

MARCIN J. SCHROEDER

## Tożsamościowa koncepcja informacji

### Wprowadzenie

Próby zdefiniowania pojęcia informacji były często obarczone ukrytym założeniem, że jest ona obiektem lub zjawiskiem o określonej i zdefiniowanej przez jej nazwę tożsamości niezależnej od próbujących ją zidentyfikować badaczy, które trzeba po prostu „odkryć”, a nie pojęciem, które trzeba skonstruować. Ważne więc było w tych próbach jedynie podanie łatwego sposobu jej identyfikacji przy użyciu jak najprostszych, zdroworozsądkowych terminów. Równie powszechne było przekonanie, że istnieje tylko jedna „właściwa” definicja tego pojęcia, a wszystkie inne są „złe”. Dyskusje prowadzone pomiędzy zwolennikami i autorami różnych stanowisk miały za główny cel wykazanie, że dana definicja jest tą wybraną, „dobrą”, „adekwatną” czy też „prawdziwą”, ale bez głębszej analizy pojęć użytych w definiowaniu w jakimś spójnym systemie pojęciowym o bardziej uniwersalnym znaczeniu dla rozważań filozoficznych wykraczających poza poszczególne dyscypliny wiedzy. A przecież tworzenie pojęcia filozoficznego i naukowego jest aktem twórczym, w którym to nowe pojęcie musi być powiązane w całość z innymi, tworząc obraz rzeczywistości, który można poddać analizie i testowaniu.

Logiczna niepoprawność definicji albo ich nieprecyzyjność były łatwiej akceptowane niż poprawnie i precyzyjnie sformułowane stanowisko niezgodne z powszechną intuicją i popularnymi poglądami, a więc nieusankcjonowane przez sąd większości. Przykłady rozmaitych, często pro-

blematycznych definicji pojęcia informacji, ilustrujące rozbieżności występujące pomiędzy różnymi sposobami jej rozumienia, opisałem w poprzednim artykule pt. „Spór o pojęcie informacji”.

Jeszcze bardziej problematyczne niż odstępstwa od reguł poprawnego definiowania pojęć jest dość powszechne przekonanie, że ostatecznym celem dyskusji wyboru definicji jest jednoznaczna i uniwersalna odpowiedź na pytanie „Co to jest informacja?” w ramach samej definicji. Tymczasem definicja pojęcia informacji może być właściwie oceniona tylko poprzez jej użyteczność w rozwinięciu teorii tego pojęcia i innych pojęć pokrewnych. Dopiero analiza takiej teorii, jej testowalnych konsekwencji logicznych i fakt oparcia się procedurom falsyfikacji mogą stworzyć podstawy dla oceny wyjściowej definicji. Dyskusja pojęcia informacji, ograniczona wyłącznie do poziomu porównywania różnych definicji, jest skazana na jałowość. Wartość poznawcza definicji pojęcia filozoficznego musi być rozpatrywana w relacji do innych pojęć filozoficznych mających swoją własną tradycję. Pozwala to na zrozumienie funkcji definiowanego pojęcia w rozumieniu rzeczywistości. Żadne nietrywialne pojęcie filozoficzne czy naukowe nie miało ostatecznej, jednoznacznej i powszechnie przyjętej definicji, a postęp myśli filozoficznej zawsze polegał na refleksji nad teoretycznymi konsekwencjami pojęć, a nie nad sformułowaniami definicji.

W artykule „Spór o pojęcie informacji” przedstawiłem trudności w znalezieniu schematu pojęciowego pozwalającego na zdefiniowanie pojęcia informacji w taki sposób, aby obejmowało ono różnorodność przypisywanych mu w zagadnieniach szczegółowych znaczeń przy jednoczesnym zachowaniu głębi powiązań z tradycją refleksji filozoficznej. Źródeł opisywanych sporów wskazać możemy wiele, ale główną przeszkodą wydaje się swoista przepaść pomiędzy próbami konceptualizacji informacji w terminach selekcji oraz w terminach struktury. Poprzedni artykuł zakończyłem pytaniem: czy możliwy jest wspólny schemat pojęciowy jednoczący obie te podstawowe wizje pojęcia informacji, wbrew dość powszechnemu przekonaniu o ich wzajemnym wykluczaniu się?

Niniejszy artykuł ma za cel uzasadnienie pozytywnej odpowiedzi na postawione wyżej pytanie i zaproponowanie tożsamościowej definicji informacji. Nie oznacza to wcale, że przedstawiona definicja ma charakter

ostateczny lub jest jedyną odpowiedzią na to wyzwanie. Jej wartość upatruję w powiązaniu pojęcia informacji z jednym z najbardziej fundamentalnych zagadnień filozoficznych dotyczącym przeciwieństwa jedności i wielości, oraz tego, że proponowana wizja pozwala na spójną konceptualizację wielu pojęć pokrewnych, takich jak integracja informacji czy dynamika informacji, które prowadzić mogą do matematycznie interesującej teorii formalnej.

## Pojęcia stowarzyszone z informacją

Spory o definicję pojęcia informacji nie wyczerpują problematyki związanej z określeniem aparatury pojęciowej stosowanej w badaniach nad informacją. Równie problematyczne wydaje się rozumienie integracji informacji, czy też jej dynamiki. Badania świadomości już co najmniej od czasów Williama Jamesa upatrywały jej najbardziej charakterystycznej cechy w zdolności ludzkiego umysłu do integrowania informacji. James powiązał jedność świadomości z jednością percepcji, o której pisał, że: „Percepcja jest jednym stanem umysłu, albo niczym” [1896, s. 80]. Ulubioną metaforą Jamesa, której używał w określaniu świadomości, była metafora strumienia („*stream of consciousness*”). Oczywiście w tym przypadku, tak jak i w bardzo starej taoistycznej metaforze drogi, można znaleźć odzwierciedlenie idei jedności w perspektywie diachronicznej. Wszelkie jednak odniesienia do jedności czy integracji, które znajdujemy w pracach Jamesa oraz wielu innych badaczy i myślicieli, nie wykraczały poza metaforyczne sformułowania.

Świadomość przedstawiana jest często jako produkt integrującej funkcji ludzkiego mózgu albo, bezpośrednio, jako zintegrowana informacja. To ostatnie podejście stało się szczególnie popularne dzięki pracom Gulia Tononiego i jego współpracowników [Tononi, 2007; Tononi, Edelman, 1998a; 1998b]. Jednakowoż i w tym przypadku mamy do czynienia z brakiem wyraźnie określonego znaczenia terminu „integracja informacji”, choć termin ten ma w pracach Tononiego fundamentalne znaczenie [Schroeder, 2011b].

Tononi nie zdefiniował informacji ani jej integracji, a tylko wprowadził współczynnik  $\Phi$ , którego wartość wyliczana jest za pomocą Shanonowskiej wielkości wzajemnej entropii systemów (dość przypadkowo i najwyraźniej myśląco nazywanej także wzajemną informacją), i który według jego zapewnień charakteryzuje integrację informacji, a zarazem stopień świadomości. Tak długo, jak integracja informacji nie jest zdefiniowana i jej własności nie są zbadane, spór o to, czy współczynnik opisuje integrację informacji, czy też nie, nie ma sensu. Jednakże konsekwencje założenia, że wartość  $\Phi$  opisuje ilościowo integrację informacji, a zarazem stopień świadomości, są wystarczająco paradoksalne, żeby budzić wątpliwości, gdyż przy takim założeniu prawie wszystko byłoby obdarzone świadomością, tyle że w różnym stopniu<sup>1</sup>.

