

Krzysztof DOBOSZ  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

## WZORCE GENETYCZNE W SYSTEMACH EWOLUCYJNYCH

**Streszczenie.** W publikacji sformułowano szereg definicji związanych ze wzorcem genetycznym występującym w systemach ewolucyjnych oraz omówiono jego własności. Dokonano klasyfikacji własności wzorców genetycznych, dzieląc je na statyczne i dynamiczne. Bazując na powyższych własnościach, wprowadzono też pojęcia: dzielnika i generatora.

**Słowa kluczowe:** systemy ewolucyjne, wzorce genetyczne.

## GENETIC PATTERNS IN EVOLUTIVE SYSTEMS

**Summary.** In the paper several definitions connected with a genetic pattern in evolutive systems are formulated. Properties of genetic patterns are also discussed. The classification of properties of genetic patterns is made. There is also introduced a conception of divider and generator.

**Keywords:** evolutive systems, genetic patterns.

### 1. Geneza

Niniejszy artykuł<sup>1</sup> jest efektem badań nad teorią systemów ewolucyjnych, których rozwój opisany jest słowem genetycznym [1,2]. Rozważania nad różnymi postaciami słów genetycznych prowadzą do spostrzeżenia, że dowolna sekwencja operacji elementarnych występująca w różnych słowach genetycznych powoduje generowanie podobnych do siebie postaci struktur systemu ewolucyjnego.

---

<sup>1</sup> Artykuł jest efektem badań realizowanych w ramach badań statutowych o symbolu BW-444/RAu2/2001 realizowanych w Instytucie Informatyki Politechniki Śląskiej i finansowanych przez KBN.

Nazwijmy więc ów charakterystyczny ciąg operacji elementarnych wzorcem genetycznym i podajmy jego ogólną definicję:

### DEFINICJA 1

*Wzorcem genetycznym  $W$  nazwiemy sekwencję operacji elementarnych  $W_1, W_2, \dots, W_n$  stanowiącą wspólną część pewnej grupy słów genetycznych opisujących na rozwój systemu ewolucyjnego.*

Zgodnie z tą definicją, dowolne słowo genetyczne wykorzystujące wzorec  $W$  możemy liniowo zapisać jako:

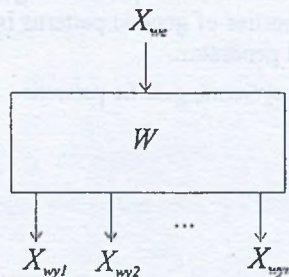
$$GW = X_{we} W_1 X_{wy1} W_2 X_{wy2} \dots W_i X_{wyi} \dots W_n X_{wyn} \quad (1)$$

gdzie:  $X_{we}$  – sekwencja operacji elementarnych poprzedzających wzorec w strukturze słowa genetycznego (sekwencja ta może być pusta),

$W_i$  – w liniowym zapisie słowa genetycznego jest to część wzorca genetycznego oddzielona od jego reszty przez operacje elementarne do wzorca nie należące,

$X_{wyi}$  – w liniowym zapisie słowa genetycznego jest to część wzorca genetycznego nie należąca do wzorca  $W$ , lecz rozdzielająca operacje elementarne do niego należące.

Ponieważ rozpatrywane słowa genetyczne mają strukturę płaską, więc symbolicznie wzorcowi  $W$  odpowiada schemat przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Symboliczne przedstawienie wzorca genetycznego

