

*SKREŚLONO Z INVENTARZA  
Biblioteki Głównej i OIMT  
Politechniki Wrocławskiej*

**MARIAN MAZUR**

*Jakościowa teoria informacji*

*WT*

**WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE WARSZAWA**

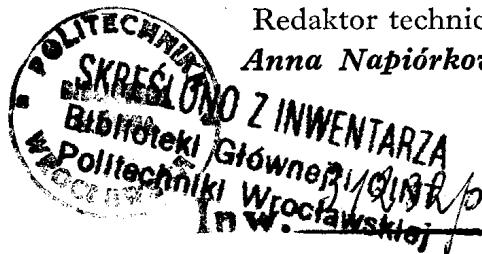
Redaktor WNT  
**Zofia Dackiewicz**

007

Książka stanowi próbę jakościowego ujęcia informacji. Omówiono w niej pojęcie, rodzaje i ilość informacji, przenoszenie i przetwarzanie, procesy informacyjne, zagadnienie informacji w różnych dziedzinach nauki i techniki; podano przykłady zastosowań. Książka jest przeznaczona dla tych wszystkich, którzy mają do czynienia z zagadnieniami informacyjnymi lub się nimi interesują — dla inżynierów różnych specjalności i pracowników naukowych.

Okładkę projektował  
**Bogusław Orliński**

Redaktor techniczny  
**Anna Napiórkowska**



WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

*Printed in Poland*

a/1



## **CONTENTS**

<i>Publisher's introduction</i>	9
<i>Preface</i>	11
1. <i>Introduction</i>	13
2. <i>Control</i>	27
3. <i>Signal</i>	33
4. <i>Transformation</i>	41
5. <i>Code</i>	60
6. <i>Information</i>	70
7. <i>Informing</i>	81
8. <i>Transinforming</i>	87
9. <i>Pseudoinforming</i>	118
10. <i>Disinforming</i>	141
11. <i>Parainforming</i>	153
12. <i>Metainforming</i>	171
13. <i>Number of informations</i>	188
<i>Classification of informing</i>	212
<i>Index</i>	221

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

От издательства . . . . .	9
Предисловие . . . . .	11
1. Введение . . . . .	13
2. Управление . . . . .	27
3. Сигнал . . . . .	33
4. Трансформация . . . . .	41
5. Код . . . . .	60
6. Информация . . . . .	70
7. Информирование . . . . .	81
8. Трансинформирование . . . . .	87
9. Псевдоинформирование . . . . .	118
10. Дезинформирование . . . . .	141
11. Параинформирование . . . . .	153
12. Метаинформирование . . . . .	171
13. Число информации . . . . .	188
Классификация информирования . . . . .	210
Алфавитный указатель . . . . .	221

## *SPIS TREŚCI*





## *OD WYDAWCY*

Oddając w ręce czytelników książkę, która — zgodnie z tytułem — dotyczy teorii informacji — Redakcja uznaje za pożyteczne poprzedzić ją komentarzem mającym zapobiec pewnym nieporozumieniom.

Jak wiadomo — o czym zresztą wspomina i Autor — dotychczasowe książki na temat teorii informacji — jeżeli nie dotyczą problemów o charakterze jedynie praktycznym — zawierają rozważania dotyczące bądź ilościowego ujmowania informacji, bądź też „wartości” („cenności”) informacji odnoszonej zazwyczaj do problemów podejmowania decyzji. Autorzy ich uchylają się z reguły od prób definiowania pojęcia informacji, często ograniczając się nawet tylko do stwierdzenia, że chodzi o takie pojęcie, iż mają w stosunku do niego sens rozważania na temat nadawania, przesyłania i odbierania rozmaitych sygnałów. W ten sposób, niestety, nie biorą oni także pod uwagę, że posługują się wyrazem „informacja” odmiennie od jego znaczenia potocznego, co zwykle czytelnikom spoza tej problematyki nastręcza trudności.

Autor tej książki przyjmuje w książce całkowicie oryginalną metodę prowadzenia rozważań. Nie podejmując nawet próby poszukiwania definicji informacji, a co więcej, nie odwołując się wcale do teorii informacji, rozpoczyna rozważanie od analizy uogólnionego toru sterowniczego, a w szczególności jego elementów składowych i ich transformacji. W związku z tym podane w toku tej analizy twierdzenia wynikają z przekształceń formalnych i nie podlegają weryfikacji na podstawie takich czy innych twierdzeń ze znanej dotychczas w nauce teorii informacji. Dopiero pojęciom wyodrębnionym w tych rozważaniach Autor przypisuje w dalszej części książki takie terminy, jak np. komunikat, kod, informacja i in.,

### *Od wydawcy*

proponując zastosowanie opracowanej przez siebie analizy do procesów informacyjnych i wywodząc dalsze twierdzenia dotyczące tych procesów. Mówiąc jednym zdaniem, nie z teorii informacji wywodzą się rozważania w tej książce, lecz do niej prowadzą.

Taka metoda postępowania nastręcza ryzyko, że arbitralnie wprowadzone terminy będą kolidowały ze znaczeniami przypisywanymi im przez innych autorów, przyczyniając się do powstania zamętu terminologicznego. Jak się jednak wydaje, Autorowi można przyznać właśnie uporządkowanie terminologii z uwagi na kompletność analizy, ilustrowanie przypadków szczególnych przykładami, objęcie analizą pojęć nazywanych potocznie „treścią”, „znaczeniem” i „rozumieniem” informacji, a pozostających dotychczas poza zakresem teorii informacji, i wreszcie okazanie, że ilościowe ujmowanie pojęcia nazwanego przez Autora „informacją” prowadzi do wzoru matematycznego identycznego z podstawowym wzorem Shannona określającym „ilość informacji”.

Czy trafne jest nazywanie podanych w książce rozważań na temat informacji jako teorii „jakościowej”? Autor wybrał to określenie dla odróżnienia nie poruszanych dotychczas w literaturze zagadnień dotyczących rodzajów informacji od zagadnień dotyczących ilości informacji, co znajduje pewne oparcie w analogii terminologicznej np. do rozróżnienia jakościowej i ilościowej analizy chemicznej. Natomiast, jak Autor zaznacza to w Przedmowie, nie chodzi w tej książce o zagadnienia dotyczące „jakości” informacji w znaczeniu jej wartości (cenności).

## ***PRZEDMOWA***

Znaczenie koncepcji, które stały się podstawą powstania i ogólnego rozwoju działu cybernetyki, zwanego powszechnie „teorią informacji”, polegało na wskazaniu możliwości ilościowego ujmowania informacji, co wyraziło się we wprowadzeniu pojęcia: „ilość informacji”. Takie ujęcie informacji stało się przydatne do wszelkich procesów informacyjnych, bez względu na dziedzinę, oraz niezwykle owocne, czego dowodem jest mnogość publikacji z zakresu tej problematyki.

Nadało to jednak teorii informacji daleko idącą jednostronność, czyniąc z niej w rzeczywistości raczej „ilościową teorię informacji”.

W ostatnich latach zaczęły się pojawiać publikacje, zresztą bardzo jeszcze nieliczne, z zakresu, który można by nazwać „wartościową teorią informacji”, a mianowicie dotyczące zagadnień oceny przydatności informacji do rozwiązywania zagadnień decyzyjnych.

Nie opracowano natomiast dotychczas teorii obejmującej zagadnień, czym w istocie jest sama informacja, jakie są jej rodzaje, na czym polegają procesy informowania itp. Dla tego zakresu zaproponowałem nazwę „jakościowa teoria informacji”. Ta właśnie problematyka jest treścią niniejszej książki.

Koncepcja teoretycznego ujęcia samego pojęcia informacji (a nie ilości informacji) została przeze mnie opublikowana po raz pierwszy w artykule pt. „Matematyczna definicja informacji” (Pomiary-Automa-tyka-Kontrola 4, 1965), a w książce pt. „Cybernetyczna teoria układów samodzielnych” (Warszawa, PWN 1966) poświęciłem jej osobny rozdział.

Kontynuacją tych prac było wprowadzenie pojęcia informowania oraz wyodrębnienie poszczególnych jego rodzajów, które przedstawiłem

## ***Przedmowa***

w referacie „Informacja i informowanie” na sympozjum międzynarodowym zorganizowanym przez Centralny Instytut Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej w Warszawie w 1968 r. Były one również dyskutowane na zebraniach Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego oraz Zakładu Prakseologii Polskiej Akademii Nauk.

Powyższe koncepcje stały się podstawą teorii przedstawionej w niniejszej książce. Istotną rolę w tej teorii odgrywa pojęcie transformacji komunikatów jako elementów procesu sterowniczego, z rozróżnieniem kodów jako transformacji wzdłuż toru sterowniczego oraz informacji jako transformacji w poprzek toru sterowniczego. Ujęcie takie pozwala wyrazić proces informowania ogólnym wzorem logiczno-matematycznym, którego analiza ujawnia wszelkie możliwe rodzaje informowania. Wyunikające stąd zagadnienia zostały ujęte w kilkudziesięciu twierdzeniach. Śledzenie dowodów tych twierdzeń nie wymaga od czytelników znajomości logiki matematycznej, ponieważ zastosowane przeze mnie pojęcie transformacji jest tylko szczególnym rodzajem relacji, a zasady posługiwania się transformacjami są podane w osobnym rozdziale tej książki. W końcowym rozdziale jest rozpatrzona możliwość ilościowego ujmowania informacji za pomocą liczby transformacji, a wyniki rozwiazań skonfrontowano ze znanyim pojęciem ilości informacji.

Poszczególne kwestie są ilustrowane licznymi przykładami praktycznymi. W doborze przykładów położono nacisk na ich prostotę, nie chodzi tu bowiem o wzbogacenie wiedzy czytelników w ich specjalnościach zawodowych, lecz o okazanie przydatności omawianych pojęć w różnych dziedzinach.

Dla zorientowania Czytelników w całości problematyki, zestawiono wszystkie rodzaje informowania w osobnych tablicach na końcu książki.

Na zakończenie zwracam się do Czytelników z prośbą, aby przy lekturze tej książki rozumieli użyte w niej terminy ściśle w takim znaczeniu, jakie zostało im przypisane w podanych definicjach, abstrahując od własnych przyzwyczajeń w pojmowaniu informacji. Jest to szczególnie potrzebne w odniesieniu do terminów nowych, które musiałem wprowadzić dla wielu istotnych pojęć, nie rozpatrywanych dotychczas w literaturze.

*Autor*

## 1. WSTĘP

Co to jest informacja?

Tam gdzie stawia się jakiekolwiek pytania, musi być pytający i pytany, nawet gdy to jest jedna i ta sama osoba. Aby odpowiedzieć na pytanie „co to jest informacja?”, pytany musiałby je przedtem zrozumieć, do tego zaś warunkiem koniecznym (aczkolwiek niewystarczającym) jest zrozumienie wszystkich wyrazów w pytaniu. Pytający użył wyrazu „informacja”, powinien go więc zdefiniować, aby pytany wiedział, o co pytającemu chodzi. Jednak podanie definicji „informacji” byłoby odpowiedią na pytanie „co to jest informacja?”, stawianie więc tego pytania stałoby się zbędne. Inaczej mówiąc, na pytanie „co to jest informacja?” odpowiada się pytaniem „co to jest informacja?”, a to nie prowadzi do niczego. Nasuwa się metodologiczna wątpliwość, czy pytania „co to jest ...?” można w ogóle stawiać.

Sprawa ta zasługuje na bliższe rozważenie. Jeżeli nazwę (definiendum) pewnego pojęcia  $x$  oznaczy się przez  $t_x$  a wyrażenie definicyjne (definiens) przez  $d_x$ , to pytanie „co to jest informacja?” jest pytaniem typu „co to jest  $t_x$ ?”, a oczekiwana odpowiedź jest zdaniem typu „ $t_x$  jest to  $d_x$ ”.

Do powiązania terminu z wyrażeniem definicyjnym można dojść dwiema drogami: albo terminowi przypisać wyrażenie definicyjne, albo wyrażeniu definicyjnemu przypisać termin.

Pod względem formalnym jest obojętne, na jakiej drodze to się odbywa. Z chwilą gdy odpowiedź „ $t_x$  jest to  $d_x$ ” stanie się znana pytającemu lub pytanemu, pytanie „co to jest  $t_x$ ? ” może być postawione. I rzeczywiście bywa często stawiane w działalności oświatowej. Gdy

## *Wstęp*

odpowiedź jest znana pytanemu, mamy do czynienia z wykładem. Gdy odpowiedź jest znana pytającemu, mamy do czynienia z egzaminem.

Natomiast wybór drogi nie jest obojętny z epistemologicznego punktu widzenia. Znalezienie wyrażenia definicyjnego dla danego terminu jest bowiem równoznaczne z dokonaniem wyboru spośród różnych wyrażeń definicyjnych, podczas gdy znalezienie terminu dla danego wyrażenia definicyjnego jest równoznaczne z dokonaniem wyboru spośród różnych terminów.

Rzecz jasna, naukowiec obiera sobie taki a nie inny przedmiot badań, ponieważ widzi w nim problem wymagający rozwiązania. Analizując ten problem definiuje występujące w nim pojęcia, a następnie, aby ułatwić sobie zapis przebiegu rozwiązania problemu i porozumienie z czytelnikami, dobiera dla każdego wyrażenia definicyjnego określony termin spośród wyrazów branych do tego celu pod uwagę. Otrzymane w ten sposób zdanie „ $t_x$  jest to  $d_x$ ” stanowi konwencję terminologiczną, obowiązującą od tej chwili jego samego jako autora oraz czytelników chcących zrozumieć jego publikację.

Ściśle biorąc, sformułowanie konwencji terminologicznej powinno by mieć postać: „wyrażenie definicyjne  $d_x$  będziemy oznaczać terminem  $t_x$ ”. Jedynie dla uproszczenia używa się zdania „ $t_x$  jest to  $d_x$ ”. Na przykład w fizyce przyjęto konwencję terminologiczną: „stosunek energii do czasu będziemy nazywać mocą” lub prościej: „moc jest to stosunek energii do czasu”.

O żadnej konwencji terminologicznej nie można powiedzieć, że użyty w niej termin jest „błędnie” zdefiniowany, lecz co najwyżej że dobrany termin jest niedogodny, bo np. wprowadza wieloznaczność, gdy dany wyraz jest już w użyciu w innym znaczeniu. Przecież w razie podważenia zaproponowanej konwencji terminologicznej naukowiec nie zmieni wyrażenia definicyjnego na takie, które by „lepiej pasowało” do terminu, tj. nie zastąpi interesującego go problemu przez inny, byleby zachować ten sam termin, lecz na miejsce niedogodnego terminu wprowadzi dogodniejszy, zachowując wyrażenie definicyjne, ono bowiem określa, jakie pojęcie w rozwiązywaniu problemu jest mu potrzebne.

Oczywiście każde wyrażenie definicyjne składa się także z terminów, które z kolei mogą wymagać konwencji terminologicznych, ale to nie zmienia zasad postępowania.

## *Wstęp*

Natomiast dobieranie wyrażeń definicyjnych do terminów jest w istocie domniemywaniem się znaczeń wyrazów, jak gdyby przedmiot podejmowanych badań miał zależeć od wyniku takich domniemań. Na tym tle dochodziło do przewlekłych i jałowych sporów na takie tematy jak np. co to jest „życie”, co to jest „myślone”, co to jest „światodomość” itp., w których zarzucano sobie wzajemnie „błędność” rozmaitych definicji. Tymczasem były to w istocie tylko spory o przyzwyczajenia językowe.

Te wstępne uwagi pozwolą czytelnikom lepiej zorientować się w sytuacji, jaka występuje w literaturze poświęconej problematyce „informacji”.

Jak wiadomo, podstawą ilościowej teorii informacji stał się wzór Shannona<sup>1)</sup>

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (1.1)$$

wyrażający, według sformułowania samego Shannona, entropię zbioru  $n$  prawdopodobieństw  $p_1, p_2, \dots, p_n$  i określający liczbowo „ilość informacji” (możność wyboru, nieokreśloność).

Ze wzoru tego wynika, że  $H = 0$  wtedy i tylko wtedy, gdy jedno z prawdopodobieństw jest równe jedności (czyli gdy wszystkie pozostałe prawdopodobieństwa są równe zeru). Jest to stan pewności.

A zatem stwierdzenie, że ze zbioru zdarzeń mogących nastąpić z określonym prawdopodobieństwem jedno rzeczywiście nastąpiło, sprawdza niepewność do zera, co według sformułowania Shannona kwalifikuje wielkość  $H$  jako „rozsądną miarę ilościową możliwości wyboru, czyli miarę ilości informacji”.

Gdy wszystkie prawdopodobieństwa są sobie równe ( $p_i = 1/n$ ), wielkość  $H$  przybiera wartość maksymalną, określoną wzorem

$$H = \log n \quad (1.2)$$

Na podstawie tego wzoru, biorąc pod uwagę, że dla  $n = 2$  logarytm dwójkowy  $\log_2 n = 1$  i wobec tego  $H = 1$ , za jednostkę ilości informacji, której nadano nazwę „bit”, uznano ilość informacji otrzymywany przy

<sup>1)</sup> Shannon C. E.: A mathematical theory of communication. *Bell System Techn. J.*, vol. 27, No. 3—4, 1948.

## *Wstęp*

stwierdzeniu, że wystąpiła jedna z dwóch równoprawdopodobnych możliwości.

W konsekwencji, ilość informacji, w bitach, otrzymywana przy stwierdzeniu, że wystąpiła jedna z  $n$  równoprawdopodobnych możliwości, wyraża się wzorem, podanym już wcześniej przez Hartleya<sup>1)</sup>

$$H = \log_2 n \quad (1.3)$$

Jak widać, pojęcie „ilość informacji” zostało określone w sposób nie pozostawiający pola dla domniemywania się „co to jest ilość informacji”, gdyż w tej sprawie została wprowadzona wyraźna konwencja terminologiczna, i to oparta na wzorze matematycznym. Z naukowego punktu widzenia jest to postępowanie wzorowe.

Sam jednak termin „ilość informacji” stał się przyczyną zamieszania, sugeruje bowiem, że jeżeli wiadomo, co to jest ilość informacji, to również wiadomo, co to jest informacja.

Przypuszczenie to było szczególnie atrakcyjne dla humanistów, którym zaświtała nadzieję, że na tej podstawie będą mogli rozwiązywać swoje problemy metodami podobnymi do stosowanych w naukach ścisłych. Utwierdzała ich w tym okoliczność, że dla teorii opartej na przytoczonych powyżej wzorach utarła się nazwa „teoria informacji” sugerująca, że przedmiotem tej teorii jest informacja, a nie tylko ilość informacji. Tym bardziej że „teorią informacji” zaczęto z czasem nazywać całą dziedzinę nauki zajmującą się teoretyczną stroną procesów informacyjnych (moim zdaniem, dziedzina ta powinna nosić nazwę „informatyka teoretyczna” i obejmować rozmaite teorie z omawianego zakresu, np. wspomniane w Przedmowie).

Tymczasem w odniesieniu do dotychczasowego stanu jest to nazwa na wyrost, na razie bowiem teoria informacji ma niekompletne podstawy, i to co najmniej pod dwoma względami.

Po pierwsze, wymaga ona teoretycznego ujęcia samego pojęcia informacji.

Po drugie, nawet pojęcie ilości informacji nie obejmuje wszelkich przypadków, w których zachodzi potrzeba ilościowego ujmowania informacji. Rzecz w tym, że posługiwanie się tym pojęciem wymaga okre-

<sup>1)</sup> Hartley R. V. L.: Transmission of information. *Bell System Techn.*, J., vol. 7, No. 3, 1928.

## *Wstęp*

lenia, o jaki zbiór zdarzeń chodzi i jakie jest prawdopodobieństwo każdego z nich. Tymczasem często zachodzi potrzeba ilościowego określenia informacji, mimo że zbiór możliwości jest nieokreślony, a ich prawdopodobieństwo w ogóle nie wchodzi w grę. Na przykład, programy nauczania historii w szkole obejmują większą lub mniejszą liczbę faktów historycznych, przy czym dla nauczyciela jest oczywiste, że przy obszerniejszym programie uczeń otrzymuje więcej informacji niż przy mniej obszernym. Jednak do ilościowego określenia tej różnicy nauczyciel nie będzie mógł posłużyć się „ilością informacji” w sposób przyjęty w teorii informacji, gdyż nikt nie potrafi określić liczby wszystkich faktów historycznych, ani też nie miałoby sensu operowanie prawdopodobieństwem poszczególnych faktów, skoro każdy z nich już się przecież odbył. Z podobnych przyczyn niepodobna określić „ilość informacji” zawartą np. w stwierdzeniu, że teraz jest rok 1970. Do zbioru ilu lat należy bowiem wymieniony rok? Jak można mówić o prawdopodobieństwie występowania poszczególnych lat, zwłaszcza lat minionych, a więc nie mogących się już zdarzać z żadnym prawdopodobieństwem? A w jaki sposób zastosować pojęcie ilości informacji np. do mapy? Mapa zawiera przecież wiele informacji, np. można się z niej dowiedzieć, że Sztokholm leży na północ od Budapesztu, że odległość z Madrytu do Belgradu wynosi 2000 km lub że z Londynu jest dwa razy dalej do Rzymu niż do Genewy. Ile bitów zawiera każda z tych informacji? O jakie tu może chodzić prawdopodobieństwo? Przecież wszystkie elementy mapy i terenu istnieją, a nie zdarzają się z jakimś prawdopodobieństwem. A jak określić ilość informacji w geometrii, np. w stwierdzeniu, że pewien kąt stanowi połowę innego kąta, skoro elementy geometryczne w ogóle się nie zdarzają, są bowiem pojęciami fikcyjnymi?

Tego rodzaju niejasności wywołują zdziwienie, że chociaż istnieje już teoria informacji, nie można się z niej dowiedzieć ani co to jest informacja, ani nawet jaka jest ilość informacji (co przecież jest głównym pojęciem w tej teorii) w zwykłych najczęściej w praktyce spotykanych zdaniach.

Mogą na to odpowiedzieć, że teoria informacji nie do takich potrzeb została stworzona, jednak argument ten jest przyznaniem, że teoria ta — jak dotychczas — mniej daje, niż jej nazwa obiecuje.

## *Wstęp*

Jasno stawia tę sprawę Abramson rozpoczynając swoją książkę<sup>1)</sup> od pytania, czym nie jest teoria informacji: „Teoria informacji jako nazwa dla oznaczenia dyscypliny naukowej jest wybitnie pociągająca; kiedy jednak odnieść tę nazwę do przedmiotu tej książki, okazuje się ona nieco myląca”. A dalej: „Shannon, zdając sobie — być może — sprawę z mogącego wprowadzić w błąd sensu słowa „informacja”, nadał swej pracy tytuł „Matematyczna teoria komunikacji”. Używając słowa „informacja” w potocznym znaczeniu, można powiedzieć, że praca Shannona dotyczy raczej przekazywania przenoszących informację sygnałów, nie zaś informacji jako takiej. Praca ta dotyczy raczej telekomunikacji niż trudno uchwytnego rezultatu końcowego telekomunikacji, jakim jest informacja”.

Pod względem sposobu traktowania terminu „informacja” można w literaturze z zakresu teorii informacji wyróżnić trzy grupy publikacji.

Jedną z nich stanowią publikacje, w których ilość informacji jest nazywana po prostu „informacją”, np. w takich wyrażeniach jak „największa informacja”, „średnia informacja” itp. Budzi to sprzeczny chociaż bowiem nazwa „informacja”, jako krótsza od nazwy „ilość informacji”, może być dogodna dla autorów nie interesujących się samym pojęciem informacji, to jednak trzeba się przecież liczyć również z tymi, dla których sprawa nie kończy się na zagadnieniach związanych tylko z ilością informacji. Na ten temat wypowiada się Cherry: „W pewnym sensie należy żałować, że matematyczne pojęcia, wywodzące się od Hartleya, zostały w ogóle nazwane informacją”<sup>2)</sup>.

Inną grupę stanowią publikacje, których autorzy używają wyrazu „informacja” bez żadnych wyjaśnień, w takich wyrażeniach jak np. „przenoszenie informacji”, „przekazywanie informacji za pomocą języka”, „informacja zawarta w zbiorze symboli” itp., jak gdyby zakładając, że chodzi o pojęcie nie budzące wątpliwości.

I wreszcie są publikacje, których autorzy starają się jakoś wyjaśnić czytelnikom, co ich zdaniem należy uważać za „informację”. W skrajnych przypadkach jedni ograniczają się do paru zdań objaśniających

---

<sup>1)</sup> Abramson N.: *Teoria informacji i kodowania*. Warszawa, PWN 1969.

<sup>2)</sup> Cherry C.: *On Human Communication. A Review, a Survey, and a Criticism*. Massachusetts Institute of Technology Press, 1966.

## *Wstęp*

„informację” za pomocą innych, o równie nieokreślonym znaczeniu, wyrazów jak np. „wiadomość”, „treść” itp., inni przeprowadzają rozległe dyskusje nad różnymi aspektami informacji, analizując trudności sformułowania ścisłej definicji, porównując poglądy różnych autorów, aby w końcu przedstawić sprawę jako otwartą i pozostawić czytelnikom wyrobienie sobie poglądu w gąszczu niejasności i kontrowersji.

Jest zastanawiające, dlaczego nie postąpiono podobnie jak z „ilością informacji”, tj. nie zaproponowano konwencji terminologicznej dla pojęcia „informacja”.

Najprawdopodobniej dlatego, że wyraz „informacja” był w poszczególnym użyciu jeszcze przed pojawieniem się teorii informacji, przy czym wydawał się zupełnie zrozumiały. Złudzenie to należy przypisać okoliczności, że wyrazem tym posługiwano się tylko w nielicznych, wyraźnie dających się wyróżnić rodzajach sytuacji, jak np. składanie oświadczeń, udzielanie wskazówek lub dawanie ostrzeżeń w stosunkach między ludźmi, dzięki czemu nie trzeba było rozważać, co to jest „informacja”, aby wiedzieć, kiedy go można użyć, a kiedy nie.

Toteż, gdy idee pojawiające się z rozwojem cybernetyki okazały się zachęcające do stosowania wyrazu „informacja” również w okolicznościach dotychczas nie branych pod uwagę, jak np. porozumiewanie się między człowiekiem a zwierzęciem, między człowiekiem a maszyną, między zwierzętami, między maszynami, przekazywanie cech gatunku przez dziedziczenie itp., sądzono, że pojęcie informacji wymaga jedynie uogólnienia, nie przeczuwając, jakie trudności nasuną się przy jego definiowaniu.

Na przykład, Wiener, w swoim podstawowym dziele<sup>1)</sup>, nie wypowiada się na temat, czym jest informacja, ograniczając się jedynie do wyrażenia poglądu, czym informacja nie jest (!). Oto odnośny cytat: „Mechaniczny mózg nie wydziela myśli, jak wątroba wydziela żółć, zdaniem dawniejszych materialistów, ani też nie wydaje jej w postaci energii, jak to robi miesiąc w swoim działaniu. Informacja jest informacją, a nie materią ani energią”.

<sup>1)</sup> Wiener N.: *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York, Wiley 1948.

## *Wstęp*

Dopiero później Wiener wysunął definicję: „Informacja jest nazwą treści zaczerpniętej ze świata zewnętrznego, w miarę jak się do niego dostosowujemy i jak przystosowujemy doń swoje zmysły”<sup>1)</sup>.

Niestety, jest to definiowanie informacji przez bliżej nieokreślony i pozbawiony ogólności wyraz „treść”.

Według Couffignal „w cybernetyce nazywa się informacją wszelkie działanie fizyczne, któremu towarzyszy działanie psychiczne”<sup>2)</sup>.

Definicja ta jest z pewnością zbyt szeroka, ponieważ wynikałoby z niej, że informacją jest nawet zażycie narkotyku. Jest też przesadą podawanie jej jako przyjętej w cybernetyce, zwłaszcza że w ujęciu cybernetycznym działanie psychiczne jest równie fizyczne jak każde inne.

Zarówno w cytowanej publikacji jak i następnej<sup>3)</sup> Couffignal podaje następujący zestaw definicji:

- informacja: zespół nośnika i semantyki,
- semantyka: efekt psychiczny informacji,
- nośnik: zjawisko fizyczne skojarzone z semantyką w celu utworzenia informacji.

Nietrudno zauważyć, że pierwsze dwa z tych zdań stanowią circulus vitiosus, informacja bowiem jest zdefiniowana przez semantykę, a semantyka przez informację. Ponadto odwołanie się do psychiki pozbawia tę definicję ogólności.

Zresztą sam Couffignal używa terminu „informacja” niekonsekwentnie, gdy w innym miejscu pisze, że przy tłumaczeniu tekstu z jednego języka na inny „informacje zawarte w tekście początkowym pozostały takie same, chociaż zmieniła się ich forma”. Jest widoczne, że w tym zdaniu informacja nie jest traktowana jako zespół nośnika i semantyki, lecz jako coś odrębnego od nośnika.

Flechtner<sup>4)</sup> wywodzi pojęcie informacji w następujący sposób:

„Sygnał (Signal) może, ale nie musi, zawierać lub przenosić wiadomość (Nachricht).

<sup>1)</sup> Wiener N.: *Cybernetyka i społeczeństwo*. Warszawa, Książka i Wiedza 1960.

<sup>2)</sup> Couffignal L.: *La Cybernétique*. Paris, Presses Universitaires de France 1963.

<sup>3)</sup> Couffignal L.: *Les machines à penser*. Paris, Les Éditions de Minuit 1964.

<sup>4)</sup> Flechtner H. J.: *Grundbegriffe der Kybernetik*. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1966.

## ***Wstęp***

Występują tu rozmaite możliwości:

1. Odbiorca odbiera sygnał „jako sygnał”, a nie jako związaną z nim wiadomość (Nachricht).

2. Odbiorca wprawdzie odbiera wiadomość (Nachricht), ale jej nie rozumie nawet po dłuższym namyśle, np. zakomunikowanie (Mitteilung) fachowej wypowiedzi (Aussage), do której zrozumienia brakuje mu wykształcenia.

3. Odbiorca wprawdzie rozumie wiadomość (Nachricht), ale go ona nie interesuje, jest mu obojętna.

4. Wiadomość (Nachricht) „znaczy” coś dla odbiorcy, np. informuje go o czymś, a wówczas zawiera dla niego informację (Information)”.

Wywód ten nasuwa wątpliwości. Po pierwsze, nie wiadomo, czym tu jest „wiadomość”, tym bardziej że w innym miejscu Flechtner pisze: „Pojęcie wiadomości jest dotychczas nie wyjaśnione”. Po drugie, jeżeli odbiorca nie rozumie wiadomości, to czym się to różni od odbierania sygnału „jako sygnału”. Po trzecie, nie wiadomo, w jaki sposób warunek, żeby informacja była wiadomością zrozumiałą i interesującą dla odbiorcy, miałby się odnosić do wydawania i odbierania informacji przez maszyny. Po czwarte, objaśnianie „informacji” przez „informowanie” jest tautologią.

Nic dziwnego, że Shannon, a w ślad za nim wielu innych autorów, odcina się od takich spraw jak treść, sens, rozumienie itp. Oto deklaracja Shannona z cytowanego powyżej dzieła:

„Podstawowe zadanie komunikacji polega na tym, żeby w sposób dokładny lub przybliżony odtworzyć w pewnym miejscu wiadomość, która w innym miejscu została wybrana do przekazania. Często wiadomości mają treść, tj. odnoszą się do pewnego systemu mającego fizyczny lub umysłowy sens bądź pozostają w odpowiedniości z pewnym systemem. Te semantyczne aspekty wiadomości nie dotyczą technicznej strony zagadnienia (these semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering problem). Istotne jest tylko to, że przesyłana wiadomość jest wiadomością wybraną z pewnego zbioru możliwych wiadomości. System komunikacyjny powinien być tak zaprojektowany, żeby można go było wykorzystać do przekazania dowolnej możliwej wiadomości, a nie tylko tej, która zostanie rzeczywiście wybrana, gdyż wynik takiego wyboru jeszcze nie jest znany w chwili projektowania”.

## ***Wstęp***

Tendencja Shannona do odcinania się od treści jest wyraźna. Czy jest to jednak możliwe?

Niewątpliwie urząd telekomunikacyjny nie musi się martwić, czy odbiorca telegramu tak zrozumie zawarte w nim wyrazy i zdania, jak je rozumiał nadawca. Niemniej, jeżeli nadany telegram jest napisany odręcznie małymi literami, a doręczony telegram dużymi (wersalikami), to urząd telekomunikacyjny bierze przecież pod uwagę, że mimo tej różnicy odbiorca zrozumie telegram, gdyż nie będzie uważało poszczególnych liter za elementy geometryczne, lecz za znaki umowne rozróżniane według określonych zasad ich klasyfikacji, a więc np. zarówno literę „a” jak i literę „A” zaliczy do tej samej klasy. W przeciwnym razie komunikacja mogłaby polegać wyłącznie na doręczaniu listów. A zatem uwzględnia się skojarzenia psychiczne odbiorcy, tyle tylko że w odniesieniu do liter a nie do wyrazów.

Urząd telekomunikacyjny może się nie interesować, czy odbiorca telegramu zrozumie zawarte w nim wyrazy i zdania, ale musi się interesować, czy odbiorca zrozumie poszczególne litery. Tak niski poziom uwzględniania skojarzeń odbiorcy byłby nie do przyjęcia przy tłumaczeniu tekstu z jednego języka na inny, np. ze względu na konieczność rozróżniania, kiedy jakiś wyraz trzeba tłumaczyć oddzielnie, a kiedy jako składnik wyrażenia idiomatycznego. A przecież już zaczęto stosować maszyny matematyczne jako maszyny tłumaczące i w tym przypadku tłumaczenie staje się technicznym zagadnieniem przekazywania informacji.

Jak z tego wynika, deklaracja Shannona sprowadza się w praktyce tylko do częściowego abstrahowania od skojarzeń psychicznych odbiorcy.

Niepewność, z jaką jeszcze i dziś podchodzi się do pojmowania informacji znajduje wyraz w „Uwagach wstępnych”, którymi Fey uważa za konieczne poprzedzić swoją książkę na temat roli teorii informacji w telekomunikacji<sup>1)</sup>:

„Odpowiedź na pytanie jakościowe: co to jest informacja? oraz na pytanie ilościowe: jak mierzy się informację? nasuwa konieczność zanalizowania znanych układów wytwarzania i przekazywania wiadomości

<sup>1)</sup> Fey P.: *Informationstheorie — Einführung in die statistische Theorie der elektrischen Nachrichtenübertragung*. Berlin, Akademie Verlag 1966.