Ta i inne podobne osobliwości podejścia proponowanego przez Tononiego są rezultatem braku rozróżnienia integracji sieci komunikacyjnej, do badania której entropia Shannona nadaje się doskonale, i integracji samej informacji, która wcale nie musi ulegać żadnej przemianie, a więc i integracji w trakcie przekazu nawet w doskonale zintegrowanej sieci. Widać to na przykład w samej procedurze badawczej doświadczalnej pracy Tononiego, polegającej na obserwacji aktywności mózgu (dystrybucji aktywności neuronów) u osób badanych pod kątem reakcji na biały szum informacyjny (przypadkowo dystrybuowanych bodźców pozbawionych jakichkolwiek związków lub wzorców). Korelacje aktywności neuronów w reakcji na takie bodźce, wyrażone poprzez wysoką wartość współczynnika  $\Phi$ , miały świadczyć o tym, że mózg integruje informację. Ponieważ biały szum nie wywołuje żadnego introspektywnego odczucia jedności, i po jakimś czasie przestaje być nawet zauważany, świadczy to raczej o tym, że współczynnik  $\Phi$  nie ma wiele wspólnego ze świadomością. Nie widać żadnego powodu, dla którego mózg miałby integrować biały szum, który sam w sobie jest zaprzeczeniem informacyjnej integracji. Niezależnie zresztą od tego, czy współczynnik  $\Phi$  opisuje stopień zintegrowania informacji, czy nie, nie

---

<sup>1</sup> Jeden ze współpracowników Tononiego, Christopher Koch [2009, s. 19] podaje następujący przykład „[...] pojedynczy jon wodoru, proton składający się z trzech kwarków, miałby drobną ilość synergii, tego  $\Phi$ ”.

może on zastąpić definicji pojęcia integracji, tak jak entropia Shannona, czy jakakolwiek miara informacji, nie może zastąpić definicji pojęcia informacji.

Dopóki informacja nie uzyska poprawnej i filozoficznie uzasadnionej, choć niekoniecznie powszechnie uznanej definicji, możemy się spodziewać, że próby badań koncepcji znaczenia informacji, integracji informacji, czy jej dynamiki narażone są na osobliwe rezultaty. Konieczność zachowania logicznej ścisłości i swoistej dyscypliny nigdzie nie jest tak bardzo wyraźna jak w tym przypadku. Ponadto możemy oczekiwać, że właściwy system pojęciowy pomoże w rozwiązaniu sporów dotyczących zasadniczych zagadnień nauk komputerowych, w których również nagromadziło się dużo nieporozumień.

Fundamentalna praca Alana Turinga *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem* stała się podstawą obecnego powszechnego rozumienia procesu obliczeniowego („*computation*”) pojmovanego w kategoriach działania jednej z równoważnych realizacji koncepcji maszyny Turinga. Fakt, że proces ten został wyabstrahowany ze sposobu, w jaki ludzki *computer* (jak określano osoby dokonujące obliczeń, zanim elektroniczne komputery zostały wprowadzone do użytku) przeprowadza obliczenia, wraz z wcześniejszym rozpoznaniem przez Kurta Gödla możliwości reprezentowania każdego rozumowania logicznego przez proces obliczeniowy (funkcję rekurencyjną) na liczbach naturalnych, doprowadziły do rozważań na temat tego, czy mózg ludzki nie jest fizyczną (a więc ograniczoną do skończonych rozmiarów) realizacją maszyny Turinga. Pytanie to doprowadziło do powstania nowej dziedziny badań zajmującej się zagadnieniem sztucznej inteligencji (AI) oraz podziału uczonych na zwolenników pozytywnej i negatywnej odpowiedzi na wspomnianą wyżej kwestię. Trwająca już ponad pół wieku dyskusja pomiędzy stronami sporu wymagała ustalenia, czym właściwie jest proces obliczeniowy (*computation*).

Kolejnym zagadnieniem, o którym należy tu wspomnieć, jest tak zwana teza Churcha-Turinga. W uproszczonej formie i nieformalnym ujęciu często przedstawiana jest ona jako stwierdzenie, że każdy proces obliczeniowy może być, przynajmniej w zasadzie, przeprowadzony przez pewną

maszynę Turinga (a więc i przez uniwersalną maszynę Turinga). Problem polega jednak na tym, jak rozumiemy termin „proces obliczeniowy” (*computation*). Jeśli odwołamy się do koncepcji obliczania jako tego, co robi maszyna Turinga, lub do koncepcji funkcji rekurencyjnych, teza Churcha-Turinga staje się tautologią. Jeśli chcemy tego uniknąć, musimy zdefiniować proces obliczeniowy w systemie pojęciowym wykraczającym poza koncepcję Turinga.

Turing już w swojej pierwszej pracy wprowadzającej koncepcję a-maszyny (ze skrótową nazwą pochodzącą od wyrażenia „automatyczna maszyna”), nazywanej obecnie po prostu maszyną Turinga, rozważał inną jej wersję w postaci c-maszyny (gdzie c odnosi się do *choice*, czyli wyboru nieograniczonego przez determinizm). Kolejna, silniejsza wersja maszyny Turinga z użyciem *oracle*, czyli „wyroczni”, dostarczyła przykładu teoretycznego urządzenia, które nie może być zrealizowane przez oryginalną a-maszynę. Kilkadziesiąt lat później pewnego rodzaju rewolucją było pojawienie się koncepcji kwantowej maszyny Turinga, w której proces obliczeniowy opisany jest w terminach mechaniki kwantowej. Ale wszystkie te warianty maszyny Turinga, choć obdarzone zdolnością wykonywania obliczeń nierealizowalnych w oryginalnej jej wersji, nie są wystarczająco ogólne pojęciowo, by pozwolić na rozwinięcie teorii procesów obliczeniowych, zdecydowanie wykraczającej poza ortodoksję architektury komputerowej. Potrzebny jest wyższy poziom ogólności, taki, żeby na przykład można było rozważać maszyny analogowe albo naturalne mechanizmy procesowania informacji zachodzące w wielopoziomowych systemach biologicznych.

W ogólnych, filozoficznych rozważaniach pojawiła się koncepcja dynamiki informacji uwolnionej od ograniczeń narzuconych przez schemat maszyny Turinga. Stworzono cały nowy nurt filozoficzny zwany *info-computationalism*, zainicjowany przez Konrada Zuse [1969], oparty na naczelnej idei, że cały wszechświat jest pewnego rodzaju urządzeniem obliczeniowym. Podejście takie byłoby rozwiązaniem kwestii umieszczenia procesów obliczeniowych w ogólniejszym schemacie pojęciowym dynamiki informacji, ale pod warunkiem, że ta dynamika i samo pojęcie informacji zostaną wystarczająco precyzyjnie opisane. Jednakże autorzy

prac zaliczanych do tego nurtu jak dotąd odwołują się tylko do dość wąsko rozumianych tradycyjnych koncepcji informacji i procesów obliczeniowych, pomijając jakiegokolwiek próby definiowania dynamiki, co w dość oczywisty sposób nie pozwala na dokonanie całościowego opisu. Ponadto, osiągnięcie celów stawianych przez zwolenników tego nurtu wykracza bardzo daleko poza problemy rozumienia procesów obliczeniowych czy informatycznych. Można oczekiwać, że to właśnie realizacja owych zadań jest uwarunkowana przez wcześniejsze uogólnienie rozumienia procesów obliczeniowych w terminach dynamiki informacji.