Fig. 1. Symbol of the genetic pattern

## 2. Słowa genetyczne oparte na tym samym wzorcu

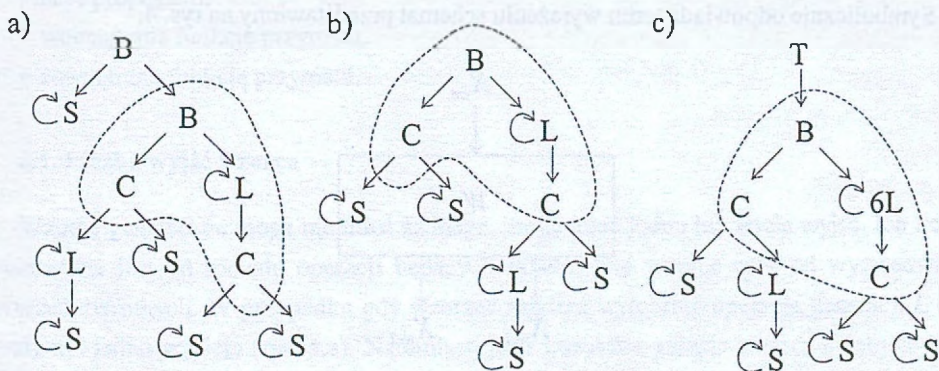
Rozpatrzmy systemy ewolucyjne, których słowa genetyczne zbudowano w oparciu o sześć operacji elementarnych [1,2]. Przyjrzyjmy się trzem słowom genetycznym wykazującym pewne podobieństwa w budowie:

$$a) GW_1^I = \underline{BSBCLSSLCSS}$$

$$b) GW_1^{II} = \underline{BCSSLCSS}$$

$$c) GW_1^{III} = \underline{TBCSLS6LCSS}$$

Powyższym liniowym zapisom słów genetycznych odpowiadają struktury drzewiaste, takie jak na rys. 2. Na rysunku tym obrysem zaznaczono powtarzające się (należące do wzorca genetycznego) aktywne (zmieniające jakościowo bądź ilościowo skład struktury) operacje elementarne. Zwróćmy uwagę na pominięcie operacji T (transformacja) w zakreślonych obszarach. Operację tę pomijamy w naszych rozważaniach, ponieważ pomimo faktu, iż jest ona operacją aktywną, to nie wprowadza ona zmian ilościowych w strukturze. Z punktu widzenia szybkości rozwoju struktury operacja transformacji wprowadza tylko opóźnienie, a komórki realizujące ją są tylko komórkami przejściowymi (tymczasowymi). Tak więc operacja transformacji może występować we wzorcu genetycznym praktycznie na każdej pozycji, nie wnosząc do niego żadnych istotnych zmian. Z tego powodu przyjęto, że operacje T występujące we wzorcu genetycznym będziemy pomijać.

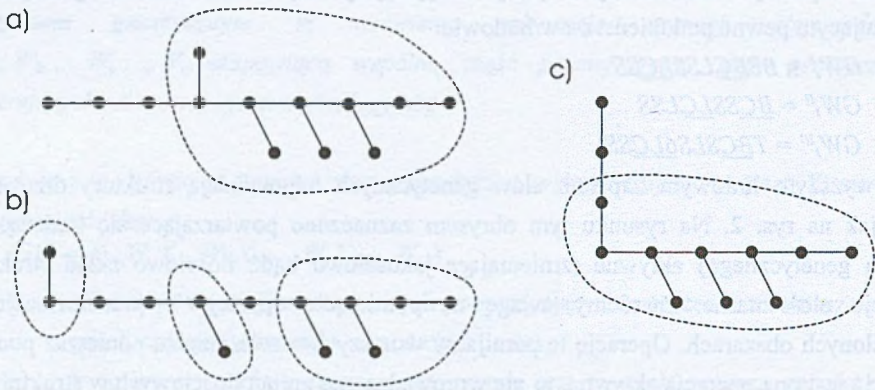


Rys. 2. Struktury słów genetycznych: a)  $GW_1^I$ , b)  $GW_1^{II}$ , c)  $GW_1^{III}$

Fig. 2. Structures of genetic words: a)  $GW_1^I$ , b)  $GW_1^{II}$ , c)  $GW_1^{III}$

Systemy ewolucyjne bazujące na słowach genetycznych:  $GW_1^I$ ,  $GW_1^{II}$  i  $GW_1^{III}$  rozwijają się od postaci początkowej (pojedyncza komórka) przyjmując na pewnych etapach takie postacie struktury, jak pokazano na rys. 3.

Na rysunku zakreślono komórki, które występują w każdej strukturze wygenerowanej za pomocą słowa genetycznego zawierającego przykładowy wzorzec  $W_i$ . Zwróćmy uwagę na fakt, iż nie zawsze tworzą one spójną podstrukturę całości.



