Filozofia Nauki
Rok XXII, 2014, Nr 3(87)

Jarosław Boruszewski

Problem pomiaru w semantyce neooperacjonalistycznej

WPROWADZENIE

Semantyka neooperacjonalistyczna została opracowana pod koniec lat siedemdziesiątych XX wieku przez Jana Żytkowa, wybitnego metodologa i filozofa nauki. Dziś jest to koncepcja raczej zapomniana. Co ciekawe, w nowszej literaturze przedmiotu pojawiła się propozycja określana mianem nowego operacjonalizmu (Chang 2009), która pod wieloma względami jest podobna do semantyki neooperacjonalistycznej. Pokazuje to, że problematyka podejmowana przez Żytkowa jest nadal aktualna.

Twórczość Żytkowa można podzielić na dwa okresy. Pierwszy obejmuje lata 1971-1982, gdy autor zajmował się przede wszystkim formalną metodologią nauk empirycznych, w drugim skierował się natomiast w stronę informatyki, a w szczególności poświęcił się pracom nad automatyzacją odkrycia naukowego. Te dwa okresy są oczywiście ściśle ze sobą powiązane (Strawiński 2005: 173). W artykule zajmę się zagadnieniem, które wskazuje na ciągłość zainteresowań naukowych Żytkowa, zwrócę jednak uwagę na pewnego rodzaju lukę metodologiczną między dwoma okresami jego twórczości.

Za najważniejsze osiągnięcie naukowe Żytkowa z pierwszego okresu należy uznać skonstruowanie semantyki procedur operacyjnych, której zamierzeniem było przezwyciężenie nieakceptowalnych konsekwencji klasycznego operacjonalizmu. Z tej racji mówi się o niej właśnie jako o koncepcji neooperacjonalistycznej (Krajewski 2003: 16). Jej zasadniczą ideą jest założenie, że to nie pojedyncze procedury są interpretacjami terminów empirycznych, lecz ich spójny zbiór. Żytkow przedstawił precyzyjną definicję spójności zbioru procedur. Koncepcję tę podtrzymywał i wykorzystywał w drugim okresie swojej twórczości. W tym sensie możemy mówić o ciągłości jego zainteresowań naukowych.

Możemy jednak zauważyć pewnego rodzaju lukę w owej ciągłości. Otóż ściśle rzecz biorąc, w pierwotnym sformułowaniu konstrukcja semantyki neooperacjonalistycznej i definicja spójności zbioru procedur dotyczyły procedur interpretujących predykaty, czyli procedur diagnostycznych, nie odnosiły się jednak do procedur pomiarowych, czyli procedur interpretujących symbole funkcyjne wyrażające wielkości empiryczne. Żytkow odnosił się wprawdzie do problemu pomiaru, posługiwał się przykładami procedur pomiarowych i stosował do nich pojęcie spójności, ale jedynie w charakterze ideowym, ponieważ formalnej rekonstrukcji procedur pomiarowych nie przedstawił, a spójność zbioru procedur została zdefiniowana tylko dla procedur diagnostycznych. Natomiast w licznych pracach z późniejszego okresu definicję spójności zbioru procedur stosował przede wszystkim do procedur pomiarowych (Żytkow 1998, 1999).

W swojej podstawowej, dwuczęściowej pracy zatytułowanej *Spójny zbiór procedur operacyjnych jako interpretacja terminu empirycznego* Żytkow (1979ab) wskazał możliwe uogólnienia swojej konstrukcji. Jedną z nich jest właśnie wprowadzenie reprezentacji procedur pomiarowych. O ile mi wiadomo, takiego uogólnienia ani Żytkow, ani nikt inny nie przedstawił. Celem mojego artykułu będzie zatem uzupełnienie tego braku oraz zbadanie filozoficznych konsekwencji takiego uogólnienia. Poszczególne części tekstu zawierają: (1) przedstawienie aparatury pojęciowej semantyki neooperacjonalistycznej, (2) zbadanie mocy ekspresji języka interpretacji tej semantyki, (3) wprowadzenie reprezentacji procedur pomiarowych oraz (4) analizę jej konsekwencji filozoficznych.

1. APARATURA POJĘCIOWA SEMANTYKI NEOOPERACJONALISTYCZNEJ

Jeśli *J* to język teorii naukowej, *i-J* będzie językiem interpretacji terminów empirycznych z *J*. *i-J* jest językiem, w którym sformułowane są procedury operacyjne. Jest rozszerzeniem języka *J*, ale nie jest jego metajęzykiem. Danemu językowi odpowiadać może wiele rozszerzonych języków interpretacji wyznaczanych przez różne zbiory procedur oraz określanych przez różne zbiory pierwotnych pojęć empirycznych. Leksykon języka *i-J* jest rozszerzeniem słownika klasycznego rachunku predykatów z identycznością.

Specyficznymi terminami języka *i-J* są symbole ! oraz ?. Są to jednoargumentowe funktory zdaniotwórcze od argumentów zdaniowych; przy czym symbol ! stanowi zarazem funktor zdaniotwórczy od argumentów nazwowych. Służą do formułowania pytań i poleceń, czyli dwojakiego typu procedur: w wypadku typu ? procedury zastosowane do wybranej *n*-tki obiektów przyporządkowują jej odpowiedź „tak-nie” lub określony wynik liczbowy, a w wypadku typu ! zastosowanie procedur prowadzi do wytworzenia czy też wydzielenia n-tki obiektów.

W języku *i-J* standardowo wyróżnia się termy α, β, γ, …, formuły atomowe, formuły jonowe $A_1, \dots, A_n$ (formuły atomowe, ich negacje, negacje negacji itd.) oraz formuły molekularne $M_1, \dots, M_n$. Przejdźmy do przedstawienia poszczególnych pojęć aparatury pojęciowej koncepcji Żytkowa. Zacznijmy od instrukcji:

> i jest instrukcją podstawową w *i-J* wtedy i tylko wtedy, gdy i jest formułą postaci $!\alpha$, gdzie α jest dowolnym termem w *i-J*, lub postaci $?A$, $!A$, gdzie A jest dowolną formułą jonową w *i-J*.

