

# O (neo)psychologizm w ontologii

Paweł Garbacz

Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II

6 kwietnia 2013

# Manifest meta-ontologiczny

*An ontology is an explicit specification of a conceptualization. The term is borrowed from philosophy, where an ontology is a systematic account of Existence. For knowledge-based systems, what “exists” is exactly that which can be represented.[Gruber, 1993, s. 199-200]*

*An ontology is an explicit specification of a conceptualization. The term is borrowed from philosophy, where an ontology is a systematic account of Existence. For knowledge-based systems, what “exists” is exactly that which can be represented.[Gruber, 1993, s. 199-200]*

*An ontology is a formal specification of a shared conceptualization.[Borst, 1997, s. 12]*

*An ontology is an explicit specification of a **conceptualization**. The term is borrowed from philosophy, where an ontology is a systematic account of Existence. For knowledge-based systems, what “exists” is exactly that which can be represented.[Gruber, 1993, s. 199-200]*

*An ontology is a formal specification of a shared conceptualization.[Borst, 1997, s. 12]*

*An ontology is an explicit specification of a conceptualization. The term is borrowed from philosophy, where an ontology is a systematic account of Existence. For knowledge-based systems, what “exists” is exactly that which can be **represented**. [Gruber, 1993, s. 199-200]*

*An ontology is a formal specification of a shared conceptualization. [Borst, 1997, s. 12]*

*An ontology is an explicit specification of a conceptualization. The term is borrowed from philosophy, where an ontology is a systematic account of Existence. For knowledge-based systems, what “exists” is exactly that which can be represented.[Gruber, 1993, s. 199-200]*

*An ontology is a formal specification of a **shared** conceptualization.[Borst, 1997, s. 12]*

*Knowledge representation is a multidisciplinary subject that applies theories and techniques from three fields*

- 1 *Logic provides the formal structure and rules of inference.*
- 2 *Ontology defines the kinds of things that exist in the application domain.*
- 3 *Computation supports the applications that distinguish knowledge representation from pure philosophy.*

*[Sowa, 2000, s. XI-XII]*



Z powrotem do pojęć!

# Dodatkowe założenia metodologiczne

- Konceptualizacja składa się z pojęć.
- Niektóre konceptualizacje są żywione przez ludzkie umysły.
- Niektórzy ludzie nie zmieniają żywionych przez siebie konceptualizacji.

# Psychologiczne teorie pojęć

- ① teorie klasyczne
- ② teorie nieklasyczne
  - teorie oparte na idei prototypu (*prototype theory*)
  - teorie oparte na idei egzemplarza (*exemplar theory*)
  - teorie oparte na idei teorii (wiedzy) (*'theory' theory*)

# Kluczowe tezy klasycznych teorii pojęć

# Kluczowe tezy klasycznych teorii pojęć

- 1 Denotacja pojęcia jest zbiorem (w sensie teorii mnogości ZF).
  - Denotacja większości pojęć jest zbiorem ur-elementów lub  $\emptyset$ .
- 2 Pojęcie posiadają treść charakterystyczną.

*Otóż treść charakterystyczna nazwy  $N$  [...] jest to jakkolwiek zbiór cech  $T$  taki, że każdy desygnat nazwy  $N$  posiada każdą z cech ze zbioru  $T$  i tylko desygnaty nazwy  $N$  posiadają każdą z cech zbioru  $T$ . [Ajdukiewicz, 1953, s. 50]*

- 3 Relacja podpadania pod pojęcie może być reprezentowana przez  $\in$  (w sensie ZF).

$$x \in A \vee x \notin A$$

# Kluczowe tezy teorii opartych na idei prototypu



# Kluczowe tezy teorii opartych na idei prototypu

- 1 Pojęcia są jednoznacznie scharakteryzowane przez listę własności (prototyp).
- 2 Każda własność w prototypie posiada “wagę”, która określa, jak istotna jest ta własność dla tego pojęcia.
- 3 Przedmiot podpada pod pojęcie w stopniu wyznaczonym przez sumę wag własności prototypowych, które posiada.
  - istnieje pewien minimalny próg, który musi przekroczyć suma wag, aby przedmiot podpadał pod pojęcie
  - nie musi istnieć własność, którą posiadają wszystkie przedmioty, które podpadają pod jedno pojęcie.