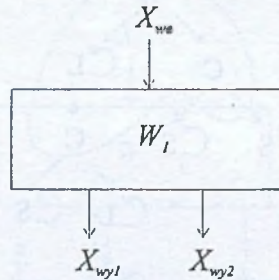
Rys. 3. Struktury systemów ewolucyjnych: a)  $ES_I^I$ , b)  $ES_I^{II}$ , c)  $ES_I^{III}$

Fig. 3. Structures of evolutive systems: a)  $ES_I^I$ , b)  $ES_I^{II}$ , c)  $ES_I^{III}$

Na podstawie analizy przykładowych słów genetycznych możemy stwierdzić, że występuje w nich sekwencja operacji, którą można określić mianem wzorca genetycznego:

$$W_i = BCLC \quad (2)$$

Symbolicznie odpowiada temu wyrażeniu schemat przedstawiony na rys. 4.



Rys. 4. Symboliczne przedstawienie wzorca genetycznego  $W_i$

Fig. 4. Symbol of the genetic pattern  $W_i$

Ogólnie można więc zapisać dla omawianych słów genetycznych formułę:

$$GW = X_{we} BCX_{wy1} LCX_{wy2}, \quad (3)$$

Zauważmy, że operacje elementarne należące do wzorca genetycznego mogą w liniowym zapisie słowa genetycznego być rozdzielone innymi operacjami do tego wzorca nie należącymi. Jest to wynikiem tworzenia zapisu liniowego z zapisu płaskiego (dwuwymiarowego) za pomocą algorytmu przeszukiwania w głąb.

Każde z przykładowych słów można zapisać z wykorzystaniem wzorca genetycznego:

$$a) GW_1 = BSW_{11}LSSW_{12}SS$$

$$b) GW_1 = TW_{11}SSW_{12}LSS$$

$$c) GW_1 = W_{11}SLS(6)W_{12}SS$$

Należy zwrócić uwagę, że w jednym z przykładowych słów genetycznych znajduje się sparametryzowana operacja elementarna. Wpływ parametrów składowych operacji wzorca genetycznego na jego własności zostanie poruszony w dalszej części artykułu.

### 3. Własności wzorców genetycznych

Wzorce genetyczne mogą być zbudowane z różnych kombinacji operacji elementarnych: L, R, B i C. Na skutek tego mogą się one cechować różnymi własnościami. Najogólniej własności możemy podzielić na: statyczne – opisujące budowę wzorca, oraz dynamiczne – opisujące efekty działania operacji elementarnych wchodzących w skład wzorca podczas rozwoju systemu rozwijającego się.

Do własności statycznych możemy zaliczyć:

- liczbę wyjść wzorca,

Do własności dynamicznych zaliczymy:

- czas propagacji,
- wewnętrzną funkcję przyrostu,
- zewnętrzną funkcję przyrostu.

#### 3.1. Liczba wyjść wzorca

Wzorce genetyczne mogą nie mieć żadnego, mogą mieć jedno lub wiele wyjść. Ich liczba uzależniona jest od rodzaju operacji będących składowymi wzorca oraz od występowania sprzężeń zwrotnych. W przypadku gdy wzorec zawiera wyłącznie operacje generacji L i R, wtedy ma jedno wyjście (rys. 5.a). Natomiast, jeśli wszystkie gałęzie wzorca są objęte pętlą sprzężenia zwrotnego, wtedy nie ma on żadnych wyjść (rys. 5.b).

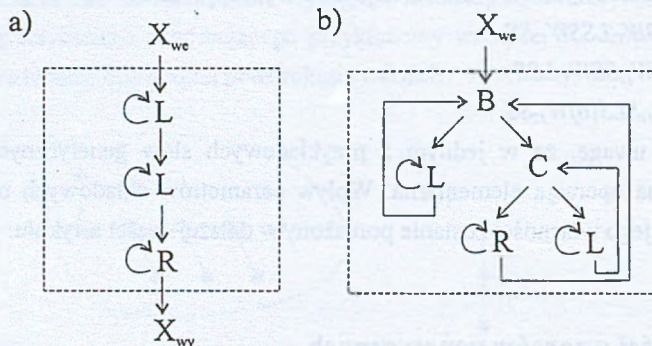
Każda operacja bifurkacji B lub C wchodząca w skład wzorca powoduje, że ma on o jedno wyjście więcej, a każde sprzężenie liczbę wyjść zmniejsza. Tak więc liczbę wyjść wzorca możemy określić jako:

$$n_{wy} = n_b + n_c - l + l, \quad (4)$$

gdzie:  $n_b$  – liczba operacji B,

$n_c$  – liczba operacji C,

$l$  – liczba sprzężeń zwrotnych we wzorcu.