Zgodnie z definicją !-instrukcje zlecają wykonanie pewnych czynności, wytworzenie pewnych obiektów lub zrealizowanie określonej sytuacji. W przypadku ?-instrukcji pytamy, czy zachodzi odpowiedni stan rzeczy; są one używane w celu stwierdzenia faktów zachodzących w danej sytuacji — fakty te mają zachodzić w sposób niezależny od tego, co zostało wprowadzone za pomocą !-instrukcji (Żytkow 1979a: 100). Możliwymi wynikami ?-instrukcji są: A („tak”), $\sim A$ („nie”) lub „niewykonana”. W wypadku !-instrukcji mamy ogólnie „wykonana” lub „niewykonana”; wykonanie instrukcji $!A$ oznaczamy przez A, natomiast wykonanie instrukcji $!\alpha$ wyrażamy przez zdanie egzystencjalne $\exists x\, (x = \alpha)$.

Przy proceduralnej interpretacji terminów empirycznych wykonanie procedury może rozstrzygać: (i) tylko kwestię przynależności do pozytywnego zakresu danego pojęcia, (ii) tylko kwestię należenia do zakresu negatywnego, bądź (iii) obie kwestie. Do stwierdzenia, która z tych możliwości zachodzi, mają służyć instrukcje końcowe. Termin relacyjny może być zdefiniowany przez procedury obu typów, natomiast terminy funkcyjne i nazwy definiowane są przez !-procedury:

> i jest instrukcją końcową w *i-J* wtedy i tylko wtedy, gdy:
>
> (i) i jest formułą jonową (A, $\sim A$) zawierającą definiowany termin relacyjny;
>
> (ii) i ma postać $\alpha = \eta$, gdzie η jest termem zawierającym definiowany termin funkcyjny;
>
> (iii) i ma postać $\alpha = c$, gdzie c jest definiowaną nazwą indywiduową.

Trzecim i ostatnim rodzajem instrukcji są instrukcje warunkowe:

> i jest instrukcją warunkową w *i-J* wtedy i tylko wtedy, gdy i jest formułą postaci $(A \rightarrow i_1) \wedge (\sim A \rightarrow i_2)$, gdzie A jest formułą jonową, natomiast i_1, i_2 są instrukcjami podstawowymi lub końcowymi oraz $i_1 \neq i_2$.

Przykłady instrukcji podstawowych:

> $![f_1(a, b)]$ — „Połącz *a* z *b*!”;

$![R_1(a)]$ — „Nadaj własność R_1 obiektowi a!”;

$?[\sim R_2(x)]$ — „Czy x nie rozpuszcza się w wodzie?”.

Przykładowe instrukcje końcowe:

$R_1(x_1, x_2)$ — „Substancja x_1 zawiera substancję x_2.”;

$\alpha = f_2(x_1, x_2)$ — „Substancja α jest roztworem x_1 w x_2.”.

Przykłady instrukcji warunkowych:

> $\{R_2(x, y) \to ![f_3(z, y)]\} \wedge \{\sim R_2(x, y) \to ?[R_2(y, x)]\}$ — „Jeżeli x jest cięższe od y, to dołóż z do y! Jeśli zaś x nie jest cięższe od y, to czy y jest cięższe od x?”;
>
> $[A \to R_3(\alpha)] \wedge \{\sim A \to ![f_1(\alpha)]\}$ — „Jeżeli test A ma wynik »tak«, to α jest tlenem, jeżeli natomiast »nie«, to wykonaj na α operację f_1!”.

Kolejną istotną grupą pojęć są pojęcia danych. Pojęcia instrukcji w koncepcji Żytkowa służą do zdefiniowania pojęcia procedury, które z kolei konstytuuje pojęcie intensji. Dane, na których procedury są określone, tworzą natomiast pojęcie ekstensji. Wśród danych wyróżniamy zbiór danych początkowych D_0: są to zestawy badanych obiektów, przyrządów, wzorców, odczynników itp. Stanowią one punkt wyjścia realizacji danej procedury. Wynikiem przeprowadzenia procedury jest zaś zestaw danych końcowych D_k. Ogólnie można powiedzieć, że realizacją procedury jest przejście przy użyciu ciągu instrukcji $i_1, \ldots, i_k$ od D_0 do D_k.

Fundamentalne znaczenie ma dychotomia danych głównych i danych pomocniczych. Danymi głównymi nazywamy zestaw danych, do których odnosi się wynik procedury. Wszelkie pozostałe dane nazywamy danymi pomocniczymi. Zbiór danych pomocniczych powinien spełniać warunek odtwarzalności: ta sama procedura powinna być stosowalna wielokrotnie i powtarzalna przez różnych wykonawców. Typy procedur różnią się pod względem stosunku danych głównych do danych początkowych i końcowych. Dla ?-procedur zbiór danych głównych należy do zestawu danych początkowych, natomiast w wypadku !-procedur dane główne należą do zestawu danych końcowych. Tak więc dla ?-procedur zachodzi $D_0 = (G_0, E_0)$, gdzie G_0 to uporządkowany zbiór danych głównych, a E_0 to zbiór początkowych danych pomocniczych. Natomiast dla !-procedur — $D_k = (G_k, E_k)$, gdzie G_k to uporządkowany zbiór danych głównych, a E_k to zbiór końcowych danych pomocniczych. Ogólnie, przez G oznaczamy uporządkowane zbiory danych głównych, a przez E — zbiory danych pomocniczych. Możemy teraz przejść do podania definicji procedury:

> φ jest *procedurą* w *i-J* wtedy i tylko wtedy, gdy $\varphi = (\pi, \lambda)$, gdzie: $\pi = \{p_1, p_2, \ldots\}$ jest skończonym, częściowo uporządkowanym zbiorem indeksów; λ jest odwzorowaniem π w zbiór instrukcji z *i-J*, a wszystkie instrukcje końcowe zawierają ten sam termin definiowany. Procedura

> to skończony, częściowo uporządkowany zbiór indeksów odwzorowany w zbiór instrukcji.

