

Wymiany głosek, wstawianie i usuwanie głosek oraz odpowiadające im operacje na pisowni wyrazów modelowane są przez reguły. Reguły:

- fonologiczne — dotyczą operacji na głoskach
- ortograficzne — dotyczą operacji na literach

Często jednak używamy nazwy „reguły fonologiczne” w kontekście przetwarzania języka pisanego.

Łączenie reguł — rodzaje reguł

Dwa ogólne typy reguł:

- szeregowo — tradycyjne
- równoległe — dwupoziomowe

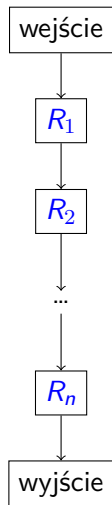
Szeregowo:

- na początku lat 70-tych Douglas C. Johnson — automaty Mealy'ego
- początek lat 80-tych — Kaplan & Kay
- wymagały dużo pamięci przy analizie/syntezie słowa

Równoległe:

- na początku lat 80-tych Kimmo Koskenniemi
- wymagały mało pamięci przy analizie/syntezie słowa

Obecnie reguły stosuje się na etapie budowy słownika.



- wyjście jednej reguły jest wejściem następniej
- $\phi \rightarrow \psi / \lambda \text{ — } \rho$, gdzie
- ϕ to tekst na wejściu podlegający zamianie
- ψ to tekst, który zastąpi ϕ
- λ to lewy kontekst
- — to miejsce zamiany
- ρ to prawy kontekst
- ϕ , ψ , λ i ρ odwołują się wyłącznie do tekstu na wejściu danej reguły.
- ϕ , ψ , λ i ρ mogą odwoływać się do cech głosek zamiast reprezentować konkretne ciągi liter
- ϕ lub ψ mogą być symbolem pustym, co pozwala na wstawianie i usuwanie (zmianę długości tekstu)
- λ i ρ mogą być wyrażeniami regularnymi

Kontekst reguły może ulec zmianie w wyniku jej zastosowania w innym miejscu. Jedna reguła może być wykonana na kilka sposobów. Ze względu na obowiązkowość reguły:

- obowiązkowo
- nieobowiązkowo

ze względu na kierunek i wpływ innych wykonań:

- od lewej do prawej
- od prawej do lewej
- równoległe
- wsadowo (jednocześnie grupa reguł)

Reguły szeregowo

Rozważmy wykonanie od lewej do prawej reguły obowiązkowej
 $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94):

① a b a b a b a b a b a

Od prawej do lewej:

① a b a b a b a b a b a

Równolegle:

① a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy wykonanie od lewej do prawej reguły obowiązkowej
 $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94):

① a b a b a b a b a b a

② a b b b a b a b a b a

Od prawej do lewej:

① a b a b a b a b a b a

Równolegle:

① a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy wykonanie od lewej do prawej reguły obowiązkowej
 $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94):

① a b a b a b a b a b a

② a b b b a b a b a b a

③ a b b b a b b b a b a

Od prawej do lewej:

① a b a b a b a b a b a

Równolegle:

① a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy wykonanie od lewej do prawej reguły obowiązkowej
 $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94):

① a b a b a b a b a b a

② a b b b a b a b a b a

③ a b b b a b b b a b a

Od prawej do lewej:

① a b a b a b a b a b a

② a b a b a b a b b b a

Równolegle:

① a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy wykonanie od lewej do prawej reguły obowiązkowej
 $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94):

① a b a b a b a b a b a

② a b b b a b a b a b a

③ a b b b a b b b a b a

Od prawej do lewej:

① a b a b a b a b a b a

② a b a b a b a b b b a

③ a b a b b b a b b b a

Równolegle:

① a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy wykonanie od lewej do prawej reguły obowiązkowej
 $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94):

① a b a b a b a b a b a

② a b b b a b a b a b a

③ a b b b a b b b a b a

Od prawej do lewej:

① a b a b a b a b a b a

② a b a b a b a b b b a

③ a b a b b b a b b b a

Równolegle:

① a b a b a b a b a b a

② a b b b b b b b b b a

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od lewej do prawej |
- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od prawej do lewej |
- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – równolegle |

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a |

 b a b a b a – od lewej do prawej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – od prawej do lewej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – równolegle

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a |
| a | b | b | b | a |

 b a b a b a – od lewej do prawej
- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a |

 b a b a b a – od prawej do lewej
- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a |

 b a b a b a – równolegle

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | b | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – od lewej do prawej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – od prawej do lewej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – równolegle

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od lewej do prawej |
| | a | b | b | b | a | b | a | b | a | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od prawej do lewej |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – równoległe |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od lewej do prawej |
| | a | b | b | b | a | b | b | b | a | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od prawej do lewej |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – równolegle |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| | a | b | b | b | a | b | b | a | b | a | a |




– od lewej do prawej
- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

– od prawej do lewej
- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

– równolegle

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

-  a b a b a b a b a b a – od lewej do prawej
a b b b a b b b a b a
-  a b a b a b a b a b a – od prawej do lewej
a b a b a b a b a b a
-  a b a b a b a b a b a – równolegle
a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- a b a b a b a b a b a – od lewej do prawej
a b b b a b b b a b a
- a b a b a b a b a b a – od prawej do lewej
a b a b a b a b a b a
- a b a b a b a b a b a – równoległe
a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- a b a b a b a b a b a – od lewej do prawej
a b b b a b b b a b a
- a b a b a b a b a b a – od prawej do lewej
a b a b a b a b a b a
- a b a b a b a b a b a – równoległe
a b a b a b a b a b a

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od lewej do prawej |
| | a | b | b | b | a | b | b | b | a | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od prawej do lewej |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – równolegle |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od lewej do prawej |
| | a | b | b | b | a | b | b | b | a | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – od prawej do lewej |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | b | b | a | |
- | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| • | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | – równoległe |
| | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a | |

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | b | b | a | b | b | b | a | b | a |

 – od lewej do prawej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | b | b | a | b | b | b | a |

 – od prawej do lewej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – równolegle

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | b | b | a | b | b | b | a | b | a |

 – od lewej do prawej
- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | b |

b	a	b	a	b	a
b	a	b	b	b	a

 – od prawej do lewej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – równolegle

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | b | b | a | b | b | b | a | b | a |

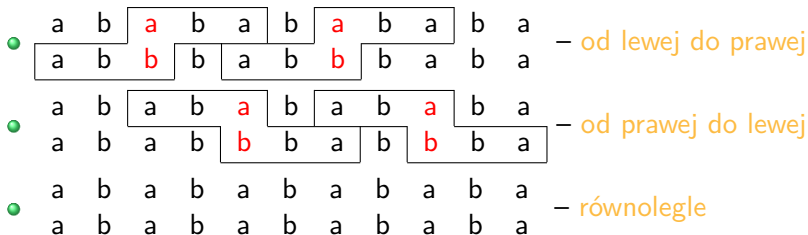
 – od lewej do prawej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | b | b | a | b | b | b | a |

 – od prawej do lewej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |

 – równolegle

Reguły szeregowo

Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:



Reguły szeregowo

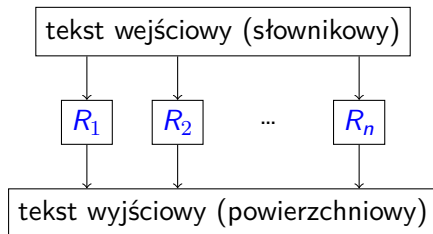
Rozważmy ponownie wykonanie reguły obowiązkowej $a \rightarrow b/ab_ba$ (przykład z KK'94) rozpatrując reguły jako relacje między wejściem i wyjściem:

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | b | b | a | b | b | b | a | b | a |

 – od lewej do prawej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | a | b | b | b | a | b | b | b | a |

 – od prawej do lewej
- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | a |
| a | b | b | b | b | b | b | b | b | b | a |