# Kluczowe tezy teorii opartych na idei egzemplarza

# Kluczowe tezy teorii opartych na idei egzemplarza

- 1 Pojęcia są jednoznacznie scharakteryzowane przez swoją denotację.
- 2 Denotacja jest kolekcją przedmiotów, które są powiązane relacją podobieństwa.
  - kolekcja = krąg podobieństwa w sensie R. Carnapa koncepcji quasi-analizy
- 3 Relacja podobieństwa jest “złożeniem” względnych relacji podobieństwa, tj. podobieństwa ze względu na pewien aspekt (własność)
  - każda relacja względna posiada “wagę”
  - każda relacja względna posiada wartość
  - złożenie relacji względnych = kombinacja (niekoniecznie liniowa!) relacji względnych
- 4 Relacja podobieństwa nie jest przechodnia ani symetryczna.

# Kluczowe tezy teorii opartych na idei teorii

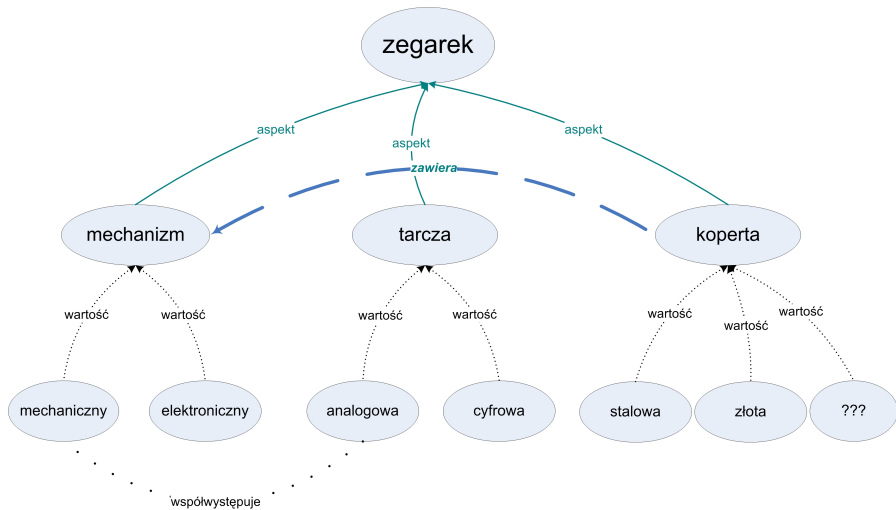
- 1 Pojęcia są scharakteryzowane przez wiedzę, której są częścią.
- 2 Wiedza dotyczy współwystępowania własności przedmiotów podpadających pod pojęcie.
- 3 Funkcje wiedzy w kontekście “cyklu życia” pojęć:
  - wiedza dostarcza “kandydatów” na komponenty pojęć
  - wiedzy wspomaga proces uczenia pojęć
  - wiedza kieruje procesami kategoryzacji
  - wiedza kieruje rozumowaniami indukcyjnymi

# L. Barsalou koncepcja ram(ek)

# L. Barsalou koncepcja ram(ek)

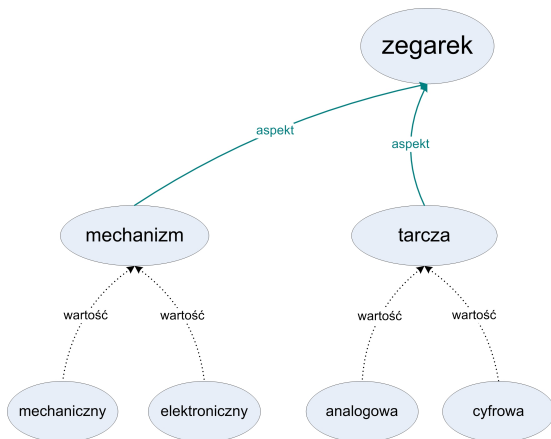
- [Barsalou, 1992], [Barsalou et al., 1993], [Barsalou, 1993, p. 31]
- rama (*frame*)
  - 1 zbiór własności
  - 2 dla każdej własności, zbiór wartości
  - 3 zbiór relacji między własnościami
  - 4 zbiór relacji między wartościami