Drugim etapem rozwijania aparatu pojęciowego semantyki neooperacjonalistycznej jest zdefiniowanie spójności zbioru procedur. Wpierw określmy warunki stosowalności procedury. Dane początkowe, $D_0 = (G, E)$, powinny być formalnie właściwe dla procedury φ, tj. elementy G i E muszą odpowiadać wzajemnie jednoznacznie odpowiednim zmiennym i nazwom występującym w φ. O procedurze φ mówimy, że jest wykonalna na danych D_0 wtedy i tylko wtedy, gdy (i) D_0 są formalnie właściwe dla φ oraz (ii) jeśli φ jest zastosowana do D_0, to uzyskuje się odpowiedź „tak-nie" (?-procedury) lub jakieś główne dane końcowe (!-procedury). ?-procedura φ jest określona na danych G wtedy i tylko wtedy, gdy istnieją takie dane pomocnicze E, że φ jest wykonalna na $D_0 = (G, E)$. Zakresem !-procedury φ jest zbiór danych głównych D_k dających się uzyskać za jej pomocą z dowolnych danych D_0, na których φ jest wykonalna.

Procedury interpretujące to samo pojęcie powinny zawierać ten sam definiowany termin w instrukcjach końcowych, a jeśli ich dane główne składają się z tej samej liczby elementów, to są to procedury podobne. Pierwszym składnikiem definicji spójności zbioru procedur jest ich empiryczna równoważność. W dalszej kolejności, podobnie jak Żytkow, zakresy procedur — zbiory danych głównych, na których są one określone, będziemy oznaczać przez X_i ($i = 1, 2, \dots, n$).

> Dwie podobne ?-procedury φ_1, φ_2 o zakresach X_1 i X_2 są empirycznie równoważne ($\varphi_1 \approx_e \varphi_2$) wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdych danych głównych z $X_1 \cap X_2$, φ_1 i φ_2 dają ten sam wynik. Procedury empirycznie równoważne dla tych samych danych dają te same wyniki.

Definicja empirycznej równoważności dotyczy tylko ?-procedur. Analogiczne sformułowanie dla !-procedur jest niemożliwe, ponieważ każdy wynik !-procedury jest nowym produktem. Dlatego w wypadku !-procedur identyczność wyników należy rozumieć jako nierozróżnialność za pomocą pewnego zbioru Φ ?-procedur. Niech ψ_1, ψ_2 będą !-procedurami, a $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ — ?-procedurami i niech posiadają równoliczne zakresy:

> $\psi_1 \approx_e \psi_2 / \{\varphi_1, \dots, \varphi_n\}$ (ψ_1 i ψ_2 są empirycznie równoważne względem $\{\varphi_1, \dots, \varphi_n\}$) wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdej procedury φ_i, $i = 1, \dots, n$ oraz dowolnych danych głównych G_1, G_2 procedur ψ_1, ψ_2 procedura φ_i daje ten sam wynik „tak-nie".

Możemy teraz przejść do podania definicji spójności zbioru procedur, kluczowej dla koncepcji Żytkowa. Niech Φ będzie zbiorem podobnych ?-procedur definiujących ten sam termin. Oznaczmy je φ_i ($i = 1, \dots, n$), każda z nich jest określona na zbiorze danych głównych X_i.

Zbiór procedur Φ jest spójny wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdego $i, j = 1, \dots, n$:

(i) $\varphi_i \approx_e \varphi_j$;

(ii) istnieje skończony ciąg procedur $\varphi_{i_1}, \dots, \varphi_{i_k}$, taki że: $\varphi_{i_1} = \varphi_i$, $\varphi_{i_k} = \varphi_j$ oraz $X_{i_m} \cap X_{i_{m+1}} \neq \varnothing$, dla każdego $m = 1, \dots, k - 1$.

Innymi słowy, zbiór procedur jest spójny, gdy wszystkie jego procedury są empirycznie równoważne, a każdy podzakres spójnego zbioru procedur powiązany jest z innym podzakresem przez sekwencje przecinających się podzakresów. W wersji uproszczonej warunek spójności można sformułować w taki sposób, że do spójnego zbioru procedur można dołączać inne procedury „byle tylko były one zgodne z wcześniejszymi metodami, to znaczy przynajmniej, by posiadały wspólne z nimi zastosowania i by prowadziły do jednakowych wyników empirycznych dla tych wspólnych zastosowań" (Żytkow 1980: 101).

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na wspomniane podobieństwo między neooperacjonalizmem Żytkowa a współczesną koncepcją nowego operacjonalizmu, którą proponuje Hasok Chang. Według tego drugiego nowe procedury pomiarowe powinny być zgodne z procedurami zastanymi, a jednym z istotnych elementów tej propozycji jest przyjęcie warunku porównywalności lub nierozłączności, który głosi, że jeśli dwie procedury pomiarowe mają nierozłączne zakresy zastosowań, to powinny dawać spójne (*consistent*) — nieprzeczące sobie — wyniki (Chang 2004: 152). Jest to inaczej wyrażony warunek empirycznej równoważności procedur. Propozycja ta jest niewątpliwie zbieżna z semantyką neooperacjonalistyczną, choć ta druga jest o wiele bardziej precyzyjna. W tym względzie propozycję Żytkowa możemy uznać za prekursorską względem współczesnej koncepcji nowego operacjonalizmu, choć Chang do prac Żytkowa się nie odwołuje.