## *Wstęp*

(Nachrichten). Okazuje się przy tym, że wytwarzane przez źródło wiadomości i przekazywane sygnały można podzielić na dwie klasy: 1) sygnały mogące przybierać tylko skończoną liczbę wartości dyskretnych oraz 2) sygnały ciągłe. Do pierwszej należą np. sygnały telegraficzne lub dawane za pomocą chorągiewek sygnalowych znaki odpowiadające literom naszego pisma, do drugiej zaś wywoływane mową czasowe wahania prądu w obwodzie mikrofonowym telefonu lub przebieg temperatury powietrza odwzorowany odpowiednimi długościami słupa rtęci w termometrze.

Wspólne obu klasom sygnałów jest to, że są niezupełnie przewidywalne, jeżeli mają być nośnikami informacji.

Wprawdzie taki podział i charakterystyka sygnałów jako nośników informacji nie dają odpowiedzi na pytanie dotyczące istoty informacji, umożliwiają jednak stworzenie abstrakcyjnego obrazu matematycznego odzwierciedlającego najistotniejsze właściwości, wspólnie wszystkim sygnałom jako nośnikom informacji. Taki matematyczny obraz struktury sygnałów, nadając im rolę nośników informacji, z jej wymaganym, niezupełnie zdeterminowanym charakterem, przedstawiają w statystycznej teorii informacji dyskretne i ciągłe procesy przypadkowe, których przebieg jest sterowany na podstawie praw prawdopodobieństwa. Jednak oparta na takim obrazie teoria matematyczna musi pozostawić bez odpowiedzi pytanie o wartość informacji pod względem jej znaczeniowej zawartości. Informacja „orzeł” lub „reszka” otrzymana w wyniku rzutu monety lub informacja o wyniku innej równoprawdopodobnej alternatywy są równoznaczne w sensie statystycznej teorii informacji. Takie zwężenie pojęcia informacji, dla zadanego celu jakiejś technicznej teorii przekazywania wiadomości, jest dopuszczalne i konieczne, ponieważ każde urządzenie techniczne jako mechanizm nieożywiony jest pozbowione świadomości i niezdolne do tworzenia takich ocen wartości.

W teorii informacji, w której do toru przekazywania wiadomości byłby włączony żywy organizm, zwłaszcza człowiek, jako źródło i odbiornik, należałoby z natury rzeczy przyjąć za podstawę rozszerzone, nie rozpatrywane tu pojęcie informacji.

Tylko na tej zasadzie jest możliwe udzielenie odpowiedzi na drugie pytanie, dotyczące ilościowej miary informacji. Należy przy tym mieć na uwadze, że w swoich stopniach przybliżenia do rzeczywistości obraz

## ***Wstęp***

matematyczny jest mniej lub więcej niedoskonały. Z powodu tej niedoskonałości pytanie „co to jest informacja?” przekształca się w pytanie „co jest sensowną definicją informacji w ramach wyprowadzonych idealizacji?”, na które daje odpowiedź sprawdzenie otrzymanych wyników w praktyce. Teoria informacji jest jeszcze stosunkowo młoda, toteż trzeba jeszcze wielu oddziaływań między teorią a praktyką zarówno do udoskonalenia teorii jak i do rozwijania jej praktycznego zastosowania”.

Były też czynione próby uściślania pojęcia informacji na podstawie następujących rozróżnień:

Weaver<sup>1)</sup> wymienia trzy „poziomy” (level) informacji i odpowiadające im trzy rodzaje problemów:

- problem techniczny: jak dokładnie (accurately) znaki mogą być przenoszone?
- problem semantyczny: jak ściśle (precisely) znaki przekazują żądane znaczenie (meaning)?
- problem pragmatyczny: jak skutecznie (effectively) otrzymane znaczenie wpływa na zachowanie się w określony sposób?

Podobnie jak poprzednio można tu zauważyc, że aspekt semantyczny nie mógłby się odnosić do procesów informacyjnych w maszynach.

Nawiązując do tego rozróżnienia Flechtner wymienia trzy „wymiarów” (Dimension) informacji wynikające z przekazywania informacji (Information) przez wiadomości (Nachricht) oraz przekazywania wiadomości (Nachricht) przez sygnały (Signal). Czy i w jakim stopniu wiadomość przenosi informację, zależy przede wszystkim od sygnału (wymiar syntaktyczny), następnie od wiadomości (wymiar semantyczny) i wreszcie od odbiorcy, jego wiedzy bądź niewiedzy o przedmiocie wiadomości, czyli od szczególnego oddziaływania wiadomości na odbiorcę (wymiar pragmatyczny).

Z tymi trzema „wymiarami” informacji wiąże Flechtner rozróżnie-

---

<sup>1)</sup> W książce Shannon C. E., Weaver E.: *A Mathematical Theory of Communication* (Urbana, University of Illinois Press 1949); oprócz przedruku pracy Shannona pod tym tytułem z 1948 r. była opublikowana popularyzująca ją praca Weaver: *Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication*, wskutek czego praca Shannona bywa nierzaz mylnie cytowana jako wspólna praca Shannona i Weaver.

## *Wstęp*

nie „sensu” (Sinn) na trzech „poziomach”, ilustrując to następującymi przykładami:

1. Zdanie jest gramatycznie poprawne, ale (semantycznie) bezsensowne, np. „Zielona wolność ściga myślący dom” (Die grüne Freiheit verfolgt das denkende Haus).
2. Zdanie jest logicznie prawidłowe, ale nieprawdziwe, np. „Hamburg leży nad Wezerą” (Hamburg liegt an der Weser).
3. Zdanie jest prawdziwe, np. „Hamburg leży nad Łabą” (Hamburg liegt an der Elbe).

Na pierwszy rzut oka powyższe przykłady wydają się bardzo przekonująco świadczące o trafności podanych rozróżnień, wystarczy jednak przyjrzeć się im bliżej, żeby stwierdzić, że tak nie jest.

Mimo że Flechtner niewątpliwie starał się dobrać pierwsze zdanie jako szczególnie absurdalne, to jednak może ono z powodzeniem znaczyć: „Zbuntowane chłopstwo zwalcza nie doceniający go rząd”, można się bowiem dopatrzyć następujących przenośni:

— „zielony” — chłopstwo (przez skojarzenie z zielenią pól ornych kolor zielony bywa często uważany za symbol rolnictwa, co nawet znajduje wyraz w zielonych sztandarach organizacji rolniczych),

— „wolność” — bunt,

— „ścigać” — zwalczać, prześladować,

— „dom” — rząd (podobnie zamek lub pałac, jako siedziba władcy, bywały uważane za symbol władzy),

— „myślący” — zajmujący się wzniósłymi, intelektualnymi sprawami, w przeciwnieństwie do tak przyziemnych zajęć jak sianie i oranie.

Oczywiście, trzeba się tu dopatrzyć takich czy innych przenośni, ale pod tym względem rzekomo absurdalne zdanie nie różni się od dwóch pozostałych, gdyż wyrażenie, że miasto „leży” nad rzeką, jest także tylko przenośnią, tyle że częściej spotykana, a więc łatwiej się jej domyślić.

Nie ma również istotnej różnicy między zdaniem drugim a trzecim, i tu bowiem występuje przenośnia. Hamburg nie leży przecież nad całą Łabą, lecz najbliższym jej odcinkiem, a gdyby ktoś np. miał na myśli Łabę u jej źródła, to pogląd, że Hamburg leży nad Wezerą, byłby bliższy prawdy.

## *Wstęp*

Co więcej, rozmaitym ludziom mogą się nasuwać różne skojarzenia, ale to tym bardziej świadczy nie o różnicach między zdaniami, lecz o różnicach między ich odbiorcami.

Odnosi się to nawet do zdań, których dawniej nikt by nie podejrzewał o dowolność interpretacji, np. że prosta jest najkrótszą linią łączącą dwa punkty: dziś wiadomo, że jest to kwestia konwencji odnoszącej się do geometrii euklidesowej. Konwencje tego rodzaju to jednak tylko środek do zapobiegania różnicom u odbiorców.

Głównym szkopułem w rozważaniach na temat pojęcia „informacja” ciągle jeszcze jest rola psychiki. Gdy się ją pomija, problem staje się fragmentaryczny. Gdy się ją uwzględnia, staje się niejasne, jak traktować procesy informacyjne w maszynach z punktu widzenia takich pojęć jak „sens”, „treść”, „znaczenie” itp. Zresztą pojęcia te są niejasne również w odniesieniu do człowieka.

Nie sposób przytoczyć wszystkich poglądów na te sprawy. Zresztą nie jest to konieczne, gdyż chodzi o ogólne scharakteryzowanie istniejącej sytuacji.

Na zakończenie oddajmy głos jeszcze raz Flechtnerowi:

„Pojęcie informacji jest nie tylko centralnym pojęciem teorii informacji, lecz także jednym z podstawowych pojęć cybernetyki. Zarazem jest ono z pewnością najtrudniejszym pojęciem dla tego, kto chce wglebić się w cybernetykę. Już pobiczny przegląd literatury wskazuje, że jest nie tylko bardzo różnie definiowane, lecz że pojęcie to w ścisłej definicji z teorii informacji wydaje się mieć zupełnie inne znaczenie niż to, które zwykliśmy przywiązywać do tego wyrazu”.

Zdanie to skłania do refleksji. Cybernetyka jest nauką ogólną, teoretyczną, sformalizowaną. Tymczasem jedno z głównych jej pojęć dotychczas jest niezdefiniowane.

Motywem podjęcia niniejszej pracy było usiłowanie wypełnienia tej luki.

## **2. STEROWANIE**

Zgodnie z postulatem omówionym w rozdziale 1 należałoby zacząć od analizy zjawisk, a dopiero po wyodrębnieniu istotnych pojęć nadać im nazwy, przy czym jeżeli jedno z pojęć miałoby być nazwane „informacją”, to powinno to mieć charakter umowy terminologicznej, podobnie jak się to stało w odniesieniu do terminu „ilość informacji”.

Przedtem jednak należy określić zakres analizowanych zjawisk, czyli ustalić przedmiot badań.

Narzucająca się tu myśl, żeby za przedmiot badań obrać takie zjawiska, w których odgrywa rolę informacja, byłaby nielogiczna, gdyż postępowanie takie znaczyłoby, że jeszcze przed rozpoczęciem badań przypisuje się wyrazowi „informacja” jakieś znaczenie, chociaż zamiera się je dopiero później określić w umowie terminologicznej odpowiednio do wyników analizy.

Teoretycznie można by uniknąć tej trudności przez objęcie badaniem wszelkich zjawisk. Praktyczne jednak wystarczy ograniczyć się do takiego dostatecznie dużego ich zakresu, o którym wiadomo, że obejmuje m.in. wszystko to, co przez rozmaitych ludzi bywa nazywane „informacją”. Nie trudno przy tym spostrzec, że zawsze są to sytuacje, w których chodzi o dążenie do takiego czy innego celu, czyli mówiąc ogólnie, o sterowanie, a wobec tego mamy do czynienia z problematyką cybernetyczną.

Tak więc, nie interesując się znaczeniami, w jakich wyraz „informacja” bywa używany, uzyskuje się sugestię, żeby za przedmiot badań obrać zjawiska, na których polega sterowanie, i ujmować je z cybernetycznego punktu widzenia.

## ***Sterowanie***

Aby rozważania nad tak ogólnie ujętym przedmiotem miały charakter teoretyczny, trzeba w nich abstrahować od wszelkich dziedzin konkretnych, nawet tych, dla których pojęcie „informacja” jest uważane za jedno z podstawowych, jak np. telekomunikacja, psychologia, językoznawstwo itp.

Tego rodzaju postępowanie zostanie zastosowane do wszystkich pojęć analizowanych w następnych rozdziałach tej książki. Odwoływanie się do konkretnych przypadków będzie mieć wyłącznie charakter przykładów ilustrujących analizowane pojęcia, a nie dowodów w poniżej przedstawionej teorii.

Dla rozważań nad sterowaniem istotne są następujące pojęcia:

***Definicja 2.1. System sterowany*** jest to system, w którym żądane zmiany są wywoływane oddziaływaniem innego systemu.

***Definicja 2.2. System sterujący*** jest to system, którego oddziaływanie wywołuje żądane zmiany w innym systemie.

***Definicja 2.3. Tor sterowniczy*** jest to system, za którego pośrednictwem pewien system oddziałuje na inny system.

***Definicja 2.4. Obwód sterowniczy*** jest to obwód sprzężenia zwrotnego utworzony z systemu sterowanego, systemu sterującego i torów sterowniczych.

***Definicja 2.5. Proces sterowniczy*** jest to proces, na który składają się zjawiska występujące w obwodzie sterowniczym.

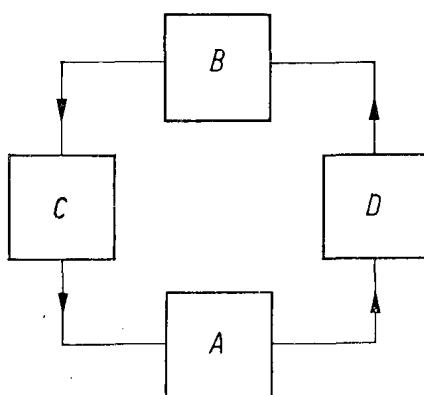
• Powyższe definicje są podane jedynie dla przypomnienia pojęć cybernetycznych, jakie będą najbardziej potrzebne w dalszych rozdziałach. Ponieważ przedmiotem niniejszej książki nie jest wykład podstaw cybernetyki, takie pojęcia jak: system (układ), wejście, wyjście, sprzężenie itp., nie będą tutaj definiowane, w założeniu że są one czytelnikom znane.

W obwodzie sterowniczym (rys. 2.1) nie można, bez dodatkowych postulatów, stwierdzić, który system jest sterowany, który zaś sterujący, ani które systemy są torami sterowniczymi.

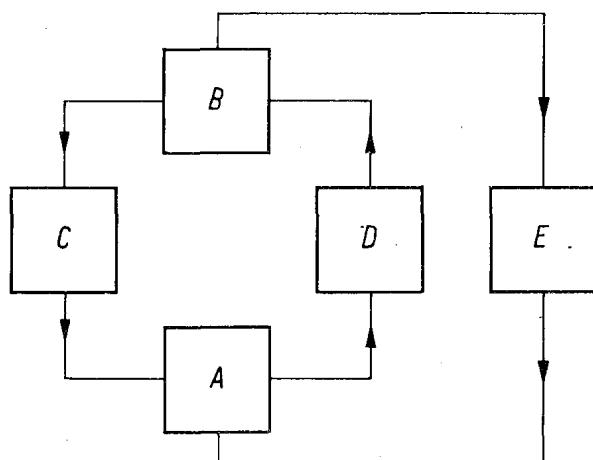
Nieokreśloność ta przestaje istnieć, gdy obwód sterowniczy, jako nadsystem *B-C-A-D*, jest sprzężony z jakimś systemem zewnętrznym *E*

## **Sterowanie**

(rys. 2.2). Jeżeli oddziaływanie systemu  $E$  na nadsystem  $B-C-A-D$  polega na tym, że system  $E$  oddziałuje na system  $A$ , a oddziaływanie nadsystemu  $B-C-A-D$  na system  $E$  polega na tym, że system  $B$  oddziałuje



**Rys. 2.1.** Obwód sterowniczy nieokreślony



**Rys. 2.2.** Obwód sterowniczy jako część nadzawanego obwodu sterowniczego

na system  $E$ , to w tym przypadku system  $A$  jest systemem sterującym, a system  $B$  jest systemem sterowanym. System  $C$  i system  $D$  są torami sterowniczymi.

Jako przykład można przytoczyć elektryczny piec przemysłowy wyposażony w dwustanowy regulator temperatury. Jak wiadomo, współdziałanie pieca z regulatorem polega na tym, że gdy temperatura w piecu wzrośnie ponad pewną wartość, regulator przerwie dopływ energii elektrycznej do pieca, a gdy następnie temperatura stygnącego pieca zbytnio zmaleje, regulator spowoduje wznowienie dopływu energii do pieca. W przykładzie tym występuje zarówno oddziaływanie regulatora na piec jak i oddzia-

## ***Sterowanie***

ływanie pieca na regulator. Jednak oprócz nadsystemu złożonego z pieca i regulatora występuje również system zewnętrzny w postaci użytkownika, który nastawia regulator tak, żeby w piecu była utrzymywana żądana temperatura. Z punktu widzenia użytkownika regulator jest systemem sterującym, piec zaś systemem sterowanym. Rzecz jasna, role te odwróciłyby się, gdyby użytkownik wywierał wpływ na piec w celu uzyskania żądanego działania regulatora (np. jako oscylatora).

Jak widać, właśnie z obecnością systemu zewnętrznego *E* sprzężonego z nadsystemem w postaci obwodu sterowniczego, zawierającego system sterujący *A* i system sterowany *B*, wynika rozróżnienie między zmianami żądanymi (w systemie sterowanym) a zmianami (w systemie sterującym) służącymi do uzyskania zmian żądanych (w systemie sterowanym).

W przykładzie pieca rozróżnienie uwydatni się jeszcze wyraźniej, gdy weźmie się pod uwagę, że użytkownik zadowoliłby się samym piecem, gdyby mógł on należeć do działań bez regulatora, natomiast nie zadowoliłby się samym reguatorem, gdyby mógł on działać bez pieca. Dla użytkownika żądane jest działanie pieca, natomiast regulator jest mu potrzebny tylko o tyle, o ile przyczynia się do uzyskania żądanego działania pieca.

Wyraz „żądany” w definicjach 2.1 i 2.2 nie jest użyty w znaczeniu mogącym sugerować, że sterowanie jest nieodłączne od psychiki, jako że tradycyjnie tylko człowieka uważa się za istotę mogąiąą czegokolwiek żądać, chcieć, stawać cel itp. Z cybernetycznego punktu widzenia jest obojętne, czym konkretnie jest system wymuszający określone zmiany w innym systemie. Na argument, że regulator jest przecież nastawiany przez człowieka, albo że gdyby był nawet nastawiany np. przez maszynę matematyczną, to do zaprogramowania maszyny jest potrzebny człowiek itd., a więc że rozpatrując coraz bardziej złożone nadsystemy w końcu dochodzi się człowieka, można odpowiedzieć, że argument ten nie ma nic do rzeczy, dotyczy bowiem zastępowania organizmów przez maszyny, a nie teoretycznych rozważań nad sterowaniem. Niezależnie od tego należy mieć na uwadze, że ostatnim systemem określającym zmiany żądane musi być nie tyle człowiek, ile system wyposażony w źródło motywacji, systemami takimi zaś są nie tylko ludzie, lecz wszelkie organizmy, a mogą nimi być również maszyny<sup>1), 2)</sup>.

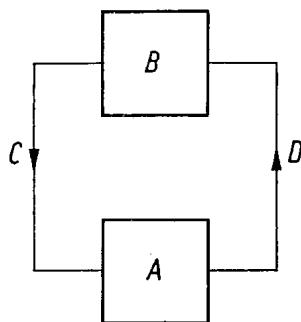
<sup>1)</sup> Mazur M.: Kybernetische Probleme des Denkens. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau*, Nr 4, 1963.

<sup>2)</sup> Mazur M.: *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*. Warszawa, PWN 1966.

## **Sterowanie**

Jeżeli nadsystem  $B-C-A-D$  potraktować po prostu jako system sprzężony z systemem  $E$ , to otrzymuje się sprzężenie dwóch systemów, które z kolei można by uważać za nadsystem i rozważać jego sprzężenie z jakimś systemem zewnętrznym itd.

Ponieważ branie pod uwagę coraz większych nadsystemów i ich sprzężeń z systemami zewnętrznymi nie wnosi nic istotnego do ogólnych rozważań nad sterowaniem, można się ograniczyć do najprostszego nadsystemu w postaci jednego obwodu sterowniczego (rys. 2.3), w któ-



**Rys. 2.3.** Obwód sterowniczy określony

rym występuje system sterujący  $A$ , system sterowany  $B$  oraz tory sterownicze  $C$  i  $D$ . Można powiedzieć, że tor sterowniczy  $C$  zaczyna się na wyjściu systemu sterowanego  $B$  i kończy na wejściu systemu sterującego  $A$ , oraz że tor sterowniczy  $D$  zaczyna się na wyjściu systemu sterującego  $A$  i kończy na wejściu systemu sterowanego  $B$ .

W tym ujęciu proces sterowniczy można rozważyć jako ciąg zmian: zmiana na wyjściu systemu sterowanego  $B$ , zmiana na wejściu systemu sterującego  $A$ , zmiana na wyjściu systemu sterującego  $A$ , zmiana na wejściu systemu sterowanego  $B$ , zmiana na wyjściu systemu sterowanego  $B$  itd.

Zagadnienie sterowania sprowadza się wówczas do uzyskania odpowiedzi na pytanie, jakie przebiegi powinny występować między wejściem a wyjściem systemu sterującego  $A$ , aby to spowodowało określone przebiegi między wejściem a wyjściem systemu sterowanego  $B$ .

W związku z tym, zachowanie się systemu sterującego powinno być zależne od zmian zachodzących na wyjściu systemu sterowanego. W rzeczywistości jednak jest ono zależne od zmian zachodzących na

## ***Sterowanie***

wejściu systemu sterującego. Różnica między tymi dwoma zachowaniami systemu sterującego jest spowodowana obecnością toru sterowniczego pośredniczącego w oddziaływaniu systemu sterowanego na system sterujący. To samo odnosi się do toru sterowniczego pośredniczącego w oddziaływaniu systemu sterującego na system sterowany.

Nasuwa się wobec tego pytanie, jaki wpływ wywierają tory sterownicze na proces sterowniczy i od czego ten wpływ zależy. Zagadnienie to będzie rozważane w następnych rozdziałach.

### 3. KOMUNIKAT

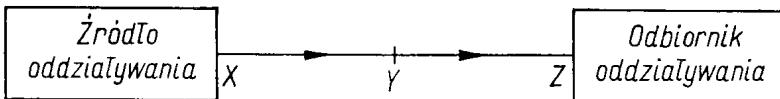
Obydwa tory sterownicze najprostszego obwodu sterowniczego (rys. 2.3) mają tę wspólną cechę, że w każdym z nich występuje oddziaływanie jednego systemu na drugi: w torze sterowniczym  $C$  występuje oddziaływanie systemu sterowanego na system sterujący, a w torze sterowniczym  $D$  występuje oddziaływanie systemu sterującego na system sterowany. Wobec tego można się ograniczyć do rozważania tylko jednego toru sterowniczego jako toru sterowniczego w ogólności.

*Definicja 3.1. Źródło oddziaływania* jest to system oddziałujący na inny system w obwodzie sterowniczym.

*Definicja 3.2. Odbiornik oddziaływania* jest to system, na który oddziałuje inny system w obwodzie sterowniczym.

Na podstawie tych definicji można uważać, że tor sterowniczy zaczyna się na wyjściu źródła oddziaływania, a kończy — na wejściu odbiornika oddziaływania (rys. 3.1).

W obwodzie sterowniczym (rys. 2.3), dla toru sterowniczego  $C$  źródłem oddziaływania jest system sterowany  $B$ , a odbiornikiem od-



Rys. 3.1. Tor sterowniczy w ogólności

działania jest system sterujący  $A$ , natomiast dla toru sterowniczego  $D$  źródłem oddziaływania jest system sterujący  $A$ , a odbiornikiem oddziaływania jest system sterowany  $B$ .

## **Komunikat**

Aby zmiany na wyjściu źródła oddziaływania wywołyły zmiany na wejściu odbiornika oddziaływania, muszą występować ciągi stanów fizycznych zaczynające się na wyjściu źródła oddziaływania, a kończące się na wejściu odbiornika oddziaływania. Wobec tego można uważać, że na oddziaływanie w torze sterowniczym składa się pewna liczba stanów fizycznych.

Wszelkie stany fizyczne można rozważyć dwojako: z energomaterialnego punktu widzenia, tj. jako stany określone pod względem ilości energii i masy (ilości substancji), oraz ze strukturalnego punktu widzenia, tj. jako stany określone pod względem struktury, czyli rozmieszczenia energii i substancji w przestrzeni i czasie.

Jeżeli system sterowany ma wykonać określoną pracę, to jest potrzebny do tego proces roboczy polegający na przepływie określonej ilości energii lub substancji, czyli na zmianach energomaterialnych.

W procesie sterowniczym natomiast chodzi o zmiany strukturalne systemu sterującego zapewniające żądane zmiany strukturalne systemu sterowanego, dzięki którym będzie się mógł odbywać proces roboczy.

Na przykład, w działaniu pieca przemysłowego chodzi o proces roboczy polegający na doprowadzaniu żądanej ilości energii, podczas gdy w działaniu regulatora temperatury chodzi o zmiany struktury umożliwiające odbywanie się tego procesu roboczego.

W procesie roboczym, polegającym na zmianach energomaterialnych, istotne jest występowanie sił wywołujących określone stany fizyczne.

W procesie sterowniczym natomiast, polegającym na zmianach strukturalnych, istotne jest występowanie różnic między określonymi stanami fizycznymi.

*Definicja 3.3. **Komunikat** jest to stan fizyczny różniący się w określony sposób od innego stanu fizycznego w torze sterowniczym.*

A zatem można powiedzieć, że oddziaływanie w torze sterowniczym składa się z pewnej liczby komunikatów. W rozważaniach nad oddziaływaniem w określonym torze sterowniczym liczba ta zależy od dokładności rozróżniania stanów fizycznych, jakimi są te komunikaty, w szczególności zaś od tego, ile takich stanów rozróżnia się w każdym miejscu toru sterowniczego i ile takich miejsc bierze się pod uwagę.

## **Komunikat**

*Definicja 3.4.* **Zbiór poprzeczny komunikatów** jest to zbiór komunikatów w dowolnym miejscu toru sterowniczego.

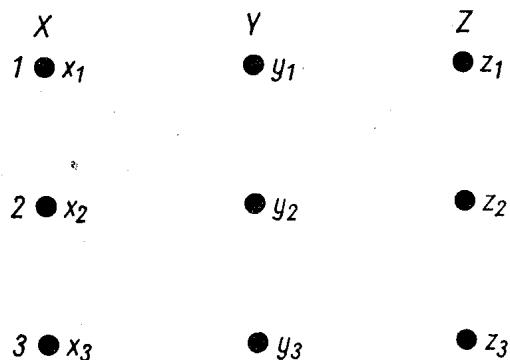
*Definicja 3.5.* **Zbiór wzdłużny komunikatów** jest to zbiór komunikatów, które powstały z innych komunikatów lub z których powstały inne komunikaty, przy czym każdy z komunikatów tego zbioru należy do innego zbioru poprzecznego komunikatów.

Ustalenie, w którym miejscu jest wyjście źródła oddziaływania, a w którym jest wejście odbiornika oddziaływania, ma charakter umowny.

*Definicja 3.6.* **Oryginał** jest to komunikat należący do zbioru poprzecznego komunikatów na wyjściu źródła oddziaływania.

*Definicja 3.7.* **Obraz** jest to komunikat należący do zbioru poprzecznego komunikatów na wejściu odbiornika oddziaływania.

*Definicja 3.8.* **Interkomunikat** jest to komunikat należący do poprzecznego zbioru komunikatów w miejscu toru sterowniczego znajdującym się między wyjściem źródła oddziaływania a wejściem odbiornika oddziaływania.



*Rys. 3.2.* Zbiory komunikatów w torze sterowniczym

Na rysunku 3.2 przedstawiono tor sterowniczy, w którym wyróżniono trzy zbiory poprzeczne  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  komunikatów (rys. 3.1), przy czym każdy zbiór składa się z trzech komunikatów:

Zbiór oryginałów	Zbiór interkomunikatów	Zbiór obrazów
$x_1$	$y_1$	$z_1$
$x_2$	$y_2$	$z_2$
$x_3$	$y_3$	$z_3$

## **Komunikat**

W tym samym torze sterowniczym można równie dobrze wyróżnić trzy zbiory wzdłużne komunikatów, przy czym każdy zbiór składa się z trzech komunikatów:

1 zbiór wzdłużny komunikatów	$x_1$	$y_1$	$z_1$
2 zbiór wzdłużny komunikatów	$x_2$	$y_2$	$z_2$
3 zbiór wzdłużny komunikatów	$x_3$	$y_3$	$z_3$

Używając powyższej terminologii można określić oddziaływanie w torze sterowniczym jako transformowanie oryginałów w obrazy, za pośrednictwem interkomunikatów (jeżeli zachodzi potrzeba uwzględnienia interkomunikatów).

Na przykład każdy pomiar jest procesem, w którym wartości wielkości mierzonej są oryginałami, a wyniki pomiaru — obrazami.

Ilustracją transformowania oryginałów w obrazy są również następujące przykłady.

Silnik parowy (system sterowany), wyposażony w regulator odśrodkowy (system sterujący), zawiera wał napędowy (wyjście) wirujący z pewną prędkością obrotową (oryginał). Działanie silnika powoduje, że oś (wejście) regulatora wiruje z pewną prędkością obrotową (obraz). Pod wpływem sił odśrodkowych dźwignia (wyjście) regulatora ulega określonemu przesunięciu (oryginał), czego rezultatem jest określony dopływ pary (obraz) przez otwór wlotowy (wejście) silnika.

Kierowca (system sterujący) wykonuje rękami (wyjście) poruszenia (oryginał) wywołujące obrót (obraz) kierownicy (wejście) samochodu (system sterowany). Koła (wyjście) samochodu przybierają pewne położenie (oryginał) względem drogi. Spostrzeżenie (obraz) tego położenia za pomocą narządu wzroku (wejście) wpływa na dalsze poruszenia rąk kierowcy itd.

Nadany tekst telegramu (oryginały) zostaje kolejno przetworzony w impulsy mechaniczne (interkomunikaty) telegrafu nadawczego, impulsy elektryczne (interkomunikaty) linii telegraficznej, impulsy mechaniczne (interkomunikaty) telegrafu odbiorczego, i wreszcie w odebrany tekst telegramu (obrazy).

Słownik francusko-angielski zawiera wyrazy francuskie (oryginały) i odpowiadające im wyrazy angielskie (obrazy). Słownik angielsko-francuski zawiera wyrazy angielskie (oryginały) i odpowiadające im wyrazy francuskie (obrazy).

Z doniesienia (oryginały) wywiadowcy zostaje sporządzony tekst szyfrowany (interkomunikaty) i przesyłany do centrali, gdzie sporządza się z niego tekst pisany zwykłym pismem (obrazy).

Mapa (zbiór obrazów) jest odwzorowaniem terenu (zbiór oryginałów).

W szczególnych przypadkach gdy wyjście jednego układu jest zarazem wejściem drugiego układu, jeden i ten sam zbiór komunikatów jest zarazem zbiorem oryginałów i zbiorem obrazów.

## **Komunikat**

Na przykład, wydane przez zwierzchnika polecenie (oryginał) staje się u wykonawcy poleceniem odebranym (obraz). Sporządzony przez wykonawcę meldunek (oryginał) staje się u zwierzchnika meldunkiem odebranym (obraz).

Komunikaty tego samego rodzaju mogą występować równocześnie lub kolejno.

Jeżeli komunikatami są wartości jakiejś wielkości fizycznej, to zbiorem komunikatów mogą być zarówno wartości tej wielkości w różnych punktach w tej samej chwili (np. rozkład temperatur) jak i wartości tej wielkości w różnych chwilach w tym samym punkcie (np. przebieg temperatury).

Przyzwyczajenie do traktowania procesów fizycznych jako zależności przyczynowo-skutkowych może prowadzić do przeświadczenie, że w procesie sterowniczym najpierw muszą istnieć stany na wyjściu systemu sterowanego a dopiero potem wynikające z nich stany na wejściu systemu sterującego, czyli że obrazy mogą powstać dopiero po oryginałach. Taka kolejność nie jest jednak istotna dla procesu sterowniczego. Równie dobrze obrazy i oryginały mogą występować równocześnie, a nawet obrazy mogą występować wcześniej niż oryginały. Jest to zrozumiałe, jeżeli wziąć pod uwagę, że zachowanie się odbiornika oddziaływania pośrednio wynika z oryginałów, ale bezpośrednio wynika z obrazów, a wobec tego przy określonych obrazach jest ono niezależne od tego, jakie są oryginały i kiedy występują: przed obrazami, równocześnie z obrazami, czy też po obrazach.

W związku z tym są możliwe następujące trzy przypadki.

Sterowanie może się odbywać na podstawie historii — jest to przypadek, gdy oryginały są wcześniejsze niż obrazy.

Jako ilustracja tego przypadku może służyć otrzymanie listu (obraz) zawiadamiającego o zaszłym wydarzeniu (oryginał), pojawienie się sygnału (obraz) powstałego uszkodzenia (oryginał) itp.

Można tu dodać przykłady, w których oryginały występują na bardzo długi czas przed obrazami: starożytne budowle (oryginały) i ich obecne ruiny (obrazy), wymarłe gatunki zwierząt i roślin (oryginały) i ich obecne skamieliny (obrazy).

Sterowanie może się też odbywać na podstawie diagnozy — jest to przypadek, gdy oryginały są równoczesne z obrazami.

Przykładem takiej równoczesności jest temperatura (oryginał) i barwa (obraz) płomienia, teren (zbiór oryginałów) i jego mapa (zbiór obrazów), książka w pewnym języku (zbiór oryginałów) i jej przekład w innym języku (zbiór obrazów) itp.

## **Komunikat**

I wreszcie sterowanie może się odbywać na podstawie prognozy — jest to przypadek, gdy oryginały są późniejsze niż obrazy.

Jako przykład oryginałów występujących po obrazach można wymienić przyszłe zaćmienie słońca (oryginały) i teraźniejsze rozmieszczenie (obrazy) ciał niebieskich, temperaturę stygnącego ciała w przyszłości (oryginał) i jego teraźniejszą temperaturę (obraz) itp.

W świetle powyższych wyjaśnień staje się zrozumiałe, że kierunki oddziaływań w torach sterowniczych niekoniecznie są kierunkami od wcześniejszych do późniejszych zbiorów komunikatów, natomiast zawsze są kierunkami od zbiorów komunikatów mniej dostępnych do zbiorów komunikatów bardziej dostępnych dla systemu, na który oddziałuje inny system.