# L. Barsalou koncepcja ram (2)





# L. Barsalou koncepcja ram (2)



# L. Barsalou koncepcja ram (3)

## L. Barsalou koncepcja ram (3)

- każda rama charakteryzuje dokładnie jedno pojęcie
- każde pojęcie ma przynajmniej jedną ramę, która je charakteryzuje
  - większość (wszystkie) pojęcia mają więcej niż jedną ramę, która je charakteryzuje
  - ramy dla jednego pojęcia tworzą półkratę górną (z “jedynek”) ze względu na relację zawierania
- każdy komponent każdej ramy ma ramę, która go charakteryzuje, np.

*People's knowledge of house contains an attribute for 'location'. In turn, an attribute of a house's location is its convenience. In turn, an attribute of convenience (for a house's location) is its 'proximity to employment'. In turn, an attribute of proximity to employment is 'driving duration'. In turn, an attribute of driving duration is 'traffic conditions'. [Barsalou, 1991, s. 133]*

# Rozszerzenie L. Barsalou koncepcji ram

- $f(c)$  = rama  $f$  charakteryzuje pojęcie  $c$
- $f(o)$  = przedmiot  $o$  spełnia ramę  $f$
- $c(o)$  = przedmiot  $o$  egzemplifikuje pojęcie  $c$

$f(o)$  wtw dla każdego atrybutu ramy  $f$  istnieje (w  $f$ ) taka wartość  $c$  tego atrybutu, że  $c(o)$ .

$c(o)$  wtw dla pewnej ramy  $f$ , takiej że  $f(c)$ , zachodzi to, że  $f(o)$ .

$$\forall f[f(c_1) \equiv f(c_2)] \rightarrow c_1 = c_2$$

- inne rozumienie relacji egzemplifikacji (*instantiation*)
  - warunki zachodzenia
    - 1 jeżeli przedmiot  $o$  spełnia ramę  $f_n$  dla pojęcia  $c$ , to  $o$  egzemplifikuje  $c$
    - 2 jeżeli przedmiot  $o$  egzemplifikuje pojęcie  $c$ , to  $o$  spełnia jakąś ramę  $f_n$  dla  $c$
  - stopniowalność
    - $f(o, c) = f(o)$  i  $f(c)$  i dla każdej ramy  $f' \neq f$  takiej, że  $f'(c)$  i  $f$  jest zawarta w  $f'$ ,  $\neg f'(o)$
    - przedmiot  $o_1$  egzemplifikuje pojęcie  $c$  w większym stopniu niż  $o_2$  wtw jeżeli  $f_2(o_2, c)$  i  $f_1(o_1, c)$ , to  $f_2$  jest zawarta w  $f_1$
- inne rozumienie relacji subsumpcji
  - warunki zachodzenia

pojęcie  $c_1$  jest *podrzędne względem* pojęcia  $c_2$  wtw dla każdej ramy  $f_1$ , takiej że  $f_1(c_1)$ , istnieje taka rama  $f_2$ , że  $f_2(c_2)$  i  $f_2$  jest zawarta w  $f_1$
  - wniosek:

Jeżeli  $c_1$  jest podrzędne względem  $c_2$ , to każdy przedmiot, który podpada pod  $c_1$ , podpada również pod  $c_2$

Dziękuję za uwagę!

