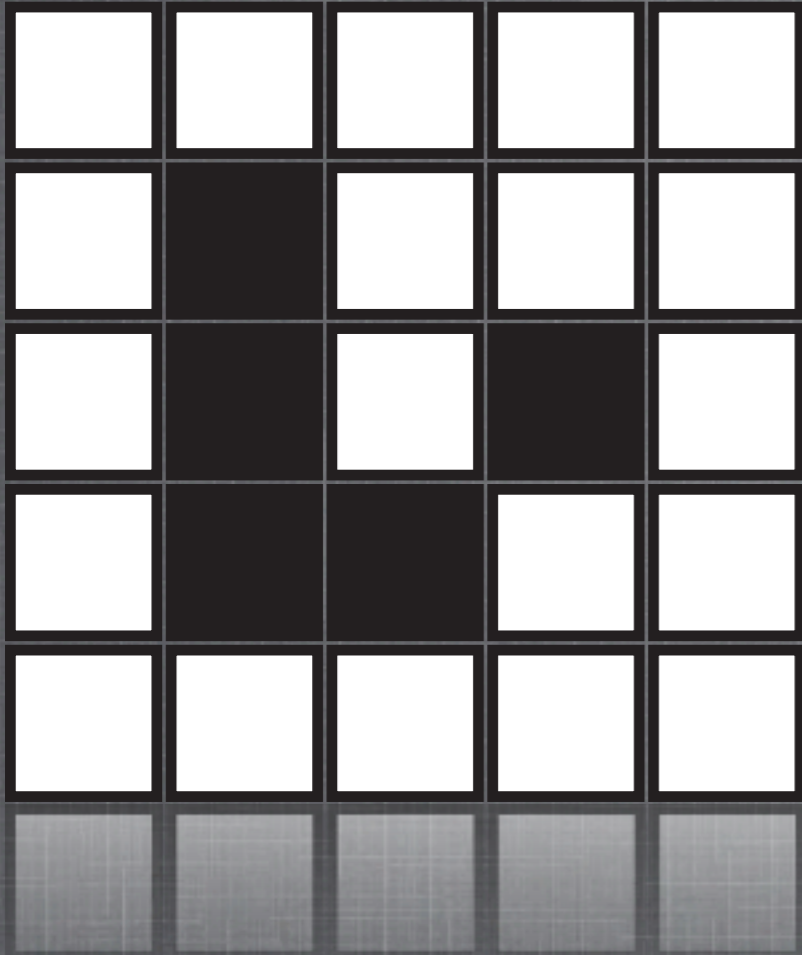


ŻYCIE I EWOLUCJA w komputerze



autor: Grzegorz Góralski

<http://ggoralski.pl>

CO TO JEST ŻYCIE?
CO TO JEST EWOLUCJA?

CO TO JEST ŻYCIE?

- Trudno zdefiniować jednoznacznie co to jest życie
- Łatwiej podać cechy charakteryzujące organizmy (niekoniecznie pojedyncze osobniki):
 - spójność budowy
 - reagowanie na bodźce
 - przemiana materii
 - wzrost
 - rozmnażanie
 - dziedziczenie cech
 - podleganie ewolucji

CO TO JEST EWOLUCJA?

- Ewolucja biologiczna to proces zmian organizmów obserwowany między pokoleniami, prowadzący do ich udoskonalania.
- Ewolucja to nie to samo co teoria ewolucji:
 - Ewolucja to proces
 - Teoria ewolucji to wyjaśnienie jak ten proces przebiega, jakie mechanizmy są za niego odpowiedzialne itd. Takich wyjaśnień może być wiele. Obecnie w nauce obowiązuje Syntetyczna Teoria Ewolucji.

CO POTRZEBA EWOLUCJI?

- Aby ewolucja mogła przebiegać, musi zaistnieć kilka czynników:
 - rozmnażanie (replikacja)
 - dziedziczenie
 - zmienność dziedziczna
 - konkurencja / selekcja

ROZMNAŻANIE

- Osobniki muszą się rozmnażać
- Ewolucja to proces który jest obserwowany w przeciągu wielu pokoleń.
- Nie można powiedzieć: „to zwierzę ewoluuje”

DZIEDZICZENIE

- Osobniki potomne muszą dziedziczyć przynajmniej część cech po rodzicach.
- Jeśli osobniki A i B mają potomków (oddzielnie), to potomkowie A powinni być bardziej podobni do A niż do B, i odwrotnie.
- Dziedziczenie umożliwia selekcję cech pomiędzy pokoleniami.

KONKURENCJA/SELEKCJA

- Aby selekcja mogła przebiegać, osobniki muszą różnić się między sobą.
- U organizmów część cech (różnic) jest dziedziczna, a część nie.
- Dla ewolucji znaczenie mają te cechy, które mogą być przekazane następnemu pokoleniu (dziedziczne).

JAK DZIAŁA EWOLUCJA?

(WERSJA EKSPRESOWA)

- Osobniki różnią się (dziedzicznie) między sobą.
- Za stały „dopływ” zmienności odpowiedzialne są mutacje + mieszanie genów (rekombinacja genetyczna).
- Te różnice decydują o tym, że jedne organizmy lepiej sobie radzą, inne gorzej.
- Miarą „radzenia sobie” jest liczba potomków dożywających do rozmnażania.
- A więc niektóre cechy decydują o tym, że ich posiadacze zostawią więcej dzieci niż inne.
- Te cechy będą się więc rozprzestrzeniać kosztem innych, będzie ich coraz więcej.
- Populacja, będzie się więc zmieniała z pokolenia na pokolenie.