### **Kategorialne przeciwieństwo jedności i wielości**

Źródłem każdej myśli, nie tylko filozoficznej, ale i ogólnego procesu kognitywnego, są przeciwieństwa. Choć to stwierdzenie wydaje się uniwersalne, wybór fundamentalnych przeciwieństw jest uzależniony kulturowo. Gdy spytać, które z wielu przeciwieństw jest najbardziej fundamentalne, przedstawiciel cywilizacji zachodniej, wywodzącej się z greckiej tradycji kulturowej, najprawdopodobniej odpowie prawda–fałsz, dobro–zło albo piękno–brzydota. Nie są to jednak uniwersalne formy przeciwieństwa. W cywilizacjach Wschodu opozycje prawda–fałsz i dobro–zło są zrelatywizowane. Przedstawiciel cywilizacji chińskiej odpowiedziałby pewnie yin–yang, i choć każde tłumaczenie tej pary terminów będzie nieadekwatne, najbliższą chyba analogią wyrażalną w zachodnich językach będzie zestawienie pasywny–aktywny. Z kolei ten wybór, jako najbardziej podstawowego przeciwieństwa, będzie budził sprzeciw w wielu innych kulturach. Pośród podstawowych przeciwieństw świata zachodniego jeszcze jedno ma pozycję specjalną – przeciwieństwo coś–nic, lub, używając terminologii filozoficznej, byt–niebyt. Ale i w tym przypadku stwierdzenie uniwersalności napotka na sprzeciw. W bardzo wielu systemach filozoficzno-religijnych to przeciwstawienie było uznawane albo za iluzoryczne (na przykład w pewnych odmianach myśli wedyjskiej i buddyjskiej), albo zbyt uproszczone, gdyż czasem wyróżniano co najmniej 18 różnych rodzajów niebytu, albo, gdy ta przeciwność jest zastępowana różnymi formami

modalności, jak na przykład w Arystotelesowym przeciwieństwie potencjalności i aktualności. Jedyłą uniwersalną przeciwnością obecną w bez wyjątku każdej kulturze i w każdym systemie filozoficznym była i jest przeciwieństwo jedności i wielości (*one-many*).

Nie oznacza to, że strony tej przeciwności miały zawsze i wszędzie ten sam status. Znowu prawie bez wyjątku jedność uznawana była za górującą nad wielością. Tak, więc wielość mogła być traktowana jako coś wtórnego, przejściowego lub niepożądanego, ale zarazem była uznawana za konieczny warunek poznania. Nie jest zresztą niespodziewaną konkluzją, jeśli zauważymy, że nasz wywód zaczynał się od założenia konieczności istnienia przeciwieństw jako warunku funkcjonowania procesów myślowych czy też formułowania refleksji filozoficznej. Z kolei bez wielości (czyli co najmniej pary) nie możemy mówić o przeciwieństwie. Z drugiej strony, proces myślowy prowadzi do eliminacji dwoistości czy wielości poprzez wybór albo transformację prowadzące do jednego rezultatu.

Nie wszyscy filozofowie zgodziliby się na uznanie przeciwieństwa jedności i wielości za najbardziej fundamentalną. Kant umieścił jedność i wielość pośród kategorii, ale dla niego najbardziej podstawowym pojęciem wykraczającym poza inne kategorie w swojej fundamentalności był czas. Dzisiaj każdy, a szczególnie ktoś znający fizykę współczesną, mógłby podać wiele argumentów przeciw tej specjalnej pozycji czasu. Ciekawe jest to, że Kant nie zauważał, iż pojęcie czasu nie ma żadnego sensu w oderwaniu od relacji przestrzennych. Bez nich upływ czasu jest albo niemożliwy, albo też staje się on czysto subiektywnym odczuciem oderwanym od rzeczywistości. Ktoś mógłby zaprzeczyć, mówiąc, że muzyka lub rytm muzyczny nie wymagają percepcji przestrzennej, ale generowanie dźwięku też nie jest możliwe bez wymiaru przestrzennego. Łatwo też ująć koncepcję czasu w ramy przeciwieństwa jedności i wielości. Czas wymaga zmiany, zmiana – różnicy, a różnica – wielości. Z drugiej strony nasza intuicja czasu (na pewno nieuniwersalna i kulturowo zróżnicowana) zakłada pewną formę jedności czasu w jego liniowym lub linearno-cyklicznym uporządkowaniu, ciągłości (ogólniej i dokładniej – topologii zakładającej metryzowalność, w której upływ czasu jest ciągły). Mamy więc tutaj



i wielość, i jedność. To przeciwieństwo jedności i wielości nie oznacza więc wzajemnej anihilacji, a tylko współistnienie i oddziaływanie.

Nie wydaje się, żeby kategorie jakiegokolwiek systemu filozoficznego, współczesnego czy istniejącego w przeszłości w którejkolwiek z cywilizacji, mogły być formułowane bez odwołania się do przeciwieństwa jedności i wielości. Nawet koncepcja piękna jako „jedności w wielości” (*uniformity amidst variety*) w poglądach takich myślicieli jak Francis Hutcheson [1729], dominująca we wczesnej myśli estetycznej, odwołuje się do tej relacji. Z drugiej strony, trudno sobie wyobrazić, żeby przeciwieństwo jedności i wielości mogło być sprowadzone do jakichkolwiek innych kategorii.

Należy też zauważyć, że problematyka relacji jedność–wielość dominowała w myśli filozoficznej i religijnej w różnych okresach i w różnych miejscach. W każdym systemie filozoficznym poświęcano i poświęca się nadal wiele uwagi kwestii przeciwstawności wielości w naszej percepcji rzeczywistości i jedności wyrażonej przez różnego rodzaju pojęcia boskości, wszechświata, tao (czyli drogi), czy też świadomości. Można więc stwierdzić, że refleksja filozoficzna wszelkiego rodzaju to głównie kontemplacja relacji jedności i wielości w różnych jej aspektach. A gdy ograniczymy się do filozoficzno-religijnych tradycji mistycznych, szczególnie tych wywodzących się z myśli Plotyna, konstatacja taka staje się niezaprzeczalna.

Zadziwiające jest to, jak mało uwagi poświęca się obecnie dalszemu rozwojowi tej bogatej tradycji refleksji nad przeciwieństwem jedności i wielości. To, że była ona centralnym tematem filozofii i religii, już dawno zostało zauważone i docenione, choć obecnie jakby zapomniane. Na przełomie wieków XIX i XX pisał już o tym William James [1948; 1967], analizując rozmaite przykłady historyczne i kulturowe dotyczące wspomnianego zagadnienia.