- podobieństwa
  - ① ramy
  - ② ramy mają atrybuty, których wartościami są pojęcia
- różnice
  - ① LB odróżnia pojęcia od ram: wartościami ram są pojęcia
  - ② LB umieszcza dwa rodzaje relacji w ramach
  - ③ LB traktuje każdy komponent ramy jako pojęcie
  - ④ LB dopuszcza możliwość *there are frames all the way down*
  - ⑤ MM wyróżnia dwa rodzaje atrybutów: subsumpcję i egzemplifikację



# Formalna teoria ram – język

- 1 rodzina Common Logic – see [Menzel, 2011]
- 2 ISO standard [ISO, 2007]
- 3 liberalna (ontologicznie!) logika:

- ① rodzina Common Logic – see [Menzel, 2011]
- ② ISO standard [ISO, 2007]
- ③ liberalna (ontologicznie!) logika:
  - żaden predykat i symbol funkcyjny nie ma ustalonej arności
  - nie ma rozróżnienia na zmienne i stałe
  - nie ma rozróżnienia na nazwy i funktory (predykaty i symbole funkcyjne)
  - nowa kategoria syntaktyczna: ... - znacznik sekwencji

# Formalna teoria ram – język (2)

`object ::= o | on`

# Formalna teoria ram – język (2)

object ::=  $o$  |  $o_n$

concept ::=  $c$  |  $c_n$

## Formalna teoria ram – język (2)

`object ::= o | on`

`concept ::= c | cn`

`frame ::= f | fn`

## Formalna teoria ram – język (2)

$\text{object} ::= o \mid o_n$

$\text{concept} ::= c \mid c_n$

$\text{frame} ::= f \mid f_n$

$\text{term} ::= \text{object} \mid \text{concept} \mid \text{frame}$



# Formalna teoria ram – język (2)

object ::=  $o$  |  $o_n$

concept ::=  $c$  |  $c_n$

frame ::=  $f$  |  $f_n$

term ::= object | concept | frame

term\_seq ::= term | ... | term\_seq , [term, ...]

# Formalna teoria ram – język (2)

$\text{object} ::= o \mid o_n$

$\text{concept} ::= c \mid c_n$

$\text{frame} ::= f \mid f_n$

$\text{term} ::= \text{object} \mid \text{concept} \mid \text{frame}$

$\text{term\_seq} ::= \text{term} \mid \dots \mid \text{term\_seq}, [\text{term}, \dots]$

$\text{const\_pred} ::= \text{Attr} \mid \text{Val} \mid \text{Inv} \mid \text{Constr}$

## Formalna teoria ram – język (2)

object ::=  $o$  |  $o_n$

concept ::=  $c$  |  $c_n$

frame ::=  $f$  |  $f_n$

term ::= object | concept | frame

term\_seq ::= term | ... | term\_seq , [term, ...]

const\_pred ::= Attr | Val | Inv | Constr

pred ::= term | const\_pred

# Formalna teoria ram(ek) – język (3)

# Formalna teoria ram(ek) – język (3)

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_{\text{boolean}} \mid \psi_{=} \mid \psi_{\mathbf{q}}$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_{\text{boolean}} \mid \psi_{=} \mid \psi_{\mathbf{q}}$$
$$\psi_0 ::= \text{pred}(\text{term\_seq})$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_{\text{boolean}} \mid \psi_{=} \mid \psi_{\mathbf{q}}$$

$$\psi_0 ::= \text{pred}(\text{term\_seq})$$

$$\psi_{\text{boolean}} ::= \neg\psi \mid \psi \wedge \psi \mid \psi \vee \psi \mid \psi \rightarrow \psi \mid \psi \equiv \psi$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_{\text{boolean}} \mid \psi_{=} \mid \psi_{\mathbf{q}}$$

$$\psi_0 ::= \text{pred}(\text{term\_seq})$$

$$\psi_{\text{boolean}} ::= \neg\psi \mid \psi \wedge \psi \mid \psi \vee \psi \mid \psi \rightarrow \psi \mid \psi \equiv \psi$$

$$\psi_{=} ::= \text{term} = \text{term}$$



$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_{\text{boolean}} \mid \psi_{=} \mid \psi_q$$