Rys. 5. Symboliczne przedstawienie wzorca genetycznego: a) z jednym wyjściem, b) bez wyjść

Fig. 5. Symbolic presentation of genetic word: a) with one output, b) without outputs

### 3.2. Czas propagacji

Wzorec genetyczny pod względem budowy zewnętrznej (wejścia i wyjścia) przypomina układ elektroniczny. W przypadku układu elektronicznego możemy mówić o czasie potrzebnym do tego, aby sygnał podany na jego wejściu został przetworzony i pojawił się na jego wyjściu. W przypadku wzorca genetycznego możemy mówić o liczbie etapów rozwoju potrzebnych do tego, aby z pojedynczej komórki wejściowej wzorca powstała jedna lub więcej komórek wyjściowych.

#### DEFINICJA 2

*Czasem propagacji  $T_p$  wzorca genetycznego nazwiemy minimalną liczbę etapów rozwoju systemu rozwijającego się potrzebnych do wygenerowania z komórki wejściowej  $x_0$  (wykonuje ona pierwszą operację wzorca) co najmniej jednej komórki wyjściowej ze zbioru  $\{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$ .*

Innymi słowy:  $T_p$  jest to długość najkrótszej ze ścieżek wzorca leżących pomiędzy  $X_{we}$  i jednym z  $X_{wy}$ .

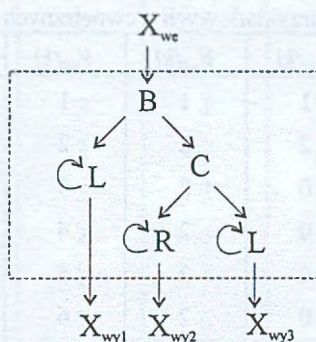
Zakładając, że wzorec genetyczny zbudowany jest z co najmniej jednej operacji elementarnej, czas propagacji musi być większy lub równy 1. Zgodnie z definicją wzorca genetycznego (1) może on posiadać więcej niż jedno wyjście i w zależności od budowy wzorca komórki na tych wyjściach mogą się pojawiać na różnych etapach rozwoju systemu

rozwijającego się. Konieczne jest zatem zdefiniowanie czasu potrzebnego do wygenerowania na każdym z wyjść co najmniej jednej komórki.

### DEFINICJA 3

*Całkowitym czasem propagacji  $T_{pc}$  wzorca genetycznego nazwiemy liczbę etapów rozwoju systemu rozwijającego się potrzebnych do wygenerowania z komórki wejściowej  $x_0$  co najmniej jednej komórki przez każdą z operacji podpiętych do wyjść wzorca.*

Innymi słowy:  $T_{pc}$  jest to długość najdłuższej ze ścieżek wzorca leżących pomiędzy  $X_{we}$  i jednym z  $X_{wy}$ . Przykładem niech będzie wzorec genetyczny pokazany na rys. 6.



Rys. 6. Wzorec genetyczny o własnościach:  $T_p = 2$  i  $T_{pc} = 3$

Fig. 6. Genetic pattern with properties:  $T_p = 2$  and  $T_{pc} = 3$

### 3.3. Wewnętrzna funkcja wzrostu

Wewnętrzna funkcja wzrostu opisuje dynamiczną własność wzorca genetycznego

#### DEFINICJA 4

*Wewnętrzna funkcja wzrostu  $V_w(t)$  to odwzorowanie, w którym numerom etapów rozwoju systemu ewolucyjnego zostaje przyporządkowana liczba komórek wykonujących operacje elementarne należące do wzorca, przy czym za etap początkowy (o numerze 0) przyjmuje się ten dyskretny moment czasu, w którym powstaje pierwsza komórka wykonująca operację należącą do wzorca.*