Drugi warunek definicji spójności możemy nazwać warunkiem nierozłączności sekwencji podzakresów. W jego myśl nie jest wymagane, aby zakresy wszystkich procedur ze zbioru Φ przecinały się, natomiast wykluczone jest, żeby istniała jakaś procedura φ_i należąca do zbioru Φ, której zasięg nie przecinałby się z zasięgiem przynajmniej jednej procedury φ_j, dla $i \neq j$, należącej do tego zbioru. Jest to podstawą do stwierdzenia ewolucyjnego rozwoju danego pojęcia, ponieważ poszczególne procedury z Φ definiują to samo pojęcie. Odrzuca się więc postulat klasycznego operacjonizmu, który głosił, że różne procedury interpretujące dany termin wyznaczają odmienne pojęcia. Warto zauważyć, że dwa warunki spójności zbioru procedur są od siebie niezależne, czyli może być spełniony tylko jeden z nich bez spełnienia warunku drugiego:

— jeśli iloczyn zakresów dwóch różnych procedur jest zbiorem pustym, to są one empirycznie równoważne; warunek empirycznej równoważności jest wtedy pustospełniony;

— jeżeli dwie różne procedury są nierównoważne empirycznie, to ich zakresy muszą się przecinać, ponieważ istnieje wtedy wspólny zbiór danych głównych, do których procedury te można zastosować, i ustalić, że dla tych samych danych głównych dają one różne wyniki.

Zakresem stosowalności spójnego zbioru procedur Φ jest zbiór $X = \cup_i X_i$. Wyróżniamy zakres pozytywny X^+ oraz zakres negatywny X^-, odpowiednio do wyników „tak” i „nie” odpowiednich procedur. Definicja spójności zbioru procedur odnosi się tylko do ?-procedur; dla !-procedur definiuje się pojęcie podporządkowania wobec ?-procedur. Zbiór !-procedur Ψ jest podporządkowany spójnemu zbiorowi ?-procedur Φ wtedy i tylko wtedy, gdy dane główne uzyskiwane za pomocą dowolnej procedury z Ψ należą do pozytywnego zakresu Φ. Ostatecznie na gruncie semantyki neooperacjonalistycznej intensją terminu empirycznego jest spójny zbiór procedur Φ, natomiast jego ekstensją jest zbiór danych głównych X.

2. MOC EKSPRESJI JĘZYKA INTERPRETACJI

Ważnym zagadnieniem dotyczącym języka interpretacji semantyki neooperacjonalistycznej jest moc jego ekspresji. Jest to kwestia wymagająca zbadania, jeśli mamy rozważać możliwość wyrażenia w nim procedur pomiarowych. W tym celu odwołam się do analiz Johna Lyonsa, bazujących na pewnych pomysłach Fregego i Richarda Hare’a.

Jak pamiętamy, leksykon języka *i-J* jest rozszerzeniem słownika klasycznego rachunku predykatów z identycznością. Specyficznymi terminami języka *i-J* są funktory służące do formułowania pytań i poleceń. Mamy dwa funktory zdaniotwórcze od argumentu zdaniowego — ! i ? — oraz jeden funktor zdaniotwórczy od argumentu nazwowego — !. Ogólnie możemy je nazwać funktorami proceduralnymi. Wśród funktorów proceduralnych wyróżniamy funktor imperatywny (!) oraz interrogatywny (?). Jeżeli mamy procedury typu ?*A* lub !*A*, to *A* służy do sformułowania pozytywnego wyniku wykonania tych procedur. Jeśli więc *A* jest stwierdzonym wynikiem pozytywnego wykonania danej procedury, to możemy poprzedzić je znakiem asercji, czyli $\vdash A$. Według Fregego znak asercji rozpada się na dwa elementy: poziomą kreskę treści oraz pionową kreskę sądu. W ten sposób $\vdash A$ możemy odczytać: „Stwierdzam: jest tak, że *A*”, gdzie stwierdzaniu odpowiada pionowa kreska sądu. Jeżeli ją opuścimy, dostając -*A*, otrzymamy „to, że *A*”, „okoliczność, że *A*”. Nie mamy wtedy sądu, lecz tylko przedstawienie treści (Frege 1997: 50-51).

Dla Hare’a rozważania dotyczące znaku asercji były podstawą do wyodrębnienia trzech składników logicznej struktury wypowiedzi. Są to: frastyka, tropika i neustyka. Frastyka (gr. *phradzo* — „sądzę”) to zawartość twierdzeniowa; tropika (gr. *trepo* — „zwracam”, *tropos* — „sposób”) to znak trybu (*sign of mood*), wskazujący akt użycia danego zdania, tak jak pozioma kreska treści w znaku asercji. Wreszcie neustyka (gr. *neuo* — „wykonuję gest”) to znak akceptacji (*sign of subscription*), odpowiadający pionowej kresce sądu w znaku asercji (Hare 1970: 19-21, Lyons 1989: 347-348).

Za pomocą trzech składników Hare'a możemy zbadać struktury wyrażeń języka interpretacji *i-J* oraz moc jego ekspresji. Stosując hybrydowy zapis symboliczny w postaci funktorów proceduralnych oraz składników znaku asercji, zagadnienie to możemy przedstawić bardzo przejrzyście: znak na pozycji pierwszej (od lewej) reprezentuje neustykę, pozycja druga — tropikę, natomiast trzecia — frastykę (Lyons 1989: 391-392). Otrzymujemy wtedy następujące możliwości konstrukcji poprawnych i niepoprawnych:

(i) $\vdash A$ to asercja kategoryczna: neustyka: „stwierdzam", „powiadam" itp. — tzw. neustyka bez zastrzeżeń, tropika — „jest tak, że"; całość możemy odczytać: „Stwierdzam: jest tak, że *A*" lub „Powiadam: jest tak, że *A*"; analogicznie $\vdash\sim A$ — „Stwierdzam: jest tak, że nie *A*";

(ii) $?\text{-}A$ to struktura pytania rozstrzygnięcia: neustyka — „czy", tropika — „jest tak, że", całościowo: „Czy jest tak, że *A*?";