$$\psi_0 ::= \text{pred}(\text{term\_seq})$$

$$\psi_{\text{boolean}} ::= \neg\psi \mid \psi \wedge \psi \mid \psi \vee \psi \mid \psi \rightarrow \psi \mid \psi \equiv \psi$$

$$\psi_{=} ::= \text{term} = \text{term}$$

$$\psi_q ::= \forall \text{term\_seq } \psi \mid \exists \text{term\_seq } \psi$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_{\text{boolean}} \mid \psi_{=} \mid \psi_q$$

$$\psi_0 ::= \text{pred}(\text{term\_seq})$$

$$\psi_{\text{boolean}} ::= \neg\psi \mid \psi \wedge \psi \mid \psi \vee \psi \mid \psi \rightarrow \psi \mid \psi \equiv \psi$$

$$\psi_{=} ::= \text{term} = \text{term}$$

$$\psi_q ::= \forall \text{term\_seq } \psi \mid \exists \text{term\_seq } \psi$$

# Formalna teoria ram – język (4)

- $c(o)$  – przedmiot  $o$  podpada pod pojęcie  $c$
- $f(c)$  – rama  $f$  reprezentuje pojęcie  $c$
- $f(o)$  – przedmiot  $o$  spełnia ramę  $f$
- $c(c_1, c_2)$  – pojęcie  $c$  wiąże pojęcia  $c_1$  and  $c_2$
- $\text{Attr}(f, c)$  –  $c$  jest atrybutem ramy  $f$
- $\text{Val}(f, c_1, c_2)$  – w ramie  $f$  pojęcie  $c_1$  jest wartością  $c_2$
- $\text{Inv}(f, c_1, c_2, c_3)$  – pojęcie  $c_1$  wiąże atrybuty  $c_2$  i  $c_3$  w ramie  $f$
- $\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3)$  – pojęcie  $c_1$  wiąże wartości  $c_2$  and  $c_3$  w ramie  $f$



$$f(c) \rightarrow \neg c(c_1) \wedge \neg f_1(f) \quad (1)$$

$$f(c_1) \wedge f(c_2) \rightarrow c_1 = c_2 \quad (2)$$

$$\exists c f(c) \quad (3)$$

# Formalna teoria ram – aksjomaty (2)

$$f(c) \rightarrow \exists c_1 \text{ Attr}(f, c_1) \quad (4)$$

$$f(c) \rightarrow \neg \text{Attr}(f, c) \quad (5)$$



# Formalna teoria ram – aksjomaty (3)

$$\text{Val}(f, c_1, c_2) \rightarrow \forall o [c_1(o) \rightarrow c_2(o)] \quad (6)$$

$$\exists c_1 \text{Val}(f, c_1, c_2) \equiv \text{Attr}(f, c_2) \quad (7)$$

$$\text{Val}(f, c_1, c_2) \wedge \text{Val}(f, c_1, c_3) \rightarrow c_2 = c_3 \quad (8)$$

$$f(c) \rightarrow \neg \text{Val}(f, c, c_1) \quad (9)$$

$$\neg [\text{Val}(f, c_1, c_2) \wedge \text{Attr}(f, c_1)] \quad (10)$$

# Formalna teoria ram – aksjomaty (4)

$$\text{Inv}(f, c_1, c_2, c_3) \rightarrow c_1(c_2, c_3) \quad (11)$$

$$\text{Inv}(f, c_1, c_2, c_3) \rightarrow \text{Attr}(f, c_2) \wedge \text{Attr}(f, c_3) \quad (12)$$

$$f(c) \rightarrow \neg \text{Inv}(f, c, c_1, c_2) \quad (13)$$

$$\neg[\text{Inv}(f, c_1, c_2, c_3) \wedge \text{Attr}(f, c_1)] \quad (14)$$

$$\neg[\text{Inv}(f, c_1, c_2, c_3) \wedge \text{Val}(f, c_1, c_4)] \quad (15)$$

# Formalna teoria ram – aksjomaty (5)

$$\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \rightarrow \exists c_4, c_5 [\text{Val}(f, c_2, c_4) \wedge \text{Val}(f, c_3, c_5) \wedge c_4 \neq c_5] \quad (16)$$