Relacja jedności i wielości odegrała w czasach Jamesa, choć on o tym najwyraźniej nie wiedział, wielką rolę w tworzeniu podstaw współczesnej matematyki i logiki. Dyskusja ta została wywołana przez koncepcyjne trudności i nieporozumienia dotyczące powstającej teorii zbiorów. Pytanie dotyczyło kwestii sposobu rozumienia zbiorów i ich istnienia (szczególnie zbiorów nieskończonych). Georg Cantor, którego prace stworzył w końcu XIX

wieku fundamenty teorii mnogości, która z kolei dała podstawę dla całej matematyki współczesnej, rozumiał zbiór jako „dowolną wielość, która może być pomyślana jako jedność, i.e. dowolny agregat określonych elementów, które mogą być połączone w całość przez pewne prawo” [Cantor, 1883].

Pogląd ten spotkał się z bardzo ostrą krytyką ze strony matematyków przywiązanych do finitystycznych metod, jak na przykład Leopolda Kroneckera, którzy wierzyli głęboko, że w celu wykazania istnienia jakiegoś zbioru, czy też dowolnego obiektu matematycznego, konieczne jest ustalenie definitywnej konstrukcji złożonej ze skończonej liczby kroków, w ramach której te elementy, jeden po drugim, połączone zostają w całość. W dyskusji na temat rozumienia integracji elementów w całość zbioru brali udział i matematycy, i filozofowie.

Edmund Husserl uczestniczył w tej dyskusji, pisząc z perspektywy filozofa:

Każda wypowiedź o zbiorach lub mnogościach w sposób konieczny angażuje kombinację indywidualnych elementów w całość, jedność zawierającą indywidualne obiekty, jako części. I chociaż ta kombinacja może być bardzo luźna, jest w tym jakiś specyficzny rodzaj jednoczenia, który musiał być być zauważony jako taki, gdyż inaczej koncepcja zbioru nigdy by się nie pojawiła. [...] Jeśli nasz pogląd jest poprawny, pojęcie zbioru pojawia się poprzez refleksję nad specyficznym [...] sposobem, w którym zawartość jest połączona [...] analogicznie do sposobu, w którym jakikolwiek concept całości każdego innego rodzaju pojawia się poprzez refleksję nad sposobem łączenia specyficznym dla tego conceptu. [Husserl, 1891]

Zdaniem historyków Husserl był przekonany, że proces integracji ma charakter psychologiczny:

Pojęcie kolekcji w sensie, jaki nadał mu Brentano, wyjaśniał Husserl, miał się pojawić poprzez refleksję nad pojęciem zbierania. Zbiory, jak wyjaśniał, wyłaniały się z kolektywnego łączenia, poprzez fakt rozumienia ich, jako połączonych. Ten proces łączenia, zaangażowany, gdy obiekty są składane w całość, polega na tym, że ktoś myśli o nich ‘razem’, w oczywisty sposób, nie jest ugruntowany w zawartości poszczególnych elementów zebranych w zbiór. To, na czym polega ten proces, nie może być fizyczne, musi więc być psychiczne, musi być pewnym unikalnym rodzajem aktu myślowego łączącego zawartość w całość. [Hill, Haddock, 2000]

Mniej więcej od połowy XX wieku inny zupełnie rodzaj *tworzenia* jedności przyciągnął uwagę i naukowców, i filozofów. Był to rezultat po-

wstania mechaniki kwantowej. Okazało się, że obiekty kwantowe mogą wchodzić ze sobą w kombinacje, tworząc całości, w których w sposób zasadniczy nie można rozróżnić komponentów składowych. Dwie cząstki w superpozycji stanów całkowicie zatracają indywidualność (tożsamość). Gdy spowodujemy, że dwa elektrony wejdą w stan superpozycji, wiemy, że nie mogą one (zakaz Pauliego) mieć spinu skierowanego w tym samym kierunku. Jednakowoż tak długo, jak są one w superpozycji (nie mogą być w tym czasie obserwowane, bo każda obserwacja w konieczny sposób niszczy superpozycję i rozdziela ją na tak zwaną mieszaninę), elektrony nie mają określonego jednoznacznie kierunku spinu i nie mogą być w żadnym innym względzie zidentyfikowane jako odrębne indywidua.

Zjawisko superpozycji stanów obiektów kwantowych wyznaczyło nowy rozdział w studiach nad opozycją jedność–wielość. Wielość mogła w sposób fizyczny stać się absolutną jednością w sposób, który dla obiektów fizyki klasycznej, czyli obiektów naszego codziennego doświadczenia, jest nieosiągalny. W obliczu tego zagadkowego typu kwantowej jedności tradycyjne kwestie dotyczące przeciwieństwa jedności i wielości zeszły na drugi plan. Tymczasem może to być tylko inny aspekt tego samego zagadnienia [Schroeder, 2009].

## Tożsamościowa definicja informacji

Od wielu lat posługuję się w moich pracach takim pojęciem informacji, które jednoczy różne stanowiska definicyjne sformułowane właśnie z użyciem kategorialnej opozycji jedności i wielości [Schroeder, 2005]. Informacja jest w tym ujęciu *identyfikacją wielości* (*identification of a variety*). W języku polskim można to wyrazić jaśniej i bardziej intuicyjnie przez określenie informacji jako tego, co daje *tożsamość wielości*, czyli tego, co nadaje *jedność wielości*. Aby móc zastosować tę definicję, musimy mieć do czynienia z jakąś wielością (nazywana ona będzie *nośnikiem informacji*) i konieczne jest pojęciowe przeciwstawienie jedności i wielości, które traktuję jako kategorialne, czyli niesprowadzalne do bardziej ogólnych pojęć. Kategorialność nie jest zresztą warunkiem koniecznym użycia tej

definicji, gdyż ktoś może wybrać alternatywny system pojęciowy, w którym przeciwstawienie jedności i wielości może być zdefiniowane i w tak rozumianej przeciwności określić informację jako to, co daje jedność wielości. Oczywiście zrelatywizowanie przeciwieństwa jedności i wielości do bardziej podstawowych pojęć będzie zawsze prowadziło do pewnego zawężenia pojęcia informacji, którego ja wolę uniknąć. Nic więcej nie jest potrzebne poza określeniem, w jaki sposób wielość może nabrać charakteru jedności. Właśnie ten sposób nadawania wielości (nośnikowi) charakteru jedności, czyli nadawania tożsamości, jest istotą pojęcia informacji. Może to być zrealizowane na wiele specyficznych dla nośnika informacji sposobów, w zależności od kontekstu użycia tego pojęcia. Każdy nośnik informacji (wielość), w którym określony jest sposób uzyskiwania tożsamości (jedności), staje się *systemem informacyjnym*.

Gdy jednak zastanowić się nad tym, w jaki sposób wielość może nabrać charakteru jedności, pojawiają się dwie zasadnicze opcje. Może to być selekcja jednego z elementów tej wielości albo też może to być nadanie wielości pewnej strukturze wiążącej ją w całość. Istotne jest, by zauważyć, że terminy „selekcja” i „nadanie struktury” są wyrażone jako czynności, ale jest to tylko jedna z alternatyw przedstawienia. „Selekcja” może być rozumiana alternatywnie, jako czynnik wyróżniający, a zamiast „nadawania struktury” możemy się ograniczyć do samej tej struktury. W ten sposób możemy przejść od sformułowania diachronicznego do synchronicznego. Dodatkowo, ważne jest też, że te dwa sposoby nadawania wielości jedności nie są niezależne. Dokładniej, występują one zawsze razem, choć na innych wielościach, czyli w innych nośnikach. Nie sposób wybrać jakiegoś obiektu spośród wielu innych, jeśli nie ma on struktury zapewniającej mu posiadanie wyróżniających, specyficznych dlań własności. Z drugiej strony, każda struktura określona na pewnej wielości jest tylko jedną, wybraną spośród wielu możliwych struktur.