Komunikatem może być wszystko, cokolwiek daje się odróżnić od czegokolwiek innego w procesie sterowniczym.

Na przykład, komunikatem może być wartość wielkości mierzonej jako różniąca się od innych wartości tej wielkości, kolor jako różniący się od innych kolorów, położenie punktu jako różniące się od położenia innych punktów, litera jako różniąca się od innych liter, wyraz jako różniący się od innych wyrazów, ton jako różniący się od innych tonów, nuta jako różniąca się od innych nut, znak drogowy jako różniący się od innych znaków drogowych, itp.

Nie jest przy tym konieczne, żeby komunikaty zaliczane do tego samego zbioru były tego samego rodzaju.

Na przykład, komunikatem może być kolor zielony jako różniący się od liczby 517, cytryna jako różniąca się od wyrazu „okno”, zapach fiołków jako różniący się od zegarka itp. Może to być dla czytelnika zaskakujące jedynie dlatego, że takie zbiory komunikatów są stosunkowo rzadko wykorzystywane w praktyce. Są jednak wykorzystywane, zwłaszcza w akcjach szpiegowskich, np. trzymanie gazety może znaczyć „nie podchodź do mnie, jestem śledzony”, a zdjęcie kapelusza może znaczyć „Jesteśmy bezpieczni, możemy rozmawiać”.

Z praktycznego punktu widzenia użyteczne jest odróżnianie „komunikatów czynnych” (zjawisk), które istnieją dopóki trwa przepływ energii, ale mogą wytworzyć następne komunikaty w torze sterowniczym, od „komunikatów biernych” (śladów zjawisk), które istnieją bez przepływu energii, ale same nie mogą wytworzyć następnych komunikatów.

Jeżeli w procesie sterowniczym dzięki energii pochodzącej ze źródła oddziaływania wystąpił ciąg zbiorów interkomunikatów czynnych, który

## **Komunikat**

z ustaniem dopływu energii ze źródła oddziaływania zakończył się zbiorem interkomunikatów biernych, to zbiór ten musi być przetransformowany w zbiór interkomunikatów czynnych, aby mógł powstać zbiór obrazów. Do tego celu, wobec ustania dopływu energii ze źródła oddziaływania, konieczne jest doprowadzenie energii z odbiornika oddziaływania.

Należy jednak mieć przy tym na uwadze, że gdyby rozpływ energii doprowadzonej z odbiornika oddziaływania różnił się od rozpływu energii doprowadzanej przedtem ze źródła oddziaływania, to w transformowaniu komunikatów biernych w komunikaty czynne wystąpiłyby zniekształcenia komunikatów.

Zniekształcenia komunikatów mogą wystąpić również w procesie sterowniczym polegającym wyłącznie na transformowaniu komunikatów czynnych, jeżeli do któregoś zbioru interkomunikatów czynnych zostało zastosowane wzmacnianie przez doprowadzenie energii z odbiornika oddziaływania.

W świetle tych wyjaśnień procesy sterownicze można podzielić na dwa rodzaje.

Jeden rodzaj procesów sterowniczych polega na tym, że wszystkie zbiory komunikatów, od zbioru oryginałów poprzez zbiory interkomunikatów do zbioru obrazów, są zbiorami komunikatów czynnych.

Jako przykład można wskazać procesy sterownicze, w których odbywa się mierzenie za pomocą zwykłych mierników wskazówkowych. Położenia wskazówki miernika są zbiorem interkomunikatów czynnych powstalych z oryginałów czynnych, jakimi są stany wielkości mierzonej. Ruch wskazówki miernika odbywa się dzięki energii doprowadzanej ze źródła oddziaływania i może być wykorzystany w dalszym przebiegu sterowania, np. do pobudzania przekaźnika, ale tylko dopóki trwa pomiar.

Drugi rodzaj procesów sterowniczych polega na tym, że co najmniej jeden zbiór komunikatów jest zbiorem komunikatów biernych. Dalszy przebieg sterowania jest możliwy tylko wówczas, gdy dopływ energii z odbiornika oddziaływania spowoduje przetransformowanie tego zbioru komunikatów biernych w zbiór komunikatów czynnych.

Jako przykład można wskazać procesy sterownicze, w których pomiar odbywa się za pomocą mierników rejestrujących. Otrzymany wykres zmian wielkości mierzonej jest zbiorem komunikatów biernych, istniejących nadal nawet po zakończeniu pomiaru. Może on być wykorzystany w dalszym przebiegu sterowania, ale do przetransformo-

## **Komunikat**

wania go w zbiór komunikatów czynnych jest potrzebny dopływ energii z odbiornika oddziaływania.

Podobnie, dźwięki nagrywane na taśmie magnetofonowej są komunikatami czynnymi. Powstające w wyniku ich transformowania stany magnetyczne są komunikatami biernymi i mogą istnieć nawet po zniknięciu dźwięków. W celu przetransformowania tych komunikatów biernych w komunikaty czynne (dźwięki) jest potrzebna energia do wprawiania w ruch taśmy magnetofonowej przy jej odgrywaniu. Jeżeli prędkość taśmy przy nagrywaniu była równomierna, a prędkość jej przy odgrywaniu jest nierównomierna, to dźwięki otrzymywane przy odgrywaniu taśmy będą się różnić od dźwięków nagranych.

Przykładami tego rodzaju sterowania są również procesy, w których korzysta się z zapisów na taśmach dziurkowanych, płytach gramofonowych, fotogramach itp.

■ Warto zauważyć, że do niedawna wykorzystywanie komunikatów biernych było możliwe tylko w procesach sterowania wymagających udziału człowieka jako jedynej istoty zdolnej do odczytywania wszelkiego rodzaju zapisów, tj. transformowania komunikatów biernych w komunikaty czynne. Dlatego też w sterowaniu automatycznym początkowo wykorzystywano wyłącznie komunikaty czynne. Dopiero rozwój techniki elementów pamięciowych, zwłaszcza w zastosowaniu do maszyn matematycznych, usunął to ograniczenie.

## **4. TRANSFORMACJA**

W rozważaniach nad dowolnym zbiorem elementów można rozróżnić dwie grupy pojęć: 1) elementy zbioru, 2) związki między elementami zbioru. Podział ten jest kompletny w takim sensie, że oprócz tych dwóch grup pojęć są możliwe tylko pojęcia pochodne od nich.

Zgodnie z tym, w rozważaniach nad procesem sterowniczym jako zbiorem stanów fizycznych, czyli — biorąc pod uwagę definicję 3.3 — zbiorem komunikatów, można rozróżnić dwie grupy pojęć: 1) komunikaty, 2) związki między komunikatami.

Komunikaty zostały już omówione w rozdz. 3. Pozostaje omówić związki między komunikatami.

Przy podejmowaniu tego tematu narzuca się myśl wykorzystania aparatury pojęciowej teorii relacji, jednak ze względu na charakter problematyki będącej przedmiotem tej pracy wymagałoby to pewnych ograniczeń, modyfikacji i uzupełnień, co powodowałoby konieczność podawania rozległych wyjaśnień i zastrzeżeń. Mniej kłopotliwe będzie podanie pojęć używanych w dalszym ciągu tej pracy, bez powoływanego się na teorię relacji i posługiwania się terminem „relacja”. Dzięki temu, do lektury dalszych rozdziałów wystarczy czytelnikom przyswojenie podanych tu wiadomości.

Rozważania będą oparte na następujących pojęciach.

*Definicja 4.1. Asocjacja komunikatów* jest to nieuporządkowana para komunikatów wyodrębnionych ze wzdużnego lub poprzecznego zbioru komunikatów w procesie sterowniczym.

## **Transformacja**

*Definicja 4.2.* **Transformacja** jest to proces, jakiemu należy poddać jeden z komunikatów asocjacji, aby otrzymać drugi komunikat tej asocjacji.

Transformacja określa zarazem związek między komunikatami asocjacji.

Na przykład, w sformułowaniach „mnożenie  $a$  przez  $k$  daje w wyniku  $b$ ” oraz „ $b$  jest  $k$  razy większe od  $a$ ” chodzi o jedną i tę samą transformację.

Transformacje będą oznaczane literą  $T$ .

Dla każdej asocjacji istnieją dwie pary uporządkowane komunikatów, w związku z czym zachodzi potrzeba rozróżniania transformacji dla każdej z tych par komunikatów.

*Definicja 4.3.* **Komunikat pierwotny** jest to komunikat poddany transformacji.

*Definicja 4.4.* **Komunikat wtórny** jest to komunikat otrzymany w wyniku transformacji komunikatu pierwotnego.

Na przykład, jeżeli asocjację stanowią pewne komunikaty  $a$  i  $b$ , to trzeba odróżniać transformację komunikatu  $a$  w komunikat  $b$  od transformacji komunikatu  $b$  w komunikat  $a$ .

Do zaznaczania tej okoliczności oznaczenie transformacji  $T$  będzie zaopatrywane w przyznaki, z których pierwszy będzie się odnosił do komunikatu pierwotnego, drugi zaś do komunikatu wtórnego.

Zgodnie z tym, oznaczenie transformacji komunikatu  $a$  w komunikat  $b$  będzie mieć postać  $T_{ab}$ , natomiast transformacja komunikatu  $b$  w komunikat  $a$  będzie mieć postać  $T_{ba}$ .

W przypadkach gdy zachodzi potrzeba zaznaczenia również komunikatów rozpatrywanej asocjacji, oznaczenie transformacji będzie umieszczane między oznaczeniami tych komunikatów, przy czym na pierwszym miejscu będzie podawany komunikat pierwotny, a na drugim miejscu komunikat wtórny, np.:

$$\begin{aligned} & aT_{ab}b \\ & bT_{ba}a \end{aligned}$$

co się odczytuje: „transformacja  $T_{ab}$  komunikatu  $a$  w komunikat  $b$ ” lub „transformacja  $T_{ab}$  komunikatu  $a$  daje w wyniku komunikat  $b$ ” itp.

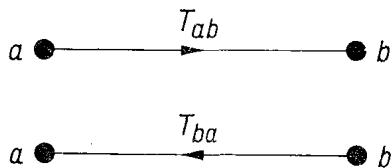
## **Transformacja**

Jako równorzędne będzie stosowane wyrażenie transformacji za pomocą równania (równanie transformacji), w którym po jednej stronie umieszcza się komunikat pierwotny i transformację, a po drugiej stronie komunikat wtórny, np.:

$$T_{ab}a = b$$

$$T_{ba}b = a$$

Transformację można również przedstawiać graficznie za pomocą odcinka skierowanego od komunikatu pierwotnego do komunikatu wtórnego, przy czym kierunek jest zaznaczony strzałką (rys. 4.1).



**Rys. 4.1.** Graficzne oznaczenie transformacji

Z formalnego punktu widzenia jest obojętne, czy w wyniku transformacji komunikat pierwotny przestaje istnieć, a zamiast niego pojawia się komunikat wtórny (np. transformacja jednego położenia wskaźówki miernika w inne jej położenie), czy też po pojawienniu się komunikatu wtórnego komunikat pierwotny istnieje nadal (np. transformacja terenu w mapę), a nawet czy komunikat wtórny powstał wcześniej niż komunikat pierwotny (np. transformacja mapy w teren).

Wszystkie transformacje będą traktowane jako jednoznaczne: transformacja jednego komunikatu daje w wyniku jeden komunikat.

Można rozróżnić transformacje ze względu na okoliczność, czy komunikat pierwotny i komunikat wtórny różnią się od siebie czy nie.

**Definicja 4.5. Transformacja niebanalna** jest to transformacja komunikatu pierwotnego w różniący się od niego komunikat wtórny.

**Definicja 4.6. Transformacja banalna** jest to transformacja komunikatu pierwotnego w nie różniący się od niego komunikat wtórny.

**Definicja 4.7. Transformacja tożsamościowa** jest to transformacja banalna w asocjacji, w której komunikat pierwotny i komunikat wtórny są jednym i tym samym komunikatem.

## *Transformacja*

*Definicja 4.8.* **Transformacja równościowa** jest to transformacja banalna w asocjacji, w której komunikat pierwotny i komunikat wtórny są odrębnymi, lecz jednakowymi komunikatami.

Dla zaznaczenia, że chodzi o transformację banalną, będzie używane oznaczenie  $T^\circ$  lub opuszczenie oznaczenia transformacji.

*Definicja 4.9.* **Transformacja odwrotna** do transformacji komunikatu pierwotnego w komunikat wtórny jest to transformacja, której zastosowanie do komunikatu wtórnego dałoby komunikat pierwotny.

Tak więc np. transformacją odwrotną do transformacji  $aT_{ab}b$  jest transformacja  $bT_{ba}a$ , podobnie jak transformacją odwrotną do transformacji  $bT_{ba}a$  jest transformacja  $aT_{ab}b$ .

Na podstawie dotychczasowych rozważań można by sądzić, że spośród trzech elementów równania transformacji, jakimi są: komunikat pierwotny, transformacja, komunikat wtórny, wystarczy znać tylko dwa, jako umożliwiające określenie trzeciego.

Tak jest istotnie w przypadku, gdy jest dany jeden komunikat i transformacja. Na przykład, znając komunikat  $a$  i transformację  $T_{ab}$  można znaleźć komunikat  $b$ .

Natomiast inaczej jest, gdy są dane obydwa komunikaty, a szukana jest transformacja. W tym przypadku znajomość dwóch elementów (tj. obu komunikatów) nie wystarcza do znalezienia trzeciego (tj. transformacji).

Łatwo to okazać na prostym przykładzie liczbowym. Jeżeli są dane komunikaty  $a = 2$  oraz  $b = 8$ , to istnieje wiele transformacji, których zastosowanie do komunikatu  $a$  da w wyniku komunikat  $b$ , np.:

$$\begin{aligned} a+6 &= b \\ 4a &= b \\ a^3 &= b \\ 3a+2 &= b \\ 5a-2 &= b \\ \text{itp.} \end{aligned}$$

Jak widać, transformacja jest pojęciem złożonym, wobec czego zachodzi potrzeba wyodrębnienia jej istotnych elementów.

## **Transformacja**

*Definicja 4.10.* **Operacja** jest to jeden z procesów elementarnych, na których polega transformacja.

*Definicja 4.11.* **Rodzaj operacji** jest to właściwość jakościowa operacji.

*Definicja 4.12.* **Parametr operacji** jest to właściwość ilościowa operacji.

*Definicja 4.13.* **Transformacja operacyjna** jest to transformacja określona operacjami, jakim oddaje się komunikat pierwotny asocjacji.

Na przykład, transformacja  $a+6 = b$  jest transformacją operacyjną, w której rodzajem operacji jest dodawanie, parametrem operacji jest 6, operacją zaś jest dodawanie 6.

W transformacji operacyjnej  $4a = b$  rodzajem operacji jest mnożenie, parametrem operacji jest 4, operacją zaś jest mnożenie przez 4.

W transformacji operacyjnej  $3a+2 = b$  występują dwie operacje: mnożenie przez 3 (w której rodzajem operacji jest mnożenie, a parametrem operacji jest 3) oraz dodawanie 2 (w której rodzajem operacji jest dodawanie, a parametrem operacji jest 2).

W najprostszym przypadku transformacja operacyjna może polegać na jednej tylko operacji (transformacja jednooperacyjna), a wówczas do określenia transformacji są potrzebne dwie dane (rodzaj operacji i parametr operacji).

Do określenia transformacji utworzonej z  $n$  operacji potrzeba  $2n$  danych ( $n$  rodzajów operacji oraz  $n$  parametrów operacji).

Rozróżnianie rodzaju operacji i parametru operacji jest konieczne, gdyż są to elementy operacji niezależne od siebie: przy tym samym rodzaju operacji mogą występować różne parametry operacji, a ten sam parametr operacji może występować przy różnych rodzajach operacji.

Tym się objasnia, dlaczego jeden komunikat i transformacja wystarczają do określenia drugiego komunikatu, a obydwa komunikaty nie wystarczają do określenia transformacji. Nawet przy transformacji jednooperacyjnej wchodzą w grę cztery elementy: komunikat pierwotny, rodzaj operacji, parametr operacji, komunikat wtórny. W przypadku gdy jest dany jeden komunikat i transformacja, są znane trzy elementy z czterech, a to umożliwia znalezienie z równania transformacji czwartego elementu. Natomiast gdy są dane obydwa komunikaty, a jest szukana

## *Transformacja*

transformacja, to są znane tylko dwa elementy z czterech, nic więc dziwnego, że równanie transformacji nie wystarcza do określenia pozostałych dwóch. Do tego celu trzeba znać dodatkowo jeden z nich.

Na przykład, jeżeli dla transformacji komunikatu  $a = 2$  w komunikat  $b = 8$  wiadomo, że rodzajem operacji jest mnożenie, to parametrem operacji musi być liczba 4, natomiast jeżeli wiadomo, że parametrem operacji jest liczba 4, to rodzajem operacji musi być mnożenie. Jeżeli dla tej samej pary komunikatów wiadomo, że rodzajem operacji jest potęgowanie, to parametrem operacji musi być liczba 3 itd.

Oczywiście, transformacja operacyjna, w której nie występuje żaden rodzaj operacji lub występuje parametr, przy którym operacja nie powoduje zmiany, jest transformacją banalną.

Na przykład, transformacja operacyjna jest banalna, gdy rodzajem operacji jest dodawanie, a parametrem operacji jest 0, bądź gdy rodzajem operacji jest mnożenie lub potęgowanie, a parametrem operacji jest 1.

Gdy w grę wchodzi nie jedna asocjacja, lecz zbiór asocjacji, wówczas w ogólności transformacje operacyjne odnoszące się do poszczególnych asocjacji mogą się różnić między sobą.

*Definicja 4.14. Transformacja zasadnicza* jest to transformacja operacyjna, której zastosowanie do komunikatu pierwotnego dowolnej asocjacji w określonym zbiorze asocjacji daje komunikat wtórnego tej asocjacji.

Na przykład dla zbioru trzech asocjacji:

$$\begin{array}{ll} a = 1 & b = 3 \\ c = 2 & d = 6 \\ e = 3 & f = 9 \end{array}$$

mogą wchodzić w grę m.in. następujące transformacje operacyjne: dla asocjacji  $a = 1, b = 3$

$$a+2 = b$$

$$2a+1 = b$$

$$3a = b$$

$$4a-1 = b$$

## **Transformacja**

dla asocjacji  $c = 2, d = 6$

$$\begin{aligned}c + 4 &= d \\2c + 2 &= d \\3c &= d \\4c - 2 &= d\end{aligned}$$

dla asocjacji  $e = 3, f = 9$

$$\begin{aligned}e + 6 &= f \\2e + 3 &= f \\3e &= f \\4e - 3 &= f\end{aligned}$$

Transformacją zasadniczą jest wspólna dla wszystkich trzech asocjacji transformacja operacyjna o postaci

$$3m = n$$

**Definicja 4.15.** *Transformacja zasadnicza odwrotna* do danej transformacji zasadniczej jest to transformacja operacyjna, której zastosowanie do komunikatu wtórnego dowolnej asocjacji w zbiorze asocjacji, do którego odnosi się dana transformacja zasadnicza, dałoby komunikat pierwotny tej asocjacji.

W przytoczonym powyżej przykładzie transformacją zasadniczą odwrotną jest transformacja operacyjna o postaci

$$\frac{n}{3} = m$$

gdyż tylko ona jest wspólna dla wszystkich trzech asocjacji.

**Definicja 4.16.** *Transformacja operacyjna odwrotna* do danej transformacji operacyjnej jest to transformacja operacyjna o takich samych operacjach, jakie występują w transformacji zasadniczej odwrotnej do transformacji zasadniczej mającej postać danej transformacji operacyjnej.

**Definicja 4.17.** *Operacja odwrotna* do danej operacji jest to operacja występująca w transformacji jednooperacyjnej odwrotnej do transformacji jednooperacyjnej, w której występuje dana operacja.

## *Transformacja*

*Definicja 4.18. Rodzaj operacji odwrotny* do rodzaju danej operacji jest to taki rodzaj operacji, że jeżeli zastąpi się nim rodzaj danej operacji, to powstanie operacja odwrotna do danej operacji.

*Definicja 4.19. Parametr operacji odwrotny* do parametru danej operacji jest to taki parametr operacji, że jeżeli zastąpi się nim parametr danej operacji, to powstanie operacja odwrotna do danej operacji.

W definicji 4.16 odwołanie się do transformacji zasadniczej usuwa wieloznaczność, jaka występowałaby, gdyby pojęcie transformacji operacyjnej odwrotnej oprzeć na ogólnej definicji 4.9.

Na przykład, dla transformacji operacyjnej komunikatu pierwotnego  $a = 2$  w komunikat wtórny  $b = 8$

$$4a = b$$

według definicji 4.9 transformacją operacyjną odwrotną byłaby nie tylko transformacja

$$\frac{b}{4} = a$$

lecz także transformacje

$$b - 6 = a$$

$$\frac{b}{2} - 2 = a$$

itp.

ponieważ zastosowanie każdej z nich do komunikatu wtórnego  $b = 8$  dałoby w wyniku komunikat pierwotny  $a = 2$ . Natomiast dla zbioru asocjacji o transformacji zasadniczej  $4a = b$  transformacją zasadniczą odwrotną jest, według definicji 4.16, tylko transformacja  $b/4 = a$ . Dzięki temu można powiedzieć, że i dla jednej osobnej asocjacji transformacją operacyjną odwrotną do transformacji operacyjnej  $4a = b$  jest transformacja operacyjna  $b/4 = a$ .

Dzięki przyjętemu sformułowaniu definicji 4.16, z definicji 4.18 wynika, że odejmowanie jest rodzajem operacji odwrotnym do dodawania, dzielenie jest rodzajem operacji odwrotnym do mnożenia itp., a z definicji 4.19 wynika, że liczba ujemna jest parametrem operacji odwrotnym do liczby dodatniej, odwrotność liczby jest parametrem operacji odwrotnym do tej liczby itp.

## **Transformacja**

**Twierdzenie 4.1.** Jeżeli w operacji występującej w danej transformacji operacyjnej zmieni się rodzaj operacji na odwrotny i parametr operacji na odwrotny, to transformacja ta pozostanie bez zmiany.

### D o w ó d

Jest dana asocjacja komunikatów  $a$  i  $b$  oraz transformacja operacyjna

$$T_{ab}a = b \quad (4.1)$$

Jeżeli w transformacji operacyjnej wyrażonej równaniem (4.1) zmieni się rodzaj operacji na odwrotny, to zgodnie z definicją 4.17 powstanie operacja odwrotna, a więc i transformacja operacyjna odwrotna

$$T_{ba}b = a \quad (4.2)$$

Jeżeli w transformacji operacyjnej wyrażonej równaniem (4.2) zmieni się parametr operacji na odwrotny, to zgodnie z definicją 4.19 powstanie operacja odwrotna, a więc i transformacja operacyjna odwrotna

$$T_{ab}a = b \quad (4.3)$$

Z porównania (4.1) i (4.3) wynika, że jest to taka sama transformacja jak dana transformacja.

Na przykład, transformacja  $4a = b$  jest tym samym co transformacja  $a/0,25 = b$ , transformacja  $a+2 = b$  jest tym samym co transformacja  $a-(-2) = b$  itp.

Jeżeli wiadomo, jaki komunikat wtórny otrzymuje się w wyniku pewnej transformacji operacyjnej komunikatu, to do ponownego otrzymania takiego samego komunikatu wtórnego nie jest konieczna znajomość operacji, na których ta transformacja polega. Na tej podstawie można wyodrębnić następujące pojęcia.

**Definicja 4.20. Transformacja asocjacyjna** jest to transformacja określona tym, że jej zastosowanie do komunikatu pierwotnego asocjacji daje w wyniku komunikat wtórny tej asocjacji.

## ***Transformacja***

***Definicja 4.21. Transformacja asocjacyjna odwrotna*** do danej transformacji asocjacyjnej jest to transformacja określona tym, że jej zastosowanie do komunikatu wtórnego dałoby komunikat pierwotny.

Sens transformacji asocjacyjnej można wyrazić następującym schematem logicznym:

$$\begin{array}{c} \text{jeżeli } p \text{ to } q \\ \text{więc jeżeli } p \\ \text{to } q \end{array}$$

W odniesieniu do asocjacji komunikatu pierwotnego  $a$  i komunikatu wtórnego  $b$  można to wyrazić następująco: jeżeli do komunikatu  $a$  zastosuje się taką transformację, jakiej zastosowanie do komunikatu  $a$  daje w wyniku komunikat  $b$ , to otrzyma się w wyniku komunikat  $b$ .

Na przykład, gdyby w procesie sterowniczym pewnego rodzaju była potrzebna transformacja operacyjna komunikatu  $a = 2$  w komunikat  $b = 8$

$$4a = b$$

wówczas dla następnych procesów sterowniczych takiego samego rodzaju wystarczyłoby wiedzieć, że jeżeli  $2$  to  $8$ , bez wnikania w operacje tworzące taką transformację, czyli zastosować transformację asocjacyjną:

komunikatowi  $a = 2$  odpowiada komunikat  $b = 8$

Transformacja operacyjna zostaje tu zastąpiona przez transformację asocjacyjną.

W odróżnieniu od transformacji operacyjnej, określonej przez operacje, jakie należy wykonać, transformacja asocjacyjna jest określona przez asocjację, do której się ta transformacja odnosi.

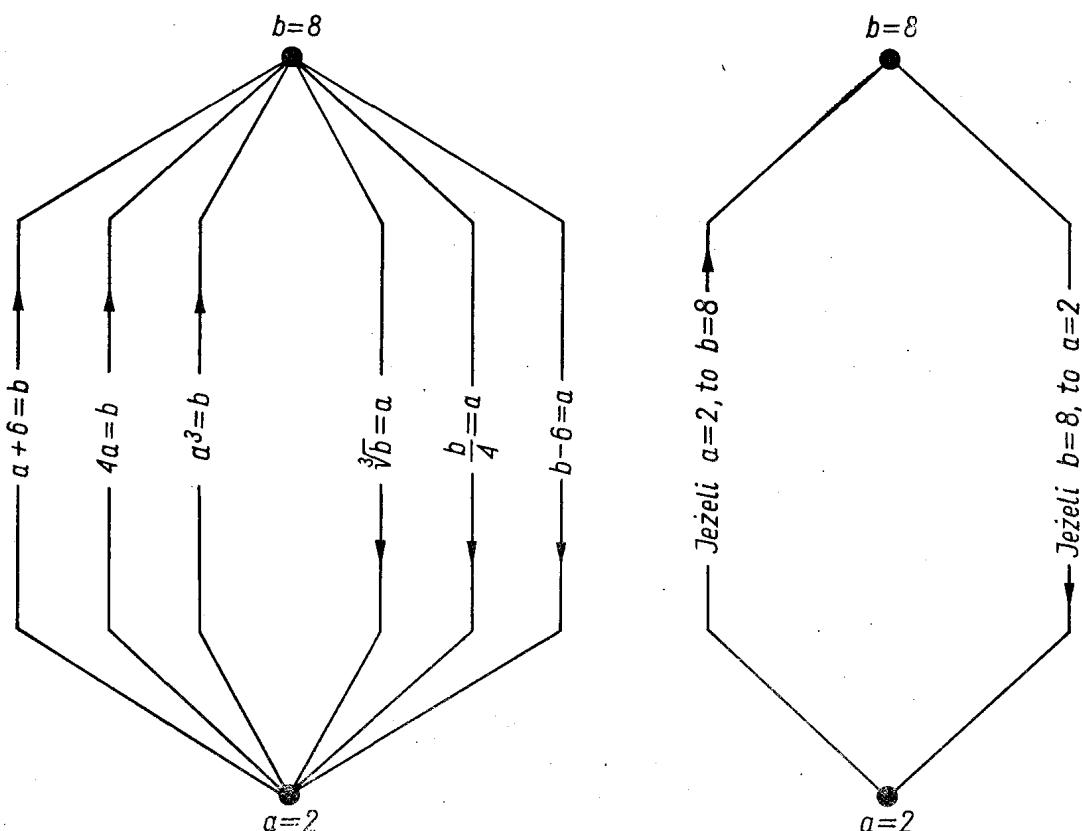
Inaczej mówiąc, transformacja  $T_{ab}$  jako operacyjna jest odpowiedzią na pytanie, co zrobić z komunikatem  $a$ , natomiast transformacja  $T_{ab}$  jako asocjacyjna jest odpowiedzią na pytanie, jaki komunikat  $b$  tworzy wraz z komunikatem  $a$  asocjację, czyli jaki komunikat  $b$  odpowiada komunikatowi  $a$ .

Wspólną właściwością transformacji operacyjnych danej asocjacji jest to, że prowadzą one od jednego do drugiego komunikatu tej asocjacji, ale to właśnie jest właściwością transformacji asocjacyjnej. A zatem transformacja asocjacyjna jest równoważna wszystkim transformacjom operacyjnym w danej asocjacji.

## Transformacja

Ilustruje to rys. 4.2, dla przykładu asocjacji komunikatów  $a = 2$  oraz  $b = 8$ .

Ponieważ do określenia transformacji asocjacyjnej podawanie operacji jest zbędne, więc jest jasne, że w kierunku od komunikatu  $a$  do komunikatu  $b$  jest tylko jedna transformacja asocjacyjna, może istnieć natomiast w tym kierunku wiele transformacji operacyjnych.



Rys. 4.2. Transformacje operacyjne i transformacje asocjacyjne (przykład)

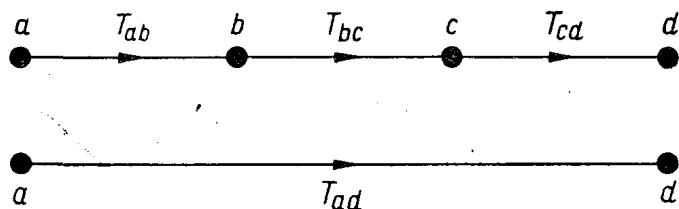
W rezultacie, dla jednej asocjacji wchodzi w grę jedna transformacja asocjacyjna i jedna transformacja asocjacyjna odwrotna oraz wiele transformacji operacyjnych i tyleż transformacji operacyjnych odwrotnych.

Jest to rozróżnienie podobne do stosowanego np. w transporcie: dla jednej pary miejscowości wchodzą w grę dwa kierunki (tam i z powrotem), ale wiele dróg w jednym kierunku i tyleż w drugim.

**Definicja 4.22.** **Łańcuch transformacyjny** jest to zbiór komunikatów, w którym występuje taki ciąg kolejnych asocjacji, że jeden z komunikatów poprzedniej asocjacji jest zarazem jednym z komunikatów następnej asocjacji.

## Transformacja

**Definicja 4.23.** *Transformacja wypadkowa* jest to transformacja złożona z transformacji występujących w kolejnych asocjacjach łańcucha transformacyjnego, przy czym komunikat wtórny będący wynikiem poprzedniej transformacji staje się komunikatem pierwotnym poddawanym następnej transformacji.



Rys. 4.3. Transformacje składowe i transformacja wypadkowa

Na przykład, jeżeli w łańcuchu transformacyjnym komunikatów  $a, b, c, d$  występują transformacje  $aT_{ab}b, bT_{bc}c, cT_{cd}d$  (rys. 4.3), to transformacją wypadkową pierwszych dwóch transformacji jest

$$aT_{ab}T_{bc}$$

a transformacją wypadkową wszystkich trzech transformacji tego łańcucha transformacyjnego jest

$$aT_{ab}T_{bc}T_{cd}$$

co można przedstawić również za pomocą równań:

$$T_{bc}T_{ab}a = c$$

$$T_{cd}T_{bc}T_{ab}a = d$$

W szczególnym przypadku gdy transformacje są jednakowe, transformację wypadkową otrzymuje się przez wielokrotne zastosowanie takiej samej transformacji. Dla zaznaczenia, że chodzi o transformacje  $n$ -krotne, będzie używane oznaczenie  $T^n$ .

Na przykład, gdyby podane powyżej transformacje były jednakowe  $T_{ab} = T_{bc} = T_{cd} = T$ , to transformacje wypadkowe można by zapisać w postaci:

$$aT^2c$$

$$aT^3d$$

lub też

$$T^2a = c$$

$$T^3a = d$$

## **Transformacja**

**Twierdzenie 4.2.** W łańcuchu transformacyjnym transformacja pierwszego komunikatu w ostatni komunikat jest transformacją wypadkową kolejnych transformacji.

**D o w ó d**

Są dane komunikaty  $a, b, c, d, \dots, m, n$ , oraz transformacje:

$$T_{ab}a = b \quad (4.4)$$

$$T_{bc}b = c \quad (4.5)$$

$$T_{cd}c = d \quad (4.6)$$

...

$$T_{mn}m = n \quad (4.7)$$

Jest szukana transformacja

$$T_{an}a = n \quad (4.8)$$

Z (4.4) i (4.5) wynika

$$T_{bc}T_{ab}a = c \quad (4.9)$$

Jest to transformacja komunikatu  $a$  w komunikat  $c$

$$T_{ac}a = c \quad (4.10)$$

wobec czego

$$T_{ac}a = T_{bc}T_{ab}a \quad (4.11)$$

Z kolei z (4.6) i (4.10) wynika

$$T_{cd}T_{ac}a = d \quad (4.12)$$

Jest to transformacja komunikatu  $a$  w komunikat  $d$

$$T_{ad}a = d \quad (4.13)$$

wobec czego

$$T_{ad}a = T_{cd}T_{ac}a \quad (4.14)$$

a po uwzględnieniu (4.11)

$$T_{ad}a = T_{cd}T_{bc}T_{ab}a \quad (4.15)$$

Postępując podobnie z transformacjami komunikatu  $a$  w coraz dalsze komunikaty łańcucha transformacyjnego otrzymuje się ostatecznie

$$T_{an}a = T_{mn} \dots T_{cd}T_{bc}T_{ab}a \quad (4.16)$$

## **Transformacja**

Z twierdzenia 4.2 wynika wniosek, że w szczególnym przypadku gdy w łańcuchu transformacyjnym wszystkie transformacje są banalne, ich transformacja wypadkowa jest również banalna.

**Twierdzenie 4.3.** Transformacja wypadkowa dwóch transformacji, z których druga jest odwrotna do pierwszej, jest transformacją banalną.

### **D o w ó d**

Jest dana asocjacja komunikatów  $a$  i  $b$  oraz transformacja

$$T_{ab}a = b \quad (4.17)$$

Według definicji 4.9 odwrotna do niej jest transformacja

$$T_{ba}b = a \quad (4.18)$$

Z (4.17) i (4.18) wynika

$$T_{ba}T_{ab}a = a \quad (4.19)$$

Z twierdzenia 4.3 wynika wniosek, że transformacja odwrotna do transformacji banalnej jest transformacją banalną.