(iii) $|!A$ oraz $|!\alpha$ to struktury poleceń, czyli nakazów: neustyka — np. „powiadam", tropika — „niech będzie tak, żeby"; całość: „Powiadam: niech będzie tak, żeby *A*!";

(iv) $|\sim!A$ oraz $|\sim!\alpha$ to struktury zakazów, np. „Powiadam: niech nie będzie tak, żeby *A*!"; strukturę zakazu należy odróżnić od struktury $|!\sim A$, ponieważ ta druga jest szczególnym przypadkiem polecenia, czyli nakazem wytworzenia sytuacji negatywnej („Powiadam: niech będzie tak, żeby $\sim A$!"), natomiast zakaz również może przyjmować postać: $|\sim!\sim A$;

(v) $?!A$ oraz $?!\alpha$ — są to poprawne i szczególne struktury, ponieważ nie zawierają żadnego sładnika znaku asercji; możemy przyjąć, że wyrażają pewne sytuacje problemowe do rozważenia: czy należy wytwarzać określony stan rzeczy, nadawać pewnemu obiektowi określone własności lub wykonywać na nim pewne operacje; uważa się, że w języku potocznym jest to struktura pytań o radę (Lyons 1989: 392), możemy je nazwać pytaniami konsultacyjnymi;

(vi) struktura $!?A$ jest niepoprawna na mocy konstrukcji i nie istnieje dla niej adekwatna interpretacja;

(vii) struktury: $!!A$, $??A$ oraz $!!\alpha$ są niepoprawnie zbudowane, iteracje funktorów proceduralnych są bezsensowne.

W konkretnych sformułowaniach składniki znaku asercji są pomijane. Z przedstawionych analiz wynika, że w języku interpretacji semantyki neooperacjonalistycznej możemy formułować: zdania asertoryczne (A, $\sim A$), polecenia ($!A$, $!\alpha$) i pytania rozstrzygnięcia ($?A$) oraz — nierozważane przez Żytkowa — zakazy ($\sim!A$, $\sim!\alpha$)

i pytania konsultacyjne ($?!A$, $?!\alpha$). Dlatego też w języku interpretacji *i-J* nie można sformułować procedur pomiarowych. Definicja spójności zbioru procedur została sformułowana dla ?-procedur typu „tak-nie”. Interpretują one tylko predykaty. Symbole funkcyjne i nazwy są interpretowane przez !-procedury, które w ostateczności są podporządkowane procedurom typu $?A$. Procedury te dobrze reprezentują procedury diagnostyczne, natomiast za ich pomocą nie można reprezentować procedur pomiarowych. Wprowadzenie procedur pomiarowych wymaga więc zwiększenia mocy ekspresji języka interpretacji *i-J*, czyli rozszerzenia jego leksykonu.

3. PYTANIA DOPEŁNIENIA I PROCEDURY POMIAROWE

Jak wskazał Żytkow, procedury pomiarowe należy reprezentować za pomocą procedur odpowiadających na pytania dopełnienia, które traktował jako uogólnienie procedur odpowiadających na pytania rozstrzygnięcia: „uogólnieniem procedur typu „tak-nie” (typu ?) są procedury odpowiadające na pytania dopełnienia. Za pomocą tego typu procedur należy przedstawić pomiar ilościowy” (Żytkow 1979b: 36). Jednakże reprezentacja procedur pomiarowych na gruncie semantyki Żytkowa wymaga nie tyle jej uogólnienia, ile istotnego rozszerzenia. Tak jak dysponujemy dwoma typami !-procedur, tak też należy wprowadzić drugi typ ?-procedury. Procedury tego typu będą dostarczać odpowiedzi na pytania dopełnienia. Tym samym należy wprowadzić nowy rodzaj instrukcji podstawowej. Instrukcje te służyć będą do formułowania pytań dopełnienia. Nie mogą one podpadać pod formę $?A$, ponieważ zdania oznajmujące nie są częściami tego typu pytań. Funktor interrogatywny rozumiany jako funktor zdaniotwórczy od argumentu zdaniowego nie może służyć do formułowania pytań dopełnienia — leksykon języka *i-J* należy rozszerzyć.

Do realizacji tego zadania niezwykle przydatna jest logiczna rekonstrukcja pytań dopełnienia dokonana przez Jerzego Giedymina. Pytania te możemy przedstawić w formie:

$$(x?)\ [Z(x) \wedge (\alpha = x)],$$

gdzie:
(i) x jest niewiadomą pytania,
(ii) Z jest zakresem niewiadomej pytania,
(iii) $(\alpha = x)$ jest schematem odpowiedzi bezpośredniej na pytanie dopełnienia — *datum quaestionis*. Odpowiedź tę otrzymuje się przez podstawienie w miejsce x odpowiedniej nazwy indywidualnej (Giedymin 1964: 76-77).

Jeśli zakres niewiadomej pytania jest ustalony, to pytania dopełnienia możemy przedstawić w uproszczonej postaci $(x?)\ (\alpha = x)$. Z ogólnej perspektywy w wypadku procedur pomiarowych zakres niewiadomej pytania jest zbiorem liczb rzeczywistych. W praktyce pomiarowej jest to *de facto* zbiór liczb wymiernych, a w konkretnych zastosowaniach procedur pomiarowych mamy do czynienia z określonymi przedziałami liczbowymi. Symbol interrogatywny zastosowany do logicznej rekonstrukcji pytań dopełnienia nie jest funktorem zdaniotwórczym od argumentu zdaniowego — jest operatorem wiążącym zmienne, który wraz z funkcją zdaniową tworzy zdanie pytające. Jeśli symbol interrogatywny jest operatorem wiążącym zmienne, to jego status syntaktyczny zbliżony jest do kwantyfikatorów. Może to wzbudzać kontrowersje, ponieważ w konstrukcji semantyki Żytkowa w instrukcjach i procedurach kwantyfikatory nie występują. Autor zauważył jednak, że „warunek skończonej rozstrzygalności procedury nie wyklucza użycia kwantyfikatorów w instrukcjach, byle tylko zakresy kwantyfikatorów były skończone i dały się wyczerpać za pomocą obserwacji" (Żytkow 1979b: 36). W wypadku pytań dopełnienia reprezentujących procedury pomiarowe zakresem zmienności jest zbiór liczb rzeczywistych. Obserwacja Żytkowa dotyka jednak istotnego aspektu pragmatycznego, który nie wyklucza użycia operatorów w instrukcjach i procedurach. Jeżeli za pomocą danej procedury pomiarowej nie udaje się w skończonej liczbie kroków wyznaczyć wartości interpretowanego symbolu funkcyjnego przy danych argumentach, to procedurę należy uznać za niewykonaną, a symbol funkcyjny za niezinterpretowany w tym zakresie. Wtedy wynik zastosowania danej procedury pomiarowej brzmi: „niewykonana". Jest to sytuacja analogiczna do tej, gdy jedna z instrukcji podstawowych wchodząca w skład danej procedury daje rezultat „niewykonana", co wstrzymuje realizację procedury również z wynikiem „niewykonana" (Żytkow 1982: 172).