Weźmy pod uwagę kilka przykładowych, bardzo prostych wzorców genetycznych:

- a)  $W_2 = CCC$
- b)  $W_3 = BLL$

- c)  $W_4 = RL$   
 d)  $W_5 = LLL$   
 e)  $W_6 = [LLL]$

Przyjrzyjmy się zmianom liczby komórek wykonujących operacje elementarne wchodzące w skład poszczególnych wzorców podczas kolejnych  $k$  etapów rozwoju systemu:

- a)  $V_{w2}(k) = 0$ , dla  $k \geq 2$   
 b)  $V_{w3}(k) = 2$ , dla  $k \geq 1$   
 c)  $V_{w4}(k) = k - 1$   
 d)  $V_{w5}(k) = (k^2 + k + 2) / 2$   
 e)  $V_{w6}(k) = 2^k$

Tabela 1

Wartości przykładowych wewnętrznych funkcji wzrostu

$k$	$V_{w2}(k)$	$V_{w3}(k)$	$V_{w4}(k)$	$V_{w5}(k)$	$V_{w6}(k)$
0	1	1	1	1	1
1	2	2	2	2	2
2	0	2	3	4	4
3	0	2	4	7	8
4	0	2	5	11	16
5	0	2	6	16	32
6	0	2	7	22	64
7	0	2	8	29	128

Warto w tym miejscu wspomnieć, że wartości funkcji wzrostu można obliczać stosując nie tylko podejście numeryczne (jak powyżej), lecz również macierzowe i transformatorowe, co zostało dokładnie opisane [1,2].

### 3.4. Zewnętrzna funkcja wzrostu

Kolejną dynamiczną własnością wzorca genetycznego jest zewnętrzna funkcja wzrostu.

#### DEFINICJA 5

Zewnętrzna funkcja wzrostu  $V_z(t)$  to odwzorowanie, w którym numerem etapów rozwoju systemu ewolucyjnego zostaje przyporządkowana liczba komórek generowanych na wyjściach wzorca w danym kwancie czasu, przy czym za etap początkowy (o numerze 0) przyjmuje się ten dyskretny moment czasu, w którym powstaje pierwsza komórka wykonująca operację należącą do wzorca.



Przyjrzyjmy się zmianom liczby nowych komórek, pojawiających się na wyjściu przykładowych wzorców podczas kolejnych  $k$  etapów rozwoju systemu (tabela 2), i opiszmy te zmiany za pomocą funkcji:

- a)  $V_{z2}(k) = 0$ , dla  $k < 2$ ,
- b)  $V_{z3}(k) = 2$ , dla  $k \geq 2$ ,
- c)  $V_{z4}(k) = k - 1$ , dla  $k \geq 2$ ,
- d)  $V_{z5}(k) = (k^2 - 3k + 2) / 2$ , dla  $k \geq 3$
- e)  $V_{z6}(k) = 0$

Tabela 2

Wartości przykładowych zewnętrznych funkcji wzrostu

$k$	$V_{z2}(k)$	$V_{z3}(k)$	$V_{z4}(k)$	$V_{z5}(k)$	$V_{z6}(k)$
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	4	2	1	0	0
3	0	2	2	1	0
4	0	2	3	3	0
5	0	2	4	6	0
6	0	2	5	10	0
7	0	2	6	15	0

Równie ciekawą własnością dynamiczną wzorca jest suma wszystkich liczb wszystkich komórek generowanych na wyjściach wzorca, którą nazwiemy całkowitą zewnętrzną funkcją wzrostu.

#### DEFINICJA 6

*Całkowita zewnętrzna funkcja wzrostu  $V_{zc}(k)$  to odwzorowanie, w którym numerom etapów rozwoju systemu ewolucyjnego zostaje przyporządkowana suma liczby komórek generowanych na wyjściach wzorca począwszy od etapu początkowego, a skończywszy na etapie bieżącym, przy czym za etap początkowy (o numerze 0) przyjmuje się ten dyskretny moment czasu, w którym powstaje pierwsza komórka wykonująca operację należącą do wzorca.*

Aby określić całkowitą zewnętrzną funkcję przyrostu  $V_{zc}(k)$ , należy zsumować liczbę generowanych komórek na wyjściach w każdym etapie rozwoju systemu ewolucyjnego:

$$V_{zc}(k) = \sum_{i=1}^k V_z(i), \quad (5)$$

gdzie:  $k$  – liczba etapów rozwoju, liczona od wykonania pierwszej operacji wzorca.