Rozróżnienie między transformacjami operacyjnymi a transformacjami asocjacyjnymi ma znaczenie praktyczne tylko w odniesieniu do transformacji niebanalnych, ponieważ wszystkie transformacje operacyjne stają się jedną transformacją, gdy transformacja niebanalna staje się transformacją banalną.

Ponieważ w transformacjach asocjacyjnych, nawet gdy są one niebanalne, operacje nie odgrywają roli, więc pod tym względem transformacje te są podobne do transformacji banalnych. Dzięki temu wszystkie twierdzenia dotyczące transformacji banalnych można zastosować do transformacji asocjacyjnych zastępując wyrażenie „jest równy” wyrazem „odpowiada”.

Na przykład, odpowiednio do twierdzeń dla transformacji banalnych: „jeżeli  $A$  jest równe  $B$ , to  $B$  jest równe  $A$ ” oraz „jeżeli  $A$  jest równe  $B$  oraz  $B$  jest równe  $C$ , to  $A$  jest równe  $C$ ”, można sformułować twierdzenia dla transformacji asocjacyjnych: „jeżeli  $A$  odpowiada  $B$ , to  $B$  odpowiada  $A$ ” oraz „jeżeli  $A$  odpowiada  $B$  oraz  $B$  odpowiada  $C$ , to  $A$  odpowiada  $C$ ”.

## **Transformacja**

Różnice między pojęciem transformacji według definicji przyjętej w tej pracy a pojęciem relacji używanym w logice można scharakteryzować następująco.

W teorii relacji traktuje się relacje jako dane, przy czym chodzi o relacje jako związki między zbiorami, co w przedstawionej tu teorii jest najbardziej zbliżone do pojęcia transformacji zasadniczej, jako związku między elementami (komunikatami) poszczególnych zbiorów, w szczególności par elementów (par komunikatów tworzących asocjacje) tych zbiorów.

W procesach sterowniczych natomiast transformacje zasadnicze najczęściej są szukane, co wymaga rozróżniania transformacji w poszczególnych asocjacjach, a nawet rozróżniania elementów transformacji, takich jak operacja, rodzaj operacji, parametr operacji, a tego rodzaju pojęć nie ma w teorii relacji.

W zastosowaniach praktycznych logiki pojmowanie relacji uzależnia się od określających je wyrazów, podczas gdy w tej pracy transformacje uważa się za procesy, a więc niezależnie od nadawanych im nazw.

Można to zilustrować w następujący prosty sposób. W podręcznikach logiki, przy objaśnianiu relacji symetrycznych, asymetrycznych, antysymetrycznych oraz relacji tranzytywnych, atranzytywnych, antytranzytywnych często wymienianym przykładem jest relacja pokrewieństwa.

Na przykład, logik zadaje sobie pytanie, czy prawdziwe jest zdanie: „jeżeli  $A$  jest krewnym  $B$ , to  $B$  jest krewnym  $A$ ”. W tym celu rozpatruje rozmaite możliwości, np. między dwoma braćmi, między ojcem a synem itp., a po stwierdzeniu, że jeżeli  $A$  jest krewnym  $B$ , to we wszystkich przypadkach  $B$  jest krewnym  $A$ , zalicza pokrewieństwo do relacji symetrycznych (tj. takich, że jeżeli  $A$  jest w pewnej relacji względem  $B$ , to  $B$  jest w tej relacji względem  $A$ ).

Przechodząc następnie do pytania, czy prawdziwe jest zdanie: „jeżeli  $A$  jest krewnym  $B$ , a  $B$  jest krewnym  $C$ , to  $A$  jest krewnym  $C$ ”, logik stwierdziwszy, że w rozpatrzonych przypadkach tak jest istotnie, byłby skłonny zaliczyć pokrewieństwo do relacji tranzytywnych. Ale oto stwierdza, że istnieje przypadek, w którym wymienione zdanie nie jest prawdziwe, a mianowicie: jeżeli  $A$  jest ojcem,  $B$  jest dzieckiem, a  $C$  jest matką, to normalnie  $A$  nie jest krewnym  $C$ . W tej sytuacji

## *Transformacja*

logik jest zmuszony zaliczyć pokrewieństwo do relacji atranzytywnych (tj. jeżeli  $A$  jest w pewnej relacji względem  $B$  oraz  $B$  jest w tej relacji względem  $C$ , to nie wiadomo, czy  $A$  jest w tej relacji względem  $C$ ).

Można sobie jednak wyobrazić, że w jakimś kraju związek między ojcem a matką również jest nazywany pokrewieństwem. W tym więc kraju pokrewieństwo byłoby jednak relacją tranzystywną. Jak widać, zmiana terminologii zadecydowałaby o zmianie zakwalifikowania relacji pokrewieństwa, mimo braku zmiany stanu faktycznego.

Natomiast posługiwanie się transformacjami dałoby wyniki następujące.

Okoliczność, że  $A$  i  $B$  są braćmi, wynika stąd, że są oni synami wspólnych rodziców. Od rodziców do osobnika  $A$  prowadzi transformacja „urodzić”. Taka sama transformacja prowadzi do osobnika  $B$ . Wobec jednakowości obu transformacji, transformacja od  $A$  do  $B$  jest banalna. Na tej podstawie, bez żadnego sprawdzania można twierdzić, że również banalna jest transformacja od  $B$  do  $A$ . A zatem zachodzi tu jednakowość transformacji w obu kierunkach.

Jeżeli jednak  $A$  jest ojcem, a  $B$  jest synem, to od  $A$  do  $B$  prowadzi transformacja „urodzić”, a wówczas można z pewnością twierdzić, że od  $B$  do  $A$  prowadzi transformacja „być urodzonym” jako odwrotna do poprzedniej. Tutaj jednak nie ma jednakowości transformacji w obu kierunkach.

Jak widać, to co z punktu widzenia relacji jest w obu przypadkach jednakowe (relacja symetryczna), nie jest jednakowe z punktu widzenia transformacji.

W kolejnym przykładzie, od ojca  $A$  prowadzi transformacja „urodzić” do dziecka  $B$ , a od dziecka  $B$  prowadzi transformacja „być urodzonym” do matki  $C$ . Ponieważ jedna z tych transformacji jest odwrotna do drugiej, więc związek między  $A$  i  $C$  musi być transformacją banalną. Istotnie, między ojcem a matką nie ma różnicy: oboje są rodzicami.

Jak widać, to co w tym przykładzie z punktu widzenia relacji jest niepewne (relacja atranzytywna), jest pewne z punktu widzenia transformacji, a przy tym niezależne od języka, w którym się to stwierdza.

Do często przytaczanych w podręcznikach logiki należy również przykład relacji tranzystywnej: „jeżeli  $A$  jest starszy od  $B$ , a  $B$  jest star-

## *Transformacja*

szy od  $C$ , to  $A$  jest starszy od  $C$ ". Polegając na tym mógłby ktoś sądzić (uważając, że to co jest słuszne ogólnie, musi być słuszne w szczególnych przypadkach), że jeżeli  $A$  jest o 5 lat starszy od  $B$ , a  $B$  jest o 5 lat starszy od  $C$ , to  $A$  jest o 5 lat starszy od  $C$ . Łatwo zauważyc, że transzytywność relacji starszeństwa nie sprawdza się w ani jednym szczególnym przypadku.

Natomiast nie ma takich nieporozumień przy posługiwaniu się transformacjami. Zarówno w przypadku ogólnym jak i we wszystkich przypadkach szczególnych starszeństwo  $A$  względem  $C$  jest transformacją wypadkową starszeństwa  $A$  względem  $B$  i starszeństwa  $B$  względem  $C$ .

Gdy chodzi w ogóle o relację większości, logik mówi, że dla relacji  $a < b$  relacją odwrotną jest  $b > a$ , co oczywiście jest słuszne, gdy  $a$  i  $b$  są dane, ale nie wystarcza w zastosowaniu do procesów sterowniczych w przypadku, gdy  $a$  lub  $b$  są szukane. Na przykład, jeżeli  $b$  powstało przez „zwiększenie”  $a$ , to znając  $b$  nie można przez jego „zmniejszenie” znaleźć  $a$ , tego zaś rodzaju potrzeby występują np. w stosowaniu kodów odwrotnych (rozdz. 5).

W procesach sterowniczych nie może występować po prostu „zwiększenie”, lecz tylko „zwiększenie o określoną wartość” (chociażby nieznaną), tj. trzeba mieć na uwadze nie tylko rodzaj operacji, lecz i parametr operacji. Zgodnie z tym, operacją odwrotną nie może być „zmniejszenie”, lecz „zmniejszenie o taką samą wartość, o jaką przedtem nastąpiło zwiększenie”, czyli po transformacji operacyjnej trzeba zastosować transformację operacyjną odwrotną.

Oczywiście, zamiast poszczególnymi komunikatami można się również posługiwać podzbiorami komunikatów, ale pod warunkiem, że wówczas cały podzbiór uważa się za jeden komunikat, tzn. że jeżeli transformacja prowadzi do takiego podzbioru, to transformacja odwrotna musi prowadzić poza ten podzbiór. Na przykład, jeżeli jednym komunikatem asocjacji jest jednoelementowy podzbiór „prąd nie płynie” (liczba 0 w cyfrowych maszynach matematycznych), a drugim komunikatem jest wieloelementowy podzbiór „prąd płynie” (liczba 1 w cyfrowych maszynach matematycznych), tzn. podzbiór prądów zawierających się w granicach tolerancji, to zwiększenie prądu jest przejściem z pierwszego podzbioru do drugiego, ale następujące po nim zmniejszenie prądu nie-

## ***Transformacja***

koniecznie byłoby powrotem do pierwszego podzbioru. Natomiast niejasności tego rodzaju nie występują przy wspomnianym powyżej posługiwaniu się transformacjami operacyjnymi. Unika się ich również stosując transformację asocjacyjną: komunikatowi „prąd nie płynie” odpowiada komunikat „prąd płynie” oraz transformację asocjacyjną odwrotną: komunikatowi „prąd płynie” odpowiada komunikat „prąd nie płynie”. W obu przypadkach transformacja wypadkowa na pewno jest banalna, czego nie zapewnia stosowanie relacji „zwiększenie” i relacji odwrotnej „zmniejszenie”.

Różnice ujęcia polegają na tym, że w przytoczonych przykładach za jedną relację uważa się to, co nie jest jedną transformacją, lecz grupą różnych bądź nawet sprzecznych ze sobą transformacji, tyle że nazwanych tym samym wyrazem.

Streszczając te uwagi można powiedzieć, że stopień uogólnień w teorii relacji jest tak duży, że nadaje się do analizy zdań (wskutek czego jej praktyczne zastosowanie zależy od języka, w którym zdania są wypowiadane), ale grupowanie różnych transformacji w jedną relację jest tylko sposobem mówienia i dlatego jest nieprzydatne do analizy procesów sterowniczych z uwzględnieniem ich fizycznego charakteru, zwłaszcza że procesy te mogą się odbywać również bez udziału człowieka i niezależnie od tego, czy jakikolwiek język w ogóle istnieje.

Z tego też względu przy określaniu transformacji środkami językowymi należy przestrzegać, żeby użyte w tym celu wyrazy rzeczywiście oznaczały transformacje, a nie grupy różnych transformacji. Jest to wskazane tym bardziej, że tradycyjna struktura językowa zdań kształtowała się nie z punktu widzenia transformacji.

Transformacja nie jest jakimś pojęciem „konkurencyjnym” dla relacji, lecz pewnym szczególnym rodzajem relacji, z jednej strony zapewniającym jednoznaczność interpretacji i uproszczenie procedury formalnej, z drugiej zaś strony uzupełnionym rozróżnieniami nie rozważanymi w teorii relacji a niezbędnymi w rozważanej tu problematyce.

Wymaganie jednoznaczności transformacji, według którego jedna transformacja jednego oryginału daje w wyniku tylko jeden obraz, będzie w tej pracy ściśle przestrzegane, zgodnie z fizyczną naturą procesu sterowniczego.

## ***Transformacja***

Z takiego samego punktu widzenia będą traktowane przykłady liczbowe. A więc np. wyciąganie pierwiastka kwadratowego z liczby 4 jako oryginału daje dwa obrazy, a mianowicie liczbę +2 i liczbę -2, ponieważ występują tu dwie transformacje: „wyciąganie pierwiastka kwadratowego dające wynik dodatni” oraz „wyciąganie pierwiastka kwadratowego dające wynik ujemny”. Taki sposób jest zresztą znany z zastosowań matematyki w fizyce (np. gdy przy rozwiązywaniu równania kwadratowego zastrzega się branie pod uwagę tylko pierwiastków dodatnich).

W dalszych rozdziałach równania transformacji będą zapisywane z opuszczeniem komunikatów pierwotnych, jeżeli są one jednakowe po obu stronach równania. Tak więc np. równanie typu

$$T_4 T_3 T_2 a = T_1 a$$

będzie zapisywane w postaci

$$T_4 T_3 T_2 = T_1$$

przez co należy rozumieć, że jeżeli dowolny komunikat podda się transformacji  $T_2$ , wynik tej transformacji podda transformacji  $T_3$ , a wynik tej transformacji podda transformacji  $T_4$ , to otrzymany wynik będzie taki sam jak wynik transformacji  $T_1$  takiego samego komunikatu.

Zgodnie z tym równanie (4.16) miałoby zapis

$$T_{an} = T_{mn} \dots T_{cd} T_{bc} T_{ab}$$

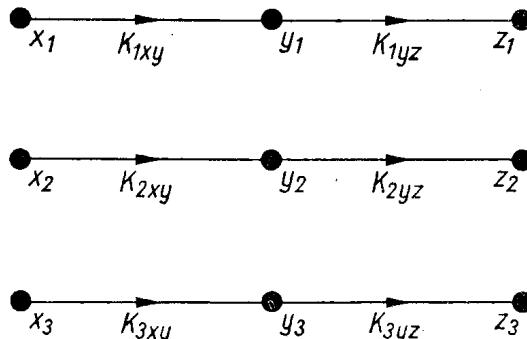
a równanie (4.19)

$$T_{ba} T_{ab} = T^0$$

## 5. KOD

Pojęcia ogólne omówione w rozdz. 4 można zastosować do wzdłużnych zbiorów komunikatów. W związku z tym zostaną wprowadzone następujące terminy.

*Definicja 5.1.* **Asocjacja kodowa** jest to asocjacja komunikatów ze wzdłużnego zbioru komunikatów.



Rys. 5.1. Łańcuchy kodowe w torze sterowniczym

Na przykład, w torze sterowniczym przedstawionym na rys. 5.1 występują asocjacje kodowe:

$$\begin{array}{lll} x_1 - y_1, & y_1 - z_1, & x_1 - z_1 \\ x_2 - y_2, & y_2 - z_2, & x_2 - z_2 \\ x_3 - y_3, & y_3 - z_3, & x_3 - z_3 \end{array}$$

*Definicja 5.2.* **Kod** jest to transformacja jednego komunikatu asocjacji kodowej w drugi komunikat tej asocjacji.

Kody będą oznaczane w sposób omówiony dla transformacji (rozdz. 4) z tym, że zamiast oznaczenia  $T$  będzie stosowane oznaczenie  $K$ .

## **Kod**

Na rysunku 5.1 kody  $K_{1xy}$ ,  $K_{1yz}$  itd.,  $K_{2xy}$ ,  $K_{2yz}$  itd. zaznaczono ponadto za pomocą odcinków skierowanych zaopatrzonych w strzałki.

*Definicja 5.3. **Kod niebanalny*** jest to kod będący transformacją niebanalną.

*Definicja 5.4. **Kod banalny*** jest to kod będący transformacją banalną.

*Definicja 5.5 **Kod tożsamościowy*** jest to kod będący transformacją tożsamościową.

*Definicja 5.6. **Kod równościowy*** jest to kod będący transformacją równościową.

W praktyce kod tożsamościowy występuje, gdy komunikat nadany jest zarazem komunikatem odebranym, jak np. list.

Natomiast kod równościowy występuje, gdy np. zamiast listu oryginalnego zostaje doręczona jego kopia.

*Definicja 5.7. **Kod odwrotny*** do kodu będącego transformacją komunikatu pierwotnego w komunikat wtórny asocjacji kodowej jest to kod będący transformacją, której zastosowanie do komunikatu wtórnego dałoby komunikat pierwotny tej asocjacji.

Na przykład, korzystanie z mapy w terenie polega na kodzie odwrotnym do kodu, na którym polegało sporządzenie mapy dla tego terenu.

Dla zbioru kodów, jakim jest np. słownik francusko-angielski, zbiorem kodów odwrotnych jest słownik angielsko-francuski.

Logarytmowanie jest oparte na kodzie, dla którego kod odwrotny występuje przy szukaniu liczby logarytmowanej.

Z formalnego punktu widzenia jest obojętne, czy komunikat wtórny jako wynik transformacji, jaką jest kod, już istnieje, czy dopiero chodzi o jego otrzymanie. Natomiast w praktyce dogodne bywa nieraz wyodrębnianie samego procesu otrzymywania komunikatu wtórnego, przy czym proces ten określa się nazwą „kodowanie”.

*Definicja 5.8. **Kod operacyjny*** jest to kod będący transformacją operacyjną.

## **Kod**

*Definicja 5.9.* **Kod operacyjny odwrotny** jest to transformacja operacyjna odwrotna do danego kodu operacyjnego.

Rolę kodów operacyjnych można zilustrować występowaniem błędów systematycznych w pomiarach. Uwidacznia to następujący przykład dotyczący pomyarów napięcia elektrycznego:

Wartość napięcia mierzonego	Wpływ błędu pomiarowego	Wskazanie woltomierza
Oryginał	Kod operacyjny	Interkomunikat
9,7 V	+ (+0,3 V)	10,0 V
19,9 V	+ (+0,1 V)	20,0 V
30,1 V	+ (-0,1 V)	30,0 V
40,2 V	+ (-0,2 V)	40,0 V
50,3 V	+ (-0,3 V)	50,0 V

Znając oryginały (wartości napięcia mierzonego) i interkomunikaty (wskazania woltomierza) oraz zakładając rodzaj operacji (dodawanie) można określić parametry operacji (błędy pomiarowe) dla kodów operacyjnych. Zachowując taki sam rodzaj operacji (dodawanie) można znaleźć parametry operacji odwrotne (poprawki) dla kodów operacyjnych odwrotnych. Zastosowanie tego kodu do interkomunikatów (wskazań woltomierza) umożliwia znalezienie obrazów (wyników pomiaru):

Wskazanie woltomierza	Zastosowanie poprawki	Wynik pomiaru
Interkomunikat	Kod operacyjny odwrotny	Obraz
10,0 V	+ (-0,3 V)	9,7 V
20,0 V	+ (-0,1 V)	19,9 V
30,0 V	+ (+0,1 V)	30,1 V
40,0 V	+ (+0,2 V)	40,2 V
50,0 V	+ (+0,3 V)	50,3 V

Jako przykład językowy zastosowania kodów operacyjnych można wskazać skreślenie lub dopisanie końcówki. W kodach operacyjnych tego rodzaju skreślenia i dopisania są rodzajami operacji, końcówki zaś są parametrami operacji.

Na przykład, transformacja francuskiego wyrazu „fin” we włoski wyraz „fine” jest możliwa w postaci kodu operacyjnego: dopisanie e. Do transformacji włoskiego wyrazu „fine” we francuski wyraz „fin” jest potrzebny kod operacyjny polegający na operacji odwrotnej: skreślenie e.

*Definicja 5.10.* **Kod zasadniczy** jest to kod operacyjny jednakowy dla wszystkich asocjacji, których komunikaty pierwotne należą do jed-

## **Kod**

nego zbioru poprzecznego komunikatów, a komunikaty wtórne należą do innego zbioru poprzecznego komunikatów.

*Definicja 5.11.* **Kod zasadniczy odwrotny** jest to transformacja zasadnicza odwrotna do danego kodu zasadniczego.

Jeżeli dla jakiegoś procesu sterowniczego udaje się znaleźć kod zasadniczy, czyli jeżeli zbiór różnych kodów operacyjnych:

$$K_{1xy}x_1 = y_1$$

$$K_{2xy}x_2 = y_2$$

$$K_{3xy}x_3 = y_3$$

...

staje się zbiorem jednakowych kodów operacyjnych:

$$K_{xy}x_1 = y_1$$

$$K_{xy}x_2 = y_2$$

$$K_{xy}x_3 = y_3$$

...

to można to przedstawić w postaci wzoru ogólnego

$$K_{xy}x = y$$

w którym  $K_{xy}$  jest kodem zasadniczym.

Podobnie zbiór jednakowych kodów operacyjnych odwrotnych można przedstawić w postaci wzoru ogólnego

$$K_{yx}y = x$$

w którym  $K_{yx}$  jest kodem zasadniczym odwrotnym.

Tak więc gdyby w omówionym powyżej przykładzie pomiaru napięcia systematyczny błąd pomiarowy był jednakowy dla całego zakresu pomiarowego woltomierza i wynosił np. +0,1 V, wówczas transformacja wartości napięcia mierzonego we wskaźania woltomierza byłaby kodem zasadniczym polegającym na operacji dodawania błędu (+0,1 V). Transformacja wskazań woltomierza w wyniki pomiarów byłaby kodem zasadniczym polegającym na operacji dodawania poprawki (-0,1 V).

*Definicja 5.12.* **Kod asocjacyjny** jest to kod będący transformacją asocjacyjną.

## **Kod**

Jako przykład można wymienić zbiór kodów asocjacyjnych stosowany przy przekazywaniu telegramów za pomocą telegrafu Morse'a

a	•—
b	—...
c	—.—.
d	—..
itd.	

Z powszechnie znanych zbiorów kodów asocjacyjnych można wymienić: tablice fizyczne, w których poszczególnym substancjom odpowiadają ich właściwości fizyczne, np. gęstość, ciepło właściwe itp.; słowniki dwujęzyczne, w których wyrazom jednego języka odpowiadają wyrazy drugiego języka; cenniki, w których poszczególnym towarem lub usługom odpowiadają ich ceny; spisy telefoniczne, w których nazwiskom abonentów odpowiadają numery telefonów itp.

Kodami asocjacyjnymi są także odpowiedniości między osobami a ich imionami i nazwiskami, odpowiedniości między miejscowościami a ich nazwami, między tonami a nutami, lub klawiszami fortepianu itp.

Przydatność kodów asocjacyjnych zależy od ich trwałości. Kody asocjacyjne stają się bezużyteczne, gdy poszczególnym oryginałom przestają odpowiadać obrazy, na których podstawie utworzono te kody.

Dlatego irytują się abonenci centrali telefonicznej, która przed wydaniem nowego spisu telefonicznego pozmieniała numery wielu telefonów, automobiliści, gdy okazało się, że ktoś poprzestawał drogowskazy, agenci wywiadu, gdy nieprzyjaciel zmienił szyfr itp.

Wadą kodów asocjacyjnych jest to, że są one nieprzydatne do przypadków spoza zbioru takich kodów.

Na przykład, na podstawie nawet bardzo obszernego słownika dwujęzycznego nie można przetłumaczyć wyrazu nie figurującego w tym słowniku, nawet z najobszerniejszych tablic fizycznych nie można się niczego dowiedzieć o nie wymienionej w nich substancji itp.

Taką samą jednak wadę mają również kody operacyjne, gdy w zastosowaniu do poszczególnych oryginałów są potrzebne różne operacje.

W przykładzie, dotyczącym poprawek przy pomiarze napięcia, transformacja wskazań woltomierza w wyniku pomiaru stanowi kod operacyjny (w którym operacją jest dodawanie poprawki), ale związek między wskazaniami woltomierza a poprawkami jest zbiorem kodów asocjacyjnych, tzn. wiadomo tylko, którym wskazaniom woltomierza, jakie odpowiadają poprawki:

## ***Kod***

Wskazanie woltomierza Interkomunikat	Poprawka
10,0 V	−0,3 V
20 V	−0,1 V
30,0 V	+0,1 V
40,0 V	+0,2 V
50,0 V	+0,3 V

Równie dobrze można by od razu wykonać operację dodawania poprawek i, jak to się zresztą nierzaz robi, potraktować związek między wskazaniami woltomierza a wynikami pomiaru jako zbiór kodów asocjacyjnych:

Wskazanie woltomierza Interkomunikat	Wynik pomiaru Obraz
10,0 V	9,7 V
20,0 V	19,9 V
30,0 V	30,1 V
40,0 V	40,2 V
50,0 V	50,3 V

Jak widać, zbiór różnych kodów operacyjnych jest pośrednio zbiorem kodów asocjacyjnych, a w konsekwencji może być przedstawiony nawet bezpośrednio jako zbiór kodów asocjacyjnych.

Zbiór kodów operacyjnych ma przewagę nad zbiorem kodów asocjacyjnych dopiero wówczas, gdy wszystkie kody operacyjne są w nim jednakowe, czyli gdy występuje kod zasadniczy. Zalety jego są największe, gdy odnosi się on do wszystkich komunikatów nieskończonego ich zbioru.

Szczególnie użyteczne są kody zasadnicze mające charakter praw fizycznych, ponieważ odnoszą się do wielkich zbiorów komunikatów. Nic dziwnego, że dąży się usilnie do ich wykrywania.

Jedną z takich prób było sformułowanie prawa Ohma, według którego napięcie na krańcach przewodu elektrycznego jest proporcjonalne do prądu płynącego przez ten przewód, przy czym współczynnikiem proporcjonalności jest opór elektryczny. Jeżeli potraktować prąd jako oryginał, a napięcie — jako obraz, to transformacja polegająca na operacji mnożenia prądu przez opór elektryczny odgrywa tu rolę kodu, a sam opór — rolę parametru operacji. Początkowo sądzono, że dla danego materiału przewodzącego opór elektryczny jest stały, co znaczyłoby, że znaleziono kod zasadniczy. Z czasem okazało się, że tak nie jest, zwłaszcza w półprzewodnikach stałych, elektrolitach, łuku elektrycznym itp. Wówczas zaszła potrzeba sporządzania charakterystyk napięciowo-

## **Kod**

-prądowych, co jest równoznaczne z zastosowaniem kodów asocjacyjnych. Obecnie prawo Ohma odgrywa rolę kodu zasadniczego tylko w przybliżeniu i z ograniczeniem głównie do metali.

Gdy kod zasadniczy polega na skomplikowanych operacjach, dogodniejsze może być posługiwanie się zbiorem kodów asocjacyjnych.

Z tego względu stosuje się np. tablice matematyczne potęg, pierwiastków, funkcji trygonometrycznych itp., chociaż są znane operacje, za których pomocą można znaleźć szukane liczby.

Względ na dogodność jest szczególnie wyraźnie widoczny w operacji logarytmowania. W tablicach logarytmicznych (kody asocjacyjne) podaje się mantysy, gdyż ich obliczanie (kod zasadniczy) jest kłopotliwe. Natomiast nie podaje się cech, gdyż ich wyznaczanie jest oparte na bardzo prostym kodzie zasadniczym, a mianowicie — jak wiadomo — cechą jest liczba o 1 mniejsza od liczby cyfr występujących przed przecinkiem w liczbie logarytmowanej.

Im większy jest zbiór kodów asocjacyjnych, tym trudniej jest z niego korzystać, gdyż jakkolwiek znalezienie obrazu dla danego oryginału jest łatwe, to jednak przedtem trzeba znaleźć asocjację tych komunikatorów.

Na przykład, dla wyrazu w jednym języku łatwo odczytać umieszczony obok odpowiednik w innym języku, ale przedtem trzeba znaleźć w słowniku miejsce, w którym znajdują się obydwa te wyrazy, a to jest tym bardziej utrudnione, im większy jest słownik.

Z kart ewidencyjnych łatwo odczytać potrzebne dane, ale przedtem trzeba te karty wyszukać, co jest tym trudniejsze, im większa jest kartoteka.

Ponieważ dla tego rodzaju zbiorów komunikatorów nie istnieją kody zasadnicze, więc jedną możliwością zwiększenia operatywności posługiwanego się kodami asocjacyjnymi jest mechanizacja. Tym się objaśnia rozwój zastosowań maszyn statystycznych, a ostatnio maszyn cyfrowych do korzystania z wielkich zbiorów kodów asocjacyjnych.

Ogólnie można powiedzieć, że im większy jest zbiór kodów asocjacyjnych, tym korzystniej jest zastąpić go kodem zasadniczym, oraz że im bardziej skomplikowany jest kod zasadniczy, tym korzystniej jest zastąpić go zbiorem kodów asocjacyjnych.

Stąd wynika, że najkorzystniejszy jest stan, gdy wielki zbiór kodów asocjacyjnych udaje się zastąpić prostym kodem zasadniczym. Najmniej pożądaną byłaby stan, gdyby skomplikowany kod zasadniczy miał zastąpić zbiór kilku zaledwie kodów asocjacyjnych.

*Definicja 5.13. Łańcuch kodowy* jest to łańcuch transformacyjny wzdłużnego zbioru komunikatorów.

## **Kod**

Na rysunku 5.1 występują łańcuchy kodowe:

$$\text{łańcuch kodowy 1: } x_1 - y_1 - z_1$$

$$\text{łańcuch kodowy 2: } x_2 - y_2 - z_2$$

$$\text{łańcuch kodowy 3: } x_3 - y_3 - z_3$$

Komunikat wtórny  $y_1$  asocjacji kodowej  $x_1 - y_1$  jest zarazem komunikatem pierwotnym asocjacji kodowej  $y_1 - z_1$ , komunikat wtórny  $y_2$  asocjacji kodowej  $x_2 - y_2$  jest zarazem komunikatem pierwotnym asocjacji kodowej  $y_2 - z_2$  itd.

*Definicja 5.14.* **Kod wypadkowy** jest to transformacja wypadkowa kolejnych kodów w łańcuchu kodowym.

Na przykład, jeżeli w łańcuchu kodowym  $x_1 - y_1 - z_1$  (rys. 5.1) występują kody  $x_1 K_{1xy} y_1$ ,  $y_1 K_{1yz} z_1$ , to ich kodem wypadkowym jest

$$x_1 K_{1xy} K_{1yz} z_1$$

lub inaczej

$$K_{1yz} K_{1xy} x_1 = z_1$$

*Twierdzenie 5.1.* W łańcuchu kodowym kod stanowiący transformację pierwszego komunikatu w ostatni komunikat jest kodem wypadkowym kolejnych kodów.

D o w ó d

Jeżeli dla łańcucha kodowego  $x_1 - y_1 - z_1$  są dane kody:

$$K_{1xy} x_1 = y_1 \quad (5.1)$$

$$K_{1yz} y_1 = z_1 \quad (5.2)$$

to postępując podobnie jak w przypadku twierdzenia 4.2 otrzymuje się kod wypadkowy

$$K_{1xz} x_1 = K_{1yz} K_{1xy} x_1 \quad (5.3)$$

Wynik ten można uogólnić na dowolną liczbę komunikatów w łańcuchu kodowym.

W łańcuchu kodowym, na który składają się: oryginał — interkomunikat — obraz, można dojść do obrazu stosując najpierw kod dla aso-

## **Kod**

cjacji kodowej oryginał — interkomunikat, a następnie kod dla asocjacji kodowej interkomunikat — obraz. Jednak zgodnie z twierdzeniem 5.1, stosując kod wypadkowy obu tych kodów można z oryginału otrzymać od razu obraz.

**Twierdzenie 5.2.** Kod wypadkowy dwóch kodów, z których drugi jest odwrotny do pierwszego, jest kodem banalnym.

### **D o w ó d**

Jeżeli jest dana asocjacja kodowa  $x_1 - y_1$ , kod

$$K_{1xy}x_1 = y_1 \quad (5.4)$$

i odwrotny do niego kod

$$K_{1yx}y_1 = x_1 \quad (5.5)$$

to postępując podobnie jak w przypadku twierdzenia 4.3 otrzymuje się

$$K_{1yx}K_{1xy}x_1 = x_1 \quad (5.6)$$

Praktyczne znaczenie twierdzenia 5.2 polega na tym, że jeżeli za pomocą pewnego kodu otrzymuje się z oryginału różniący się od niego interkomunikat, to stosując kod odwrotny można z tego interkomunikatu otrzymać obraz nie różniący się od oryginału.

Na przykład, przy kopiowaniu filmu pozytywów (oryginał) transformuje się w negatyw (interkomunikat), z którego transformacja odwrotna umożliwia otrzymanie następnego pozytywu (obrazu).

W komunikacji telefonicznej występują kody w postaci transformacji dźwięków mowy w prądy elektryczne w mikrofonie abonenta mówiącego, oraz kody odwrotne w postaci transformacji prądów elektrycznych w dźwięki mowy w słuchawce abonenta słuchającego.

W służbie wywiadowczej nadawca transformuje oryginały w postaci pisma zwykłego w interkomunikaty (kryptogram) za pomocą kodów nie znanych osobom postronnym (szyfrowanie), a następnie interkomunikaty te są transformowane przez odbiorcę za pomocą kodów odwrotnych (deszyfrowanie), w wyniku czego powstają obrazy w postaci pisma zwykłego, nie różniące się od oryginałów. Nie wtajemniczony, który chciał zdeszyfrować kryptogram, musiałby przedtem wykryć zastosowany kod (szyfr).

Nie należy sądzić, że gdyby wprowadzić wiele zbiorów interkomunikatów, tj. dobrać pewien kod do przejścia ze zbioru oryginałów do pierwszego zbioru interkomunikatów, następnie inny kod do przejścia z pierwszego zbioru interkomunikatów do dru-

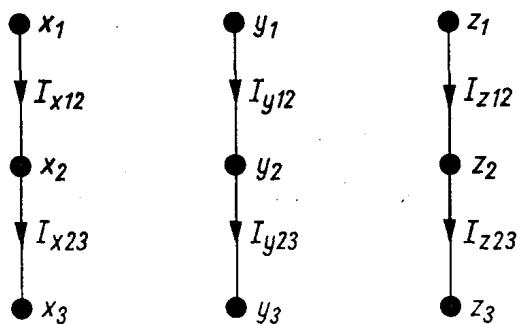
## ***Kod***

giego zbioru interkomunikatów itd., wówczas nie wtajemniczonemu trudniej byłoby wykryć taki zespół wielu kolejnych kodów niż tylko jeden kod. Tymczasem gdyby nawet użyć zespołu kilkudziesięciu kolejnych kodów, dla deszyfrującego będzie to zawsze tylko jeden kod, a mianowicie kod wypadkowy, transformujący zbiór oryginałów w ostatni zbiór interkomunikatów, wobec czego zadanie sprowadza się do znalezienia kodu odwrotnego do tego kodu wypadkowego, aby od ostatniego zbioru interkomunikatów przejść do zbioru obrazów.