Zmienne ilościowe mają postać: $f(x_1, \ldots, x_n, t) = y$, gdzie y jest liczbą rzeczywistą będącą wartością funkcji f dla argumentów $x_1, \ldots, x_n$ i momentu czasowego t (Wójcicki 1982: 43). Po uwzględnieniu błędu pomiaru, otrzymujemy postać $f(x_1, \ldots, x_n, t) = y \pm \varepsilon$. Dla uproszczenia zapisu możemy ten dodatek pomijać, ale należy pamiętać, że występuje domyślnie. Żytkow odróżniał także procedury manipulacyjne i procedury pomiarowe. Te pierwsze interpretują zmienne niezależne, te drugie — zmienne zależne (Żytkow 1998, s. 31-32). Z racji tego, że w swoich pracach koncentrował się na procedurach pomiarowych i nie przeprowadzał metodologicznej analizy procedur manipulacyjnych, również i ja skupię się na tym pierwszym typie procedur. W rozwiniętej postaci rekonstrukcję pytań dopełnienia reprezentujących procedury pomiarowe można przedstawić w postaci:

$$(y?)\ [f(x_1, \ldots, x_n, t) = y],$$

gdzie f jest interpretowanym terminem funkcyjnym. W postaci skrótowej, gdzie η jest termem złożonym zawierającym definiowany termin funkcyjny:

$$(x?)\ (\eta = x).$$

Język interpretacji musi być zatem w istotny sposób rozszerzony: należy wprowadzić operator ?. Rozszerzeniu ulega też aparatura pojęciowa semantyki neooperacjonalistycznej. Należy wprowadzić dodatkowy typ instrukcji podstawowej „Jaka jest wartość danej wielkości dla określonych argumentów?" oraz nowy typ procedury — procedurę pomiarową. Ten nowy typ instrukcji i procedury możemy oznaczyć przez $?\alpha$. Procedury i instrukcje typu $?\alpha$ wykazują pewne podobieństwa zarówno do procedur i instrukcji typu $!\alpha$, jak i $?A$. W szczególności istotne jest podobieństwo pierwsze. Możemy je zilustrować prostym przykładem:

$!f_1(a)$ — „Umieść dany przedmiot na wadze!",

$?f_2(a)$ — „Ile wynosi jego masa?".

To ostatnie sformułowanie ma oczywiście charakter eliptyczny, ponieważ ściśle rzecz biorąc, mamy wtedy instrukcję $(x?)\ [f_2(a, t) = x]$. Oznaczenia $?\alpha$ dla procedur pomiarowych możemy jednak używać jako wygodnego wyrażenia skrótowego. Podobieństwo między procedurami typu $!\alpha$ i $?\alpha$ wyraża się też w tym, że możliwymi wynikami procedur typu $!\alpha$ i $?\alpha$ są „wykonana" i „niewykonana", podczas gdy procedury typu $?A$ mają trzy możliwe wyniki („tak", „nie", „niewykonana"). Co więcej, instrukcje końcowe procedur typu $!\alpha$ i $?\alpha$ mają identyczną formę $\eta = \alpha$, gdzie term η zawiera interpretowany termin funkcyjny. W rozwiniętej postaci dla procedur typu $?\alpha$ instrukcja końcowa przyjmuje ogólną formę $f(x_1, \ldots, x_n, t) = \alpha$, która odpowiada wynikowi „wykonana".

Przykłady instrukcji typu $?\alpha$ występujących wraz z instrukcjami innych typów:

$(x?)\ [d(\alpha, \beta, t) = x] \wedge ?[d(\alpha, \beta, t) \leq r]$ — „Ile wynosi odległość między dwoma punktami terenowymi α, β w czasie t i czy nie przekracza ona wartości r?" (instrukcja typu $?\alpha$ i instrukcja typu $?A$);

$(x?)\ [f(h(\alpha), h(\beta), t) = x]$ — „Ile wynosi różnica wysokości między dwoma punktami terenowymi α, β w czasie t?" (instrukcja typu $?\alpha$);

$\{[f(h(\alpha), h(\beta), t_1) \neq 0] \rightarrow ![f(h(\alpha), h(\beta), t_2) = 0]\} \wedge \{\sim[f(h(\alpha), h(\beta), t_1) \neq 0] \rightarrow (x?)\ [d(\alpha, \beta, t_1) = x]\}$ — „Jeżeli zachodzi różnica wysokości między dwoma punktami terenowymi α, β, to należy ją zniwelować, a jeśli różnica wysokości między punktami terenowymi α i β nie występuje, to ile wynosi odległość między nimi?" (instrukcja warunkowa zawierająca instrukcje typu $!A$ oraz $?\alpha$).