Moim często przywoływanym przykładem jest kolekcja kluczy hotelowych. Gdy nośnikiem informacji jest właśnie kolekcja kluczy z zaznaczonymi numerami pokoi, mamy tutaj selektywną manifestację informacji. Numer na kluczu pozwala na jednoznaczny wybór klucza do naszego pokoju. Jeśli złodziej chce dostać się do konkretnego pokoju, mo-

że zrobić odbitkę kształtu klucza, a następnie odtworzyć klucz. W tym wypadku złodziej wykorzystuje strukturalną manifestację informacji określonej na innym nośniku, na przykład może to być zbiór atomów żelaza, albo bardziej realistycznie, zbiór standardowych elementów używanych do tworzenia kształtu klucza. Tak więc, w tym drugim przypadku, nośnik jest zupełnie inny, choć oba nośniki są ze sobą powiązane. Każdy klucz jest realizacją całego nośnika informacji strukturalnej. Ich kolekcja (kolekcja kluczy) tworzy nowy nośnik, ustanowiony wyżej w hierarchii systemów informacyjnych.

Tak więc mamy tu do czynienia z *dualnymi manifestacjami informacji*, a nie z różnymi typami informacji. Jednakowoż nośnikiem informacji strukturalnej w pierwszym przypadku, gdy rozpatrujemy selekcję obiektu spośród wielu innych, jest kolekcja komponent tego obiektu. Ta wielość (wielość komponent) znajduje się na poziomie niższym niż wielość obiektów, gdyż każdy taki obiekt, żeby być wyróżnialnym, musi posiadać komponenty składające się na jego strukturę. Tymczasem w drugim przypadku, gdy rozpatrujemy wielość potencjalnych struktur, z których ta aktualnie istniejąca jest wybrana, czyli zrealizowana, nowa wielość (wielość potencjalnych struktur) znajduje się na wyższym poziomie, ponad wielością, w której dana struktura jest określona. Różne potencjalne struktury na wyjściowej wielości generują różne potencjalne obiekty w nowej wielości wyższego rzędu, z których jeden jest strukturą aktualną. Widać więc, że dualizm selekcyjnej i strukturalnej manifestacji informacji generuje wielopoziomową (możliwe, że nawet nieskończoną) hierarchię systemów informacyjnych. Idąc w dół hierarchii, w każdym kroku obiekty nośnika (wielości) rozkładane są na wielości swoich własnych komponent. Idąc w górę hierarchii, obiekty nośnika łączą się na różne sposoby by tworzyć nową wielość alternatywnych struktur.

Dualizm selektywnej i strukturalnej postaci informacji wprowadza hierarchiczną strukturę systemów informacyjnych, która odgrywa wielką, choć do niedawna niezauważaną, rolę w wielu zastosowaniach koncepcji informacyjnych (na przykład w badaniach żywych organizmów [Schroeder, 2013a; 2014c]).

Oczywiście terminy „selekcja” i „struktura” muszą być scharakteryzowane w wyraźnie określony sposób, jeśli na podstawie powyższej definicji chcemy rozwijać teorię informacji. W teorii, którą zaproponowałem w szeregu wcześniejszych prac, terminy „selekcja” i „struktura” wyrażone są w języku matematycznym teorii mnogości i algebry uniwersalnej (dokładniej, w języku matematycznej teorii przestrzeni uogólnionych dotknięć) [Schroeder, 2011a]. Trzeba jednak zaznaczyć, że jest to tylko pewien wybór formalizacji, z pewnością wygodny i efektywny, ale prawdopodobnie nie nieodzowny.

Poniższa krótka prezentacja pokaże, jak ogólna definicja informacji odwołująca się do przeciwieństwa wielości i jedności może być użyta przy konstruowaniu formalnej teorii informacji oraz dynamiki jej transformacji, integracji itp. Wielość jest w tej formalizacji rozumiana jako pewien zbiór. W tym zbiorze (nośniku informacji) można zdefiniować system informacyjny na wiele różnych sposobów poprzez wyróżnienie rodziny podzbiorów spełniających dwa proste warunki (cały wyjściowy zbiór należy do tej rodziny i wraz z dowolną kolekcją podzbiorów tej rodziny należy do niej ich wspólne przecięcie – czyli jest to tak zwana rodzina Moore’a).

Wybór tej rodziny podzbiorów (jej dodatkowe charakterystyki zadane są przez odpowiednie aksjomaty) określa rodzaj informacji. Na przykład wiadomo, jakie warunki musi spełniać ta rodzina, żeby na zbiorze wyjściowym można było odtworzyć geometrię wybranego typu, przestrzeń topologiczną, strukturę logiczną w postaci operacji konsekwencji lub którejkolwiek ze struktur matematycznych formalizujących nasze doświadczenie rzeczywistości. Mamy wtedy do czynienia z informacją geometryczną, topologiczną, logiczną etc. Wyjściowy zbiór wraz z wyróżnioną rodziną Moore’a może być nazwany systemem informacyjnym, bo ta rodzina podzbiorów nakłada ograniczenia na sposób nadawania jedności nośnikowi. Sama informacja w tym formalizmie reprezentowana jest przez dowolną podrodzinę systemu informacyjnego spełniającą znów dwa proste warunki (w języku matematycznym jest to tak zwany filtr, czyli dziedziczna podrodzina zamknięta ze względu na skończone przecięcia).

Mamy tu do czynienia z dwoma alternatywnymi sposobami uzyskiwania jedności i tożsamości. Przecięcia zbiorów w tej rodzinie (filtrze) okre-

ślącej szczególnie przypadek informacji prowadzą do zawężenia podzbiorów do coraz mniejszych, a więc w kierunku identyfikacji wybranego elementu z wyjściowego zbioru. W pewnych przypadkach powoduje to wyróżnienie dokładnie jednego elementu zbioru wyjściowego. Z drugiej strony, ta powtórnie wybrana rodzina podzbiorów (filtr) może być użyta do wyróżnienia struktury charakteryzującej dany obiekt. Mamy więc tutaj obie manifestacje informacji – selektywną i strukturalną.

W najprostszym, trywialnym przypadku wybrana rodzina podzbiorów Moore'a (system informacyjny) składa się ze wszystkich podzbiorów. Jeśli te podzbiory zidentyfikujemy jako wydarzenia i określimy na nich miarę prawdopodobieństwa, informacja będzie zadana przez wybór tych podzbiorów (tworzących filtr), które mają prawdopodobieństwo o wartości jeden. Oczywiście możemy w tym przypadku określić dla danej miary prawdopodobieństwa jej entropię albo którąkolwiek z wielu zaproponowanych dotychczas miar informacji opartych na prawdopodobieństwie. Trzeba pamiętać, że entropia Shannona jest pojęciem czysto probabilistycznym, charakteryzującym dowolne miary, czyli dystrybucje prawdopodobieństwa, i nie wymaga żadnego odniesienia do informacji.