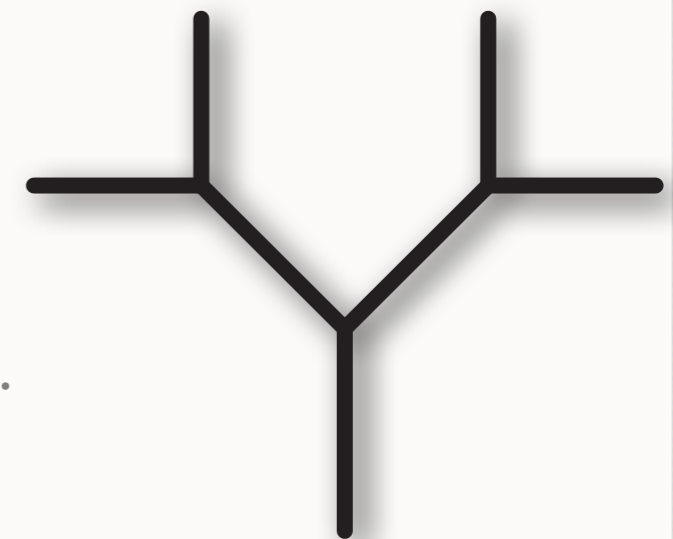
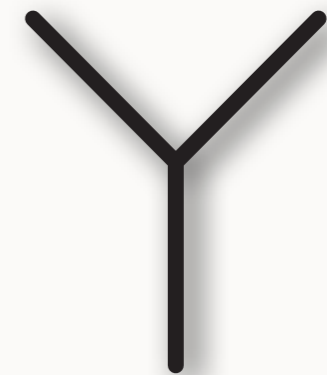
ŻYCIĘ I EWOLUCJA W ŚWIECIE WIRTUALNYM

SZTUCZNE ŻYCIE, EWOLUCJA, INTELIGENCJA

- Prowadzono wiele prób mających stworzyć w komputerze sztuczny odpowiednik życia, ewolucji i inteligencji. Z różnym skutkiem.
- Stworzenie sztucznej inteligencji okazało się dużo trudniejsze, niż się dawniej wydawało. Ale to temat na inną historię.
- W dalszej części zajmiemy się wybranymi (głównie pod kątem prostoty obsługi i atrakcyjności) przykładami dotyczącymi sztucznego życia i ewolucji które można przeprowadzić na komputerze.

BIOMORFY

- Koncepcja biomorfów została przedstawiona w książce Richarda Dawkinsa pt. „Ślepy zegarmistrz”
- Biomorf to wirtualne stworzenie o budowie „drzewkowatej”.
- Biomorfy mają genomy określające takie parametry jak ilość rozgałęzień, ich długość, kąt nachylenia, kolor itp.
- W każdym pokoleniu wybiera się jednego który staje się rodzicem dla następnego pokolenia.
- Wśród potomków są różne „mutanty” różniące się przypadkowo zmienionymi parametrami od rodzica.
- Wybieramy tego który się nam najbardziej podoba itd...
- Tą drogą można stworzyć całkiem ciekawe i skomplikowane formy



CZY MAŁPA MOŻE NAPISAĆ „HAMLETA”?

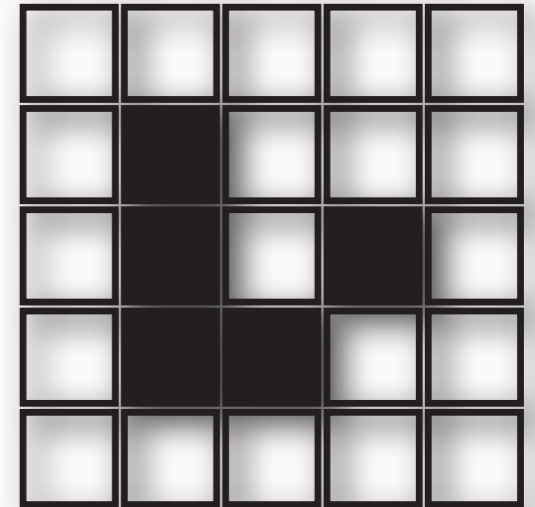
- Jeden z argumentów krytyków darwinowskiej teorii ewolucji jest taki:
„Twierdzenie, że tak złożone struktury jak oko, czy komórka powstały drogą przypadku jest tak samo absurdalne, jak twierdzenie, że małpa stukając w maszynę do pisania może napisać „Hamleta””.
- R. Dawkins zaproponował takie doświadczenie na komputerze:
 - Wybieramy jakiś ciąg liter jako cel (niekoniecznie całego „Hamleta”)
 - Komputer losuje przypadkowy ciąg liter.
 - Ten, ciąg liter rozmnaża się i mutuje (losowo zmieniane są w nim litery)
 - Do następnego pokolenia przechodzi ten ciąg, który jest najbardziej podobny do docelowego
 - Jest to przykład na twórczą moc **doboru kumulatywnego** - czyli doboru kumulującego w kolejnych pokoleniach korzystne cechy.

	QDWUYE		
QDNUYE	QDWUME	QDWUEE	
QGWUEE	QAWUEE	ADWUEE	
QAWOEE	QAMUEE	QGWUEE	
KAMUEE	QAMUET	QAMAEE	
HAMUET	QZMUET	MAMUET	
HARUET	MAMUET	HAMLET	
	HAMLET		

**AUTOMATY
KOMÓRKOWE
(CELLULAR AUTOMATA)**

AUTOMATY KOMÓRKOWE

- Koncepcja AK pochodzi jeszcze z lat 40-tych XX w (Stanisław Ulam, John von Neumann) - na początku celem było stworzenie samoreplikującego się robota.
- Ogólne zasady:
 - Na planszy (1, 2, 3 ... wymiarowej) znajdują się pola które są wolne (martwe "komórki"), lub zajęte przez "żywe" komórki.
 - W zależności od różnych parametrów (zwykle jest to ilość sąsiadów), w następnym pokoleniu komórka żywa może pozostać żywa, albo umrzeć (pole się zwalnia) a wolne pole może pozostać wolne, albo może w nim się pojawić żywa komórka.
 - Okazuje się, że automaty komórkowe można stosować do całkiem poważnych rzeczy, jak np. symulacja pożarów lasu czy też procesów biologicznych.