Do pełnej charakterystyki procedur typu $?\alpha$ wymagana jest jeszcze specyfikacja danych. Dane początkowe D_0 procedur typu $?\alpha$ niewątpliwie muszą zawierać wszelkie dane pomocnicze potrzebne do ich realizacji. Czy dane główne G procedur typu $?\alpha$ należą do zestawu początkowych D_0, czy końcowych danych D_k tych procedur? Dane główne to dane, do których odnosi się wynik procedury i które określają zakres interpretowanych terminów. Żytkow stwierdził, że o ile zakresy procedur typu $?A$ są podzielone na pozytywne i negatywne odpowiednio do wyników „tak" lub „nie" tych procedur, o tyle zakres pojęcia funkcyjnego jest podzielony na klasy odpowiadające różnym wartościom liczbowym (Żytkow 1984: 480). Należy uznać, że przy procedurach typu $?\alpha$, podobnie jak przy procedurach typu $?A$, zbiór danych głównych należy do zbioru danych początkowych D_0. W takiej sytuacji definicja spójności zbioru procedur może mieć również bezpośrednie zastosowanie do tego typu procedur, jeśli dysponujemy niepustym iloczynem zbiorów początkowych danych głównych różnych procedur interpretujących ten sam termin funkcyjny. W szczególności dwie różne procedury typu $?\alpha$ o zakresach X_1 i X_2 interpretujące ten sam termin funkcyjny f są empirycznie równoważne wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdych danych głównych z $X_1 \cap X_2$ dają te same wartości liczbowe w granicy błędu pomiarowego ε.

4. KONSEKWENCJE FILOZOFICZNE

Pytania dopełnienia muszą spełniać określone założenia: założenie pozytywne, zgodnie z którym przynajmniej jedna odpowiedź bezpośrednia na pytanie dopełnienia jest prawdziwa, oraz założenie negatywne, zgodnie z którym co najmniej jedna odpowiedź bezpośrednia na pytanie dopełnienia jest fałszywa. Jeżeli założenia te są spełnione, to rzeczywisty zakres niewiadomej pytania jest sumą dwóch niepustych zbiorów $U = S_1 \cup S_2$, gdzie każdy element z S_1 spełnia funkcję odpowiedzi, a żaden element z S_2 jej nie spełnia (Giedymin 1964: 91). Spełnienie obydwu założeń jest istotne. Jeśli nie jest spełnione założenie pozytywne, czyli gdy S_1 jest zbiorem pustym, to nie istnieje prawdziwa odpowiedź bezpośrednia na pytanie dopełnienia, czyli: $\sim\exists y\ [f(x_1, \ldots, x_n, t) = y]$, a wynik zastosowania procedury brzmi: „niewykonana”. Jeżeli spełnione jest założenie pozytywne, ale nie jest spełnione założenie negatywne, czyli gdy S_2 jest zbiorem pustym, to pomiar jest zupełnie arbitralnym przyporządkowaniem dowolnej wartości dla interpretowanego symbolu funkcyjnego. Wówczas pomiar byłby procedurą poznawczo bezwartościową.

Jeżeli $U = S_1 \cup S_2$ jest zakresem niewiadomej pytania dopełnienia i S_1 jest niepusty, to istnieje prawdziwa odpowiedź bezpośrednia na to pytanie, czyli możemy wyznaczyć wartość interpretowanego symbolu funkcyjnego. Zbiór S_1 może być też jednoelementowy, a wtedy jedno i tylko jedno podstawianie niewiadomej pytania przekształca schemat odpowiedzi bezpośredniej na pytanie dopełnienia w zdanie prawdziwe. Wówczas dodatkowo spełnione jest założenie jedyności, ponieważ istnieje tylko jedna prawdziwa bezpośrednia odpowiedź na pytanie dopełnienia. Założenie to jednak nie musi być spełnione. W przeciwieństwie do pytań rozstrzygnięcia, w wypadku pytań dopełnienia nie ma konieczności spełnienia założenia o jedyności. Przy dwuczłonowych pytaniach rozstrzygnięcia, jakimi są instrukcje typu $?A$, założenie o jedyności jest równoważne koniunkcji założenia pozytywnego i negatywnego.

W wypadku pytań dopełnienia wyrażających procedury pomiarowe kwestia spełnienia założenia o jedyności jest istotnym zagadnieniem filozoficznym. Okazuje się, że neooperacjonalistyczna semantyka Żytkowa zakłada jego spełnienie. Przyjęcie definicji spójności zbioru procedur odniesionej do procedur pomiarowych zakłada jedyność. Decydujący jest tu warunek empirycznej równoważności procedur.

Chang zauważył, że warunek empirycznej równoważności procedur pomiarowych zakłada przyjęcie zasady jednej wartości (*principle of single value*). Głosi ona, że realna własność może mieć nie więcej niż jedną określoną wartość w danej sytuacji. Dwa prawidłowe przypisania wartości w tej samej sytuacji nie mogą się od siebie różnić, jeśli dotyczą realnej własności (Chang 2001: 11, 18; 2004: 90). Oznacza to spełnienie założenia o jedyności. Jeżeli założenie to jest spełnione, wartość danego terminu funkcyjnego dla określonych argumentów może być wyznaczona w sposób jednoznaczny. Sprowadza się to do stwierdzenia, że wartości mierzonych wielkości są w momencie pomiaru jednoznacznie określone. Tym samym możemy je traktować jako niezależne od zastosowanej procedury pomiarowej: jeśli mamy spójny zbiór procedur interpretujących ten sam symbol funkcyjny, to niezależnie od tego, którą procedurę zastosowano, dla tych samych danych powinno się otrzymać te same wyniki.