Tak więc w naszych badanych przykładach wzorców otrzymujemy następujące wyniki:

- a)  $V_{x2}(k) = 4$
- b)  $V_{x3}(k) = 2 * (k - 1)$
- c)  $V_{x4}(k) = (k^2 - k) / 2$
- d)  $V_{x5}(k) = (k^3 - 3k^2 + 2k) / 6$ , dla  $k >= 3$
- e)  $V_{x6}(k) = 0$

### 3.5. Generacja komórek

Na podstawie znajomości różnych funkcji wzrostu wzorce genetyczne możemy podzielić na: dzielniki i generatory.

#### DEFINICJE

7. *Dzielnikiem* nazwiemy taki wzorec genetyczny, dla którego:  $V_i(k)=0$  dla  $k \rightarrow \infty$ .

8. *Generatorem* nazwiemy taki wzorec genetyczny, dla którego:  $V_i(k) < > 0$  dla  $k \rightarrow \infty$ .

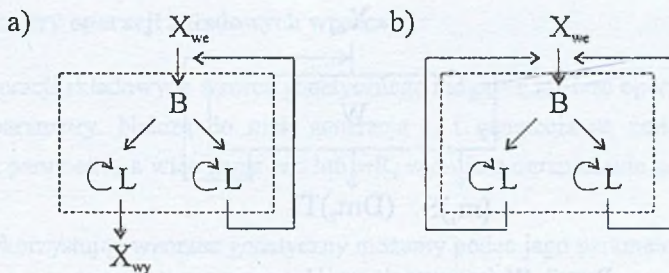
Ze względu na wartości, jakie przyjmuje funkcja  $V_i(k)$  dla  $k \rightarrow \infty$ , generatory możemy podzielić na:

- stałe,
- liniowe,
- wielomianowe,
- wykładnicze.

Ze względu na wartości, jakie przyjmuje funkcja  $V_i(k)$  dla  $k \rightarrow \infty$ , generatory możemy podzielić na:

- skończone – które generują skończoną liczbę komórek na wyjściu (w szczególnym przypadku liczba ta może być równa 0),
- nieskończone – które generują komórki na wyjściu wzorca na każdym etapie  $k$ , dla  $k \rightarrow \infty$ .

Stosując generator nieskończony w słowie genetycznym systemu rozwijającego się, możemy zmienić jego własności wyjściowe stosując zewnętrzną pętlę sprzężenia zwrotnego łączącą wybrane wyjście generatora z wejściem (rys. 7a). Pętla ta jest tożsama z pętlą, która znajdowałaby się wewnątrz wzorca i obejmowała operację znajdującą się przed wyjściem ze wzorca z pierwszą operacją elementarną wzorca. Zamykając w pętlach sprzężeń wszystkie wyjścia generatora nieskończonego można zrealizować generator skończony (rys. 7b).



Rys. 7. Ograniczanie generatora nieskończonego: a) częściowe, b) całkowite  
 Fig. 7. Infinite generator limitation: a) partial, b) total

Tabela przedstawia nam, jak się zmieniają funkcje wzrostu wraz z ograniczaniem generatora nieskończonego.

Tabela 3

Zmiany funkcji wzrostu podczas ograniczania generatora

MG	liczba wyjść	$V_w(k)$	$V_z(k)$
$X_{we}WX_{wy1}X_{wy2}$	2	2	2
$X_{we}[W X_{wy1}]$	1	$V_w(k-1) + V_w(k-2)$	$V_z(k-1) + V_z(k-2)$
$X_{we}[W]$	0	$2^k$	0