## 6. INFORMACJA

Pojęcia ogólne z rozdz. 4 można również zastosować do poprzecznych zbiorów komunikatów. W związku z tym zostaną wprowadzone następujące terminy.

*Definicja 6.1. Asocjacja informacyjna* jest to asocjacja komunikatów z poprzecznego zbioru komunikatów.



Rys. 6.1. Łańcuchy informacyjne w torze sterowniczym

Na przykład, w torze sterowniczym przedstawionym na rys. 6.1 występują asocjacje informacyjne:

$$\begin{array}{lll} x_1 - x_2, & x_2 - x_3, & x_1 - x_3 \\ y_1 - y_2, & y_2 - y_3, & y_1 - y_3 \\ z_1 - z_2, & z_2 - z_3, & z_1 - z_3 \end{array}$$

*Definicja 6.2. Informacja* jest to transformacja jednego komunikatu asocjacji informacyjnej w drugi komunikat tej asocjacji.

## ***Informacja***

Informacje będą oznaczane w sposób omówiony dla transformacji (rozdz. 4) z tym, że zamiast oznaczenia  $T$  będzie stosowane oznaczenie  $I$ .

Na rysunku 6.1 informacje  $I_{x12}$ ,  $I_{x23}$  itd.,  $I_{y12}$ ,  $I_{y23}$  itd. zaznaczono ponadto za pomocą odcinków skierowanych zaopatrzonych w strzałki.

Informacja charakteryzuje asocjację informacyjną jako transformację, jakiej należałoby poddać jeden komunikat, aby otrzymać drugi komunikat tej asocjacji. W tym sensie można mówić, że asocjacja informacyjna zawiera informację.

**Definicja 6.3. *Informacja niebanalna*** jest to informacja będąca transformacją niebanalną.

**Definicja 6.4. *Informacja banalna*** jest to informacja będąca transformacją banalną.

**Definicja 6.5. *Informacja tożsamościowa*** jest to informacja będąca transformacją tożsamościową.

**Definicja 6.6. *Informacja równościowa*** jest to informacja będąca transformacją równościową.

Każdy stan może ulec zmianie, a wówczas stan pierwotny i stan zmieniony tworzą asocjację zawierającą informację niebanalną, lub też może pozostać nie zmieniony, a wówczas stan pierwotny i nie różniący się od niego stan późniejszy tworzą asocjację zawierającą informację banalną. Ogólnie mówiąc, informacja banalna występuje w asocjacji komunikatów nieroóżnialnych.

W konkretnych przypadkach użytkowe może być stwierdzenie, czy przyczyną nieroóżnialności jest tożsamość, czy jednakowość komunikatów, np. czy dwóch kolejno widzianych przedmiotów nie można odróżnić dlatego, że są do siebie bardzo podobne (informacja równościowa), czy też dlatego, że w obu przypadkach był to jeden i ten sam przedmiot (informacja tożsamościowa).

**Definicja 6.7. *Informacja odwrotna*** do informacji będącej transformacją komunikatu pierwotnego w komunikat wtórny asocjacji informacyjnej jest to informacja będąca transformacją, której zastosowanie do komunikatu wtórnego dałoby komunikat pierwotny tej asocjacji.

**Definicja 6.8. *Łańcuch informacyjny*** jest to łańcuch komunikatów poprzecznego zbioru komunikatów.

## *Informacja*

Na rysunku 6.1 występują łańcuchy informacyjne:

$$\begin{array}{ll} \text{łańcuch informacyjny } x: & x_1 - x_2 - x_3 \\ \text{łańcuch informacyjny } y: & y_1 - y_2 - y_3 \\ \text{łańcuch informacyjny } z: & z_1 - z_2 - z_3 \end{array}$$

Komunikat wtórny  $x_2$  asocjacji informacyjnej  $x_1 - x_2$  jest zarazem komunikatem pierwotnym asocjacji informacyjnej  $x_2 - x_3$ . Komunikat wtórny  $x_3$  asocjacji informacyjnej  $x_2 - x_3$  byłby zarazem komunikatem pierwotnym asocjacji informacyjnej  $x_3 - x_4$  itd.

Odpowiednio do tego, w którym miejscu toru sterowniczego występuje łańcuch informacyjny, można rozróżnić: łańcuch oryginałów, łańcuch interkomunikatów, łańcuch obrazów.

Kolejność komunikatów w łańcuchu informacyjnym jest arbitralna. Jedynie względ na dogodność przemawia za stosowaniem pewnych utartych sposobów uporządkowania, np. w miarę upływu czasu, w kierunku ruchu itp.

Na przykład, przy pomiarze temperatury za łańcuch oryginałów można uważać wartości temperatury w kolejnych chwilach, a za łańcuch obrazów kolejne wskazania termometru.

Przy rozpatrywaniu obrazów na ekranie telewizyjnym za łańcuch informacyjny najdogodniej byłoby uważać stany punktów mozaiki w kolejności omiatania ich przez promień elektronowy w poszczególnych liniach. Oczywiście, jest również możliwa jakakolwiek inną kolejność, nie podykutowana takimi względami fizycznymi.

Przy rozpatrywaniu obrazu malarskiego, fotogramu, mapy itp. nie ma powodu do dawania pierwszeństwa jakiemuś sposobowi uporządkowania przed innym.

Istotne jest tylko to, żeby przy obraniu pewnej kolejności komunikatów dla łańcucha informacyjnego w pewnym poprzecznym zbiorze komunikatów utrzymywać taką samą kolejność komunikatów dla łańcucha informacyjnego w innym poprzecznym zbiorze komunikatów tego samego toru sterowniczego.

Na przykład, rozpatrując łańcuch komunikatów, za które uważa się np. odległości między miastami Warszawa — Paryż — Londyn — Sztokholm, należy na mapie brać pod uwagę łańcuch odległości między punktami odpowiadającymi tym miastom.

Dla gry na fortepianie można rozpatrywać pewne łańcuchy informacyjne utworzone z nut granego utworu muzycznego, ale wówczas taką samą kolejność należy zachować przy rozpatrywaniu łańcuchów informacyjnych utworzonych z uderzanych klawiszów oraz łańcuchów informacyjnych utworzonych z wytwarzanych przy tym tonów.

## **Informacja**

Kolejność komunikatów w łańcuchu informacyjnym jest tym samym co kolejność łańcuchów kodowych, do których te komunikaty należą.

**Definicja 6.9. Informacja wypadkowa** jest to transformacja wypadkowa kolejnych informacji w łańcuchu informacyjnym.

Na przykład, jeżeli w łańcuchu informacyjnym  $x_1 - x_2 - x_3$  (rys. 6.1) występują informacje  $x_1 I_{x12} x_2$ ,  $x_2 I_{x23} x_3$ , to ich informacją wypadkową będzie

$$x_1 I_{x12} I_{x23} x_3$$

lub inaczej

$$I_{x23} I_{x12} x_1 = x_3$$

**Twierdzenie 6.1.** W łańcuchu informacyjnym informacja stanowiąca transformację pierwszego komunikatu w ostatni komunikat jest informacją wypadkową kolejnych informacji.

### **D o w ó d**

Jeżeli dla łańcucha informacyjnego  $x_1 - x_2 - x_3$  są dane informacje:

$$I_{x12} x_1 = x_2 \quad (6.1)$$

$$I_{x23} x_2 = x_3 \quad (6.2)$$

to postępując podobnie jak w przypadku twierdzenia 4.2 otrzymuje się informację wypadkową

$$I_{x13} x_1 = I_{x23} I_{x12} x_1 \quad (6.3)$$

Wynik ten można uogólnić na dowolną liczbę komunikatów w łańcuchu informacyjnym.

Z praktycznego punktu widzenia istotne w tym twierdzeniu jest to, że przy poszukiwaniu informacji zawartych w zbiorze komunikatów niektóre informacje można otrzymać z pozostałych informacji jako ich informacje wypadkowe.

Na przykład, jeżeli dla trzech różnych ciał stwierdzono za pomocą pomiarów, że temperatura drugiego ciała jest wyższa o  $30^{\circ}\text{C}$  niż temperatura pierwszego ciała, a tem-

## ***Informacja***

peratura trzeciego ciała jest wyższa o  $50^{\circ}\text{C}$  od temperatury drugiego ciała, to bez dalszych pomiarów wiadomo, że temperatura trzeciego ciała jest wyższa o  $80^{\circ}\text{C}$  od temperatury pierwszego ciała.

***Twierdzenie 6.2.*** Informacja wypadkowa dwóch informacji, z których druga jest odwrotna do pierwszej, jest informacją banalną.

### **D o w ó d**

Jeżeli jest dana asocjacja  $x_1 - x_2$ , informacja

$$I_{x_1 x_2} = x_2 \quad (6.4)$$

i odwrotna do niej informacja

$$I_{x_2 x_1} = x_1 \quad (6.5)$$

to postępując podobnie jak w przypadku twierdzenia 4.3 otrzymuje się

$$I_{x_2 x_1} I_{x_1 x_2} = x_1 \quad (6.6)$$

Praktyczne znaczenie twierdzenia 6.2 polega na tym, że jeżeli po pewnej zmianie nastąpi zmiana odwrotna, to otrzymany stan jest nieodróżnialny od stanu pierwotnego, co uniemożliwia uzyskanie informacji o zaszych zdarzeniach.

Dlatego np. doświadczony przestępca stara się zatrzeć ślady z przedmiotów, których dotyczyły na miejscu przestępstwa.

Nieodwracalność procesów fizycznych może być jednak niepożądana w przypadkach, gdy chodzi właśnie o uzyskanie informacji banalnych.

Na przykład, w próbach wytrzymałości materiałów, zwłaszcza w tzw. próbach niszczących, niemożność uzyskania pierwotnego stanu po próbie wywołuje konieczność przeznaczenia osobnych próbek dla każdego pomiaru.

***Definicja 6.10. Informacja operacyjna*** jest to informacja będąca transformacją operacyjną.

***Definicja 6.11. Informacja operacyjna odwrotna*** jest to transformacja operacyjna odwrotna do danej informacji operacyjnej.

## **Informacja**

Na przykład, w pomiarach przeważnie korzysta się z informacji operacyjnych, w których rodzajem operacji jest mnożenie, a parametrem operacji jest liczba wskazująca, ile razy wartość wielkości mierzonej jest większa od jednostki miary tej wielkości. Występuje tu asocjacja informacyjna, w której jednostka miary jest komunikatem pierwotnym, a wartość wielkości mierzonej jest komunikatem wtórnym. Tak np. jeżeli w wyniku ważenia jakiegoś ciała stwierdzono, że jego masa wynosi 5 kg, to jest to informacja operacyjna  $5x_1 = x_2$ , przy czym komunikat pierwotny  $x_1 = 1$  kg jest jednostką masy, a komunikat wtórny  $x_2 = 5$  kg jest zmierzoną masą ciała.

W informacji operacyjnej odwrotnej do informacji powyższego rodzaju rodzajem operacji jest mnożenie, a parametrem operacji jest liczba wskazująca, ile razy jednostka miary wielkości mierzonej jest mniejsza od innej wartości tej wielkości. Informacją tego rodzaju była np. definicja metra jako  $1/40\ 000\ 000$  długości południkowego obwodu ziemi.

Stwierdzenie, że Sztokholm leży o 1300 km na północ od Budapesztu, jest informacją operacyjną, w której rodzajem operacji jest dodawanie, parametrem operacji jest odległość 1300 km, komunikatem pierwotnym jest odległość Budapesztu od punktu odniesienia leżącego na kierunku południe-północ, a komunikatem wtórnym jest odległość Sztokholmu od tego punktu odniesienia. Informację operacyjną odwrotną jest stwierdzenie, że Budapeszt leży o 1300 km na południe od Sztokholmu.

Informacjami operacyjnymi są również zmiany wyrazów przy deklinacjach, koniugacjach itp. Na przykład, przejście od liczby pojedynczej „most” do liczby mnogiej „mosty” jest informacją operacyjną, w której operacją jest dopisanie, a parametrem operacji jest litera „y”. Przejście od liczby mnogiej „mosty” do liczby pojedynczej „most” jest informacją operacyjną odwrotną, w której operacją jest skreślenie, a parametrem operacji jest litera „y”. Podobnego rodzaju operacje bywają podawane w słownikach.

Przy wyrażaniu informacji środkami językowymi nie zawsze są wyodrębnione cztery podstawowe elementy każdej transformacji: komunikat pierwotny, rodzaj operacji, parametr operacji, komunikat wtórny, gdyż w kształtowaniu struktury różnych języków nie brano takiego rozróżnienia pod uwagę.

Na przykład, mogło by się wydawać, że w zdaniu „Jan zachorował” występuje tylko komunikat pierwotny i rodzaj operacji, ale w istocie chodzi tu o zdanie „Jan zdrowy stał się Janem chorym”, gdzie są widoczne obydwa komunikaty asocjacji informacyjnej. Co się tyczy parametru operacji, to tkwi on w formie dokonanej „zachorował”, co znaczy, że proces pogarszania się zdrowia osiągnął stopień, jaki uważa się już za chorobę.

Podobnie zdanie „zagotowano wodę” zawiera informację opartą na następujących elementach: woda o temperaturze poniżej temperatury wrzenia (komunikat pierwotny), nagrzewanie (rodzaj operacji) do temperatury wrzenia (parametr operacji), woda o temperaturze wrzenia (komunikat wtórny).

Nawet jednowyrazowe zdanie „świta” zawiera informację operacyjną opartą na wszystkich czterech elementach transformacji — chodzi w nim przecież o to, że względne położenie słońca poniżej widnokrągu staje się względnym położeniem słońca powyżej widnokrągu.

## **Informacja**

**Definicja 6.12.** *Informacja zasadnicza* jest to informacja operacyjna jednakowa dla wszystkich kolejnych asocjacji łańcucha informacyjnego.

**Definicja 6.13.** *Informacja zasadnicza odwrotna* jest to transformacja zasadnicza odwrotna do danej informacji zasadniczej.

Gdy dla jakiegoś łańcucha informacyjnego udaje się znaleźć informację zasadniczą, czyli gdy zbiór różnych informacji operacyjnych:

$$I_{x1}x_1 = x_2$$

$$I_{x2}x_2 = x_3$$

$$I_{x3}x_3 = x_4$$

...

staje się zbiorem jednakowych informacji operacyjnych:

$$I_x x_1 = x_2$$

$$I_x x_2 = x_3$$

$$I_x x_3 = x_4$$

...

wówczas można to przedstawić w postaci wzoru rekurencyjnego

$$I_x x_n = x_{n+1}$$

w którym  $I_x$  jest informacją zasadniczą.

W podobny sposób można przedstawić zbiór informacji operacyjnych odwrotnych, co jednak nie ma praktycznego znaczenia wobec arbitralności numeracji komunikatów w poprzecznych zbiorach komunikatów.

Na przykład, postęp arytmetyczny jest zbiorem komunikatów o informacji zasadniczej

$$x_n + d + x_{n+1}$$

w której rodzajem operacji jest dodawanie, a parametrem operacji jest różnica postępu  $d$ .

Postęp geometryczny jest zbiorem komunikatów o informacji zasadniczej

$$qx_n = x_{n+1}$$

w której rodzajem operacji jest mnożenie, a parametrem operacji jest iloraz postępu  $q$ .

Informacja zawarta w asocjacji informacyjnej utworzonej z pierwszego komunikatu  $x_1$  i dowolnego komunikatu  $x_n$  jest informacją wypadkową  $n-1$  kolejnych informacji zasadniczych  $I_x$

$$I_x^{n-1}x_1 = x_n$$

## *Informacja*

Do wyrażenia informacji zasadniczej najczęściej stosuje się taki właśnie wzór.

Dla postępu arytmetycznego ma on postać

$$x_1 + (n-1)d = x_n$$

dla postępu geometrycznego zaś

$$q^{n-1}x_1 = x_n$$

Użyteczność informacji zasadniczych polega na tym, że dzięki nim można znaleźć dowolny komunikat ze zbioru, do którego dana informacja zasadnicza się odnosi, znając choćby jeden komunikat z tego zbioru komunikatów.

W odróżnieniu od rozważań z zakresu matematyki, gdzie zbiory tworzy się według z góry założonej informacji zasadniczej, w rozważaniach nad zjawiskami rzeczywistymi trzeba informację zasadniczą najpierw znaleźć. Jak już o tym była mowa w rozdz. 4 w związku z transformacjami operacyjnymi, trzeba w tym celu znaleźć rodzaje i parametry wszystkich operacji, na których szukana informacja zasadnicza polega. W najlepszym razie, gdy informacja zasadnicza jest transformacją jednooperacyjną, trzeba znaleźć dwa elementy, tj. rodzaj operacji i parametr operacji. Poszukiwanie informacji zasadniczej polega na tym, że najpierw zakłada się pewien rodzaj operacji, po czym określa się parametr operacji na podstawie którejkolwiek asocjacji kolejnych komunikatów w łańcuchu informacyjnym i sprawdza się go w pozostałych asocjacjach. Jeżeli sprawdzanie parametru operacji nie potwierdza założenia, trzeba założyć inny rodzaj operacji, powtarzając tę procedurę aż do znalezienia takiego rodzaju operacji i takiego parametru operacji, przy których tak określona informacja zasadnicza potwierdzi się we wszystkich asocjacjach kolejnych komunikatów łańcucha informacyjnego.

Szukanie informacji zasadniczej może się okazać mozolne, gdy nie udaje się jej znaleźć przez wypróbowanie najprostszych transformacji. Wówczas trzeba brać również pod uwagę transformacje o większej liczbie operacji. Przy  $n$  operacjach trzeba zakładać  $n$  rodzajów operacji oraz  $n-1$  parametrów operacji i na tej podstawie sprawdzać pozostały parametr.

W bardzo krótkich łańcuchach informacyjnych, np. utworzonych tylko z dwóch asocjacji, może istnieć wiele informacji zasadniczych. Ze wzrostem liczby asocjacji w łańcuchu informacyjnym liczba informacji zasadniczych maleje. Przy dostatecznie dużej liczbie asocjacji może się

## ***Informacja***

okazać, że istnieje tylko jedna informacja zasadnicza, a nawet że nie można znaleźć ani jednej.

Można to zilustrować następującym przykładem. Dla łańcucha informacyjnego:

$$x_1 = 1$$

$$x_2 = 2$$

$$x_3 = 3$$

jako informacja zasadnicza narzuca się informacja operacyjna

$$x_n + 1 = x_{n+1}$$

ale oprócz niej występują również inne informacje zasadnicze, np.:

$$(x_n - 1)^2 + 2 = x_{n+1}$$

$$(x_n - 2)^3 + 3 = x_{n+1}$$

Gdyby to był łańcuch informacyjny:

$$x_1 = 1$$

$$x_2 = 2$$

$$x_3 = 3$$

$$x_4 = 4$$

wówczas jeszcze wchodziłyby w grę dwie informacje zasadnicze:

$$x_n + 1 = x_{n+1}$$

$$(x_n - 2)^3 + 3 = x_{n+1}$$

Dopiero w łańcuchu informacyjnym:

$$x_1 = 1$$

$$x_2 = 2$$

$$x_3 = 3$$

$$x_4 = 4$$

$$x_5 = 5$$

pozostaje (spośród wymienionych powyżej) tylko jedna informacja zasadnicza

$$x_n + 1 = x_{n+1}$$

Nie przestałaby ona być informacją zasadniczą przy przedłużaniu łańcucha o komunikaty  $x_6 = 6$ ,  $x_7 = 7$ ,  $x_8 = 8$  itd., co jest zrozumiałe,

## ***Informacja***

ponieważ tworzenie dalszych komunikatów przez dodawanie 1 opiera się na zasadzie wyrażonej tą informacją zasadniczą.

Szukanie informacji zasadniczych w zjawiskach fizycznych jest utrudnione, gdyż dane fizyczne pochodzą z pomiarów, które przecież są zawsze obarczone błędami pomiarowymi. Wskutek tego może powstawać wątpliwość, czy rozbieżności ujawniające się przy sprawdzaniu parametrów operacji są spowodowane nietrafnymi założeniami w poszukiwaniu informacji zasadniczej, czy tylko błędami pomiarowymi.

Posługiwanie się informacjami zasadniczymi jest jednak tak dogodne, że dąży się do ich znalezienia chociażby w małych podzbiorach większych zbiorów komunikatów, a nawet daje się nierzaz pierwszeństwo informacjom przybliżonym, byleby miały charakter informacji zasadniczych. Na przykład, dla grupy punktów pomiarowych w pewnym zakresie dobiera się wzór aproksymacyjny, chociaż jest widoczne, że poza tym zakresem jego zastosowanie w żadnym razie nie mogłoby wchodzić w grę, a kiedy nawet i takiego wzoru nie udaje się utworzyć, dąży się przynajmniej do wypośrodkowywania krzywych na wykresach tak, żeby miały ciągły, mniej więcej sensowny charakter. Przejawem tych dążeń jest także traktowanie danych statystycznych z punktu widzenia prawdopodobieństwa.

Jako przykład informacji zasadniczej w odniesieniu do struktury komunikatów liczbowych można wskazać informację operacyjną „dopisanie zera” przy mnożeniu przez 10 w dziesiętnym układzie liczbowym. Na podstawie tej informacji można utworzyć np. łańcuch komunikatów: 1, 10, 100, 1000 itd. Podobne informacje zasadnicze występują przy mnożeniu przez 100, przez 1000 itd. Reguły przesuwania przecinka w ułamkach dziesiętnych również należą do tego rodzaju informacji zasadniczych.

Natomiast w odniesieniu do struktury wyrazów informacje zasadnicze mają znikome zastosowanie. Jednym z nielicznych przykładów jest tu informacja „dopisanie przedrostka pra-” na początku wyrazów np.: wnuk, prawnuk, praprawnuk itd., a z nowszych wyrazów: informacja, metainformacja, meta-metainformacja itd.

***Definicja 6.14. Informacja asocjacyjna*** jest to informacja będąca transformacją asocjacyjną.

W asocjacji informacyjnej  $x_1 - x_2$  występuje informacja asocjacyjna:

komunikatowi  $x_1$  odpowiada komunikat  $x_2$   
oraz informacja asocjacyjna odwrotna do niej:

komunikatowi  $x_2$  odpowiada komunikat  $x_1$ .

## ***Informacja***

W praktyce zastosowanie informacji asocjacyjnych jest najbardziej użyteczne, gdy łańcuch informacyjny składa się tylko z jednej asocjacji informacyjnej, gdyż zapewnia to tym informacjom jednoznaczność.

Na przykład, przy posługiwaniu się tablicą kwadratów

Oryginał	Obraz
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
itd.	

wystarczy powiedzieć, że z kolumny kwadratów należy wziąć liczbę (obraz) odpowiadającą (kod asocjacyjny) liczbie 2 (oryginał). Może nią być tylko liczba 4. Natomiast nie wystarczy powiedzieć, że z kolumny liczb w pierwszej potędze należy wziąć liczbę (oryginał) odpowiadającą (informacja asocjacyjna) liczbie 2 (oryginał), gdyż liczb w tej kolumnie jest wiele.

Podobnie przy korzystaniu ze słownika dwujęzycznego, np. francusko-angielskiego wystarczy wskazać, że chodzi o angielski odpowiednik francuskiego wyrazu „jour”, aby się z tego słownika dowiedzieć, że jest to wyraz „day”. Natomiast wskazanie, że chodzi o taki wyraz francuski, który odpowiada francuskiemu wyrazowi „jour”, nie pozwala stwierdzić, który to wyraz, gdyż słownik ten zawiera mnóstwo francuskich wyrazów.

Trudność ta nie występuje, gdy zbiór oryginałów (podobnie zbiór interkomunikatów lub zbiór obrazów) składa się tylko z dwóch komunikatów. Gdy z pary komunikatów  $x_1, x_2$  jest dany komunikat  $x_1$  oraz informacja asocjacyjna, według której ma być znaleziony komunikat odpowiadający komunikatowi  $x_1$ , wówczas może nim być tylko komunikat  $x_2$ .

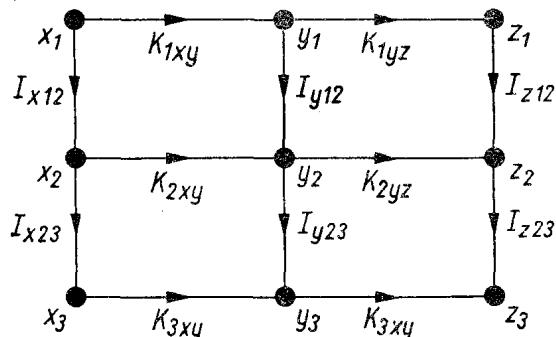
Na przykład, nie powstają wątpliwości, że odpowiednik reszki to orzeł, że odpowiednik liczby parzystej to liczba nieparzysta, że odpowiednik „tak” to „nie”, itp.

Tym też można objąść pojawienie się pojęcia jednostki ilości informacji „bit” na tle dzielenia liczby zdarzeń na połowy, dzielenia wybranej połowy znów na połowy itd. Przy każdym takim podziale wchodzi w grę tylko jedna asocjacja, dzięki czemu wystarczają informacje asocjacyjne, bez konieczności posługiwania się informacjami operacyjnymi.

## 7. INFORMOWANIE

Rozważania w rozdziałach 5 i 6 uwidoczniają, że komunikaty występujące w procesie sterowniczym mogą być ujmowane dwojako: jako zbiory łańcuchów kodowych i jako zbiory łańcuchów informacyjnych (rys. 7.1).

Jest godne uwagi, że jeżeli chodzi o same transformacje, to nie ma istotnej różnicy między kodami a informacjami. W tym samym zbiorze



Rys. 7.1. Łańcuchy kodowe i łańcuchy informacyjne w torze sterowniczym

komunikatów można by się równie dobrze dopatrzyć transformowania jednego łańcucha informacyjnego w drugi, drugiego w trzeci itd., jak i transformowania jednego łańcucha kodowego w drugi, drugiego w trzeci itd.

Dwoistość takiego traktowania znika jednak, gdy wziąć pod uwagę, że komunikaty występują w określonym torze sterowniczym. Okoliczność ta wprowadza jedyne, ale istotne rozróżnienie: transformacje wzdłuż toru sterowniczego (kody) oraz transformacje w poprzek toru sterowniczego (informacje).

## ***Informowanie***

Oddziaływanie w procesie sterowniczym, jako skierowane od źródła oddziaływania do odbiornika oddziaływania, czyli wzduż toru sterowniczego, jest transformowaniem łańcuchów informacyjnych, a mianowicie łańcucha oryginałów w kolejne łańcuchy interkomunikatów aż do łańcucha obrazów, przy czym poszczególne oryginały oraz otrzymane z nich interkomunikaty i obrazy tworzą łańcuchy kodowe.

Transformowanie łańcuchów informacyjnych jest zarazem transformowaniem zawartych w nich informacji: informacje zawarte w łańcuchach oryginałów są transformowane w informacje zawarte w kolejnych łańcuchach interkomunikatów a w końcu w informacje zawarte w łańcuchu obrazów. Na tej podstawie można sformułować następującą definicję.

*Definicja 7.1. **Informowanie** jest to transformowanie informacji zawartych w łańcuchu oryginałów w informacje zawarte w łańcuchu obrazów.*

Na przykład, informowaniem jest transformowanie zmian wielkości mierzonej w zmiany położenia wskazówki miernika, transformowanie rozmieszczenia miejscowości w terenie w rozmieszczenie punktów na mapie tego terenu itp.

Łatwo zauważyc, że zbiór komunikatów w torze sterowniczym musi składać się co najmniej z 4 komunikatów, a mianowicie z 2 oryginałów i 2 obrazów. Występuje wówczas informowanie w najprostszej postaci, polegające na transformowaniu informacji zawartej w asocjacji oryginałów w informację zawartą w asocjacji obrazów.

Aby zapewnić rozważaniom dostateczną ogólność, będziemy, oprócz oryginałów i obrazów, uwzględniać także interkomunikaty.

Związek między informacją zawartą w asocjacji obrazów a informacją zawartą w asocjacji oryginałów (rys. 7.2) daje się określić na podstawie twierdzenia 7.1.

**Twierdzenie 7.1.** Informacja zawarta w asocjacji obrazów jest transformacją wypadkową trzech transformacji: 1) kodu odwrotnego do kodu stanowiącego transformację oryginału pierwotnego w obraz pierwotny, 2) informacji zawartej w asocjacji oryginałów, 3) kodu stanowiącego transformację oryginału wtórnego w obraz wtórnny.

## Informowanie

### D o w ó d

Są dane (rys. 7.2): asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$ , asocjacja interkomunikatów  $y_1, y_2$ , asocjacja obrazów  $z_1, z_2$  oraz kody:

$$K_{1xy}x_1 = y_1 \quad (7.1)$$

$$K_{2xy}x_2 = y_2 \quad (7.2)$$

$$K_{1yz}y_1 = z_1 \quad (7.3)$$

$$K_{2yz}y_2 = z_2 \quad (7.4)$$

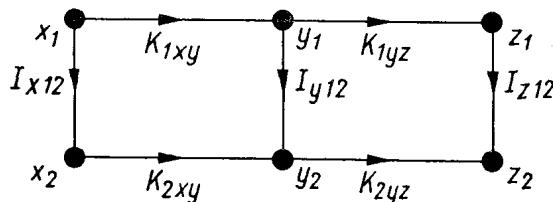
i informacja

$$I_{x12}x_1 = x_2 \quad (7.5)$$

Są szukane informacje:

$$I_{y12}y_1 = y_2 \quad (7.6)$$

$$I_{z12}z_1 = z_2 \quad (7.7)$$



*Rys. 7.2.* Informowanie w przypadku ogólnym

Z twierdzenia 4.2 wynika, że transformacja interkomunikatu  $y_1$  w interkomunikat  $y_2$  jest transformacją wypadkową kodu  $K_{1yx}$  odwrotnego do kodu  $K_{1xy}$ , informacji  $I_{x12}$  i kodu  $K_{2xy}$

$$K_{2xy}I_{x12}K_{1yx}y_1 = y_2 \quad (7.8)$$

Z porównania (7.6) i (7.8) wynika

$$I_{y12} = K_{2xy}I_{x12}K_{1yx} \quad (7.9)$$

Ponadto z twierdzenia 4.2 wynika, że transformacja obrazu  $z_1$  w obraz  $z_2$  jest transformacją wypadkową kodu  $K_{1zy}$  odwrotnego do kodu  $K_{1yz}$ , informacji  $I_{y12}$  i kodu  $K_{2yz}$

$$K_{2yz}I_{y12}K_{1zy}z_1 = z_2 \quad (7.10)$$

Z porównania (7.7) i (7.10) wynika

$$I_{z12} = K_{2yz}I_{y12}K_{1zy} \quad (7.11)$$

## ***Informowanie***

I wreszcie z twierdzenia 4.2 wynika, że transformacja obrazu  $z_1$  w obraz  $z_2$  jest transformacją wypadkową kodu  $K_{1zy}$  odwrotnego do kodu  $K_{1yz}$ , kodu  $K_{1yx}$  odwrotnego do kodu  $K_{1xy}$ , informacji  $I_{x12}$ , kodu  $K_{2xy}$  i kodu  $K_{2yz}$

$$K_{2yz}K_{2xy}I_{x12}K_{1yx}K_{1zy}z_1 = z_2 \quad (7.12)$$

Z porównania (7.7) i (7.12) wynika

$$I_{z12} = K_{2yz}K_{2xy}I_{x12}K_{1yx}K_{1zy} \quad (7.13)$$

Wynik ten można uogólnić na dowolną liczbę asocjacji w łańcuchach kodowych.

Jeżeli asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  występuje na wyjściu systemu sterowanego, a asocjacja obrazów  $z_1, z_2$  występuje na wejściu systemu sterującego, to zachowanie się systemu sterującego będzie zależne od informacji  $I_{z12}$ , a nie od informacji  $I_{x12}$  niedostępnej dla tego systemu z powodu obecności toru sterowniczego, przy czym informacje  $I_{z12}$  i informacja  $I_{x12}$  mogą być jednakowe (zgodność informacji) lub różne (niezgodność informacji).

Jak wynika z (7.13), uzyskanie zgodności informacji zależy od doboru kodów.

W dotychczasowych rozważaniach łańcuchy kodowe były przedstawiane jako oddzielne, tzn. w żadnym miejscu toru sterowniczego nie rozgałęziały się ani nie łączyły się ze sobą, oraz jako zupełne, tzn. przebiegały od oryginałów do obrazów.

Oprócz tego są możliwe przypadki, w których łańcuchy kodowe są nieoddzielne (rozdz. 9), oraz przypadki, w których łańcuchy kodowe są niezupełne (rozdz. 10). W przypadkach tych występuje przybywanie bądź ubywanie informacji, co można ująć ogólnie w następujących definicjach.

**Definicja 7.2. *Informowanie symulacyjne*** jest to informowanie, w którym zbiór obrazów zawiera więcej informacji niebanalnych niż zbiór oryginałów.

**Definicja 7.3. *Informowanie dysymulacyjne*** jest to informowanie, w którym zbiór obrazów zawiera mniej informacji niebanalnych niż zbiór oryginałów.

## ***Informowanie***

***Definicja 7.4. Informowanie konfuzyjne*** jest to informowanie utworzone z informowania symulacyjnego i informowania dysymulacyjnego.

Na zakończenie rozważań ogólnych nad informowaniem warto przypomnieć rozróżnienie między procesami energomaterialnymi a procesami strukturalnymi. Jeśli posłużymy się terminami wprowadzonymi w poprzednich rozdziałach, to z energomaterialnego punktu widzenia proces sterowniczy polega na transformacjach oryginałów w obrazy, ze strukturalnego natomiast punktu widzenia proces sterowniczy polega na transformacjach transformacji oryginałów w transformacje obrazów.