Problem spełnienia lub niespełnienia założenia o jedyności prowadzi do dwojakiego spojrzenia na pomiar. Spełnienie go lub przyjęcie zasady jednej wartości wiąże się z pomiarem rozumianym jako wyznaczenie (*determination*) wartości danej wielkości. Wartość ta jest traktowana jako wewnętrzna własność mierzonych obiektów i jest niezależna od zachodzących interakcji w akcie pomiaru. Poprawność pomiaru jest wówczas rozpatrywana jako bliskość otrzymanego rezultatu względem jednej wartości. Odrzucenie założenia o jedyności lub zasady jednej wartości to spojrzenie na pomiar jako na przypisanie (*assignment*) wartości mierzonej wielkości, a poprawność pomiaru jest rozpatrywana pod kątem spełnienia określonych standardów formalnych (Mari 1997: 81-82). Pierwsze stanowisko, zgodnie z rozważaniami Changa, jest charakterystyczne dla postawy realistycznej, natomiast drugie skłania się ku postawie antyrealistycznej, proponowanej na przykład przez Dummetta (2006: 137): „nie możemy zakładać, że zawsze istnieje określona odpowiedź na pytanie, jaką wartość powinniśmy przypisać danej wielkości fizycznej, gdybyśmy ją zmierzyli". Niespełnienie założenia o jedyności nie prowadzi oczywiście do tego, że pomiar staje się procedurą zupełnie arbitralną, o ile tylko spełnione jest założenie negatywne pytań dopełnienia wyrażających procedury pomiarowe.

Rekapitulując, zgodnie z zaleceniem Żytkowa procedury pomiarowe na gruncie semantyki neooperacjonalistycznej należy reprezentować za pomocą pytań dopełnienia. Wprowadzenie tego typu pytań wymaga istotnego rozszerzenia języka interpretacji tej semantyki i wprowadzenia procedur typu $?\alpha$. Prowadzi to do problemu spełniania założenia o jedyności pytań dopełnienia, ponieważ w przeciwieństwie do pytań rozstrzygnięcia — reprezentujących procedury typu $?A$ — w wypadku pytań dopełnienia założenie to nie musi być spełnione. Spełnienie tego założenia nie jest więc kwestią natury formalnej. Na gruncie neooperacjonalizmu założenie o jedyności należy uznać za spełnione, co jest równoznaczne z przyjęciem określonej postawy filozoficznej — realizmu. Realizm należy zaś skonfrontować z praktyką badawczą nauk empirycznych. Wykazanie trafności założenia o jedyności pytań dopełnienia reprezentujących procedury pomiarowe wymagałoby wykazania, że w praktyce badawczej nie stosuje się procedur pomiarowych empirycznie nierównoważnych. Znalezienie takich wypadków prowadziłoby do odrzucenia założenia o jedyności.

BIBLIOGRAFIA

Chang H. (2001), *How to Take Realism beyond Foot-Stamping*, „Philosophy" 76(295), 5-30.

Chang H. (2004), *Inventing Temperature. Measurement and Scientific Progress*, New York (NY): Oxford University Press.

Chang H. (2009), *Operationalism* [w:] *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2009 Edition), E. N. Zalta (red.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/operationalism/>.

Dummett M. (2006), *Znaczenie i uzasadnienie* [w:] *Teoria znaczenia Michaela Dummetta i jej konsekwencje metafizyczne*, U. M. Żegleń (red.), Toruń: Dom Wydawniczy Duet, 119-143.

Frege G. (1997), *Ideografia. Język formalny czystego myślenia wzorowany na języku arytmetyki* [w:] Rotter 1997: 45-85.

Giedymin J. (1964), *Problemy, założenia, rozstrzygnięcia. Studia nad logicznymi podstawami nauk społecznych*, Poznań: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

Hare R. M. (1970), *Meaning and Speech Acts*, „The Philosophical Review" 79(1), 3-24.

Krajewski W. (2003), *O Elżbiecie Pietruskiej-Madej i Janie M. Żytkowie* [w:] *Odkrycie naukowe i inne zagadnienia współczesnej filozofii nauki*, W. Krajewski, W. Strawiński (red.), Warszawa: Semper, 11-17.

Lyons J. (1989), *Semantyka*, t. 2, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

Mari L. (1997), *The Role of Determination and Assignment in Measurement*, „Measurement" 21(3), 79-90.

Rotter K. (1997), *Próby gramatyki filozoficznej. Antologia: Franz Brentano, Gottlob Frege, Christian Thiel*, Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego,.

Strawiński W. (2005), *About the Publications of Jan M. Żytkow in the Field of Philosophy of Science (1971-1982)* [w:] *Logic, Methodology and Philosophy of Science at Warsaw University*, t. 2, A. Brożek, J. J. Jadacki, W. Strawiński (red.), Warszawa: Semper, 173-183.

Wójcicki R. (1982), *Wykłady z metodologii nauk*, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

Żytkow J. M. (1979a), *Spójny zbiór procedur operacyjnych jako interpretacja terminu empirycznego (I)*, „Studia Filozoficzne" 6, 95-112.

Żytkow J. M. (1979b), *Spójny zbiór procedur operacyjnych jako interpretacja terminu empirycznego (II)*, „Studia Filozoficzne" 7, 25-38.

Żytkow J. M. (1980), *Teoria dedukcyjna w nauce i jej związek z rzeczywistością*, „Człowiek i Światopogląd" 9, 85-105.

Żytkow J. M. (1982), *An Interpretation of a Concept in Science by a Set of Operational Procedures* [w:] *Polish Essays in the Philosophy of the Natural Science*, W. Krajewski (red.), Dordrecht: Kluwer, 169-185.

Żytkow J. M. (1984), *Partial Definitions in Science Compared to Meaning Families in Natural Language* [w:] *Sign, System and Function*, J. Pelc, T. Sebeok, E. Stankiewicz, T. Winner (red.), Berlin: Walter de Gruyter, 479-492.

Żytkow J. M. (1998), *Measuring the Unknown. Knowledge-Driven Discovery of Concept Expansions* [w:] *Machine Discovery; ECAI-98 Workshop*, 30-36.

Żytkow J. M. (1999), *Knowledge-Driven Discovery of Operational Definitions* [w:] *New Directions in Rough Sets, Data Mining and Granular-Soft Computing*, N. Zhong, A. Skowron, S. Ohsuga (red.), Berlin: Springer, 395-404.