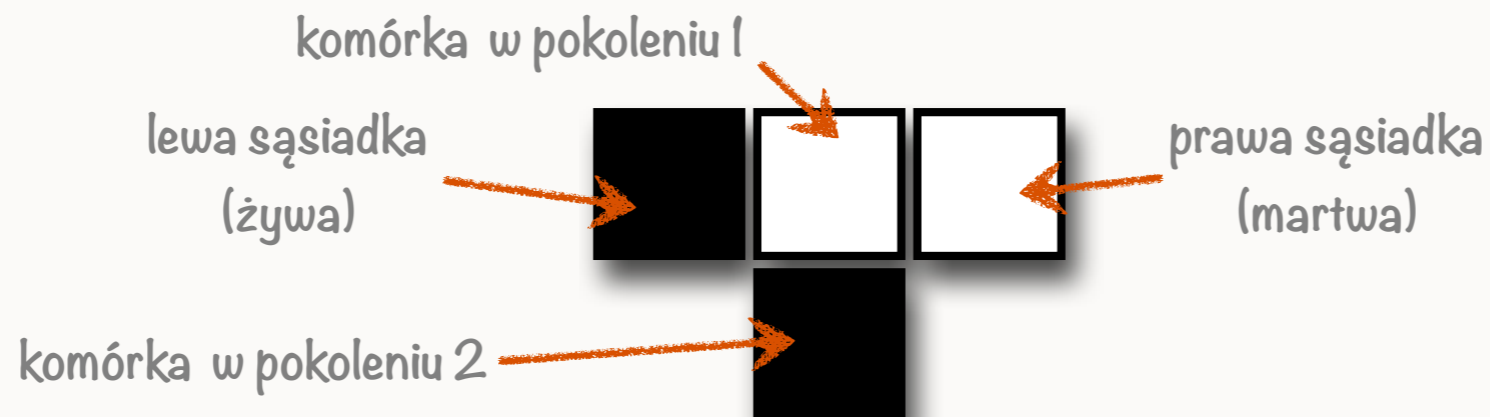


AUTOMATY KOMÓRKOWE JEDNOWYMIAROWE

- Najprostszym rodzajem są jednowymiarowe AK.
- Symulacja przebiega w jednym szeregu komórek, ale wyniki są często prezentowane w formie dwuwymiarowej „historii” przedstawiającej kolejne zmiany.

ELEMENTARNE AUTOMATY KOMÓRKOWE

- Elementarne automaty komórkowe są jednowymiarowymi AK
- Komórka może mieć dwa stany (0/1, martwa/żywa, biała/czarna...)
- Każda komórka ma dwie sąsiadki, które na nią oddziałują
- Reguła mówi jak zachowa się komórka w następnym pokoleniu w zależności od tego w jakim stanie się znajduje ona i jej sąsiadki.
- Można to przedstawić graficznie:



- Można powyższą regułę odczytać tak:
„Jeśli komórka jest martwa, jest lewa sąsiadka jest żywa, a prawa jest martwa to w następnym pokoleniu komórka staje się żywa”

ELEMENTARNE AUTOMATY KOMÓRKOWE

- Przykładowa reguła (reguła 18)