 – równolegle



- reguły **morfologii dwupoziomowej** określają relacje między parami symboli z wejścia i wyjścia
- wszystkie reguły działają jednocześnie
- reguły mają postać $a:b \text{ op } LC \text{ — } RC$, gdzie op to operator
- LC i RC to relacje regularne (wyrażenia regularne nad parami symboli)
- w relacji $a:b$ albo a albo b może być puste (ϵ)

Operatory w morfologii dwupoziomowej

Operatory określają sposób stosowania reguł $a:b$ op LC — RC:

- ⊄ - **wyłączenie** (ang. *exclusion*) – a nie może być zrealizowane jako b w kontekście LC — RC.
- ⇒ - **zawężenie kontekstu** (ang. *context restriction*) – a może być zrealizowane jako b tylko w podanym kontekście i w żadnym innym.
- ⇐ - **wymuszenie formy powierzchniowej** (ang. *surface coercion*) – a musi być zrealizowane jako b w podanym kontekście.
- ⇔ - **złożenie** (ang. *composite*) – jednocześnie zachodzą dwa powyższe warunki.

Reguły określają **relacje** pomiędzy formą głęboką a formą powierzchniową.

Operatory w morfologii dwupoziomowej

Operatory określają sposób stosowania reguł $a:b$ op $LC \text{ — } RC$:

\nexists – **nigdy**

a nigdy nie jest zrealizowane jako b w kontekście $LC \text{ — } RC$.

\Rightarrow – **tylko ale nie zawsze**

a może być zrealizowane jako b tylko w podanym kontekście.

a nie może być zrealizowane jako b w żadnym innym kontekście. Jeśli $a:b$ to musi to wystąpić w $LC \text{ — } RC$. $a:\neg b$ w kontekście $LC \text{ — } RC$ nie jest dozwolone.

\Leftarrow – **zawsze ale nie tylko**

a jest zawsze realizowane jako b w podanym kontekście. $a:\neg b$ nie jest dozwolone w podanym kontekście. Jeśli a jest w kontekście $LC \text{ — } RC$, to musi być zastąpione przez b .

\Leftrightarrow – **zawsze i tylko**

$a:b$ musi być wystąpić w podanym kontekście i nie występuje nigdzie indziej.

Operatory w morfologii dwupoziomowej

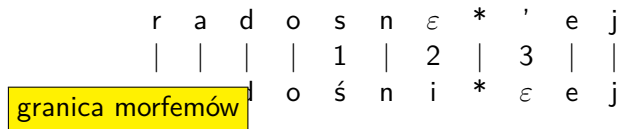
Czy a		Czy reguła $a:b$ op $x \text{ — } y$ jest spełniona?			
jest zastąpione przez b ?	jest w kontekście $x \text{ — } y$?	\nrightarrow	\Rightarrow	\Leftarrow	\Leftrightarrow
T	T	N	T	T	T
T	N	T	N	T	N
N	T	T	T	N	N
N	N	T	T	T	T

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

r	a	d	o	s	n	ε	*	'	e	j
				1		2		3		
r	a	d	o	ś	n	i	*	ε	e	j

- 1 $s:ś \Leftrightarrow _ n \varepsilon:i * ':ε V_{\gamma}$
- 2 $\varepsilon:i \Leftrightarrow C_{bmnp\text{sw}} _ * ':ε V_{\gamma}$
- 3 $':ε \Leftrightarrow \varepsilon:i * _ V_{\gamma}$