$$\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \rightarrow \forall o [f(o) \wedge c_2(o) \rightarrow c_3(o)] \quad (17)$$

$$\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \rightarrow \text{Constr}(f, c_1, c_3, c_2) \quad (18)$$

$$\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \wedge \text{Constr}(f, c_4, c_2, c_3) \rightarrow c_1 = c_4 \quad (19)$$

$$f(c) \rightarrow \neg \text{Constr}(f, c, c_1, c_2) \quad (20)$$

$$\neg [\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \wedge \text{Attr}(f, c_1)] \quad (21)$$

$$\neg [\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \wedge \text{Val}(f, c_1, c_4)] \quad (22)$$

$$\neg [\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \wedge \text{Inv}(f, c_1, c_4, c_5)] \quad (23)$$

# Formalna teoria ram – aksjomaty (6)

$$\begin{aligned} & \{ \forall c_1 \forall c_2 [\text{Val}(f_1, c_1, c_2) \equiv \text{Val}(f_2, c_1, c_2)] \wedge \\ & \forall c_1, c_2, c_3 [\text{Inv}(f_1, c_1, c_2, c_3) \equiv \text{Inv}(f_2, c_1, c_2, c_3)] \wedge \\ & \forall c_1, c_2, c_3 [\text{Constr}(f_1, c_1, c_2, c_3) \equiv \text{Constr}(f_2, c_1, c_2, c_3)] \} \\ & \rightarrow f_1 = f_2 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\forall f [f(c_1) \equiv f(c_2)] \rightarrow c_1 = c_2 \quad (25)$$



# Formalna teoria ram – aksjomaty (7)

## Definicja (Frame extension)

Niech  $f_2(c_2)$ . Rama  $f_2$  rozszerza ramę  $f_1$  ( $f_1 \preceq f_2$  or  $\preceq (f_1, f_2)$ ) jeżeli zachodzi przynajmniej jeden z poniższych warunków:

- $\exists c_3 \text{ Attr}(f_1, c_2)$
- $\exists c_3 \text{ Val}(f_1, c_2, c_3)$
- $\exists c_3, c_4 \text{ Inv}(f_1, c_2, c_3, c_4)$
- $\exists c_3, c_4 \text{ Constr}(f_1, c_2, c_3, c_4)$ .

# Formalna teoria ram – aksjomaty (8)

$$\preceq (f_1, \dots, f_2) \equiv \preceq (f_1, \dots) \wedge \preceq (\dots, f_2) \quad (26)$$

$$f_1 \preceq^* f_2 \equiv \exists \dots \preceq (f_1, \dots, f_2) \quad (27)$$

$$f_1 \preceq^* f_2 \wedge f_2 \preceq^* f_1 \rightarrow f_1 = f_2 \quad (28)$$

$$\exists f_2 (f_1 \neq f_2 \wedge f_1 \preceq f_2) \quad (29)$$

$$\exists f f(c) \quad (30)$$

# Formalna teoria ram – aksjomaty (9)

$$\exists f f(c) \rightarrow \exists f f = f_{\text{main}}(c) \quad (31)$$

gdzie:

$$f_0 = f_{\text{main}}(c) \equiv f_0(c) \wedge \forall f \{f(c) \rightarrow \forall c_1 \forall c_2 [\text{Val}(f, c_1, c_2) \rightarrow \text{Val}(f_0, c_1, c_2)] \\ \forall c_1, c_2, c_3 [\text{Inv}(f, c_1, c_2, c_3) \rightarrow \text{Inv}(f_0, c_1, c_2, c_3)] \wedge \\ \forall c_1, c_2, c_3 [\text{Constr}(f, c_1, c_2, c_3) \rightarrow \text{Inv}(f_0, c_1, c_2, c_3)]\}$$