komórki

w pokoleniu 1

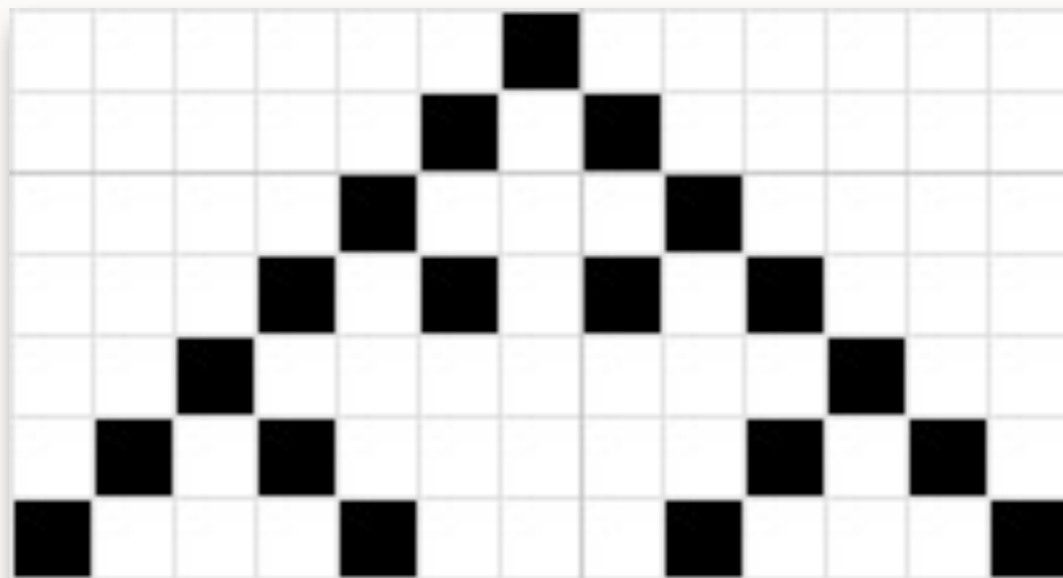


komórki

w pokoleniu 2

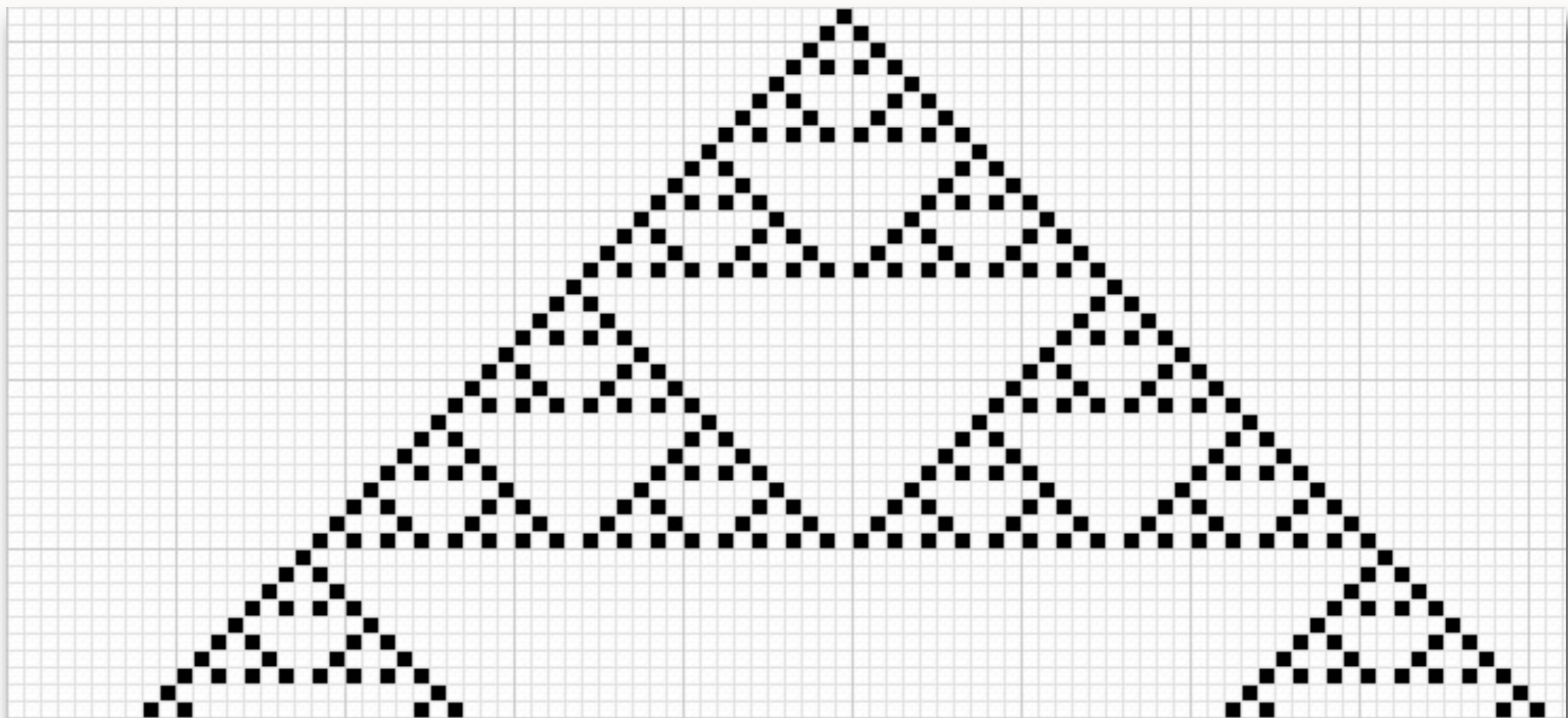


- Kolejne etapy symulacji, przy wyjściu od jednej żywej komórki w centrum



ELEMENTARNE AUTOMATY KOMÓRKOWE

- Reguła 18 cd



ELEMENTARNE AUTOMATY KOMÓRKOWE

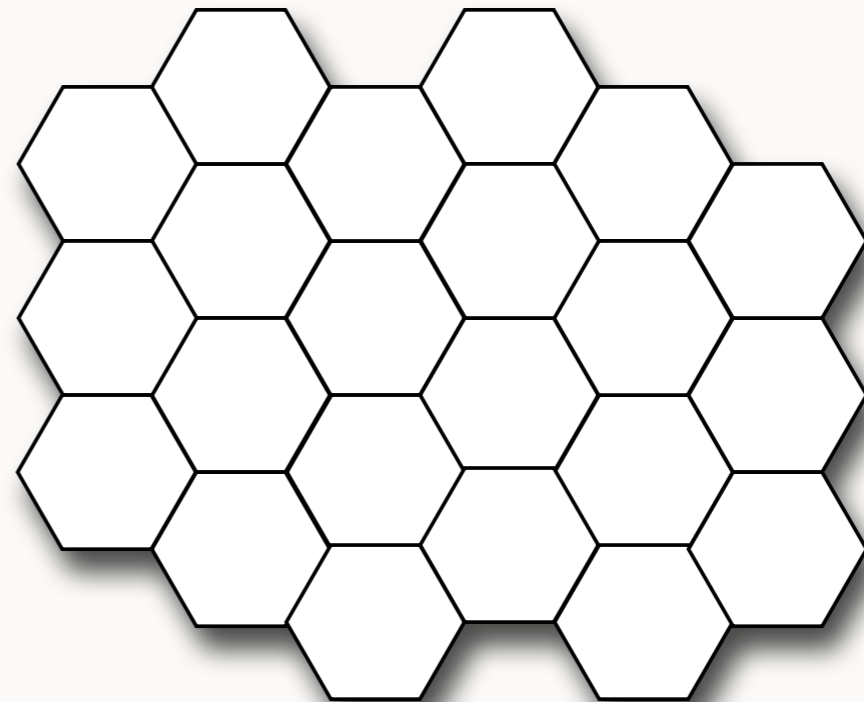
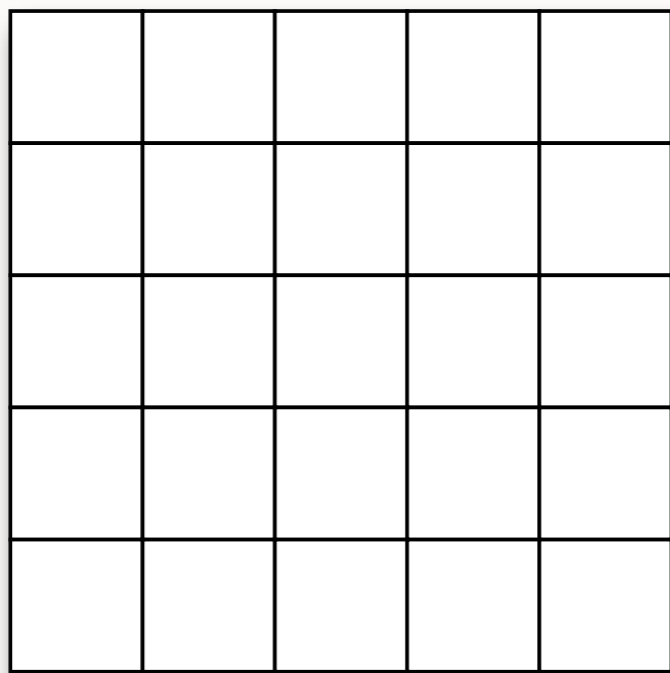
- Ponieważ liczymy 3 komórki, a każda z nich ma 2 możliwe stany, istnieje $2^3=8$ możliwych kombinacji komórek - dlatego przy układaniu reguły, używamy 8 kombinacji komórek.
- Ponieważ komórka potomna może mieć 2 stany, a kombinacji jest 8, to istnieje $2^8=256$ możliwych reguł. Mają one numery od 0 do 255.
- Można je przejrzeć np. pod adresem: <http://atlas.wolfram.com/01/01/>
- Software: np. **golly** <http://golly.sourceforge.net/>

TOTALISTYCZNE AUTOMATY KOMÓRKOWE

- Totalistyczne automaty komórkowe nie biorą pod uwagę ułożenia sąsiadek, istotna jest tylko ich liczba w określonym stanie - np. liczba żywych.
- Istnieją przykłady dla jednowymiarowych AK, ale najbardziej znaną jest „Gra w życie” (Game of life), oparta na dwuwymiarowej planszy