Możemy więc poprzez wybór odpowiedniego systemu informacyjnego określić informację jako czysto komunikacyjną (jak u Shannona), logiczną, geometryczną, topologiczną itp. Można się spodziewać, że każde precyzyjniejsze ujęcie informacji może być tutaj zinterpretowane. W niniejszych rozważaniach dalsze szczegóły tego formalizmu nie odgrywają jednak większej roli, więc zostaną pominięte. Istotne dla prowadzonych analiz wnioski można zawrzeć w stwierdzeniu, że najbardziej wyczerpująca matematyczna charakterystyka systemu informacyjnego ma postać analogiczną do algebraicznej struktury logiki i dlatego nazwana została przeze mnie logiką informacji (jest to tak zwana krata, uogólnienie algebry Boole'a). Struktura ta jest po prostu sposobem uporządkowania rodziny podzbiorów definiującej system informacyjny przez relację zawierania zbiorów. Gdy wybierzemy system informacyjny zdefiniowany przez logiczną strukturę języka, ta logika informacji jest po prostu algebraiczną strukturą opisującą tradycyjną logikę [Schroeder, 2012].

Podczas gdy dokonane wyżej powiązanie formalizacji selektywnej postaci informacji w terminach jedności – wielości z teorią Shannona jest bardzo proste, powiązanie jej manifestacji strukturalnej z wynikami wcześniejszych badań jest już bardziej złożone i wymaga odwoływania się do matematycznego formalizmu. Z tego powodu można je tutaj podsumować stwierdzeniem, że wszystkie rodzaje struktur (na przykład struktury geometryczne rozważane przez René Thoma) mają swój opis w języku algebraicznym w postaci, którą nazwałem wcześniej logiką informacji. Strukturalna manifestacja informacji była zazwyczaj badana z użyciem metod jakościowych. W najnowszej pracy na ten temat zaproponowałem dodatkowo ilościową jej charakterystykę [Schroeder, 2015].

Wspomniany powyżej matematyczny formalizm z kluczowym pojęciem logiki informacji pozwala rozważać różne poziomy integracji informacji rozumiane, jako różnice w stopniu, w którym logika informacji może być rozłożona na części składowe. Gdy logika informacji jest klasyczna (taka jak w przypadku logicznej struktury języka, czyli jest algebrą Boole'a), można ją rozłożyć na produkt bardzo wielu trywialnych komponent odpowiadających dwuelementowym strukturom typu tak–nie albo 1–0. Informacja jest w takim przypadku całkowicie zdeintegrowana. Z drugiej strony istnieje wiele przykładów systemów informacyjnych z informacją całkowicie zintegrowaną. Na przykład system informacyjny w postaci opisanej w mechanice kwantowej jako stan koherentny (czyli w kwantowej superpozycji stanów) jest przykładem pełnej integracji informacji. Innym przykładem jest system informacji geometrycznej. Oznacza to tyle, że logika informacji jest nieredukowalna do kompozycji prostszych części składowych. Można też znaleźć liczne przykłady pośrednie, w których informacja może być rozkładana na części składowe, ale tylko częściowo.

Mgliste pojęcie integracji informacji, przywoływane w celu wyjaśniania natury świadomości, zastąpione zostaje przez matematycznie zdefiniowaną koncepcję nieredukowalności struktur. Co więcej, ten sposób charakteryzowania poziomu integracji pozwala na teoretyczny opis urządzenia integrującego informację [Schroeder, 2009]. Może to pomóc w poszukiwaniu mechanizmów świadomości. Jeśli wiążemy świadomość z integracyjnymi mechanizmami działania mózgu, wiadomo przynajmniej, czego



powinniśmy szukać. Co więcej, podejście to pozwala rozumieć znaczenie częściowej integracji informacji. Dzięki częściowej integracji informacji możliwe jest wyjaśnienie, w jaki sposób w naszej percepcji świata wyróżniane są poszczególne obiekty. Są one po prostu porcjami zintegrowanej informacji korespondującymi z poszczególnymi fragmentami rzeczywistości i zachowującymi swoją odrębność w transformacjach powodowanych przez upływ czasu lub przez zmiany warunków obserwacji. Jeśli integracja informacji przez mózg byłaby dokonywana na różnych poziomach, pozwoliłoby to wyróżnić dany obiekt, a następnie jego części składowe [Schroeder, 2011b].

Z kolei semantyka informacji może być rozumiana jako relacja pomiędzy systemami informacyjnymi, która zachowuje strukturę logiczną informacji. W języku matematycznym byłby to homomorfizm struktur informacyjnych [Schroeder, 2011c]. Podstawowym założeniem tego podejścia, pozwalającym na wyjście z impasu znaczeniowego, jest przekonanie, że znaczenie słów albo zdań nie odnosi się do bytów fizycznych, ale do informacji powiązanej z nimi. A więc słowo „krowa” odnosi się do zespołu informacji dotyczącego obiektu określanego tym słowem w językowym systemie informacyjnym. Gdy używamy tego terminu, odnosimy się nie do fizycznego bytu, ale do zintegrowanej informacji tkwiącej w naszej świadomości. Czyli jest to ekonomiczny sposób użycia informacji mniejszej objętości, zamiast całej jej porcji powiązanej z zewnętrznym bytem. To, że możemy mówić o obiekcie, a nie o luźnej wiązce elementarnych fragmentów informacji (na przykład danych zmysłowych), jest rezultatem jej integracji. W matematycznym formalizmie wyrażone jest to przez fakt, że homomorfizmy struktur informacyjnych zachowują zintegrowane porcje informacji. Powiązane jest to też z faktem, że słowo reprezentujące jakiś obiekt (na przykład słowo „krowa”) nie jest po prostu zbiorem liter albo głosek, ale jest także rezultatem integracji informacji niesionej poprzez poszczególne elementarne znaki w pewną całość – słowo. Podobnie obiekt opisywany przez to słowo jest rozumiany jako porcja zintegrowanej informacji różnego rodzaju (na przykład kształt, kolor itp.).

Jeśli znaczenie jest funkcją zachowującą ogólną strukturę informacji, będziemy mogli być pewni, że integracja informacji w obiekty będzie nie-

naruszona. Tym samym rozwiązujemy problem, który ograniczał w przeszłości rozwój semantyki. Pozostaje kwestia tego, jak przedstawić relację pomiędzy różnego rodzaju bytami, pomiędzy tworcami językowymi czy znakami symbolicznymi stworzonymi przez człowieka i denotacją rozumianą, jako byty niezależne, fizyczne. W pewnym sensie obecne podejście jest zbliżone do opisu spełniania wprowadzonego przez Alfreda Tarskiego. Tarski odwoływał się w relacji spełniania i tworzenia modeli do metajęzyka. W tym przypadku nie jest konieczne odwoływanie się do języka, gdyż systemy informacyjne nie muszą mieć postaci językowej, ale do metasystemu informacyjnego reprezentującego fizyczną rzeczywistość.