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

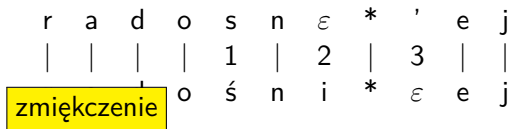


① $s:ś \Leftrightarrow _ n \epsilon:i * ':ε V_{\gamma}$

② $\epsilon:i \Leftrightarrow C_{bmnp\text{sw}} _ * ':ε V_{\gamma}$

③ $':ε \Leftrightarrow \epsilon:i * _ V_{\gamma}$

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

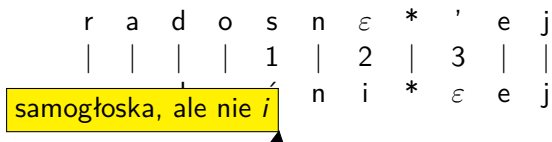


① s:ś ⇔ — n ε:i * ':ε V_γ

② ε:i ⇔ C_{bmnp_sw} — * ':ε V_γ

③ ':ε ⇔ ε:i * — V_γ

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej



- ① s:ś ⇔ — n ε:i * ':ε V_γ
- ② ε:i ⇔ C_{bmnp^sw} — * ':ε V_γ
- ③ ':ε ⇔ ε:i * — V_γ

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

r	a	d	o	s	n	ε	*	'	e	j
				1		2		3		
r	a	d	o	ś	n	i	*	ε	e	j

jedna z podanych spółgłosek

- 1 $s:ś \Leftrightarrow _ n \epsilon:i \ * \ ':\epsilon \ V_{\gamma}$
- 2 $\epsilon:i \Leftrightarrow C_{bmnp\text{sw}} _ \ * \ ':\epsilon \ V_{\gamma}$
- 3 $':\epsilon \Leftrightarrow \epsilon:i \ * \ _ \ V_{\gamma}$

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

r	a	d	o	s	n	ε	*	'	e	j
				1		2		3		
r	a	d	o	ś	n	i	*	ε	e	j

- ① $s:ś \Leftrightarrow _ n \epsilon:i * ':ε V_{\gamma}$
- ② $\epsilon:i \Leftrightarrow C_{bmnp\text{sw}} _ * ':ε V_{\gamma}$
- ③ $':ε \Leftrightarrow \epsilon:i * _ V_{\gamma}$

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

r	a	d	o	s	n	ε	*	'	e	j
				1		2		3		
r	a	d	o	ś	n	i	*	ε	e	j

- ① $s:ś \Leftrightarrow _ n \varepsilon:i * ': \varepsilon V_j$
- ② $\varepsilon:i \Leftrightarrow C_{bmnpw} _ * ': \varepsilon V_j$
- ③ $': \varepsilon \Leftrightarrow \varepsilon:i * _ V_j$

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

r	a	d	o	s	n	ε	*	'	e	j
				1		2		3		
r	a	d	o	ś	n	i	*	ε	e	j

- ① $s:ś \Leftrightarrow _ n \varepsilon:i * ': \varepsilon V_j$
- ② $\varepsilon:i \Leftrightarrow C_{bmnp\text{sw}} _ * ': \varepsilon V_j$
- ③ $': \varepsilon \Leftrightarrow \varepsilon:i * _ V_j$

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

Spróbujmy przekształcić sekwencję tradycyjnych reguł w zespół reguł morfologii dwupoziomowej:

Tradycyjne reguły

(1) $a \rightarrow b / x _ y$

(2) $a \rightarrow c / x _$

Morfologia dwupoziomowa

(1') $a:b \Leftrightarrow x _ y$

(2') $a:c \Leftrightarrow x _$

Tak sformułowane reguły morfologii dwupoziomowej są niepoprawne. \Leftrightarrow oznacza jednocześnie \Leftarrow i \Rightarrow . Ponieważ \Leftrightarrow oznacza, że reguła **musi** być zastosowana w danym kontekście, obie reguły nie mogą być zastosowane jednocześnie i są sprzeczne.

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

Spróbujmy przekształcić sekwencję tradycyjnych reguł w zespół reguł morfologii dwupoziomowej:

Tradycyjne reguły

(1) $a \rightarrow b / x _ y$

(2) $a \rightarrow c / x _$

Morfologia dwupoziomowa

(1') $a:b \Leftrightarrow x _ y$

(2') $a:[b|c] \Leftarrow x _$

(3') $a:c \Rightarrow x _$

Tak sformułowane reguły morfologii dwupoziomowej są poprawne. Pierwsza reguła oznacza, że w kontekście x i y możliwa jest tylko zamiana a na b lub c . Druga reguła oznacza, że a musi być zrealizowane jako b lub c przy lewym kontekście x . Trzecia reguła oznacza, że a może być zrealizowane jako c tylko w podanym kontekście i żadnym innym.