$$\alpha ::= x \mid x_n$$

$$\alpha ::= x \mid x_n$$

$$\beta ::= \alpha \mid \dots \mid \beta , [\alpha, \dots]$$



$$\alpha ::= x \mid x_n$$

$$\beta ::= \alpha \mid \dots \mid \beta, [\alpha, \dots]$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_q$$

$$\alpha ::= x \mid x_n$$

$$\beta ::= \alpha \mid \dots \mid \beta , [\alpha, \dots]$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_q$$

$$\psi_0 ::= \alpha(\beta)$$

$$\alpha ::= x \mid x_n$$

$$\beta ::= \alpha \mid \dots \mid \beta, [\alpha, \dots]$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_q$$

$$\psi_0 ::= \alpha(\beta)$$

$$\psi_q ::= \exists \beta \psi$$

$$\alpha ::= x \mid x_n$$

$$\beta ::= \alpha \mid \dots \mid \beta , [\alpha, \dots]$$

$$\psi ::= \psi_0 \mid \psi_q$$

$$\psi_0 ::= \alpha(\beta)$$

$$\psi_q ::= \exists \beta \psi$$

Niech  $X \neq \emptyset$ .  $X^*$  jest rodziną zbiorów  $n$ -tek uporządkowanych z  $X$  - dla każdego  $n$

## Definicja

*Interpretacją języka Example jest  $I = \langle X, i, ext \rangle$ , o ile:*

- 1  $i : \{\alpha\} \rightarrow X$
- 2  $ext : X \rightarrow X^*$

Ponadto,  $i(\dots)$  jest elementem zbioru  $X^*$ .

## Semantyka dla Example (2)

Interpretacja  $I' = \langle X, i', ext \rangle$  jest *wariantem* interpretacji  $I = \langle X, i, ext \rangle$  ze względu na  $\beta$ , gdy  $i$  jest identyczna z  $i'$  dla każdego argumentu z wyjątkiem co najwyżej  $\beta$ .

$$I \models \alpha(\beta) \triangleq i(\beta) \in ext(i(\alpha)).$$

$I \models \exists \beta \psi \triangleq I' \models \psi$  dla pewnego wariantu  $I'$  interpretacji  $I$  ze względu na  $\beta$



Ajdukiewicz, K. (1953).  
*Logika pragmatyczna*.  
PWN, Warszawa.



Barsalou, L. W. (1991).

Components of conceptual representations: From feature lists to complex frames.

In van Mechelen, I., Hampton, J., Michalski, R., and Theuns, P., editors, *Categories and concepts: Theoretical views and inductive data analysis*, pages 97–144. Academic Press, San Diego (CA).



Barsalou, L. W. (1992).

Frames, Concepts, and Conceptual Fields.

In Lehrer, A. and Kittay, E. F., editors, *Frames, Fields, and Contrasts*, pages 21–74. Lawrence Erlbaum Associates.



Barsalou, L. W. (1993).

Flexibility, structure, and linguistic vagary in concepts: Manifestations of a compositional system of perceptual symbols.

In Collins, A., Gathercole, S., and Conway, M., editors, *Theories of memory*, pages 29–101. Lawrence Erlbaum Associates, London.



Barsalou, L. W., Yeh, W., Luka, B. J., Olseth, K. L., Mix, K. S., and Wu, L.-L. (1993).

Concepts and meaning.

In Beals, K., Cooke, G., Kathman, D., McCullough, K., Kita, S., and Testen, D., editors, *Chicago Linguistics Society 29: Papers from the parasession on conceptual representations*, pages 23–61.



-  Borst, W. (1997).  
*Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse.*  
PhD thesis, University of Twente.
-  Gruber, T. R. (1993).  
A translation approach to portable ontology specifications.  
*Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220.
-  ISO (2007).  
Information technology – Common Logic (CL): A framework for a family of logic-based languages.
-  Menzel, C. (2011).  
Knowledge representation, the worldwide web, and the evolution of logic.  
*Synthese*, 182:269–295.



Sowa, J. F. (2000).

*Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations.*

Brooks/Cole.