Co więcej, w opisywanym schemacie pojęciowym można też zrozumieć, na czym polegało fiasko programu sztucznej inteligencji (AI). Wszystkie dotychczasowe systemy modelujące inteligencję bazowały na architekturze systemów komputerowych opartych na koncepcji maszyny Turinga (lub jej analogii w postaci sieci neuronalnych). A takie systemy wymagają logiki boolowskiej i mogą operować tylko w zakresie informacji całkowicie pozbawionej integracji. Trudno sobie wyobrazić jakąkolwiek formę inteligencji opartej na mechanizmach pozbawionych zdolności integracyjnych. W celu skonstruowania inteligentnego urządzenia konieczne jest uwzględnienie nie tylko zdolności manipulowania informacją, takiej, jaką posiada maszyna Turinga, ale też zdolności integrowania informacji, której maszyna Turinga nie posiada.

W dotychczasowych próbach modelowania wykorzystujących koncepcję Turinga czy też sieci neuronalne ten aspekt inteligencji był niezauważalny. Integracja informacji jest zaangażowana w proces kodowania i dekodowania informacji, a nie w sam proces obliczeniowy. Wspomniane czynności są wykonywane przez ludzki umysł. Na przykład, maszyna Turinga, rozumiana jako reprezentacja funkcji rekurencyjnej na liczbach naturalnych, wbrew pozorom nie pracuje na liczbach naturalnych, ale na ciągach zer i jedynek. Tylko ludzki umysł może przypisać tym ciągom znaczenie liczb naturalnych, a do tego potrzebuje on zdolności integrowania sekwencji poszczególnych znaków w całość interpretowaną jako liczba. Ponieważ informacja jest już zakodowana w postaci ciągu symboli na wejściu do maszyny i pozostawiona w postaci takiego ciągu na wyjściu, a ludzka in-

terwencja – integracja symboli i ich interpretacja – jest wyłączona z rozważań, trudno było zauważyć, że maszynie Turinga przypisywane były zdolności, których ona nie ma.

Tak więc następnym problemem, który będziemy musieli rozwiązać, konstruując autentyczny system sztucznej inteligencji, wynika z faktu, że sama znajomość teoretycznych mechanizmów systemu integrującego informację nie pozwala jeszcze na konstrukcję autonomicznego systemu realizującego ludzkie procesy kognitywne. Do tego celu architektura komputera musi uzyskać bardziej ogólną postać. Wymaga to naturalizacji procesu obliczeniowego, czyli jego opisanie w terminach procesów występujących w naturze w sposób całkowicie niezależny od interwencji ludzkiej (procesów autonomicznych).

Dużym problemem w kwestii naturalizacji procesów obliczeniowych jest powszechne przekonanie, że dynamika procesów naturalnych opiera się na relacji przyczynowo-skutkowej. Tymczasem przyczynowość jest przykładem projekcji ludzkiego doświadczenia na opis świata fizycznego. Moje stwierdzenie, choć może wydać się zaskakujące, nie jest wcale nowe. Blisko sto lat temu pisał o tym w jednym ze swoich esejów Bertrand Russell [Russell, 1963].

Procesy obliczeniowe w ogólności, a maszyny Turinga w szczególności, są opisane właśnie w sposób przyczynowy. Każdy następny krok obliczeniowy jest rozumiany jako przyczynowo zdeterminowany. To zaangażowanie przyczynowości w opis procesu obliczeniowego jest uznawane za wyrażenie jego powiązania z aktualną realizacją w naturze czy też w fizycznej rzeczywistości. Gdybyśmy chcieli znaleźć powiązanie dynamiki informacji z dynamiką systemów naturalnych, okaże się to problematyczne. W fizyce dynamika jest wynikiem wzajemnego oddziaływania, a nie unilateralnej akcji. Każdy proces na poziomie opisanym przez mechanikę może przebiegać tak samo w obu kierunkach czasowych. Stwierdzenie to nie jest wcale nowe. Na tym właśnie polega przecież paradoks odwracalności opisany przez Josefa Loschmidta powstrzymujący w XIX wieku rozwój kinetycznej teorii ciepła. Jeśli ciepło jest zjawiskiem mechanicznym, musi być opisane w sposób symetryczny (niezmienny) w stosunku do zmiany kierunku czasu. Konstatację tę trudno jednak pogodzić z drugą

zasadą termodynamiki. Dopiero statystyczna interpretacja termodynamiki i entropii podana przez Ludwiga Boltzmann'a „uratowała” zgodność mechaniki i termodynamiki. Spadek entropii jest możliwy, ale dla systemów złożonych bardzo mało prawdopodobny.

To, co było ratunkiem przed paradoksem Loschmidta w termodynamice, nie może jednak stanowić ratunku dla przyczynowości. Statystyczna teoria przyczynowości jest oksymoronem. W celu zakwestionowania przyczynowego charakteru naturalnych procesów obliczeniowych można by jeszcze przywołać mechanikę kwantową, w której przyczynowość w klasycznym sensie jest wykluczona. Zabieg taki nie wydaje się jednak potrzebny i mógłby napotkać zarzut, że zawsze możemy ograniczyć się do rozpatrywania tylko procesów obliczeniowych w klasycznych systemach fizycznych. Tak, więc w podsumowaniu, dynamika informacji musi być oparta na wzajemnym oddziaływaniu, nie na jednokierunkowym działaniu, gdy chcemy jej użyć do opisu zjawisk naturalnych lub do naturalizacji procesów obliczeniowych [Schroeder, 2014d, s. 225].

Proces obliczeniowy może być opisany za pomocą oddziaływania dwóch dwupoziomowych systemów informacyjnych, gdy dokonamy drobnego uogólnienia maszyny Turinga (a-maszyny) do symetrycznej maszyny Turinga (s-maszyny) [Schroeder, 2013b; 2014a; 2014b]. Jedyna istotna zmiana polega na tym, że zamiast jednostronnego, przyczynowego działania głowicy na taśmę, mamy tutaj wzajemne oddziaływanie aktywnej pozycji instrukcji (numeru instrukcji w danym momencie egzekwowanej) w głowicy i aktywnej komórki na taśmie. Zmiany w tym, które pozycje instrukcji w głowicy oddziałują z którymi komórkami taśmy, odnoszą się do dynamiki oddziaływania na poziomie globalnym. Zmiany w zawartości aktywnej komórki taśmy i aktywnej pozycji na liście instrukcji są opisem dynamiki lokalnej. Dynamika oddziaływań może być formułowana dokładnie tak jak w naturalnych systemach. Jeśli zrobimy niefizyczne lub przybliżeniowe założenie, że tylko zawartość komórek (znaki) się zmienia, a instrukcje pozostają zawsze takie same, dostajemy specjalny przypadek zwykłej a-maszyny Turinga.

Dynamika informacji opisana została powyżej w kontekście procesu obliczeniowego, ale da się ją ująć także w bardziej ogólnej formie. Może

ona posłużyć na przykład do opisu działania klasycznego urządzenia cybernetycznego – regulatora pracy maszyny parowej użytego przez Jamesa Watta albo do opisu ewolucji biologicznej [Schroeder, 2013a; 2013b; 2014a].