## 4. Zastosowanie

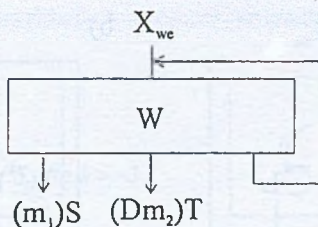
Wzorce genetyczne pełnią funkcję makrodefinicji w programie rozwoju systemu ewolucyjnego. Stosując je upraszczamy fazę tworzenia algorytmu rozwoju systemu. Wzorzec genetyczny może stanowić początkową część słowa genetycznego (wtedy  $X_{we} \in \{\emptyset\}$ ), lub może być poprzedzony sekwencją operacji elementarnych bądź innych wzorców (wtedy  $X_{we} \in \{\emptyset\}$ ). Na dokładniejsze przeanalizowanie zasługują sposoby wykorzystania wyjść wzorca genetycznego oraz skutki sparametryzowania składowych operacji elementarnych.

### 4.1. Wykorzystanie wyjść

Do wyjść wzorca genetycznego (o ile takie są) można przyłączyć dowolne operacje zgodnie z zasadami budowy słowa genetycznego.

Rozpatrzmy najbardziej interesujące przypadki, przedstawione na rys. 8:

- operacja stagnacji,
- operacja transformacji,
- pętla sprzężenia zwrotnego.



Rys. 8. Wykorzystanie wyjść wzorca genetycznego

Fig. 8. Utilization of genetic pattern outputs

W przypadku gdy do wyjścia wzorca genetycznego podpięta jest operacja stagnacji S, komórki będące efektem działania wzorca nie ulegają dalszym przemianom, ani ilościowym, ani jakościowym. Czas życia tych komórek określa parametr  $m$ , [1,2]. W szczególnym przypadku może być on równy wartości 0. Wówczas nowo utworzona komórka natychmiast zaniknie, nie wchodząc w skład struktury systemu ewolucyjnego nawet przez jeden etap jego rozwoju. Parametr  $m$ , może nie być w ogóle podany, wówczas komórka wygenerowana ze wzorca pozostanie w stagnacji przez cały czas rozwoju systemu ewolucyjnego. Przy założeniu że na wszystkich wyjściach wzorca znajduje się operacja S bez parametrów, liczba wszystkich komórek generowanych przez wzorec równa jest sumie komórek generowanych na wyjściu wzorca na każdym etapie rozwoju systemu:

$$V(k) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n V_{zj}(i), \quad (6)$$

gdzie:  $k$  – liczba etapów rozwoju, liczona od wykonania pierwszej operacji wzorca,

$n$  – liczba wyjść wzorca.

Do wyjścia wzorca może być również podpięta operacja transformacji T realizująca przemianę jakościową komórki (z komórki jednego typu w inny). Transformacja ta może przebiegać z opóźnieniem, które określa parametr  $m_2$ . W szczególnym przypadku parametr  $m_2$  może przyjmować wartość równą 0. Powoduje to brak jakiegokolwiek opóźnienia w wykonaniu transformacji, co jest równoważne działaniu operacji T bez podania parametru  $m_2$ . Warto zauważyć, że instrukcja  $(Dm_2)T$  może być wykorzystana w wielowyjściowym wzorcu do opóźnienia dalszego rozwoju komórek pojawiających się na wybranych wyjściach, a w szczególności na wyjściach, gdzie komórki wyjściowe uzyskiwane są szybciej niż na innych. Można doprowadzić więc do wyrównania czasów  $T_p$  i  $T_{pc}$  we wzorcach, w których nie są one sobie równe.

Do szczególnego wykorzystania wyjścia wzorca genetycznego należy również zaliczyć objęcie go pętlą sprzężenia zwrotnego. Efekty takiego postępowania zostały opisane w podrozdziale 3.5.

## 4.2. Parametry operacji składowych wzorca

Wśród operacji składowych wzorca genetycznego mogą się znaleźć operacje elementarne, które mają parametry. Należą do nich generacja L i generacja ze zmianą kierunku R. Zastosowanie parametru, a więc zapis  $mL$  lub  $mR$ , wymusza ograniczenie generacji komórek [1,2].