Na przykład, z energomaterialnego punktu widzenia pomiar polega na tym, że przy określonej wartości wielkości mierzonej (oryginał) występują określone siły, pod wpływem których wskazówka miernika zajmuje określone położenie (obraz), natomiast ze strukturalnego punktu widzenia pomiar polega na tym, że przy zmianie wielkości mierzonej w określonym stosunku (informacja w zbiorze oryginałów) występuje również zmiana położenia wskazówki miernika w określonym stosunku (informacja w zbiorze obrazów). Z energomaterialnego punktu widzenia działanie miernika jest pracą. Ze strukturalnego punktu widzenia działanie miernika jest informowaniem.

Energia jest zużywana na pracę zarówno w procesach roboczych (np. napędowych, grzejnych itp.) jak i w procesach sterowniczych, ale z taką różnicą, że w procesach roboczych wykonanie pracy i wynikające stąd zużycie określonej ilości energii jest celem (ideałem byłoby zużycie ilości energii nie większej niż teoretycznie niezbędna, tj. uniknięcie strat energii), podczas gdy w procesach sterowniczych celem nie jest praca, lecz informowanie (ideałem byłoby zużycie ilości energii równej零). W związku z tym, w torze sterowniczym nie jest interesujące, jakie się zużywa ilości energii, lecz co się dzieje z informacjami.

Rozróżnienie procesów energomaterialnych i procesów strukturalnych pojawiło się w fizyce m.in. w związku z ruchem falowym. W przykładzie fal rozchodzących się na powierzchni wody, często przytaczanym w podręcznikach fizyki, pionowy ruch cząstek wody jest procesem energomaterialnym, zależnym od właściwości substancji, jaką jest w tym przykładzie woda, oraz od energii wywołującej siły, jakie w tym ruchu występują. Natomiast poziomy ruch fali wodnej jest procesem strukturalnym. Nie jest to ruch cząstek wody, lecz ruch kształtu powierzchni

## ***Informowanie***

wody, czyli stosunków geometrycznych między położeniami poszczególnych częstek wody.

Takiego samego rodzaju procesem strukturalnym jest ruch informacji polegający na tym, że pewna transformacja pojawia się najpierw w zbiorze oryginałów, potem w najbliższym zbiorze interkomunikatów, potem w kolejnym zbiorze interkomunikatów, itd., aż się pojawi w zbiorze obrazów.

Warunki zapewniające zgodność między informacjami zawartymi w zbiorze oryginałów a informacjami zawartymi w zbiorze obrazów będą przedmiotem rozważań rozdz. 8.

## **8. TRANSINFORMOWANIE**

Jak już wskazano poprzednio, zadaniem systemu sterującego jest wywoływanie żądanych zmian w systemie sterowanym. Spełnianie tego zadania powinno polegać na wywoływaniu zmian na wejściu systemu sterowanego w zależności od zmian na wyjściu systemu sterowanego. W rzeczywistości działanie systemu sterującego polega na powstawaniu zmian na jego własnym wyjściu w zależności od zmian na jego własnym wejściu. Aby system sterujący spełniał swoje zadanie, zmiany na wejściu systemu sterującego powinny być takie same jak zmiany na wyjściu systemu sterowanego, a zmiany na wejściu systemu sterowanego powinny być takie same jak zmiany na wyjściu systemu sterującego.

W świetle poprzednich rozważań jest to równoznaczne z wymaganiem, żeby informacje na końcu każdego toru sterowniczego w obwodzie sterowniczym, tj. informacje w zbiorze oryginałów, były takie same jak informacje na początku tego toru sterowniczego, tj. informacje w zbiorze obrazów.

*Definicja 8.1.* **Transinformowanie** jest to informowanie, w którym informacje w zbiorze obrazów są takie same jak informacje w zbiorze oryginałów.

Mówiąc językiem potocznym, transinformowanie jest informowaniem wiernym.

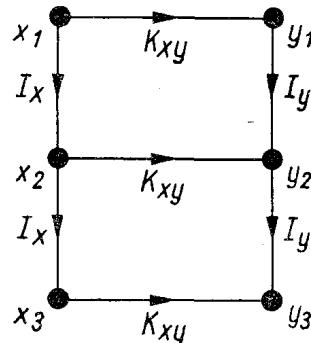
Informowanie staje się transinformowaniem w przypadku, gdy równanie (7.13) przybiera postać

$$I_{z12} = I_{x12} \quad (8.1)$$

Stwierdzenie jednakowości informacji znaczy dla informacji operacyjnych, że są one transformacjami operacyjnymi o odpowiednio jed-

## Transinformowanie

nakowych operacjach, a dla informacji asocjacyjnych, że są one transformacjami asocjacyjnymi w asocjacjach o odpowiednio jednakowych komunikatach pierwotnych i wtórnych.



**Rys. 8.1.** Informowanie w przypadku kodu zasadniczego i informacji zasadniczej

Gdy informacje operacyjne w kolejnych asocjacjach łańcucha oryginałów są jednakowe, tj. gdy łańcuch oryginałów zawiera informację zasadniczą, wówczas i łańcuch obrazów zawiera informację zasadniczą (rys. 8.1), jeżeli są spełnione warunki, o których mowa w twierdzeniu 8.1.

**Twierdzenie 8.1.** Jeżeli w informowaniu za pomocą kodu zasadniczego zbiór oryginałów zawiera informację zasadniczą, to zbiór obrazów również zawiera informację zasadniczą.

**D o w ó d**

Są dane: łańcuch oryginałów  $x_1, x_2, x_3$ , łańcuch obrazów  $y_1, y_2, y_3$ , informacja zasadnicza

$$I_{x12} = I_{x23} = I_x \quad (8.2)$$

oraz kod zasadniczy

$$K_{1xy} = K_{2xy} = K_{3xy} = K_{xy} \quad (8.3)$$

Są szukane informacje  $I_{y12}$  oraz  $I_{y23}$ .

Na podstawie (7.9) można napisać:

$$I_{y12} = K_{2xy} I_{x12} K_{1yx} \quad (8.4)$$

$$I_{y23} = K_{3xy} I_{x23} K_{2yx} \quad (8.5)$$

a po uwzględnieniu (8.2) i (8.3):

$$I_{y12} = K_{xy} I_x K_{yx} \quad (8.6)$$

$$I_{y23} = K_{xy} I_x K_{yx} \quad (8.7)$$

## **Transinformowanie**

Z porównania (8.6) i (8.7) wynika, że zbiór obrazów zawiera informację zasadniczą

$$I_{y12} = I_{y23} = I_y \quad (8.8)$$

przy czym

$$I_y = K_{xy} I_x K_{yx} \quad (8.9)$$

Zastosowanie twierdzenia 8.1 można zilustrować następującym przykładem pomiarowym. Przypuśćmy, że do pomiarów napięcia użyto woltomierza, w którym wykrycie wskaźówki ( $y$ ) jest proporcjonalne do kwadratu napięcia ( $x$ ), przy czym współczynnik proporcjonalności wynosi 2 działały na wolt do kwadratu.

Występuje tu więc kod zasadniczy

$$2x_n^2 = y_n$$

Ciąg mierzonych napięć 1 V, 2 V, 3 V, ... jest łańcuchem oryginałów zawierającym informację zasadniczą

$$x_n + 1 = x_{n+1}$$

Zgodnie ze wzorem (8.9) do obrazu  $y_n$  należy zastosować kod zasadniczy odwrotny (którym tu jest dzielenie przez 2 i wyciągnięcie pierwiastka kwadratowego)

$$\sqrt{\frac{y_n}{2}}$$

następnie transformację, jaką jest informacja zasadnicza zawarta w łańcuchu oryginałów (dodawanie 1 V)

$$\sqrt{\frac{y_n}{2}} + 1$$

i wreszcie kod zasadniczy (podnoszenie do kwadratu i mnożenie przez 2)

$$2 \left( \sqrt{\frac{y_n}{2}} + 1 \right)^2 = y_n + 1$$

Łatwo stwierdzić, że łańcuch obrazów obliczonych z oryginałów na podstawie kodu:

$$\begin{array}{ll} x_1 = 1 \text{ V} & y_1 = 2 \cdot 1^2 = 2 \text{ działały} \\ x_2 = 2 \text{ V} & y_2 = 2 \cdot 2^2 = 8 \text{ działałek} \\ x_3 = 3 \text{ V} & y_3 = 2 \cdot 3^2 = 18 \text{ działałek} \\ \text{itd.} & \text{itd.} \end{array}$$

istotnie zawiera określoną powyżej informację zasadniczą, ponieważ jeżeli

$$y_1 = 2 \text{ działały}$$

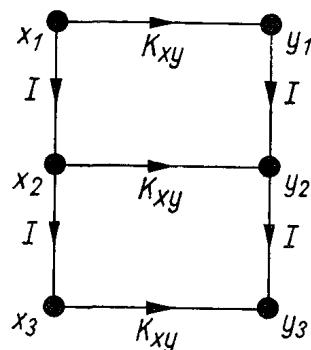
## Transinformowanie

to

$$y_2 = 2 \left( \sqrt{\frac{2}{2}} + 1 \right)^2 = 8 \text{ działań}$$

$$\text{itd. } y_3 = 2 \left( \sqrt{\frac{8}{2}} + 1 \right)^2 = 18 \text{ działań}$$

W szczególnym przypadku informacja zasadnicza w łańcuchu oryginałów i informacja zasadnicza w łańcuchu obrazów mogą być jednakowe (rys. 8.2), jak to wynika z twierdzenia 8.2.



**Rys. 8.2.** Informowanie w przypadku kodu zasadniczego i informacji zasadniczej jako transformacji jednakowego rodzaju

**Twierdzenie 8.2.** Jeżeli kod zasadniczy jest transformacją jednooperacyjną o takim samym rodzaju operacji jak informacja zasadnicza zawarta w łańcuchu oryginałów, to taka sama informacja zasadnicza jest zawarta w łańcuchu obrazów.

### D o w ó d

Twierdzenie to jest przypadkiem szczególnym twierdzenia 8.1. Gdy informacja zasadnicza  $I_x$  oraz kod zasadniczy  $K_{xy}$  są transformacjami operacyjnymi o jednakowych rodzajach operacji, wówczas kolejność transformacji jest obojętna, wobec czego (8.6) i (8.7) można przedstawić w postaci:

$$I_{y12} = K_{xy} K_{yx} I_x \quad (8.10)$$

$$I_{y23} = K_{xy} K_{yx} I_x \quad (8.11)$$

Zgodnie z twierdzeniem 4.3 kod wypadkowy kodu  $K_{xy}$  i kodu odwrotnego  $K_{yx}$  jest kodem banalnym

$$K_{xy} K_{yx} = K^0 \quad (8.12)$$

## **Transinformowanie**

a wobec tego z (8.10) i (8.11) wynika:

$$I_{y12} = I_x \quad (8.13)$$

$$I_{y23} = I_x \quad (8.14)$$

Z porównania (8.13) i (8.14) wynika, że zbiór obrazów zawiera informację zasadniczą

$$I_{y12} = I_{y23} = I_y \quad (8.15)$$

przy czym

$$I_y = I_x = I \quad (8.16)$$

Dla ilustracji zastosowania twierdzenia 8.2 przyjmijmy, że wskutek błędu systematycznego (np. spowodowanego wadliwym ustawniem spoczynkowego położenia wskazówki względem tarczy podziałkowej) wskazania ( $y$ ) woltomierza są większe niż mierzone napięcia ( $x$ ) o 0,01 V.

Występuje tu więc kod zasadniczy

$$x_n + 0,01 = y_n$$

Ciąg mierzonych napięć 1 V, 2 V, 3 V, ... jest łańcuchem oryginałów zawierającym informację zasadniczą

$$x_n + 1 = x_{n+1}$$

Zgodnie z (8.9) do obrazu  $y_n$  należy zastosować kod zasadniczy odwrotny (którym tu jest odejmowanie 0,01 V)

$$y_n - 0,01$$

następnie zaś transformację, jaką jest informacja zasadnicza zawarta w łańcuchu oryginałów (dodawanie 1 V)

$$y_n - 0,01 + 1$$

i wreszcie kod zasadniczy (dodawanie 0,01 V)

$$y_n - 0,01 + 1 + 0,01$$

co daje w wyniku informację zasadniczą zawartą w łańcuchu obrazów

$$y_n - 0,01 + 1 + 0,01 = y_{n+1}$$

czyli

$$y_n + 1 = y_{n+1}$$

Jak widać, informacja zasadnicza w łańcuchu obrazów jest taka sama jak informacja zasadnicza w łańcuchu oryginałów, mamy tu więc do czynienia z transinformowaniem. Można to było od razu przewidzieć na podstawie twierdzenia 8.2.

Z zestawienia oryginałów z obrazami obliczonymi na podstawie kodu:

$$x_1 = 1 \text{ V} \quad y_1 = 1 + 0,01 = 1,01 \text{ V}$$

$$x_2 = 2 \text{ V} \quad y_2 = 2 + 0,01 = 2,01 \text{ V}$$

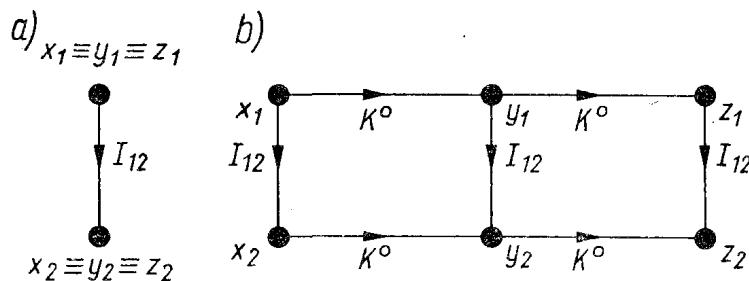
$$x_3 = 3 \text{ V} \quad y_3 = 3 + 0,01 = 3,01 \text{ V}$$

itd. itd.

## Transinformowanie

widać, że istotnie informacja zasadnicza w łańcuchu obrazów jest taka sama jak informacja zasadnicza w łańcuchu oryginałów: jeżeli mierzone napięcie wzrośnie o 1 V, to voltmierz wskaże wzrost o 1 V. Wskutek niewłaściwego kodu (występowanie błędu systematycznego) zachodzą niezgodności między oryginałami a obrazami, ale nie międy informacjami zawartymi w łańcuchu oryginałów a informacjami w łańcuchu obrazów.

Obecnie przejdziemy do określenia warunków, jakie muszą być spełnione, aby wzór (7.13) sprowadzał się do wzoru (8.1) dla informowania polegającego na transformowaniu informacji zawartej w asocjacji oryginałów w informację zawartą w asocjacji obrazów (a więc bez wymagania, żeby występowała informacja zasadnicza).



**Rys. 8.3.** Transinformowanie banalne: a) transinformowanie tożsamościowe; b) transinformowanie równościowe

Najprostszy jest przypadek, gdy wszystkie kody są banalne (rys. 8.3), jak to wynika z twierdzenia 8.3.

**Twierdzenie 8.3.** Jeżeli wszystkie kody w każdym łańcuchu kodowym są banalne, to informacja zawarta w asocjacji interkomunikatorów i informacja zawarta w asocjacji obrazów są takie same jak informacja zawarta w asocjacji oryginałów.

### D o w ó d

Są dane: asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$ , asocjacja interkomunikatorów  $y_1, y_2$ , asocjacja obrazów  $z_1, z_2$ , kody banalne:

$$K_{1xy} = K^0 \quad (8.17)$$

$$K_{1yz} = K^0 \quad (8.18)$$

$$K_{2xy} = K^0 \quad (8.19)$$

$$K_{2yz} = K^0 \quad (8.20)$$

## ***Transinformowanie***

oraz informacja  $I_{x12}$ .

Są szukane informacje  $I_{y12}$  oraz  $I_{z12}$ .

Z (7.9) oraz (8.17) i (8.19) wynika

$$I_{y12} = I_{x12} = I_{12} \quad (8.21)$$

Z (7.13) oraz (8.18) i (8.20) wynika

$$I_{z12} = I_{x12} = I_{12} \quad (8.22)$$

Z twierdzenia 8.3 wynika wniosek, że jednym z rodzajów transinformowania może być informowanie oparte wyłącznie na kodach banalnych.

*Definicja 8.2. Transinformowanie banalne* jest to transinformowanie za pomocą kodów banalnych.

Jak na to wskazano w rozdz. 5, kody banalne mogą być kodami tożsamościowymi lub kodami równościowymi. Odpowiednio do tego można rozróżnić dwa rodzaje transinformowania banalnego.

*Definicja 8.3. Transinformowanie tożsamościowe* jest to transinformowanie banalne za pomocą kodów tożsamościowych.

Transinformowanie tożsamościowe jest szczególnym rodzajem transinformowania, który występuje w przypadku, gdy wyjście systemu sterowanego jest zarazem wejściem systemu sterującego, tj. gdy system sterujący i system sterowany są ze sobą sprzężone bez pośrednictwa torów sterowniczych.

Praktycznie transinformowanie tożsamościowe odbywa się w taki sposób, że stany fizyczne tego samego przedmiotu odgrywają rolę zarówno oryginałów jak i obrazów (i oczywiście interkomunikatów, ale w tym rodzaju transinformowania wyróżnianie interkomunikatów jest pozbawione praktycznego znaczenia).

Najbardziej rozpowszechnionym sposobem transinformowania tożsamościowego jest korespondencja listowna. Tekst listu jest zbiorem oryginałów dla nadawcy, a zbiorem obrazów — dla odbiorcy.

Teoretycznie transinformowanie tożsamościowe jest najpewniejszym rodzajem transinformowania wobec braku zniekształceń informacji wywoływanych obecnością toru sterowniczego i z tego punktu widzenia jest bardzo cenione.

## ***Transinformowanie***

Na przykład, w ważniejszych sprawach urzędy wymagają przedkładania dokumentów oryginalnych, a nie odpisów. Historyk literatury stara się dotrzeć w archiwach do rękopisów dawnych pisarzy, liczy się bowiem z tym, że dzieła drukowane mogą nie być wolne od błędów lub nawet umyślnych zmian wprowadzonych niegdyś przez postronne osoby. Dyrekcja galerii obrazów dokładnie bada, czy zaoferowane do nabycia dzieło sławnego malarza nie jest falsyfikatem. Własnoręcznie napisany testament jest trudniejszy do obalenia przez niedoszłych spadkobierców niż testament napisany pod dyktando testatora przez inną osobę, co nastręcza możliwości wysuwania zarzutów wypaczenia intencji testatora, przeoczenia istotnych szczegółów itp.

Przykładem transinformowania tożsamościowego jest także zwiedzanie muzeów, zabytkowych budowli itp. Autentyczne obiekty odgrywają dla zwiedzających rolę zbiorów oryginałów, w których spodziewają się oni znaleźć pewniejsze i pełniejsze informacje niż w zbiorach obrazów w postaci ubarwionych pocztówek, opisów zniekszałcojących wskutek osobistych upodobań ich autorów itp.

Jednak nawet transinformowanie tożsamościowe nie jest bezwzględnie pewne, jeżeli od chwili powstania komunikatów jako oryginałów upływa dłuższy czas do chwili, gdy są one wykorzystywane jako obrazy. Na przykład, stare druki lub rękopisy mogą z czasem ulec uszkodzeniu wskutek działania wilgoci lub niszczących wpływów chemicznych, stare ruiny mogą się rozpaść itp. Rzeczą jasna, nie jest to już transinformowanie tożsamościowe, ponieważ kody przestały być banalne. Może tu być mowa jedynie o tożsamości w znaczeniu potocznym, w jakim mówi się np., że ktoś z biegiem życia jest ciągle tym samym człowiekiem.

W celu upewnienia się, czy transinformowanie jest rzeczywiście tożsamościowe, często dokonuje się sprawdzenia tożsamości komunikatów, zaopatrując zbiór komunikatów w „komunikat rozpoznawczy”, którego tożsamość jest niewątpliwa lub choćby znacznie mniej wątpliwa. Inaczej mówiąc, wątpliwe transinformowanie tożsamościowe sprawdza się mniej wątpliwym transinformowaniem tożsamościowym.

Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem komunikatów rozpoznawczych jest własnoręczny podpis, wymagany na listach, pokwitowaniach, upoważnieniach i innych dokumentach podobnego rodzaju. Odbiorca dokumentu zaopatrzonego w znany sobie podpis nadawcy nabywa przeświadczenie, że i cały dokument jest zbiorem oryginałów pochodzących od tegoż nadawcy. Jeżeli podpis nadawcy jest nie znany odbiorcy, często jest wymagane poświadczenie własnoręczności podpisu przez wiarygodnego urzędnika, a wtedy poświadczenie i podpis urzędnika przejmują rolę komunikatu rozpoznawczego.

Na dokumentach urzędowych bywają też stosowane komunikaty rozpoznawcze w postaci pieczęci urzędowych.

Rolę komunikatów rozpoznawczych odgrywa skład chemiczny farb przy sprawdzaniu autentyczności malarskich dzieł sztuki, odciski palców przy identyfikacji przestępów itp.

W badaniach naukowych zachodzi potrzeba stosowania komunikatów rozpoznawczych w przypadkach, gdy badacz traci na pewien czas możliwość obserwowania badanej próbki. Na przykład, ciecze wprowadzane do organizmu ludzkiego do celów diagnostyki medycznej bywają zabarwiane w celu ich późniejszej identyfikacji przy rentgenows-

## ***Transinformowanie***

kim badaniu ich rozprływu. W badaniach zachowania się ptaków przytwardza się im obrączki stanowiące komunikaty rozpoznawcze, dzięki którym będzie możliwe zidentyfikowanie tych ptaków w razie ich schwytania po pewnym czasie.

***Definicja 8.4: Transinformowanie równościowe*** jest to transinformowanie banalne za pomocą kodów równościowych.

Transinformowaniem równościowym jest np. wykorzystywanie zgodności informacji zawartych w liście napisanym na maszynie i w jego kopii przebitkowej, w rysunku technicznym i jego odbitce, w dziele malarstwa i jego reprodukcji itp.

Przykładem metrologicznym jest pomiar długości za pomocą przymiaru. Długość mierzona stanowi oryginał. Odległość między szczękami przymiaru, doprowadzona do zgodności z długością mierzoną, jest obrazem. Zgodność obu tych długości jest kodem banalnym. Podobnie kodem banalnym jest zgodność długości wzorca, przyjętej za jednostkę długości, z odlegością szczek przymiaru odpowiadającą jednostce długości. Wynika stąd zgodność informacji, jako stosunku długości mierzonej do jednostki długości (informacja zawarta w asocjacji oryginałów), z informacją jako stosunkiem odległości szczek przymiaru przy pomiarze długości mierzonej do odległości tych szczek odpowiadającej jednostce długości (informacja zawarta w asocjacji obrazów). Na tej podstawie długość odczytaną na przymiarze uważa się za wynik pomiaru.

Jako przykład transinformowania równościowego można również przytoczyć dziedziczenie podstawowych cech określonego gatunku organizmów.

Transinformowanie równościowe często ma postać powielania, czyli transformowania zbioru oryginałów w wiele zbiorów obrazów za pomocą kodu banalnego. Dzięki temu występuje zgodność informacji nie tylko między zbiorem oryginałów a zbiorem obrazów, lecz także między jednym zbiorem obrazów a innym zbiorem obrazów. W związku z tym, transinformowanie równościowe zachodzi również wówczas, gdy jedną kopię uważa się za zbiór oryginałów, inną zaś za zbiór obrazów, np. gdy chodzi o egzemplarze tej samej książki, fotogramy otrzymane z tego samego negatywu, płyty gramofonowe wykonane na podstawie tego samego nagrania itp.

W praktyce uzyskanie zupełnej zgodności między oryginałami a obrazami jest niemożliwe, toteż za zgodne ze zbiorem oryginałów uważa się zbiory obrazów należące do pewnej klasy o określonej tolerancji.

W transinformowaniu równościowym, jeszcze bardziej niż w transinformowaniu tożsamościowym, zachodzi potrzeba upewniania się, czy zastosowane kody są rzeczywiście banalne.

Może się zdarzyć np. że kopia przebitkowa pochodzi ze sfałszowanego listu, fotokopię sporządzono za pomocą fotomontażu, z taśmy magnetofonowej starto część zapisu.

Z przykładów komunikatów rozpoznawczych w transinformowaniu równościowym można wymienić poświadczanie zgodności kopii z dokumentem oryginalnym. Rola takiego poświadczania wynika z jego tożsamości, odnosi się ono bowiem zarówno do dokumentu oryginalnego jak i do jego kopii, które porównał ze sobą urzędnik dokó-

## **Transinformowanie**

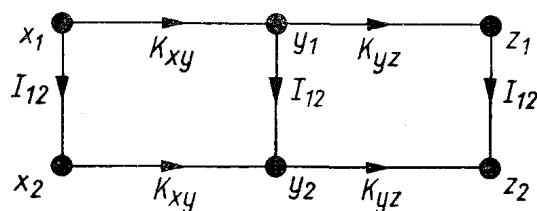
nujący poświadczenia. W tym przypadku, w celu sprawdzenia wątpliwego transinformowania równościowego uzupełnia się je mniej wątpliwym transinformowaniem tożsamościowym.

W dawnych opowieściach czyta się nierzaz, że wysłannik przynoszący tajne wiadomości okazywał pierścień lub inny przedmiot znany odbiorcy jako własność nadawcy. Był to komunikat rozpoznawczy mający służyć jako dowód, że oświadczenie wysłannika jest zgodne z poleceniem nadawcy. Jest to również przykład sprawdzenia transinformowania równościowego przez uzupełnienie go transinformowaniem tożsamościowym.

Nieco inny charakter ma komunikat rozpoznawczy w postaci umówionego hasła podawanego odbiorcy przez wysłannika. Różnica polega na tym, że nie tylko oświadczenie, lecz również hasło jest powtórzeniem tego, co wysłannik usłyszał od nadawcy. Ponieważ odbiorca zna hasło, więc stwierdziwszy, że zostało ono wiernie powtórzone, może wnosić, że i oświadczenie wysłannika będzie wiernym powtórzeniem polecenia danego mu przez nadawcę. Tutaj rola komunikatu rozpoznawczego polega nie na jego tożsamości, lecz na jednakowości: hasło wymienione odbiorcy przez wysłannika (obraz) jest takie samo (kod banalny) jak hasło wymienione wysłannikowi przez nadawcę (oryginał). W tym więc przypadku, w celu sprawdzenia wątpliwego transinformowania równościowego zostaje ono uzupełnione mniej wątpliwym transinformowaniem równościowym.

Z kolei zostaną rozpatrzone rodzaje transinformowania za pomocą kodów niebanalnych.

Jednym z nich jest transinformowanie występujące, gdy kody zasadnicze i informacja zawarta w asocjacji oryginałów są transformacjami



**Rys. 8.4.** Transinformowanie analogowe

jednooperacyjnymi o jednakowych rodzajach operacji (rys. 8.4). Do takiego przypadku odnosi się twierdzenie 8.4.

**Twierdzenie 8.4.** Jeżeli kody zasadnicze są transformacjami jednooperacyjnymi o takim samym rodzaju operacji jak informacja w asocjacji oryginałów, to informacja zawarta w asocjacji interkomunikatów i informacja zawarta w asocjacji obrazów są takie same jak informacja zawarta w asocjacji oryginałów.

## **Transinformowanie**

### **D o w ó d**

Są dane: asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$ , asocjacja interkomunikatów  $y_1, y_2$ , asocjacja obrazów  $z_1, z_2$ , informacja operacyjna  $I_{x12}$  oraz kody zasadnicze:

$$K_{1xy} = K_{2xy} = K_{xy} \quad (8.23)$$

$$K_{1yz} = K_{2yz} = K_{yz} \quad (8.24)$$

przy czym informacja  $I_{x12}$  oraz kody zasadnicze  $K_{xy}$  i  $K_{yz}$  są transformacjami o operacjach takiego samego rodzaju.

Są szukane informacje  $I_{y12}$  oraz  $I_{z12}$ .

Przy jednakowości rodzajów transformacji operacyjnych, stanowiących kody zasadnicze  $K_{xy}$  i  $K_{yz}$  oraz informacje  $I_{x12}$ , kolejność transformacji jest obojętna, wobec czego można (7.9) i (7.13) odpowiednio napisać w postaci:

$$I_{y12} = K_{2xy} K_{1yx} I_{x12} \quad (8.25)$$

$$I_{z12} = K_{2yz} K_{1zy} K_{2xy} K_{1yx} I_{x12} \quad (8.26)$$

Uwzględniając (8.23) i (8.24) można (8.25) i (8.26) odpowiednio napisać w postaci:

$$I_{y12} = K_{xy} K_{yx} I_{x12} \quad (8.27)$$

$$I_{z12} = K_{yz} K_{zy} K_{xy} K_{yx} I_{x12} \quad (8.28)$$

Zgodnie z twierdzeniem 4.3 kod wypadkowy kodu  $K_{xy}$  i kodu odwrotnego  $K_{yx}$  oraz kod wypadkowy kodu  $K_{yz}$  i kodu odwrotnego  $K_{zy}$  są kodami banalnymi:

$$K_{xy} K_{yx} = K^0 \quad (8.29)$$

$$K_{yz} K_{zy} = K^0 \quad (8.30)$$

a wobec tego z (8.27) i (8.28) wynika

$$I_{y12} = I_{x12} = I_{12} \quad (8.31)$$

$$I_{z12} = I_{x12} = I_{12} \quad (8.32)$$

Twierdzenie 8.4 można uogólnić na dowolną liczbę zbiorów interkomunikatów.

W szczególnym przypadku gdy informacje zawarte w kolejnych asocjacjach łańcucha oryginałów są jednakowe, czyli stanowią informację

## **Transinformowanie**

zasadniczą  $I_{x12} = I_{x23} = \dots = I_x$ , twierdzenie 8.4 sprowadza się do twierdzenia 8.2.

*Definicja 8.5. Transinformowanie analogowe* jest to transinformowanie za pomocą kodów zasadniczych, będących transformacjami jednooperacyjnymi o takim samym rodzaju operacji jak informacje zawarte w zbiorze oryginałów.

W transinformowaniu analogowym, jak to wynika z twierdzenia 8.4, charakterystyczne jest to, że zbiór komunikatów w dowolnym miejscu toru sterowniczego zawiera takie same informacje, jakie są zawarte w zbiorze oryginałów, mimo różnic występujących między komunikatami należącymi do różnych poprzecznych zbiorów komunikatów. W celu znalezienia informacji zawartych w zbiorze oryginałów można wykorzystać którykolwiek z poprzecznych zbiorów komunikatów.

Najprostszym matematycznym rodzajem transinformowania analogowego jest analogia oparta na dodawaniu. Na przykład, jeżeli asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  zawierająca informację

$$x_1 + a = x_2$$

jest transformowana w asocjację interkomunikatów  $y_1, y_2$  za pomocą kodu zasadniczego:

$$x_1 + b = y_1$$

$$x_2 + b = y_2$$

to po określeniu  $x_1$  i  $x_2$  z powyższych równań i podstawieniu do równania informacji zawartej w asocjacji oryginałów otrzymuje się informację zawartą w asocjacji interkomunikatów

$$y_1 + a = y_2$$

Jeżeli z kolei asocjacja interkomunikatów jest transformowana w asocjację obrazów  $z_1, z_2$  za pomocą kodu zasadniczego:

$$y_1 + c = z_1$$

$$y_2 + c = z_2$$

to postępując podobnie otrzymuje się informację zawartą w asocjacji obrazów

$$z_1 + a = z_2$$

## ***Transinformowanie***

Jak widać, informacja, polegająca tu na operacji dodawania  $a$ , jest taka sama w asocjacji oryginałów, w asocjacji interkomunikatów i w asocjacji obrazów.

Jako przykład analogii opartej na dodawaniu można wskazać analogię między temperaturą bezwzględną, wyrażaną w stopniach Kelvina ( $^{\circ}\text{K}$ ), a temperaturą względową, wyrażaną w stopniach Celsjusza ( $^{\circ}\text{C}$ ). Przypuśćmy, że dla dwóch temperatur względnych  $x_1$  i  $x_2$  różniących się o  $50^{\circ}\text{C}$  trzeba znaleźć różnicę temperatur bezwzględnych  $y_1$  i  $y_2$ . Znaczy to, że asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  zawierająca informację

$$x_1 + 50 = x_2$$

ma być transformowana w asocjację obrazów  $y_1, y_2$  za pomocą kodu zasadniczego:

$$x_1 + 273 = y_1$$

$$x_2 + 273 = y_2$$

(jak wiadomo, różnica między temperaturą względną  $0^{\circ}\text{C}$  a temperaturą bezwzględną  $0^{\circ}\text{K}$  wynosi  $273^{\circ}\text{C}$ ), skąd otrzymuje się informację zawartą w asocjacji obrazów

$$y_1 + 50 = y_2$$

Jak widać, dzięki analogii informacja zawarta w asocjacji obrazów jest taka sama jak informacja zawarta w asocjacji oryginałów. Przeliczanie temperatur względnych na temperatury bezwzględne jest transinformowaniem analogowym.

Okoliczność, że między temperaturami bezwzględnymi a temperaturami względnymi zachodzi analogia oparta na dodawaniu (a nie na mnożeniu) stała się zresztą przyczyną wielu trudności. Jednostka temperatury bezwzględnej  $1^{\circ}\text{K}$  i jednostka temperatury względnnej  $1^{\circ}\text{C}$  niczym się od siebie nie różnią, a jednak nie można z jednej z nich zrezygnować, gdyż nie można byłoby odróżnić, czy jakaś liczba stopni odnosi się do temperatury bezwzględnej, czy do temperatury względnnej. Stało się to również przyczyną wprowadzenia trzeciej jednostki temperatury „1 deg” (równie  $1^{\circ}\text{K}$  i  $1^{\circ}\text{C}$ ) jako odnoszącej się wyłącznie do różnic temperatur (zarówno bezwzględnych jak i względnych). Jest to uzasadnione — jak to widać w przytoczonym przykładzie — w analogii opartej na dodawaniu różnice są takimi samymi informacjami dla oryginałów jak i dla obrazów.

Transinformowanie analogowe tego rodzaju znajduje zastosowanie częściej niż można by przypuszczać. Na przykład, na tej zasadzie dokonuje się w geometrii analitycznej przesuwania początku układu współrzędnych z zachowaniem równoległości do poprzednich osi współrzędnych. Projektanci urządzeń technicznych nierzaz przenoszą na rysunku technicznym pewien jego fragment w inne miejsce, co nie zmienia informacji zawartych w tym fragmencie. Fotogram zawiera informacje dotyczące fotografowanego obiektu, nawet gdy aparat fotograficzny nieco się odchylił, wskutek czego obiekt ten jest widoczny niezupełnie pośrodku fotogramu.