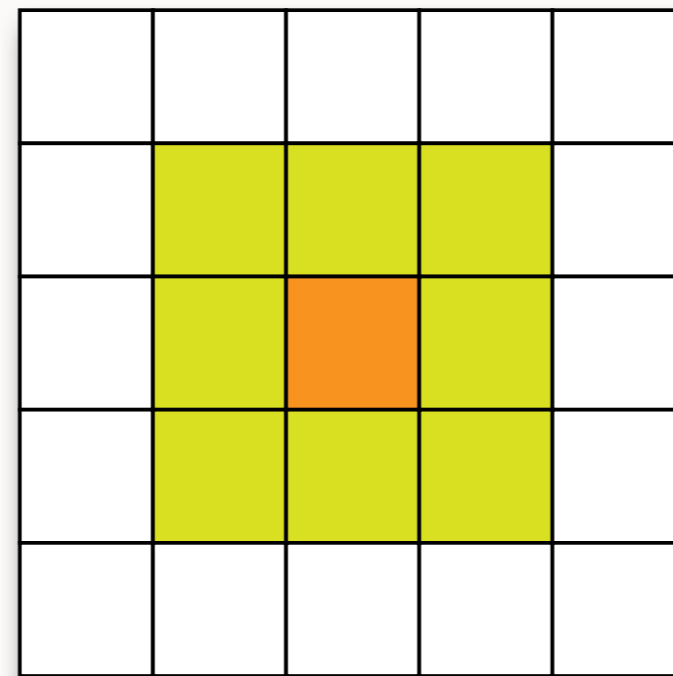
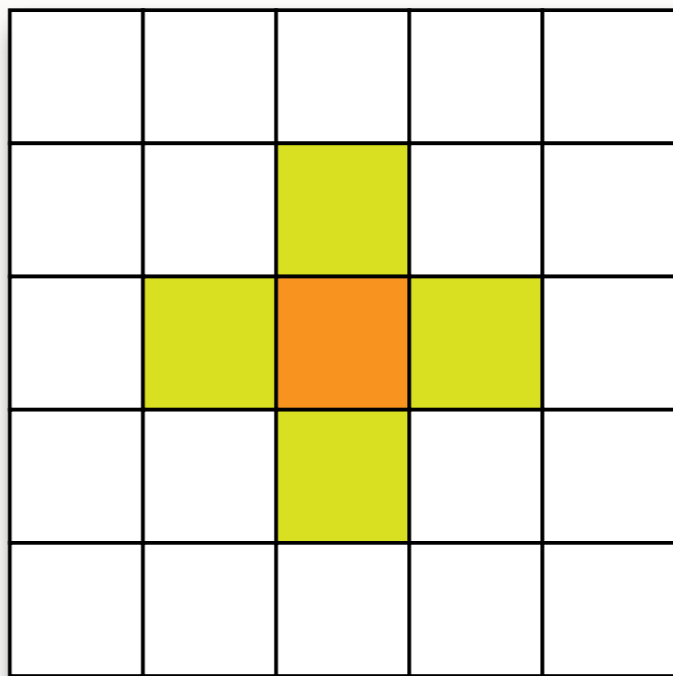
DWUWYMIAROWE AUTOMATY KOMÓRKOWE

- Dwuwymiarowe automaty komórkowe mogą być oparte na różnych siatkach. Najbardziej popularna jest prosta siatka oparta na kwadratach, ale można także stworzyć np. siatkę sześciokątów.



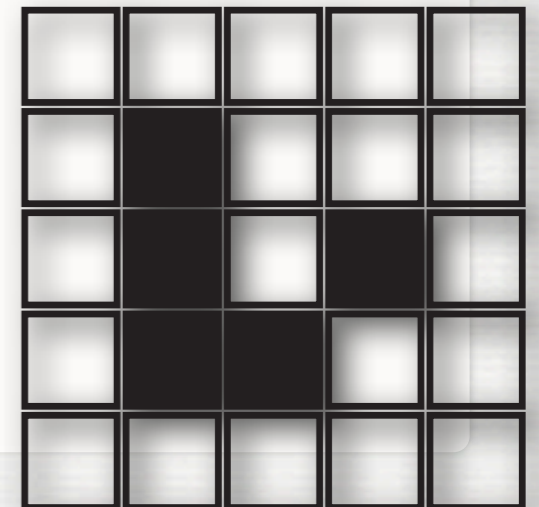
DWUWYMIAROWE AUTOMATY KOMÓRKOWE

- Można w różny sposób liczyć sąsiednie komórki, np. w siatce opartej o kwadraty może to być 4 lub 9 sąsiadek.



AUTOMATY KOMÓRKOWE: GRA W ŻYCIU

- Najbardziej znanym przykładem AK jest “Gra w życie” Johna Conway’a.
- Gra przebiega na dwuwymiarowej planszy podzielonej na kwadraty które są polami.
- Każde pole (ew. poza znajdującymi się na brzegu planszy) sąsiaduje z 9 innymi polami.
- Pole może być puste (martwa komórka) lub zajęte przez żywą komórkę.
- W kolejnych pokoleniach pole może się nie zmieniać, komórka martwa może przejść w żywą albo żywa w martwą. Odbywa się to wg. zasad:
 - Pusta komórka zmienia się w żywą, wtedy gdy sąsiaduje z trzema żywymi komórkami.
 - Żywa komórka przeżywa, gdy ma 2, lub 3 żywych sąsiadów
 - Żywa komórka umiera (zmienia się w pustą):
 - z samotności – gdy ma mniej niż 2 żywych sąsiadów
 - z przeludnienia (przekomórkowienia?) – gdy ma więcej niż 3 żywych sąsiadów