## Podsumowanie

Zaproponowana powyżej tożsamościowa definicja informacji odwołuje się do bardzo ogólnego, ale filozoficznie nietrywialnego przeciwieństwa jedności i wielości. Informacja zdefiniowana jako identyfikacja wielości (nadanie wielości charakteru jedności) staje się tematem powiązanim z niezwykle obszerną refleksją filozoficzną. Takie sformułowanie definicji pozwala na uwzględnienie i selektywnego, i strukturalnego aspektu informacji oraz na powiązanie ich w dualne manifestacje jednego pojęcia informacji. Równie ważna jest możliwość rozwinięcia schematu pokrewnych pojęć, takich jak integracja informacji, znaczenie informacji czy dynamika informacji, prowadzącego do sformalizowanej teorii. Pozwala to na nietrywialne poszerzenie metodyki badań wielu zagadnień, takich jak świadomość, naturalna i sztuczna inteligencja czy autonomiczny proces obliczeniowy.

## Bibliografia

- Cantor G., (1883), „Über unendliche, lineare Punktmannigfaltigkeiten, 5”, *Mathematische Annalen*, 21, s. 545–586.
- Husserl E., (1891), *Philosophie der Arithmetik*, Halle, Pfeffer.
- Hutcheson F., (1729), *An Initial Theory of Taste. From: An Inquiry into the Original of Our Ideas of Beauty and Virtue*, London, J. Darby; [przedruk w:] G. Dickie, R. Sclafani, R. Roblin [eds.], (1989), *Aesthetics: A Critical Anthology*, 2<sup>nd</sup> ed., New York, St. Martin's Press, s. 223–241.
- James W., (1896), *The Principles of Psychology*, Vol. 2. New York, Holt.
- James W., (1948), “The one and the many”, [w:] W. James, *Some Problems of Philosophy*. New York, Longman's Green and Co.
- James W., (1967), “The one and the many”, [w:] J.J. McDermott [ed.], *The Writings of William James: A Comprehensive Edition*, New York, Random House, s. 258–270.

- Koch C., (2009), “A Theory of consciousness”, *Scientific American Mind*, July/Aug., s. 16–19.
- Ortiz Hill C., Rosado Haddock G., (2000), *Husserl or Frege, Meaning, Objectivity and Mathematics*, Chicago, Open Court.
- Russell B., (1963), *Mysticism and Logic, and Other Essays*, London, Unwin.
- Schroeder M.J., (2005), “Philosophical foundations for the concept of information: selective and structural information”, [w:] *Proceedings of the Third International Conference on the Foundations of Information Science, Paris, July 2005*, <http://www.mdpi.org/fis2005/proceedings.html/>
- Schroeder M.J., (2009), “Quantum coherence without quantum mechanics in modeling the unity of consciousness”, [w:] P. Bruza, et al. [eds.], *QI 2009, LNAI* vol. 5494, Heidelberg, Springer, s. 97–112.
- Schroeder M.J., (2011a), “From philosophy to theory of information”, *International Journal Information Theories and Applications*, 18(1), s. 56–68.
- Schroeder M.J., (2011b), “Concept of information as a bridge between mind and brain”, *Information*, 2(3), s. 478–509. <http://www.mdpi.com/2078-2489/2/3/478/>
- Schroeder M.J., (2011c), “Semantics of information: meaning and truth as relationships between information carriers”, [w:] C. Ess, R. Hagenhuber [eds.], *The Computational Turn: Past, Presents, Futures? Proceedings IACAP 2011, Aarhus University – July 4–6, 2011*. Munster, Monsenstein und Vannerdat Wiss., s. 120–123.
- Schroeder M.J., (2012), “Search for syllogistic structure of semantic information”, *Journal of Applied Non-Classical Logics*, 22, s. 83–103.
- Schroeder M.J., (2013a), “Dualism of selective and structural manifestations of information in modelling of information dynamics”, [w:] G. Dodig-Crnkovic, R. Giovagnoli [eds.], *Computing Nature, SAPERE 7*, Berlin, Germany, Springer, s. 125–137.
- Schroeder M.J., (2013b), “From proactive to interactive theory of computation”, [w:] M. Bishop, Y.J. Erden [eds.], *The 6<sup>th</sup> AISB Symposium on Computing and Philosophy: The Scandal of Computation – What is Computation?* The Society for the Study of Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour, s. 47–51.
- Schroeder M.J., (2014a), “Computing as dynamics of information: classification of geometric dynamical information systems based on properties of closure spaces”, [w:] A. Yamamura [ed.], *RIMS Kokyuroku No. 1873, Algebra and Computer Science*, Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, Kyoto, Japan, s. 126–134.
- Schroeder M.J., (2014b), “Autonomy of computation and observer dependence”, [w:] M. Bishop, Y.J. Erden [eds.], *Proceedings of the 7<sup>th</sup> AISB Symposium on Computing and Philosophy: Is computation observer dependent? The Society for the Study of Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour*; AISB-50 Convention at Goldsmith, London, April 1–4, 2014, <http://doc.gold.ac.uk/aisb50/AISB50-SO3/AISB50-S3-Schroeder-paper.pdf>
- Schroeder M.J., (2014c), “Algebraic model for the dualism of selective and structural manifestations of information”, [w:] M. Kondo [ed.], *RIMS Kokyuroku*, No. 1915. Kyoto, Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, s. 44–52.

- Schroeder M.J., (2014d), "Life, mind, and computation in physical world: search for common framework", [w:] A. Beckmann, E. Csuhaj-Varju, K. Meerc [eds.], *Electronic Proceedings of CiE 2014 Language, Life, Limits, 10<sup>th</sup> International Conference in Budapest, Hungary, June 23–27, 2014*, s. 220–229.
- Schroeder M.J., (2015), "Structural and quantitative characteristics of information and complexity", [w:] M. Kondo [ed.], *RIMS Kokyuroku*. Kyoto: Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University.
- Shannon C.E., (1949), "The mathematical theory of communication", [w:] C.E. Shannon, W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, IL, Univ. of Illinois Press, s. 3–91.
- Tononi G., (2007), Chapter 22, [w:] M. Velmans, S. Schneider [eds.], *The Blackwell Companion to Consciousness*; Malden, MA, Blackwell, s. 287–299.
- Tononi G., Edelman G.M., (1998a), "Consciousness and complexity." *Science*, 282 (Dec. 4, 1998): s. 1846–1851.
- Tononi G., Edelman G.M., (1998b), "Consciousness and the integration of information in the brain", *Advances in Neurology*, 77, s. 245–280.
- Turing A.M., (1936), "On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem", *Proceedings of the London Mathematical Society, Ser.2*, 42, s. 230–265, cor. 43, s. 544–546.
- Zuse K., (1969), *Rechnender Raum*, Friedrich Vieweg & Sohn; <http://www.mathrix.org/zenil/ZuseCalculatingSpace-GermanZenil.pdf>

### **Identity definition of the concept of information**

**ABSTRACT.** Main objective of the article is to present a solution for the controversies regarding the choice of a conceptual framework for informatics and to propose a definition of information which due to its generality unifies the earlier ways of its understanding considering the selective and structural aspects. The identity definition of information presented here can be used to develop its authentic theory, and in consequence the theory of the concepts such as information integration, information dynamics, computation.

**KEY WORDS:** conceptual framework for informatics, definition of information, identity definition of information, information integration, information dynamics, computation

Marcin J. Schroeder, Akita International University, 193-2 Okutsubakidai, Tsubakigawa, Yuwa, Akita-shi, 010-1211 Akita, Japan, [mjs@aiu.ac.jp](mailto:mjs@aiu.ac.jp), tel. +81-18-886-5984, fax: +81-18-886-5910