## **Transinformowanie**

Bardzo szerokie zastosowanie znajduje transinformowanie analogowe oparte na mnożeniu. Jeżeli asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  zawierająca informację

$$ax_1 = x_2$$

jest transformowana w asocjację interkomunikatów  $y_1, y_2$  za pomocą kodu zasadniczego:

$$bx_1 = y_1$$

$$bx_2 = y_2$$

to po określeniu  $x_1$  i  $x_2$  z powyższych równań i podstawieniu do równania informacji zawartej w asocjacji oryginałów otrzymuje się informację zawartą w asocjacji interkomunikatów

$$ay_1 = y_2$$

Jeżeli z kolei asocjacja interkomunikatów jest transformowana w asocjację obrazów  $z_1, z_2$  za pomocą kodu zasadniczego:

$$cy_1 = z_1$$

$$cy_2 = z_2$$

to postępując podobnie otrzymuje się informację zawartą w asocjacji obrazów

$$az_1 = z_2$$

I tutaj widać, że informacja, polegająca tym razem na operacji mnożenia przez  $a$ , jest taka sama w asocjacji oryginałów, w asocjacji interkomunikatów i w asocjacji obrazów.

Jako przykład transinformowania analogowego opartego na mnożeniu można przytoczyć analogie między przebiegiem jakiejkolwiek wielkości fizycznej a jego wykresem lub oscylogramem, między fotogramem a jego powiększeniem lub zmniejszeniem, między terenem a jego mapą, między melodią graną w pewnej tonacji a tą samą melodią graną w innej tonacji itp.

W transinformowaniu analogowym opartym na mnożeniu obrazy są proporcjonalne do oryginałów, przy czym parametrem operacji jest współczynnik proporcjonalności.

Prostą ilustracją takiego transinformowania analogowego jest podobieństwo trójkątów. Za oryginały można uważać boki  $x_1, x_2, x_3$  jednego z trójkątów podobnych, za

## **Transinformowanie**

obrazy zaś boki  $y_1, y_2, y_3$  drugiego trójkąta. Kodem jest mnożenie przez współczynnik podobieństwa jako parametr operacji. Stosunki boków w każdym z tych trójkątów można wobec tego uważać za parametry operacji, na których polegają informacje zawarte w tych trójkątach.

Na przykład, jeżeli stosunkiem boku  $x_2$  do boku  $x_1$  jest  $a$ , czyli asocjacja oryginałów, którymi są boki  $x_1$  i  $x_2$ , zawiera informację

$$ax_1 = x_2$$

to, jak pokazano powyżej, asocjacja obrazów, którymi są boki  $y_1$  i  $y_2$ , musi zawierać taką samą informację

$$ay_1 = y_2$$

Jeżeli  $x_1$  i  $x_2$  są przyprostokątnymi trójkąta prostokątnego, przy czym naprzeciw boku  $x_2$  znajduje się kąt  $\alpha_2$ , to na podstawie definicji tangensa można napisać

$$x_1 \operatorname{tg} \alpha_2 = x_2$$

Ponadto, jeżeli  $y_1$  i  $y_2$  są przyprostokątnymi trójkąta prostokątnego, przy czym naprzeciw boku  $y_2$  znajduje się kąt  $\beta_2$ , to na takiej samej podstawie można napisać

$$y_1 \operatorname{tg} \beta_2 = y_2$$

Z podanego powyżej warunku jednakowości informacji wynika, że

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \beta_2$$

skąd

$$\alpha_2 = \beta_2$$

Jest godne uwagi, że dowód twierdzenia o równości odpowiadających sobie kątów w trójkątach podobnych można przeprowadzić na podstawie twierdzeń dotyczących transinformowania.

Jak widać, w ciągu trójkątów podobnych, uważanym za ciąg poprzecznych zbiorów komunikatów, mimo różnic między komunikatami (długościami odpowiednich boków w poszczególnych trójkątach), jednakowe są informacje, a więc i ich parametry operacji (kąty).

Znaczy to, że gdyby do jakiegoś procesu sterowniczego trzeba było wykorzystywać kąty jakiegoś trójkąta, ale trójkąt ten byłby z jakichkolwiek przyczyn niedostępny, to wystarczyłoby mieć do dyspozycji jakikolwiek inny, podobny do niego trójkąt. Znajomość współczynnika podobieństwa (parametru operacji, na której polega kod) jest tu niepotrzebna. Wystarczy wiedzieć, że jest on jednakowy dla wszystkich par odpowiadających sobie boków (tj. dla wszystkich asocjacji kodowych).

Na tym polega również transinformowanie analogowe przy korzystaniu z map. Oryginałami są odległości w terenie, obrazami są odległości na mapie, parametrem kodu jest podziałka mapy, parametrami informacji są stosunki odległości w terenie oraz stosunki odległości na mapie.

Na przykład, odległość Warszawa—Kraków wynosi 300 km, a odległość Warszawa—Radom wynosi 100 km. Informacją zawartą w tej asocjacji oryginalów jest to, że pierwsza z tych odległości jest trzykrotnie większa niż druga.

## **Transinformowanie**

Przypuśćmy, że dla tego terenu została sporządzona mapa w podziałce 1:1000000. Występuje tu kod, w którym rodzajem operacji jest mnożenie, a parametrem operacji jest liczba 0,000001. Wówczas na mapie odległość Warszawa—Kraków będzie wynosić 300 mm, a odległość Warszawa—Radom 100 mm. Informację zawartą w tej asocjacji obrazów jest to, że pierwsza z tych odległości jest trzykrotnie większa niż druga. A zatem, z mapy uzyskuje się taką samą informację, jaką jest zawarta również w terenie. Do uzyskania informacji dotyczącej terenu nie jest więc potrzebny ani dostęp do terenu, ani znajomość podziałki.

Pod wpływem przyzwyczajeń z języka potocznego ktoś mógłby sądzić, że np. 300 km to nie komunikat, lecz informacja (o odległości Warszawa—Kraków). W istocie jednak wchodzi tu w grę stosunek danej odległości 300 km do jednostki długości 1 km. Informację zawartą w tej asocjacji oryginałów jest to, że odległość 300 km jest 300 razy większa niż odległość 1 km. Taką samą informacją, zawartą w asocjacji obrazów, jest to, że na mapie odległość 300 mm jest 300 razy większa niż odległość 1 mm, będąca obrazem dla oryginału 1 km jako jednostki długości. W odległości określonej jako „300 km” tylko liczba „300” jest elementem informacji, a mianowicie parametrem operacji. Natomiast „km” jest elementem kodu polegającego na transformacji oryginału 1 km (w terenie) w obraz 1 mm (na mapie). Inaczej mówiąc, „300” otrzymuje się z mapy, a „km” z podziałki podanej obok tej mapy (przy umowie, że odległości w terenie są wyrażone w kilometrach).

Transinformowaniem analogowym są również pomiary wykonywane za pomocą mierników o podziałce równomiernej, tj. takich, w których wychylenia wskazówki są proporcjonalne do wartości wielkości mierzonej. Biorąc pod uwagę asocjację oryginałów z których jednym jest jednostka napięcia  $x_1$ , drugim zaś mierzone napięcie  $x_n$  wynoszące  $n$  jednostek, otrzymuje się równanie informacji

$$nx_1 = x_n$$

Zgodnie z zasadą działania tego woltomierza wychylenia wskazówki będą:

$$ax_1 = y_1$$

$$ax_n = y_n$$

Występuje tu kod zasadniczy polegający na operacji mnożenia przez współczynnik proporcjonalności  $a$ .

Po określeniu  $x_1$  i  $x_n$  z powyższych równań i podstawieniu do równania informacji zawartej w asocjacji oryginałów otrzymuje się informację

$$ny_1 = y_n$$

a więc taką samą, jaką zawiera asocjacja oryginałów. Jest to informacja, że napięcie mierzone jest  $n$  razy większe niż jednostka napięcia.

Umieszczane na podziałce woltomierza oznaczenie „V” odnosi się nie do informacji, otrzymywanych z pomiarów woltomierzem, lecz do kodu, według którego woltomierz został skonstruowany, i odgrywa taką samą rolę jak podziałka podawana na mapach. W gruncie rzeczy jest ono skrótem oznaczenia „1 V:1 V” i wskazuje, że jeżeli napięcie

## **Transinformowanie**

mierzone wynosi 1 V, to woltomierz powinien wskazać 1 V lub, inaczej mówiąc, że napięcie mierzone w woltach (oryginał) należy pomnożyć przez 1 (kod), aby otrzymać wskazanie woltomierza w woltach (obraz).

Jeśli chodzi o samą informację otrzymywaną z pomiaru woltomierzem o podziałce równomiernej, to można by zrezygnować z omawianego kodu, ponieważ nie figuruje on w równaniu informacji. Tak się też nieraz robi w niektórych miernikach, np. w pewnego typu galwanometrach laboratoryjnych.

Niewielkie znaczenie praktyczne ma transinformowanie analogowe za pomocą komunikatów językowych, gdyż wobec daleko idących nieregularności języków można się tylko w nielicznych przypadkach dopatrzyć kodów zasadniczych.

Wyjątek pod tym względem stanowią języki sztuczne, ponieważ ich reguły gramatyczne pozbawione wyjątków mają charakter kodów zasadniczych.

Można to zilustrować np. wyrazami „patro” (ojciec), „patroj” (ojcowie), „patrino” (matka), „patrinoj” (matki), z języka esperanto, w którym końcówka „o” oznacza rzeczownik, końcówka „j” oznacza liczbę mnogą, a grupa liter „in” oznacza rodzaj żeński. Występuje tu analogia:

patro	patroj
patrino	patrinoj

W przykładzie tym kodem zasadniczym jest dopisanie „j”, a informacją operacyjną jest dopisanie „in” po źródłosłowie. Transformacja liczby pojedynczej w liczbę mnogą jest tu transinformowaniem analogowym, toteż wymieniona informacja operacyjna jest taka sama w asocjacji oryginałów jak i w asocjacji obrazów (związek między „patroj”, i „patrinoj” jest taki sam jak między „patro” i „patrino”).

Transinformowanie analogowe znajduje coraz szersze zastosowanie w badaniach naukowych. Jeżeli dla badanego systemu (zbiór oryginałów) udaje się utworzyć „model”, tj. dobrać system analogiczny (zbiór obrazów), to z modelu można otrzymać informacje dotyczące systemu badanego (w bardziej złożonych przypadkach dogodnie jest sporządzać zestawienie „analogów”, tj. komunikatów występujących w poszczególnych asocjacjach kodowych oryginał-obraz). Ma to sens praktyczny, gdy systemy obrane jako modele są łatwiej dostępne bądź dokładniej zbadane, bądź też łatwiejsze do zmierzenia lub dają się łatwiej modyfikować niż systemy będące przedmiotem badań.

Jako przykład warto przytoczyć słynny „model Beukena”, analizator służący do badania przebiegów cieplnych na zasadzie ich analogii do przebiegów elektrycznych. Idea ta, wysunięta i opracowana przez Beukena w 1934 r.<sup>1)</sup>, okazała się tak wartościowa,

<sup>1)</sup> Beuken C.L.: *Wärmeverluste bei periodisch-betriebenen elektrischen Öfen; eine neue Methode zur Vorausbestimmung nichtstationärer Wärmeströmungen*. Dissertation. Freiberg 1936.

## **Transinformowanie**

że dziś trudno byłoby znaleźć poważniejsze laboratorium elektrotermiczne, które nie byłoby wyposażone w analizator tego rodzaju.

Beuken oparł się na następujących analogach:

Oryginały	Obrazy
$q$ — strumień cieplny	$i$ — prąd elektryczny
$\tau$ — temperatura	$u$ — napięcie elektryczne
$a$ — przewodność temperaturowa	$G/C$ — iloraz przewodności elektrycznej przez pojemność elektryczną
$t$ — czas	$t$ — czas
$x$ — długość	$x$ — długość

Dzięki temu rozwiązanie równania dla przepływu prądu przez przewód elektryczny

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{G}{C} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

jest zarazem, po zastąpieniu obrazów oryginałami, rozwiązaniem równania dla przepływu strumienia cieplnego przez ścianę

$$\frac{\partial \tau}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \tau}{\partial x^2}$$

Dzięki łatwości nastawiania i dokładności mierzenia wielkości elektrycznych badanie przebiegów cieplnych za pośrednictwem przebiegów elektrycznych jest znacznie dogodniejsze niż bezpośrednie badanie ich w systemach cieplnych. Do tego dochodzi możliwość skrócenia pomiarów w systemach elektrycznych, co w systemach cieplnych wskutek znacznej bezwładności przebiegów cieplnych jest często nieosiągalne.

W wykorzystywaniu analogii obowiązują wyłącznie rygory poprawności informacyjnej, co w analogiach fizycznych wyraża się identycznością struktury wzorów matematycznych. Natomiast nie jest bynajmniej konieczne, żeby analogami były wielkości o podobnym charakterze fizycznym, np. opór elektryczny nie musi być analogiem oporu mechanicznego. Dlatego też dla tej samej pary systemów fizycznych udaje się nieraz znaleźć kilka analogii, przy czym każda z nich może być poprawna (co nie znaczy, że wszystkie są jednakowo dogodne).

Jako przykład można wymienić klasyczną analogię elektromechaniczną między drganiami elektrycznymi a drganiami mechanicznymi. Sumowanie napięć na oporze elektrycznym, indukcyjności i pojemności elektrycznej w systemie szeregowym zostało tam przyjęte jako analog sumowania sił bezwładności, tarcia i sprężystości, skąd wynika następujące zestawienie analogów:

## Transinformowanie

### Oryginały

$M$ — masa
$r$ — opór tarcia
$K$ — podatność sprężyny
$s$ — droga
$f$ — siła
$v$ — prędkość

### Obrazy

$L$ — indukcyjność
$R$ — opór elektryczny
$C$ — pojemność elektryczna
$q$ — ładunek elektryczny
$u$ — napięcie elektryczne
$i$ — prąd elektryczny

Przez wiele lat nie spostrzegano, że analogia ta jest mało dogodna. Dopiero gdy zaczęto z niej szerzej korzystać do celów praktycznych, okazało się, że systemy mechaniczne są przeważnie równoległe, wobec czego trzeba było dokonywać kłopotliwych przeliczeń z systemu szeregowego na równoległy.

Jak na to wskazał Malecki<sup>1)</sup>, za analog sumowania sił dogodniejsze jest uznanie sumowania prądów, skąd wynika następujące zestawienie analogów:

### Oryginały

$M$ — masa
$r$ — opór tarcia
$K$ — podatność sprężyny
$s$ — droga
$f$ — siła
$v$ — prędkość

### Obrazy

$C$ — pojemność elektryczna
$G$ — przewodność elektryczna
$L$ — indukcyjność
$\Phi$ — strumień magnetyczny
$i$ — prąd elektryczny
$u$ — napięcie elektryczne

Analogie, zwłaszcza oparte na mnożeniu, są tak dogodnym rodzajem transinformowania, że zakłada się często ich istnienie nawet w przypadkach, w których ich na pewno nie ma, np. przy interpolacji liniowej.

Jak wiadomo, interpolacja liniowa polega na założeniu, że stosunek różnicy  $y_2$  dwóch wartości zmiennej zależnej do części  $y_1$  tej różnicy jest równy stosunkowi odpowiedniej różnicy  $x_2$  zmiennej niezależnej do odpowiedniej w części  $x_1$  tej różnicy

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_1}{x_2}$$

skąd szukana część  $y_1$  różnicy  $y_2$ , odpowiadająca danej części  $x_1$  różnicy  $x_2$

$$y_1 = y_2 \frac{x_1}{x_2}$$

Założenie proporcjonalności jest w istocie założeniem transinformowania analogowego za pomocą kodu zasadniczego, w którym rodzajem operacji jest mnożenie, a parametrem operacji  $c$  jest nie znany:

$$cx_1 = y_1$$

$$cx_2 = y_2$$

skąd otrzymuje się podaną powyżej proporcję.

<sup>1)</sup> Malecki I.: Poprawiony układ analogii elektrotechnicznych i jego interpretacja fizyczna. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 1, 1952.

## ***Transinformowanie***

Znajomość parametru operacji  $c$  nie jest potrzebna, gdyż w transinformowaniu analogowym informacje zawarte w zbiorze obrazów nie zależą od kodu. Wystarcza spełnienie warunku, żeby to był kod zasadniczy i żeby był on transformacją jednooperacyjną takiego samego rodzaju jak informacje zawarte w zbiorze oryginałów.

Nieprzestrzeganie wymagania, żeby w posługiwaniu się metodą analogii kod był zasadniczy i stanowił transformację jednooperacyjną o takim samym rodzaju operacji jak informacje, prowadzi do błędnych wyników.

Na przykład, analogia między rozmiarami projektowanych okrętów, samolotów itp. a rozmiarami ich miniaturowych modeli nie rozciąga się na opór przepływu wody, opór powietrza, przyspieszenie ziemskie i inne wielkości fizyczne. W tym zakresie informacje uzyskane z modeli (zbioru obrazów) różnią się od informacji dotyczących urządzeń o normalnych rozmiarach (zbioru oryginałów).

Ponieważ transinformowanie analogowe nie wymaga znajomości kodu, więc dla określonego zbioru oryginałów można wykorzystać dowolny zbiór obrazów, byleby były spełnione warunki stosownalności twierdzenia 8.4.

Najdogodniejsze są obrazy w postaci liczb, co też stało się istotnym czynnikiem rozwoju maszyn matematycznych. Są one w istocie nastawnymi modelami uniwersalnymi, w których zastosowaniu nie odgrywa roli okoliczność, czym są modelowane obiekty jako zbiory oryginałów, lecz jakie informacje są w nich zawarte.

Oprócz tego rozwój cybernetyki w zakresie analizy sprzężeń zwrotnych doprowadził do ujawnienia analogii między wieloma zjawiskami, których różnorodność nie nasuwała takiego przypuszczenia. Na przykład według sprzężenia zwrotnego dodatniego rozbieżnego przebiegają takie procesy jak tonięcie okrętu (im więcej wody wlewa się do wnętrza, tym głębiej okręt się zanurza, wskutek czego wlewa się jeszcze więcej wody, itd.), pożar (im wyższa jest temperatura płonącego drewna, tym więcej wydobywa się z niego gazów palnych, wskutek czego temperatura jeszcze bardziej wzrasta, itd.), inflacja (im wyższe są ceny, tym większa jest emisja pieniędzy, wskutek czego ceny jeszcze bardziej wzrostają, itd.).

I wreszcie analiza wzoru (7.13) umożliwia stwierdzenie, że transinformowanie występuje wówczas, gdy kody wypadkowe są banalne (rys. 8.5). Do takiego przypadku odnosi się twierdzenie 8.5.

**Twierdzenie 8.5.** Jeżeli kod wypadkowy dla każdego łańcucha kodowego jest kodem banalnym, to informacja zawarta w asocjacji obrazów jest taka sama jak informacja zawarta w asocjacji oryginałów.

## Transinformowanie

### D o w ó d

Są dane: asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$ , asocjacja interkomunikatów  $y_1, y_2$ , asocjacja obrazów  $z_1, z_2$ , informacja  $I_{x12}$  oraz kody:

$$K_{1xy}$$

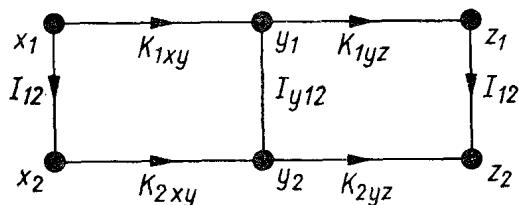
$$K_{2xy}$$

i kody odwrotne do nich:

$$K_{1yz} = K_{1yx} \quad (8.33)$$

$$K_{2yz} = K_{2yx} \quad (8.34)$$

Są szukane informacje  $I_{y12}$  oraz  $I_{z12}$ .



Rys. 8.5. Transinformowanie kompensacyjne

Zgodnie z twierdzeniem 4.3, przy uwzględnieniu (8.33) i (8.34), kod wypadkowy kodu  $K_{1xy}$  i kodu  $K_{1yz}$  oraz kod wypadkowy kodu  $K_{2xy}$  i kodu  $K_{2yz}$  są kodami banalnymi:

$$K_{1xy}K_{1yz} = K^0 \quad (8.35)$$

$$K_{2xy}K_{2yz} = K^0 \quad (8.36)$$

a wobec tego (7.9) pozostanie bez zmiany

$$I_{y12} = K_{2xy}I_{x12}K_{1yx} \quad (8.37)$$

natomast (7.13) przybierze postać

$$I_{z12} = I_{x12} \quad (8.38)$$

Twierdzenie 8.5 można uogólnić na dowolną liczbę zbiorów komunikatów.

Z twierdzenia 8.5 wynika wniosek, że przy transinformowaniu można również posłużyć się kompensacją kodów, tj. zastosowaniem kodów odwrotnych, dzięki którym kody wypadkowe w poszczególnych łańcuchach kodowych staną się kodami banalnymi.

## ***Transinformowanie***

***Definicja 8.6. Transinformowanie kompensacyjne*** jest to transinformowanie, w którym kody wypadkowe są kodami banalnymi.

Ideę kompensacji kodów można zilustrować przykładem woltomierza, w którym wychylenia wskazówki są proporcjonalne do kwadratu mierzonego napięcia. Biorąc pod uwagę asocjację oryginałów, z których jednym jest jednostka napięcia  $x_1$ , drugim zaś mierzone napięcie  $x_n$  wynoszące  $n$  jednostek, otrzymuje się równanie informacji

$$nx_1 = x_n$$

Zgodnie z zasadą działania tego woltomierza wychylenia wskazówki będą:

$$\begin{aligned} ax_1^2 &= y_1 \\ ax_n^2 &= y_n \end{aligned}$$

Występuje tu kod zasadniczy polegający na dwóch operacjach, z których jedną jest podnoszenie do kwadratu, drugą zaś mnożenie przez współczynnik proporcjonalności  $a$ .

Po określeniu  $x_1$  i  $x_n$  z powyższych równań i podstawieniu do równania informacji zawartej w asocjacji oryginałów otrzymuje się informację

$$n^2 y_1 = y_n$$

Jak widać, różni się ona od informacji zawartej w asocjacji oryginałów. Gdyby wychylenia wskazówki uznać za obrazy, wówczas wskazania woltomierza byłyby błędne. Na przykład, przy wzroście napięcia z 1 na 3 V wychylenie wskazówki wzrosłoby 9-krotnie zamiast 3-krotnie.

Znieształcenie informacji można usunąć uważając wychylenia wskazówki za interkomunikaty i poddając je transformacji:

$$\begin{aligned} b \sqrt{y_1} &= z_1 \\ b \sqrt{y_n} &= z_n \end{aligned}$$

Występuje tu kod polegający na dwóch operacjach, z których jedną jest pierwiastkowanie drugiego stopnia, drugą zaś mnożenie przez współczynnik proporcjonalności  $b$ .

Po określeniu  $y_1$  i  $y_n$  z powyższych równań i podstawieniu do równania informacji zawartej w asocjacji interkomunikatów otrzymuje się informację

$$nz_1 = z_n$$

Jak widać, jest to informacja taka sama jak informacja zawarta w asocjacji oryginałów. Zgodność informacji została osiągnięta dzięki kompensacji potęgowania za pomocą pierwiastkowania jako operacji odwrotnej do potęgowania. Konieczność kompensacji powstała z powodu niespełnienia warunku, żeby kody i informacje były transformacjami jednakowego rodzaju (twierdzenie 8.4).

Natomiast nie wymaga kompensacji operacja mnożenia, gdyż informacja zawarta w asocjacji oryginałów jest transformacją również polegającą na mnożeniu, toteż współczynniki  $a$  oraz  $b$  nie występują w równaniach informacji. Pod tym względem transinformowanie, jakim jest pomiar omawianym woltomierzem, ma nadal charakter transinformowania analogowego.

## ***Transinformowanie***

Praktycznie kompensację w woltomierzach, amperomierzach i innych miernikach podobnego rodzaju realizuje się przez zastosowanie podziałki kwadratowej, tj. o kreskach działkowych rozmieszczonych nierównomiernie według równania kwadratowego. Dzięki temu, jeżeli napięcie wzrośnie np. 3-krotnie, to wychylenie wskazówki wzrośnie wprawdzie 9-krotnie co do liczby stopni kątowych, lecz tylko 3-krotnie co do liczby działek, czemu też odpowiadają oznaczenia liczbowe umieszczone na podziałce.

Oczywiście jest możliwa kompensacja wszystkich operacji dowolnego kodu, a nawet kompensacja kodu wypadkowego wielu kodów w łańcuchu kodowym.

Ponieważ kompensację można przeprowadzać dla każdego łańcucha kodowego z osobna, więc nie jest konieczne spełnienie jakichkolwiek warunków (np. żeby w torze sterowniczym występowały kody zasadnicze). Bez względu na to, jakie kody występują w poszczególnych odcinkach toru sterowniczego, kompensacja ich przez zastosowanie kodów odwrotnych zawsze doprowadzi do otrzymania w zbiorze obrazów takich samych informacji, jakie są zawarte w zbiorze oryginałów.

W odróżnieniu od transinformowania analogowego, zapewniającego jednakowość informacji również we wszystkich zbiorach interkomunikatów, w transinformowaniu kompensacyjnym występuje tylko jednakowość informacji w zbiorze oryginałów i w zbiorze obrazów, podczas gdy w zbiorach interkomunikatów informacje mogą być od nich odmienne.

W praktyce, w transinformowaniu kompensacyjnym stosowanie kodów (jako transformacji oryginałów w interkomunikaty) bywa zwykle nazywane „kodowaniem”, natomiast stosowanie kodów odwrotnych (jako transformacji interkomunikatów w obrazy) w celu otrzymania kodów wypadkowych banalnych bywa nazywane „dekodowaniem”.

Ani w transinformowaniu banalnym, ani w transinformowaniu analogowym dekodowanie nie ma zastosowania. W transinformowaniu banalnym kody banalne są zapewnione z natury rzeczy, a w transinformowaniu analogowym nie są one potrzebne.

O ile w transinformowaniu analogowym mogą wchodzić w grę tylko kody operacyjne, o tyle w transinformowaniu kompensacyjnym rodzaj kodów jest nieistotny.

Objaśnia to następujący przykład. Przypuśćmy, że dla pewnego miernika wyznaczono systematyczne błędy pomiarowe i poprawki, podane w poniższym zestawieniu:

## ***Transinformowanie***

Wartość wielkości mierzonej	Wpływ błędu pomiarowego	Wskazanie miernika	Zastosowanie poprawki	Wynik pomiaru
Oryginał	Kod operacyjny	Interkomunikat	Kod operacyjny odwrotny	Obraz
10	-0,2	9,8	+0,2	10
20	-0,1	19,9	+0,1	20
30	-0,2	29,8	+0,2	30
40	-0,3	39,7	+0,3	40

Występują tu kody operacyjne, dzięki którym można np. ze wskazania 19,9 przez dodanie poprawki 0,1, otrzymać wynik 20. Przedtem jednak trzeba wiedzieć, że wskazaniu 19,9 odpowiada poprawka 0,1, znaczy to jednak, że sam związek między wskazaniem a poprawką jest kodem asocjacyjnym (wówczas wskazanie miernika jest oryginałem, poprawka zaś obrazem). Wobec tego można by ująć omawiane pomiary następująco:

Wartość wielkości mierzonej	Wpływ błędu pomiarowego	Wskazanie miernika	Zastosowanie poprawki	Wynik pomiaru
Oryginał	Kod asocjacyjny	Interkomunikat	Kod asocjacyjny odwrotny	Obraz
10	odpowiada	9,8	odpowiada	10
20	odpowiada	19,9	odpowiada	20
30	odpowiada	29,8	odpowiada	30
40	odpowiada	39,7	odpowiada	40

Łatwo zauważyc, że rozróżnienie między kodami operacyjnymi a kodami asocjacyjnymi staje się bezprzedmiotowe, gdy parametrów operacji w kodach nie można uważać za łańcuchy komunikatów zawierające informację zasadniczą, czyli gdy transinformowanie może polegać wyłącznie na kompensacji kodów w każdym łańcuchu kodowym z osobna.

W transinformowaniu kompensacyjnym jest również nieistotne, czy dotyczy ono informacji operacyjnych, czy informacji asocjacyjnych.

Jako ilustracja transinformowania, w którym występują informacje asocjacyjne i kody asocjacyjne, może służyć szyfrowanie i deszyfrowanie doniesień szpiegowskich, np.:

Tekst oryginalny	Tekst zaszyfrowany	Tekst odszyfrowany
Oryginał	Interkomunikat	Obraz
Desant odwołany	Siostra wyjechała	Desant odwołany

## **Transinformowanie**

Z innych przykładów transinformowania kompensacyjnego można wymienić: zapisanie utworu muzycznego za pomocą nut przez kompozytora, a później odtworzenie tego utworu z nut przez wirtuoza; przepisanie tekstu zwykłego alfabetem Morse'a, a potem odtworzenie tekstu zwykłego, itp.

Interesującym przykładem transinformowania kompensacyjnego jest opracowywanie prognoz, co — jak wspomniano w rozdz. 3 — odnosi się do sterowania, w którym obrazy występują wcześniej niż oryginały.

Aby to objąć najprościej, przypuśćmy, że do sterowania jest potrzebna informacja, w jakim położeniu  $x_2$  znajdował się swobodnie spadający kamień w chwili  $x_1$ , czyli informacja zawarta w asocjacji oryginałów  $x_1, x_2$ . Stan ten już nie istnieje, oryginały są więc niedostępne. Natomiast są dostępne interkomunikaty, tzn. jest znane położenie  $y_2$  kamienia w późniejszej chwili  $y_1$ . Transformacje oryginałów  $x_1, x_2$  w interkomunikaty  $y_1, y_2$  są kodami określonymi przez prawa ruchu ciał swobodnie spadających. Stosując kody odwrotne można przetransformować interkomunikaty  $y_1, y_2$  w takie obrazy  $z_1, z_2$ , żeby kody wypadkowe były banalne, tj. żeby  $z_1 = x_1$  oraz  $z_2 = x_2$ . Zgodność informacji  $I_{z12} = I_{x12}$  uzyskuje się tu więc na zasadzie transinformowania kompensacyjnego. Sterowanie w opisany przypadku odbywało się na podstawie historii, tj. z wykorzystaniem informacji dotyczących stanu przeszłego.

A teraz rozpatrzmy sytuację przeciwną, gdy do sterowania jest potrzebna informacja, w jakim położeniu  $x_2$  spadający kamień znajdzie się w chwili  $x_1$ , czyli informację zawartą w asocjacji oryginałów  $x_1, x_2$ . Stan ten jeszcze nie istnieje, wobec czego oryginały są niedostępne. Natomiast są dostępne interkomunikaty, tzn. jest znane położenie  $y_2$  kamienia we wcześniejszej chwili  $y_1$ . Transformacje oryginałów  $x_1, x_2$  w interkomunikaty  $y_1, y_2$  są kodami określonymi przez prawa ruchu ciał swobodnie spadających. Stosując kody odwrotne można przetransformować interkomunikaty  $y_1, y_2$  w takie obrazy  $z_1, z_2$ , żeby kody wypadkowe były banalne, tj. żeby  $z_1 = x_1$  oraz  $z_2 = x_2$ . Zgodność informacji  $I_{z12} = I_{x12}$  uzyskuje się tu więc również na zasadzie transinformowania kompensacyjnego. Sterowanie w opisany przypadku odbywało się na podstawie prognozy, tj. z wykorzystaniem informacji dotyczących stanu przyszłego.

Jak widać, okoliczność, czy oryginały występują wcześniej, czy też później niż interkomunikaty, nie odgrywa istotnej roli, w obu bowiem przypadkach postępowanie jest takie samo.

Prognowanie jest utrudnione, gdy nie dysponuje się potrzebnymi interkomunikatami i znajomością kodów wymagających kompensacji, ale w takich przypadkach równie trudne jest rekonstruowanie przeszłości.

Omówione rodzaje transinformowania: transinformowanie banalne, transinformowanie analogowe, transinformowanie kompensacyjne, wyčerpują możliwości uzyskania zgodności dowolnych informacji w procesie informowania.

Oprócz nich istnieją wprawdzie jeszcze dwie możliwości, ale są one ograniczone tylko do szczególnych przypadków, gdy chodzi o stwierdzenie

## Transinformowanie

banalności bądź niebanalności informacji. Do przypadku, gdy chodzi o stwierdzenie banalności informacji (rys. 8.6), odnosi się twierdzenie 8.6.

**Twierdzenie 8.6.** Jeżeli kody są jednakowe, a informacja zawarta w asocjacji oryginałów jest banalna, to również informacja zawarta w asocjacji obrazów jest banalna.

### D o w ó d

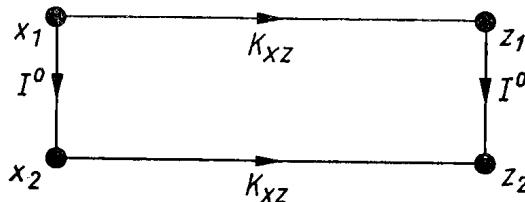
Są dane: asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$ , asocjacja obrazów  $z_1, z_2$  oraz informacja banalna

$$I_{x12} = I^0 \quad (8.39)$$

przy czym kody są jednakowe

$$K_{1xz} = K_{2xz} = K_{xz} \quad (8.40)$$

Jest szukana informacja  $I_{z12}$ .



Rys. 8.6. Transinformowanie komparacyjne

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać

$$I_{z12} = K_{xz} I_{z12} K_{zx} \quad (8.41)$$

a po uwzględnieniu (8.39)

$$I_{z12} = K_{xz} K_{zx} \quad (8.42)$$

Zgodnie z twierdzeniem 4.3 kod wypadkowy kodu  $K_{xz}$  i kodu  $K_{zx}$  jest kodem banalnym

$$K_{xz} K_{zx} = K^0 \quad (8.43)$$

wobec czego z (8.42) i (8.43) otrzymuje się

$$I_{z12} = I^0 \quad (8.44)$$

Z twierdzenia 8.6 wynika wniosek, że jest możliwe transinformowanie określone następującą definicją.

## **Transinformowanie**

*Definicja 8.7.* **Transinformowanie komparacyjne** jest to transinformowanie, w którym dzięki jednakowości kodów wypadkowych informacja zawarta w asocjacji obrazów jest banalna, jeżeli informacja zawarta w asocjacji oryginałów jest banalna.