Zatem wykorzystując wzorec genetyczny możemy podać jego parametry. Wtedy symbol wzorca zapisujemy ogólnie jako:

$$(p_1, p_2, \dots, p_n)W \quad (7)$$

gdzie  $n$  jest sumą  $n_L$  (liczby wystąpień operacji L we wzorcu) i  $n_R$  (liczby wystąpień operacji R). Parametry są przypisywane operacjom składowym wzorca zgodnie z ich kolejnością w zapisie liniowym. Przykładowo sparametryzujmy wzorec  $W$ :

$$(-, 1)W_3,$$

co oznacza:  $W_3 = RIL$ .

Tabela 4

Wartości zewnętrznej funkcji wzrostu dla wzorca  $W_3$ 

$k$	0	1	2	3	4	5	6	7
$V_{z3}(k)$	0	0	1	2	2	2	2	2

Jak można zauważyć:  $V_{z3}(k) = 2$  dla  $k \geq 3$ . Gdybyśmy sparametryzowali również pierwszą operację składową wzorca, to produkcja komórek wyjściowych wzorca zanikłaby po pewnej liczbie etapów. Zauważmy, że dowolny generator w pełni sparametryzowany staje się dzielnikiem.

## 5. Uwagi końcowe

Wprowadzenie pojęcia wzorca genetycznego może ułatwić proces projektowania słowa genetycznego, pod warunkiem że do dyspozycji projektanta jest biblioteka dobrze zdefiniowanych wzorców. Symbole wzorców genetycznych mogą wystąpić w roli makrodefinicji w samym zapisie słów genetycznych. W zapisie strukturalnym (płaskim) będzie to symbol prostokątnego bloczka z jednym wejściem i określoną liczbą wyjść (jak pokazano na rys. 1). Natomiast w zapisie liniowym będzie to określony symbol wraz z listą parametrów wzorca (7). Zastosowanie symbolu wzorca może więc uprościć zapis słowa genetycznego.

Stosowanie określonych wzorców w fazie projektowania słowa genetycznego pozwala przewidzieć właściwości strukturalne systemu ewolucyjnego powstającego w oparciu o to słowo.

Dalsze prace autora będą zmierzały w kierunku zastosowania teorii wzorców genetycznych w fazie projektowania programów mających działać w systemach rozproszonych.

## LITERATURA

1. Węgrzyn S., Gille J.-C., Vidal P.: *Developmental Systems*. Springer-Verlag 1990.
2. Węgrzyn S., Gille J.-C., Vidal P.: *Genetyka procesów rozwoju*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr19, Gliwice 1992.
3. Reingold E. M., Nievergelt J., Deo N.: *Algorytmy kombinatoryczne*. PWN, Warszawa 1985.
4. Dobosz K.: *Własności struktury systemu ewolucyjnego*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Informatyka, z.38, Gliwice 2000, str. 207 - 224.
5. Dobosz K.: *Rozpoznawanie słowa genetycznego systemu rozwijającego się*. *Studia Informatica*, vol.22, no 4 (46), Gliwice 2001, str. 27 - 43.

Recenzent: Dr hab. inż. Mieczysław Kłopotek, Prof. Politechniki Warszawskiej

Wpłynęło do Redakcji 30 czerwca 2002 r.

## Abstract

In the paper the idea of genetic pattern in evolutive systems is introduced. Initially the definition (1) of genetic pattern and its general symbol (fig. 1) are given. It is formulated as a sequence of elementary operations, which can be integral part of genetic words. In the chapter 2, several genetic words basing on the concrete genetic pattern are presented and illustrated with figure 2. Figure 3 shows structures of evolutive systems, which are described by those words. Next in the chapter 3 some properties of genetic patterns are pointed out. Generally they are classified to static properties and dynamic properties. They are discussed and described by proper definitions, figures (fig. 5, 6) and tables (tab. 1, 2). There is also

introduced a conception of divider (def. 7) and generator (def. 8). The divider is a genetic pattern, which makes a genetic word able to produced limited number of cells in the unlimited time. The generator is a genetic pattern, which makes a genetic word able to produced cells during all of the develop stages. Chapter 4 describes how to use patterns outputs and shows influence of patterns parameters.

## Adres

Krzysztof DOBOSZ: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16, 44-101 Gliwice, Polska, [kdobosz@star.iinf.polsl.gliwice.pl](mailto:kdobosz@star.iinf.polsl.gliwice.pl).