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

Spróbujemy przekształcić sekwencję tradycyjnych reguł w zespół reguł morfologii dwupoziomowej:

Tradycyjne reguły

- (1) $a \rightarrow b / x _ y$
- (2) $a \rightarrow c / x _ _$

Morfologia dwupoziomowa

- (1') $a:b \Leftrightarrow x _ y$
- (2') $a:[b|c] \Leftarrow x _ _$
- (3') $a:c \Rightarrow x _ _$

Jeśli na wejściu mamy xay , to na wyjściu otrzymamy xby . (1') jest spełniona, bo zgadza się kontekst i symbol do zamiany, (2') jest spełniona, bo zgadza się kontekst i symbol do zamiany, (3') zgadza się, bo zamiana $a:c$ mogła wystąpić tylko przy lewym kontekście x , ale nie wystąpiła ze względu na (1').

Współdziałanie reguł w morfologii dwupoziomowej

Spróbujmy przekształcić sekwencję tradycyjnych reguł w zespół reguł morfologii dwupoziomowej:

Tradycyjne reguły

(1) $a \rightarrow b / x _ y$

(2) $a \rightarrow c / x _$

Morfologia dwupoziomowa

(1') $a:b \Leftrightarrow x _ y$

(2') $a:[b|c] \Leftarrow x _$

(3') $a:c \Rightarrow x _$

Jeśli na wejściu mamy *xaz*, to na wyjściu otrzymamy *xcz*. (1') jest spełniona, bo nie zgadza się kontekst, (2') jest spełniona, bo zgadza się kontekst i symbol do zamiany, (3') jest spełniona, bo zamiana *a:c* mogła wystąpić tylko przy lewym kontekście *x*, a zamiana na *b* nie jest możliwa.

Obszerne omówienie realizacji można znaleźć w literaturze. Ponieważ są to trudne zagadnienia, pomoc w ich zrozumieniu może narzędzie. Darmowy program **fsa**, którego autorem jest Gertjan van Noord z Rijksuniversiteit Groningen, pozwala na realizację wyrażeń regularnych i relacji regularnych za pomocą różnego typu automatów. Wśród przykładów znajdują się reguły fonologiczne. Program można znaleźć pod adresem:

<http://odur.let.rug.nl/~vannoord/Fsa/fsa.html>

- Ronald M. Kaplan, Martin Kay, *Regular Models of Phonological Rule Systems*, Computational Linguistics 20(3), September 1994. Dostępny pod adresem:
<http://acl.ldc.upenn.edu/J/J94/J94-3001.pdf>
- Richard Sproat, *Morphology and Computation*, MIT Press, 1992.
- Graeme D. Ritchie, Graham J. Russell, Alan W. Black, Stephen G. Pulman, *Computational Morphology*, MIT Press, 1992.
- Evan L. Antworth, *User's Guide to PC-KIMMO Version 2*, SIL International, 1995-2000. Dokument dostępny pod adresem:
<http://www.sil.org/pckimmo/v2/doc/guide.html>.

- Lauri Karttunen, Kenneth R. Beesley, *A Short History of Two-Level Morphology*, Twenty Years of Two-Level Morphology, ESSLLI 2001, Helsinki, 2001. Dokument dostępny pod adresem:
<http://www.helsinki.fi/esslli/evening/20years/twol-history.pdf>.
- Lauri Karttunen, *The Replace Operator*, 33rd Meeting of the Association for Computational Linguistics, 1995. Dokument dostępny pod adresem:
<http://www.aclweb.org/anthology-new/P/P95/P95-1003.pdf>
- Lauri Karttunen, *Directed Replacement*, 34th Meeting of the Association for Computational Linguistics, 1996. Dokument dostępny pod adresem:
<http://www.aclweb.org/anthology-new/P/P96/P96-1015.pdf>.