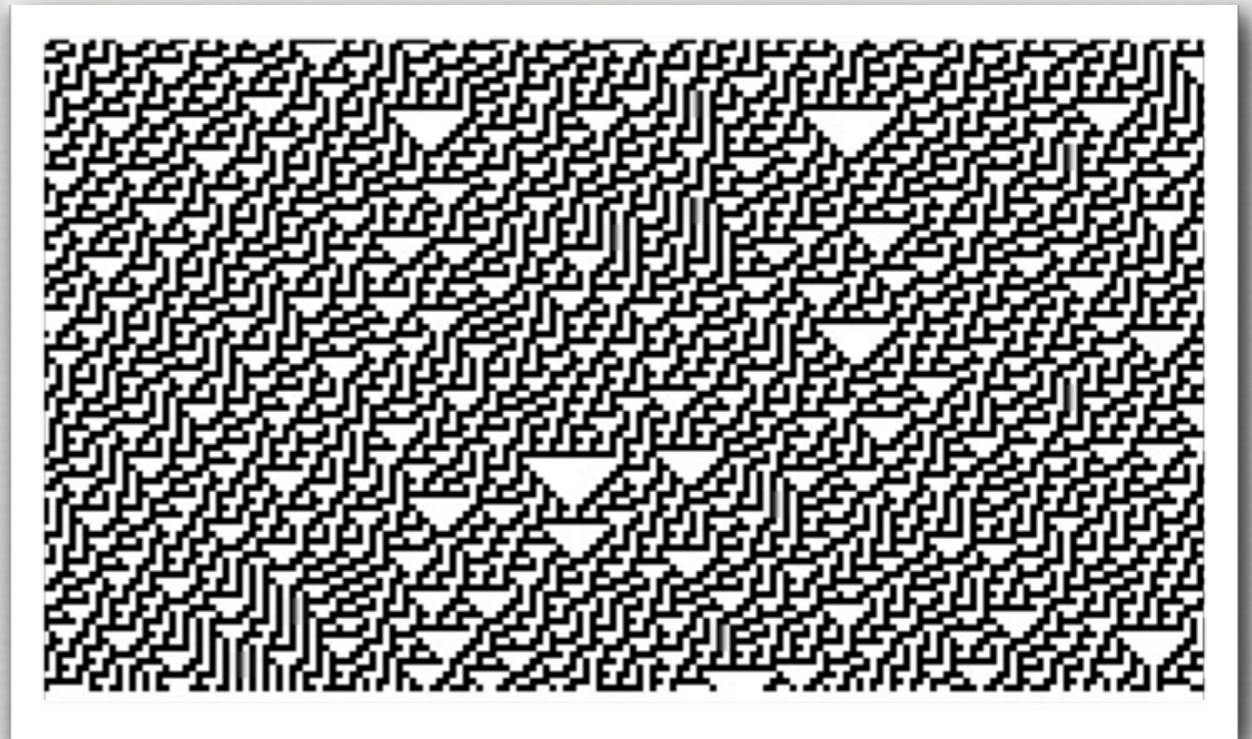


AUTOMATY KOMÓRKOWE: GRA W ŻYCIE

- Podczas symulacji obserwuje się powstawanie wielu ciekawych struktur, niektóre posiadają pewne cechy istot żywych, np:
 - struktury stabilne - nie zmieniają się
 - oscylatory (oscilators)- struktury, które zmieniają się cyklicznie
 - szybowce (gliders) i statki kosmiczne (spaceships)- przemieszczają się zmieniając cyklicznie
 - puffers - przemieszczają się pozostawiać po sobie ślad
 - strzelby (guns) - „wystrzeliwiają” struktury
 - replikatory (replikators) - struktury, które się replikują. Znane z niektórych AK, ale GoL jeszcze ich nie odnaleziono
- Bogata kolekcja struktur m. in. tu: http://www.conwaylife.com/wiki/Main_Page

AUTOMATY KOMÓRKOWE: ZASTOSOWANIA

- Automaty komórkowe mają różne zastosowania / możliwości:
 - Mogą prowadzić obliczenia
 - Mogą symulować procesy jak np. pożary lasów, ruch drogowy
 - Także można za ich pomocą symulować pewne procesy biologiczne, np:
 - Powstawanie ubarwienia, np. *Conus textile* (rule 30)
 - Rozwój zarodka, np. *Arabidopsis thaliana*
 - Regulacja transpiracji
 - Zachowanie neuronów
 - Zmiana zabarwienia głowonogów etc.



rule 30

Muszla *Conus textile*

autor: Richard Ling (richard@research.canon.com.au)

źródło: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Textile_cone.JPG

L-SYSTEMY

L-SYSTEMY

- W 1968 r. Arvid Lindenmayer, stworzył „język” pozwalający opisać proces tworzenia struktur fraktalopodobnych, który nadaje się między innymi do modelowania rozwoju roślin.
- Do wymodelowania potrzebne są:
 - Axiom - element podstawowy od którego rozpoczyna się rozwój
 - Zestaw reguł opisujących przekształcenia elementów w każdym kroku

L-SYSTEMY

- Przykład:

- Axiom: B

element od którego
rozpocznie się rozwój

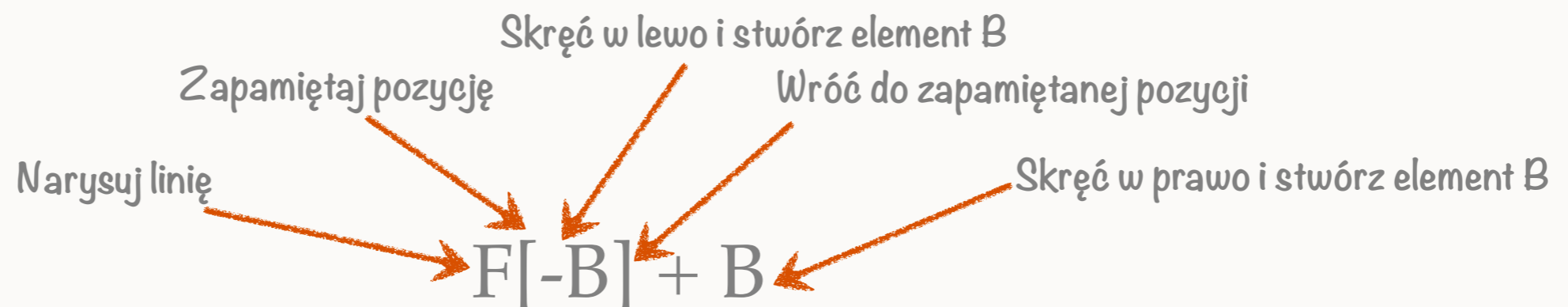
W każdym kroku element B
zostanie zmienniony w podany ciąg

- Reguły:

- $B = F[-B] + B$

... a element F w dwa elementy F

- $F = FF$



L-SYSTEMY

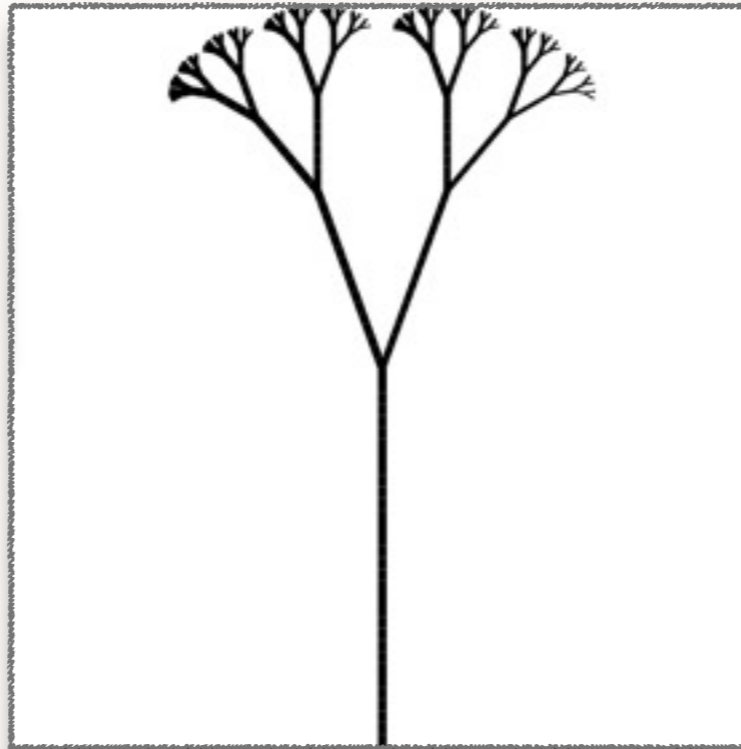
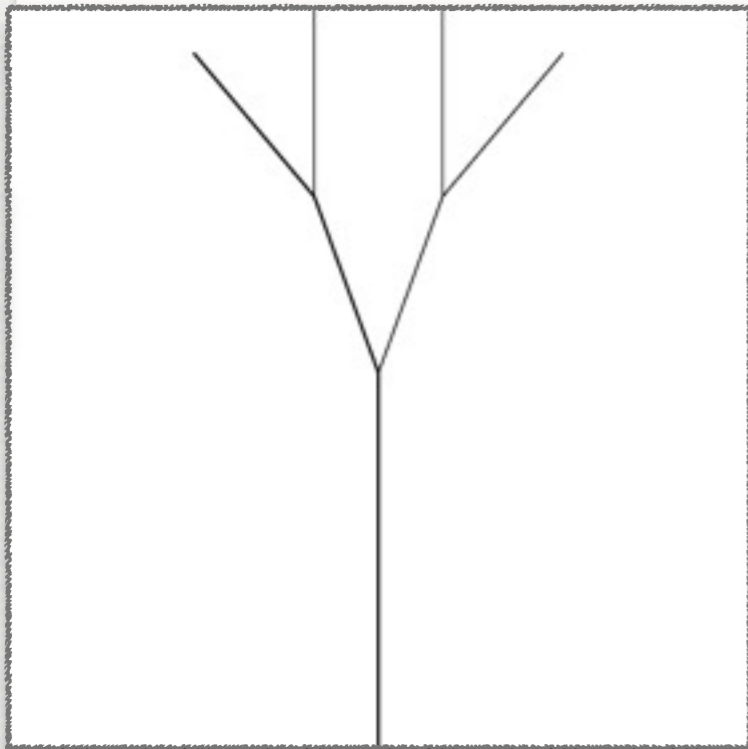
- Axiom: B
- Reguły:
 - $B = F[-B] + B$
 - $F = FF$

- Jak to działa?

B : 0
F[-B]+B : 1
FF[-F[-B]+B]+F[-B]+B : 2
FFFF[-FF[-F[-B]+B]+F[-B]+FF[-F[-B]+B]+F[-B]+B] : 3

L-SYSTEMY

- W ten sposób tworzone są ciągi symboli, które można wykorzystać do rysowania struktur
- Oczywiście należy sprecyzować jeszcze długość elementów, ich grubość, wygląd, kąt itd...
- ... i oczywiście liczbę kroków, im ich więcej, tym struktura bardziej skomplikowana, np. dla podanej reguły:

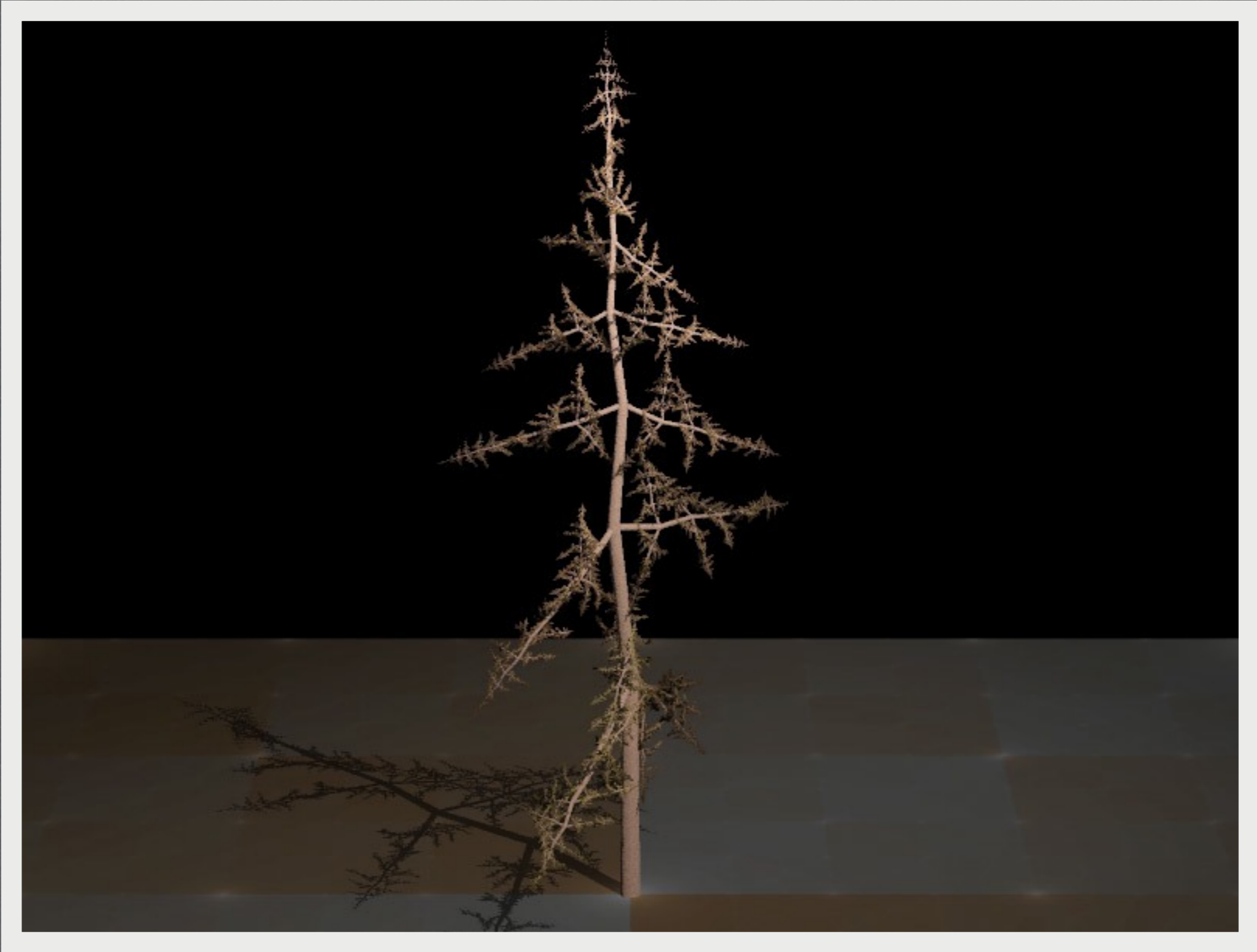


- Axiom: B
- Reguły:
 - $B = F[-B] + B$
 - $F = FF$

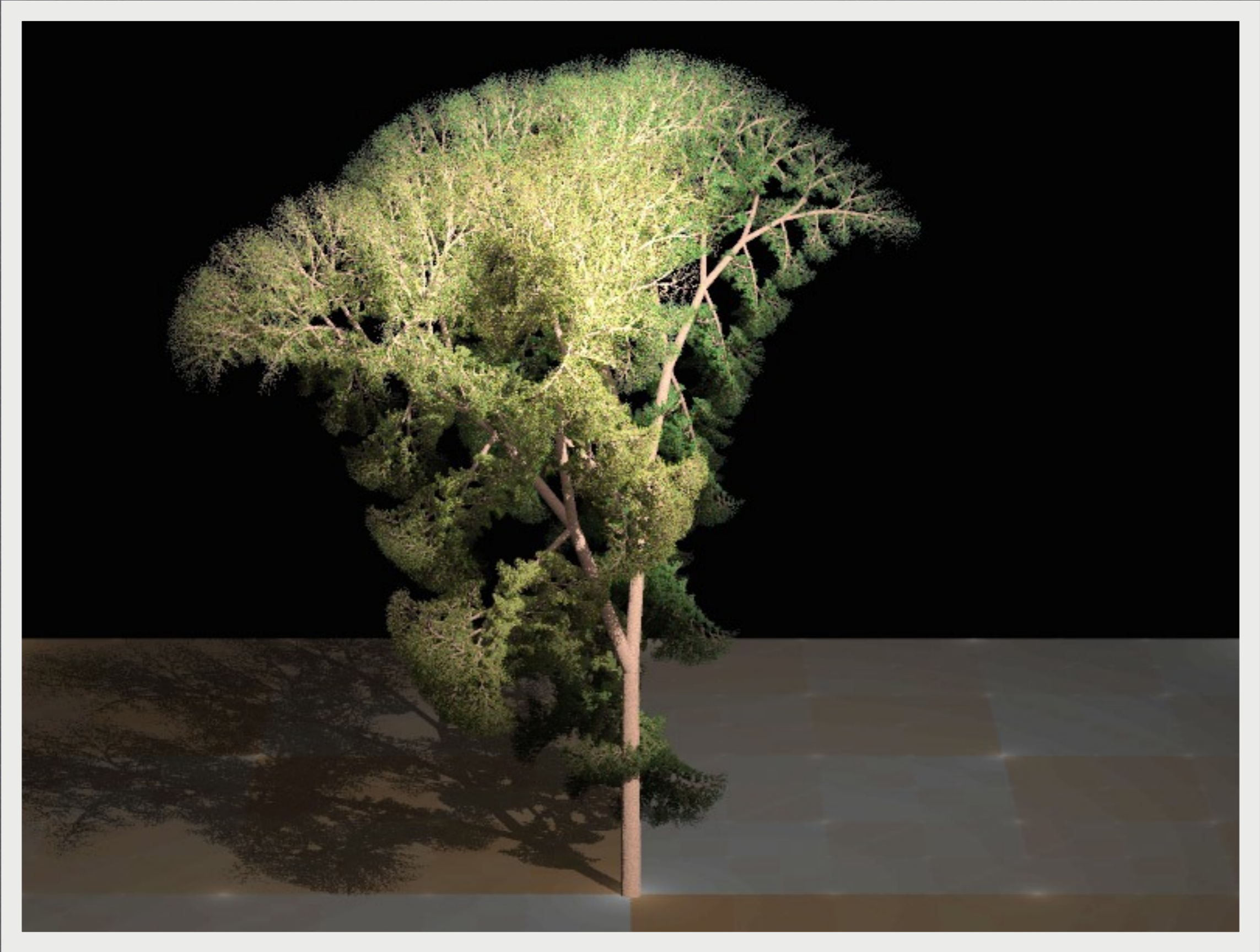
- L-systemy online: <http://www.kevs3d.co.uk/dev/lsystems/>

L-SYSTEMY

- Bardziej złożone symulacje oparte o L-systemy uwzględniają dodatkowe elementy jak np. wpływ czynników zewnętrznych (np. światło), przypadek, etc. pozwala to uzyskać bardziej realistyczne rezultaty.
- L-systemy wykorzystuje się np. przy tworzeniu wirtualnych lasów, łąk. etc..
- Poniżej parę przykładów z Internetu (Wikimedia Commons)









FRAMSTICKS - CZYLI WIRTUALNY ŚWIAT W 3D

- Do najbardziej udanych prób stworzenia wirtualnego świata należy projekt „Framstick” którego autorami są Maciej Komosiński i Szymon Ulatowski
- Projekt ma za zadanie stworzyć trójwymiarowe symulacje sztucznych form życia.
- Można projektować różnego rodzaju wirtualne stworzenia i przeprowadzać na nich różnorodne eksperymenty.
- Projektowane stworzenia posiadają nie tylko ciała, ale i „umysł” oparty na sieciach neuronowych.
- Warto zajrzeć na stronę projektu i spróbować. Najlepiej zacząć od programu *Theater*, na którym można zapoznać się z niektórymi możliwościami świata Framsticks.