Ponieważ w dowodzie twierdzenia 8.6 nie zachodziła potrzeba brania pod uwagę interkomunikatów, więc w transinformowaniu komparacyjnym kody w poszczególnych łańcuchach kodowych mogą być dowolne, byleby ich kody wypadkowe były jednakowe, przy czym mogą to być zarówno kody operacyjne (kod zasadniczy) jak i kody asocjacyjne. Wprawdzie do jednakowości kodów asocjacyjnych jest konieczne, żeby były one transformacjami asocjacyjnymi w asocjacjach o odpowiednio jednakowych komunikatach pierwotnych i komunikatach wtórnych, ale w transinformowaniu komparacyjnym warunek ten jest właśnie spełniony.

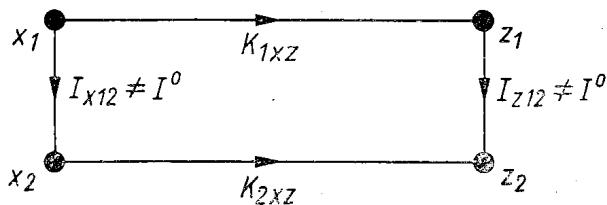
Jako przykład transinformowania komparacyjnego można wymienić pomiary wykonywane metodą porównawczą, np. ważenie na wadze szalkowej. Informacją banalną zawartą w asocjacji obrazów jest zerowe położenie wskazówki, a informacją banalną zawartą w asocjacji oryginałów jest zerowa różnica między masą ważoną a masą odważnika.

Odmianą metody porównawczej jest metoda podstawieniowa. Jeżeli nie znana wartość  $x_1$  wielkości mierzonej, stanowiącej właściwość fizyczną pewnego przedmiotu, wywołuje wskazanie  $y_1$  jakiegoś miernika, to wystarczy zastąpić ten przedmiot wzorcem nastawnym wielkości mierzonej i tak dobrać na nim jej wartość  $x_2$ , żeby wywołane przez nią wskazanie  $y_2$  miernika spełniało warunek  $y_2 = y_1$  (informacja banalna zawarta w asocjacji obrazów). Wówczas będzie spełniony również warunek  $x_2 = x_1$  (informacja banalna zawarta w asocjacji oryginałów), co jest równoznaczne ze znalezieniem szukanej wartości  $x_1$ . W pomiarze tym rolę miernika może odgrywać dowolny przyrząd o nie znanych właściwościach, byleby jego działanie przy obu jednakowych wskazaniach było jednakowe (jednakowość kodów).

Mimo ograniczenia do informacji banalnych transinformowanie komparacyjne znajduje szerokie zastosowanie. Jest ono w istocie podstawą wszelkiej wiedzy. Niemniej, zanim wytworzy sobie pojęcie matki, najpierw spostrzega, że zawsze ta sama pani daje mu zaznać rozkoszy ssania piersi. Na tej zasadzie wszyscy ludzie dążą do sytuacji, których powtarzanie się w przeszłości zapewniało takie same przyjemności. Zanim zbadano związki między różnymi minerałami, między różnymi roślinami, między różnymi zwierzętami, stwierdzono, że istnieją takie same minerały, takie same rośliny, takie same zwierzęta, oraz że mają takie same właściwości. Stwierdzenie, że powtarzaniu się pewnych faktów towarzyszy powtarzanie się innych faktów, prowadzi do uznawania pierwszych za przyczyny, a drugich za skutki.

## Transinformowanie

Do przypadku, gdy chodzi o stwierdzenie niebanalności informacji (rys. 8.7), odnosi się twierdzenie 8.7.



**Rys. 8.7.** Transinformowanie eliminacyjne

**Twierdzenie 8.7.** Jeżeli informacja zawarta w asocjacji oryginałów jest niebanalna, przy czym jeden kod jest transformacją różniczącą się od transformacji wypadkowej tej informacji i drugiego kodu, to również informacja zawarta w asocjacji obrazów jest niebanalna.

### D o w ó d

Są dane: asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  oraz asocjacja obrazów  $z_1, z_2$ , przy czym informacja  $I_{x12}$  jest niebanalna

$$I_{x12} \neq I^0 \quad (8.45)$$

a kod  $K_{1xz}$  jest transformacją różniczącą się od transformacji wypadkowej informacji  $I_{x12}$  i kodu  $K_{2xz}$

$$K_{1xz} \neq K_{2xz} I_{x12} \quad (8.46)$$

Jest szukana informacja  $I_{z12}$ .

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać

$$I_{z12} = K_{2xz} I_{x12} K_{1zx} \quad (8.47)$$

Można wprowadzić taką transformację pomocniczą  $T$ , która nierówność (8.46) przekształca w równość

$$T K_{1xz} = K_{2xz} I_{x12} \quad (8.48)$$

przy czym jest to na pewno transformacja niebanalna

$$T \neq T^0 \quad (8.49)$$

## ***Transinformowanie***

Z (8.47) i (8.48) wynika

$$I_{z12} = TK_{1xz}K_{1zx} \quad (8.50)$$

Zgodnie z twierdzeniem 4.3 kod wypadkowy kodu  $K_{1xz}$  i kodu  $K_{1zx}$  jest kodem banalnym

$$K_{1xz}K_{1zx} = K^0 \quad (8.51)$$

Z (8.50) i (8.51) wynika

$$I_{z12} = T \quad (8.52)$$

a z (8.49) i (8.52) wynika

$$I_{z12} \neq I^0 \quad (8.53)$$

Z twierdzenia 8.7 wynika wniosek, że jest możliwe transformowanie określone następującą definicją.

**Definicja 8.8. *Transinformowanie eliminacyjne*** jest to transinformowanie, w którym dzięki oddzielności łańcuchów kodowych informacja zawarta w asocjacji obrazów jest niebanalna, jeżeli informacja zawarta w asocjacji oryginałów jest niebanalna.

Informowanie jest transinformowaniem eliminacyjnym tylko w tych przypadkach, gdy ze stwierdzenia, że informacja zawarta w asocjacji oryginałów i informacja zawarta w asocjacji obrazów są niebanalne, wynika jednakowość tych informacji. Zachodzi to wówczas, gdy łańcuch informacyjny stanowi tylko jedna asocjacja komunikatów, zawierająca informację operacyjną, w której operacją jest eliminowanie jednego komunikatu asocjacji, co jest równoznaczne z pozostawieniem drugiego komunikatu tej asocjacji. Informacjami tego rodzaju są takie transformacje jak: zastępowanie (jednego komunikatu przez drugi), następowanie (jednego komunikatu po drugim), występowanie (jednego komunikatu zamiast drugiego) itp.

Aby to bliżej wyjaśnić, przypomnijmy z rozdz. 4, że do określenia komunikatu wtórnego powinno wystarczyć określenie komunikatu pierwotnego i transformacji operacyjnej. Gdyby łańcuch informacyjny składał się z liczby komunikatów większej niż dwa, np. z trzech komunikatów  $x_1, x_2, x_3$ , wówczas określenie komunikatu pierwotnego i informacji operacyjnej „zastąpić komunikat  $x_1$ ” byłoby niewystarczające

## ***Transinformowanie***

do określenia komunikatu wtórnego, nie wiadomo bowiem, czy komunikat  $x_1$  miałby być zastąpiony przez komunikat  $x_2$ , czy przez komunikat  $x^3$ . Wystarcza to natomiast w przypadku dwóch komunikatów  $x_1$ ,  $x_2$ , ponieważ komunikatem zastępującym komunikat  $x_1$  może być tylko komunikat  $x_2$ .

Wyraża to schemat logiczny

jeżeli  $p$  to  $q$   
więc jeżeli nie  $p$   
to nie  $q$

który w nawiązaniu do transinformowania eliminacyjnego można przedstawić następująco:

jeżeli jest obraz  $y_1$  to jest oryginał  $x_1$   
więc jeżeli nie ma obrazu  $y_1$  (czyli jest obraz  $y_2$ )  
to nie ma oryginału  $x_1$  (czyli jest oryginał  $x_2$ )

Na przykład, jeżeli jest czerwone światło sygnałowe (obraz  $y_1$ ), to w obwodzie elektrycznym jest napięcie (oryginał  $x_1$ ), a więc jeżeli nie ma światła czerwonego (obraz  $y_2$ ), to nie ma napięcia ( $x_2$ ).

Jeżeli jest objaw choroby ( $y_1$ ), to pacjent jest chory ( $x_1$ ), a więc jeżeli nie ma objawu ( $y_2$ ), to pacjent jest zdrowy ( $x_2$ ).

Inne jeszcze ograniczenie transinformowania eliminacyjnego wynika z okoliczności, że w dowodzie twierdzenia 8.7 występuje uzależnienie kodów od informacji  $I_{x_{12}}$  wyrażone warunkiem (8.46). Warunek ten jest w istocie wymaganiem oddzielności łańcuchów kodowych.

Na przykład, jeżeli oryginałami są liczby  $x_1 = +2$  oraz  $x_2 = -2$ , a kody są transformacjami podnoszenia do kwadratu, to obrazami będą liczby  $y_1 = 2^2 = 4$  oraz  $y_2 = (-2)^2 = 4$ . Asocjacja obrazów zawiera więc informację banalną, chociaż w asocjacji oryginałów jest zawarta informacja niebanalna, nie ma tu więc transinformowania. Jest to zrozumiałe, gdyż nie jest spełniony warunek (8.46). łańcuchy kodowe nie są tu oddzielne, lecz schodzą się we wspólnym obrazie  $y_1 = y_2 = 4$ .

Sytuacje tego rodzaju zdarzają się w praktyce. Na przykład, we wspomnianej powyżej sygnalizacji napięcia może się okazać, że lampa sygnałowa uległa przepaleniu, a wówczas informacja niebanalna zawarta w asocjacji oryginałów (nie ma napięcia — jest napięcie) byłaby transformowana w informację banalną (przy obu stanach napięcia lampa nie świeci). Dlatego też w praktyce stosuje się sygnalizację opartą na rozróżnie-

## ***Transinformowanie***

niu światła zielonego (gdy nie ma napięcia) i światła czerwonego (gdy jest napięcie). Natomiast ewentualne przepalenie się którejś lampy odgrywa rolę w innym procesie transinformowania eliminacyjnego, umożliwiającym odróżnienie wadliwego działania sygnalizacji od prawidłowego.

Łatwo zauważyc, że rodzaje transinformowania zostały przedstawione w kierunku malejących wymagań. Najostrzejszym wymaganiem jest, żeby obrazy były tym samym co oryginały (transinformowanie tożsamościowe), a przynajmniej żeby były jednakowe (transinformowanie równościowe). Jeżeli to jest niemożliwe, to żeby obrazy były proporcjonalne do oryginałów (transinformowanie analogowe). Jeżeli i to jest niemożliwe, to żeby wszelkie zniekształcenia występujące przy transformowaniu oryginałów w obrazy zostały skorygowane (transinformowanie kompensacyjne). I wreszcie, jeżeli nawet to jest niemożliwe, to żeby chociaż zniekształcenia były jednakowe (transinformowanie komparacyjne), ale w tym przypadku będzie można stwierdzać jedynie fakt jednakowości oryginałów, a nie związki między różnymi oryginałami. I wreszcie, jeżeli i ten warunek nie może być spełniony, to żeby zniekształcenia przynajmniej nie zacierały odrębności komunikatów jednej asocjacji.

Jeżeli żadne z powyższych wymagań nie jest spełnione, to informowanie nie jest transinformowaniem.

## **9. PSEUDOINFORMOWANIE**

Przedmiotem rozważań w tym rozdziale będzie informowanie, w którym wszystkie łańcuchy kodowe są zupełne, ale nie wszystkie są oddzielne.

*Definicja 9.1. Pseudoinformowanie* jest to informowanie, w którym niektóre komunikaty są wspólne dla kilku łańcuchów kodowych.

*Definicja 9.2. Pseudoinformacja* jest to informacja zawarta w asocjacji obrazów w wyniku pseudoinformowania.

Rodzaje pseudoinformowania można rozróżnić odpowiednio do rozróżnienia symulacji, dysymulacji i konfuzji (rozdz. 7).

*Definicja 9.3. Pseudoinformowanie symulacyjne* jest to pseudoinformowanie, w którym niektóre łańcuchy kodowe mają wspólny oryginał, lecz różne obrazy.

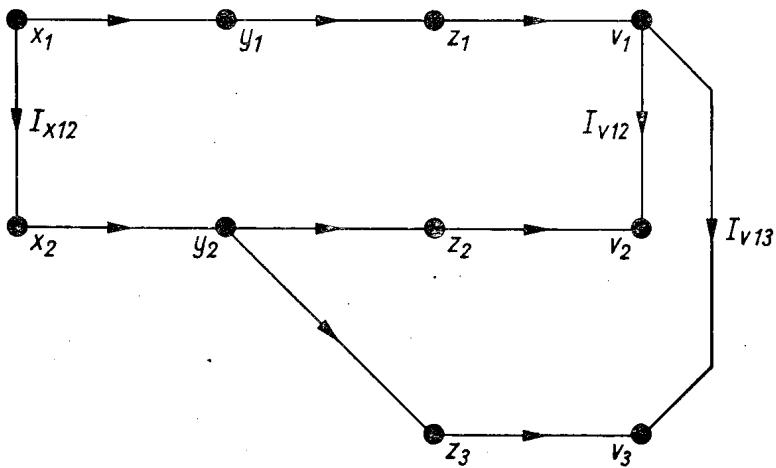
*Definicja 9.4. Pseudoinformacja symulacyjna* jest to pseudoinformacja otrzymana w wyniku pseudoinformowania symulacyjnego.

Pseudoinformowanie symulacyjne jest przedstawione schematycznie na rys. 9.1. Oryginał  $x_2$  jest transformowany w dwa obrazy  $v_2$  i  $v_3$ , wskutek czego informacja  $I_{x12}$  jest transformowana w dwie pseudoinformacje  $I_{v12}$  i  $I_{v13}$ .

Sytuacja taka powstaje wówczas, gdy w dwóch łańcuchach kodowych oryginały są od siebie nieodróżnialne, tj. asocjacja ich zawiera informację banalną, obrazy natomiast są rozróżnialne, tj. asocjacja ich zawiera informację niebanalną.

## Pseudoinformowanie

Pseudoinformowanie symulacyjne stwarza pozory, że skoro w zbiorze obrazów są zawarte dwie informacje ( $I_{v12}$  i  $I_{v13}$ ), to i w zbiorze oryginałów są zawarte dwie informacje, chociaż w rzeczywistości jest w nim zawarta tylko jedna informacja ( $I_{x12}$ ).



Rys. 9.1. Pseudoinformowanie symulacyjne

Ilustracją matematyczną pseudoinformowania symulacyjnego może być np. wyciąganie pierwiastka kwadratowego. Z oryginału w postaci liczby 4 otrzymuje się dwa obrazy w postaci liczb  $+2$  i  $-2$ . Informacja zawarta w asocjacji tych dwóch obrazów jest pseudoinformacją. Nie stanowi ona podstawy do rozróżnienia oryginałów.

Na przykład, z jednego równania

$$y^2 = x+1$$

nie można określić dwóch niewiadomych  $x$  i  $y$ , gdyż — jak wiadomo — do tego jest potrzebny układ dwóch równań z dwiema niewiadomymi. Układem takim nie są jednak równania:

$$y = + \sqrt{x+1}$$

$$y = - \sqrt{x+1}$$

otrzymane przez pierwiastkowanie pierwotnego równania. Wprawdzie liczba równań wzrosła o jedno równanie, ale przez to nie przybyła nowa informacja, a tylko jedyna posiadana informacja została przetransformowana w dwie pseudoinformacje.

Dla  $\sin \alpha = 0,5$  jako oryginału obrazami są wszystkie kąty  $n \cdot 30^\circ$  i  $n \cdot 150^\circ$ , przy czym  $n$  jest dowolną liczbą całkowitą dodatnią, ale informacje zawarte w tym zbiorze obrazów są tylko pseudoinformacjami. Zdekodowanie każdego z tych obrazów daje tylko taką informację, jaką zawiera zbiór oryginałów dzięki obecności oryginału  $\sin \alpha = 0,5$ .

Pseudoinformowanie symulacyjne występuje w sytuacjach, gdy ta sama przyczyna wywołuje różne skutki.

## **Pseudoinformowanie**

Jako przykład można tu wskazać chorobę mającą różne objawy.

Pseudoinformowaniem symulacyjnym jest wszelka analiza, a wyróżnione w niej przypadki szczególne są zbiorem obrazów zawierających pseudoinformacje. Nie wnoszą one nic nowego spoza obiektu analizowanego.

Na przykład, wśród trójkątów można rozróżnić trójkąty równoramienne, trójkąty równoboczne, trójkąty prostokątne. Trójkąty takiego szczególnego rodzaju można również otrzymać jako rzuty dowolnego trójkąta. Nie można się z nich dowiedzieć niczego, co by wykraczało poza właściwości trójkątów.

Dla koła jako oryginału obrazami mogą być: średnica, obwód, pole powierzchni itp., ale informacje otrzymane dzięki tym obrazom są pseudoinformacjami, każda z nich bowiem odnosi się do tego samego oryginału, a mianowicie do koła.

Klasyfikacja, czyli podział klasy nadzędnej na coraz mniejsze klasy podrzędne, nie wnosi żadnych informacji spoza klasy nadzędnej.

Jako przykład fizyczny pseudoinformowania symulacyjnego można wymienić rozszczepienia światła białego za pomocą pryzmatu. Otrzymane barwy widma świetlnego są obrazami rozróżnialnymi, podczas gdy w świetle białym, jako oryginałe, są one składnikami nierożnialnymi (dla oka ludzkiego). Kolem jest tu załamanie światła, przy czym współczynniki załamania (parametry operacji) są różne dla różnych długości fali promieniowania świetlnego, dzięki czemu uzyskuje się rozróżnialność barw odpowiednio do kąta, pod którym poszczególne wiązki promieniowania wychodzą z pryzmatu. Rozróżnianie barw widma świetlnego ma charakter pseudoinformacji, ponieważ wszystkie one odnoszą się do tego samego oryginału, jakim jest światło białe.

Jeżeli zamknięcie wyłącznika elektrycznego wywołuje jednoczesne zaświecenie lampy sygnałowej i dźwięk dzwonka alarmowego, to te dwa sygnały stanowią obrazy, których asocjacja zawiera pseudoinformację. Z obu tych obrazów razem i z każdego z osobna wynika tylko to, że obwód został zamknięty.

Głoskę „h” można zapisać wieloma sposobami w postaci liter „h” napisanych prosto lub pochyło, większymi lub mniejszymi czcionkami, o różnych proporcjach elementów składowych itp., ale różnice te stanowią pseudoinformację, nie zmieniające faktu, że chodzi tylko o głoskę „h”, a nie o jakąś inną.

Ilustracją językową pseudoinformowania symulacyjnego jest używanie wyrazów równoznacznych.

Mimo że wyrazy równoznaczne nie wzbogacają treści, bywają używane dla urozmaicenia stylistycznego. Tak np. Cycero, zwracając się do senatorów rzymskich w procesie przeciw Katylinie, użył wyrażenia „twarz i oblicza” (ora vultusque), chociaż obydwa wyrazy oznaczają jedno i to samo.

Podobny charakter mają wyrażenia „przez bory i lasy”, „w płaczu i łzach”, „cofać się w tył”, „w pracy i trudzie” itp.

Pseudoinformowaniem symulacyjnym jest np., gdy autor jakiegoś artykułu posługuje się w różnych zdaniach wyrazami: fabryka, fabryka, zakład produkcyjny, zakład przemysłowy, wszystkie one bowiem mają to samo znaczenie.

Zdarzają się mówcy, którzy mając niewiele do powiedzenia, mówią o tym samym za pomocą coraz to innych sformuowań, aby tym sprawić wrażenie obfitości podawanych

## Pseudoinformowanie

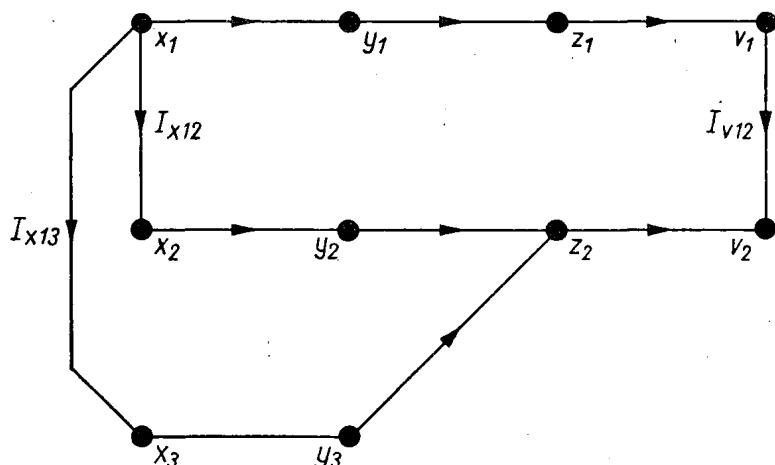
informacji. Jest to chwyt często stosowany w uczniowskich wypracowaniach, znany pod łacińską nazwą „ut aliquid scripsisse videatur” („aby się wydawało, że coś napisał”).

W publikacjach naukowych i technicznych posługiwanie się wyrazami równoznacznymi dezorientuje czytelnika. Jeżeli zna on tylko jedną nazwę danego pojęcia, a przy lekturze spotyka się również z inną w podobnym kontekście, to nasuwają mu się wątpliwości, czy jest to tylko przejaw skłonności autora do urozmaiceń stylistycznych, czy też rzeczywiście chodzi o dwa różne pojęcia.

**Definicja 9.5. Pseudoinformowanie dysymulacyjne** jest to pseudoinformowanie, w którym niektóre łańcuchy kodowe mają wspólny obraz, lecz różne oryginały.

**Definicja 9.6. Pseudoinformacja dysymulacyjna** jest to pseudoinformacja otrzymana w wyniku pseudoinformowania dysymulacyjnego.

Pseudoinformowanie dysymulacyjne jest przedstawione schematycznie na rys. 9.2. Oryginały  $x_2$  i  $x_3$  są transformowane w jeden obraz  $v_2$ , wskutek czego informacja  $I_{x12}$  i  $I_{x13}$  są transformowane w jedną pseudoinformację  $I_{v12}$ .



Rys. 9.2. Pseudoinformowanie dysymulacyjne

Sytuacja taka powstaje wówczas, gdy w dwóch łańcuchach kodowych oryginały są rozróżnialne, tj. asocjacja ich zawiera informację niebanalną, obrazy natomiast są od siebie nieodróżnialne, tj. asocjacja ich zawiera informację banalną.

Pseudoinformowanie dysymulacyjne stwarza pozory, że skoro w zbiorze obrazów jest zawarta jedna informacja ( $I_{v12}$ ), to i w zbiorze orygina-

## **Pseudoinformowanie**

łów jest zawarta jedna informacja, chociaż w rzeczywistości są w nim zawarte dwie informacje ( $I_{x12}$  i  $I_{x13}$ ).

Ilustracją matematyczną pseudoinformowania dysymulacyjnego może być np. podnoszenie do kwadratu. Z oryginału w postaci liczby  $+2$  otrzymuje się obraz w postaci liczby  $4$ . Z oryginału w postaci liczby  $-2$  również otrzymuje się obraz w postaci liczby  $4$ . Asocjacja tych jednakowych obrazów zawiera informację banalną, mimo że asocjacja oryginałów zawiera informację niebanalną. Wskutek tego, mając do dyspozycji obraz w postaci liczby  $4$  nie wiadomo, czy powstał on z oryginału w postaci liczby  $+2$ , czy z oryginału w postaci liczby  $-2$ , czy też z obu tych oryginałów naraz. Dlatego właśnie, jeżeli przy rozwiązywaniu układu równań zachodzi potrzeba podnoszenia do kwadratu, to otrzymuje się rozwiązanie ze zwiększoną liczbą pierwiastków końcowego równania, a do zmniejszenia ich liczby są potrzebne dodatkowe założenia (np. że pierwiastki nie mogą być ujemne).

Podobnie rozwiązanie otrzymane w postaci funkcji kątowej, np.  $\sin \alpha = 0,5$ , może odnosić się do wielu kątów i dopiero dodatkowe założenia (np. że chodzi o kąt ostry) umożliwiają uznanie tylko jednego z tych kątów za rozwiązanie równania.

Pseudoinformowanie dysymulacyjne występuje również w sytuacjach, gdy różne przyczyny wywołują taki sam skutek.

Jako przykład można wskazać różne choroby mające pewien wspólny objaw.

We wspomnianym w rozdz. 8 przykładzie sygnalizacji polegającej na tym, że lampa sygnalizacyjna świeci, gdy obwód elektryczny jest pod napięciem, a nie świeci, gdy napięcia nie ma, występuje pseudoinformowanie dysymulacyjne w przypadku przepalenia się lampy: bez względu na to, czy jest napięcie, czy go nie ma, lampa nie świeci.

W oporniku suwakowym ciągła zmiana położenia suwaka nie powoduje ciągłej zmiany oporu elektrycznego, lecz zmianę skokową. Występuje tu pseudoinformowanie dysymulacyjne, dopóki bowiem suwak nie zacznie stykać się z następnym zwojem, dopóty opór elektryczny nie zmieni się, chociaż suwak przybiera coraz to inne położenia.

Pseudoinformowaniem dysymulacyjnym jest wszelka synteza, a wynikające z niej uogólnienie jest pseudoinformacją dysymulacyjną, zacierającą rozróżnienie przypadków szczególnych występujące w zbiorze oryginałów.

Na przykład, pseudoinformowanie dysymulacyjne występuje, gdy na podstawie takich pojęć szczególnych, jak trójkąt równoramienny, trójkąt równoboczny, trójkąt prostokątny i in., tworzy się pojęcie ogólne trójkąta.

Podobnie jest przy transformacji figur płaskich, jak np. koło o średnicy  $D$ , kwadrat o boku  $D$  itp., w ich rzuty, z których każdy ma postać odcinka o długości  $D$ .

Pseudoinformowaniem dysymulacyjnym jest zastępowanie zestawienia poszczególnych obiektów podaniem klasy, do której tego rodzaju obiekty są zaliczane.

Jako pseudoinformowanie dysymulacyjne trzeba również wymienić sporządzanie statystyk. Dane statystyczne, jako sumaryczne przedstawiające grupy poszczególnych obiektów, zawierają pseudoinformacje dysymulacyjne.

## **Pseudoinformowanie**

Ciągiem kolejnych procesów pseudoinformowania dysymulacyjnego jest sporządzanie meldunków wojskowych na temat ponoszonych strat podczas wojny. Na poziomie plutonu wymienia się nazwiska poległych. Na poziomie pułku wymienia się tylko liczby poległych oficerów, podoficerów i szeregowców. Na poziomie armii podaje się już tylko jedną liczbę i to zaokrągloną w tysiącach żołnierzy.

Podobnie pseudoinformowaniem dysymulacyjnym jest wyrażanie przebiegu bądź rozkładu jakiejś wielkości za pomocą jej wartości średniej.

Ilustracją językową pseudoinformowania dysymulacyjnego jest używanie wyrazów wieloznacznych.

Na przykład, dwuznaczny jest wyraz „liczba”, używany potocznie zarówno w znaczeniu miary ilości jak i oznaczenia tej miary. W stwierdzeniu, że w jednym po-konu jest 13 razy więcej osób niż w drugim, 13 jest liczbą w znaczeniu miary ilości. Oznaczeniem jednak tej miary może być równie dobrze 13 w dziesiętnym systemie liczbowym jak i 1101 w dwójkowym systemie liczbowym. Jak widać, dwie różne liczby jako oznaczenia odnoszą się do tej samej liczby w znaczeniu miary ilości. Parzystość, podzielność przez 3 itp. są właściwościami liczb w znaczeniu miary ilości, w stwierdzeniu natomiast, że w celu pomnożenia liczby całkowitej przez 10 należy do niej dopisać zero, wyraz „liczba” występuje w znaczeniu oznaczenia miary ilości i to odnoszącego się tylko do dziesiętnego systemu liczbowego.

Podobnie dwuznaczny jest wyraz „cyfra”, używany zarówno w znaczeniu znaku jak i miejsca zajmowanego przez ten znak. O liczbie 1101 można powiedzieć, że jest zapisana za pomocą tylko dwóch cyfr: 0 i 1 (na których opiera się dwójkowy system liczbowy), ale również że jest to liczba czterocyfrowa. Wskutek tej dwuznaczności odpowiedź na pytanie, ilu cyfr trzeba do tego, żeby liczbę 13 w dziesiętnym systemie liczbowym zapisać w innym systemie liczbowym, będzie pseudoinformowaniem dysymulacyjnym, nie wiadomo bowiem, w jakim znaczeniu będzie w niej użyty wyraz „cyfra”, jeżeli nie zostanie dodany wyjaśniający komentarz.

Wyrazem wieloznacznym jest „skala”, używany m.in. w znaczeniu ciągu wartości jakiejś wielkości fizycznej (np. „skala temperatur”, „skala tonów”, „skala barw” itp.), w znaczeniu zbioru kresek odpowiadających tym wartościom (np. „skala logarytmiczna”), w znaczeniu przedmiotu, na którym te kreski są zaznaczone (np. „skala szklana”, „skala płaska” itp.), w znaczeniu stosunku liczb służącego do przeliczeń między odległościami w terenie i na mapie tego terenu i in.

Wyrazy wieloznaczne mogą prowadzić do nieporozumień, szczególnie dotkliwych w publikacjach naukowych i technicznych, toteż usuwanie wieloznaczności przez wprowadzanie nowych terminów jest jednym z zadań komisji terminologicznych w rozmaitych dziedzinach wiedzy.

Z pseudoinformowaniem dysymulacyjnym można się spotkać u osób chętnie posługujących się nazwami ogólnikowymi, aby nie zdradzić się z ignorancją w zakresie szczegółowych rozróżnień. Na przykład postępuje tak student, który nie mając pewności, czy chodzi o prądnicę czy o przetwornicę, uważa, że bezpieczniej jest użyć nazwy „maszyna”.

Pseudoinformowanie dysymulacyjne stosowała Pytia delficka stawiając wróżby

## **Pseudoinformowanie**

w taki sposób, że można je było rozmaicie interpretować, dzięki czemu zawsze się „sprawdzały”.

Taka sama metoda jest stosowana z upodobaniem w komunikatach wojennych, z przysłowiowymi już wyrażeniami w rodzaju „skrócenia frontu”, „oderwania się od nieprzyjaciela” itp.

Przykładem pseudoinformowania dysymulacyjnego jest przytaczany w szkołach wojskowych meldunek, że „dwa plutony dostały się do niewoli”, z którego nie wiadomo, czy nasze do nieprzyjacielskiej czy nieprzyjacielskie do naszej.

Osoby, którym przypadło zadanie zaprotokołowania przebiegu zebrania na tematy mało im znane, chcąc uniknąć zarzutu popełnienia błędów, stosują pseudoinformowanie dysymulacyjne, co w skrajnych przypadkach doprowadza do napisania protokołu zawierającego same ogólniki, np.: „W obszernym referacie prelegent przedstawił dotychczasowe osiągnięcia, omówił mankamenty i zanalizował ich przyczyny, wysuwając liczne wnioski na przyszłość. Po referacie odbyła się dyskusja, w której zabierało głos wielu mówców. Na zakończenie uchwalono plan działalności obejmujący zadania wymagające wykonania w następnym okresie”.

**Pseudoinformowanie dysymulacyjne** powoduje ubytek informacji.

Pseudoinformowanie dysymulacyjne umożliwia jednak uniknięcie trudności mogących wynikać z występowania dużej liczby obrazów.

Ocena, kiedy należy dążyć do pseudoinformowania dysymulacyjnego, a kiedy należy go unikać, zależy od tego, jakie informacje są potrzebne do sterowania. Sprowadzanie podzbioru oryginałów do jednego obrazu jest użyteczne, gdy są potrzebne informacje będące transformacjami jednego podzbioru oryginałów w inny podzbiór oryginałów, stają się bowiem one transformacjami jednego obrazu w inny obraz, co jest znacznie prostsze. Jest ono natomiast szkodliwe, gdy są potrzebne informacje będące transformacjami jednego oryginału danego podzbioru oryginałów w inny oryginał tego samego podzbioru oryginałów, ponieważ w pseudoinformowaniu dysymulacyjnym informacje takie zostają stracone.

Na przykład w statystyce racjonalne jest podawanie liczby inżynierów bez rozróżnienia węższych specjalności, jeżeli liczba ta jest potrzebna do porównań z liczbą lekarzy, liczbą nauczycieli itp., jest natomiast nieracjonalne, gdy jest również potrzebne porównanie liczb inżynierów poszczególnych specjalności.

Te właśnie okoliczności były powodem zrezygnowania w tej książce z ogólnego terminu „relacja” i wprowadzenia w niej terminu „transformacja”. Na przykład używanie wspomnianego już (rozdz. 4) terminu ogólnego „pokrewieństwo” bez wnikania w rodzaje pokre-

## **Pseudoinformowanie**

wieństwa (jak np. być ojcem, bratem, synem itp.) jest usprawiedliwione, gdy chodzi o odróżnienie od innych klas stosunków międzyludzkich, jak np. zawód, miejsce zatrudnienia, miejsce zamieszkania itp. (np. „*A* i *B* są spokrewnieni, ale nie mieszkają razem”). Natomiast używanie terminu „pokrewieństwo” staje się pseudoinformowaniem dysymulacyjnym w sprawie wymagającej rozróżniania między poszczególnymi rodzajami pokrewieństwa, a o to właśnie chodziło we wspomnianych przykładach (wnioskowanie o pokrewieństwie między osobami *A* i *C* na podstawie pokrewieństwa między osobami *A* i *B* oraz między osobami *B* i *C*). Do usunięcia tego pseudoinformowania jest potrzebny taki podział na klasy, w którym transformacja którejkolwiek klasy daje w wyniku inną klasę, a nie inne elementy tej samej klasy.

Jest to szczególnie widoczne w niniejszym rozdziale: do rozważań nad pseudoinformowaniem nie nadają się terminy, których używanie samo bywa pseudoinformowaniem.

*Definicja 9.7. Pseudoinformowanie konfuzyjne* jest to pseudoinformowanie, w którym niektóre łańcuchy kodowe mają z pewnymi łańcuchami kodowymi wspólnie oryginały a z innymi łańcuchami kodowymi wspólnie obrazy.

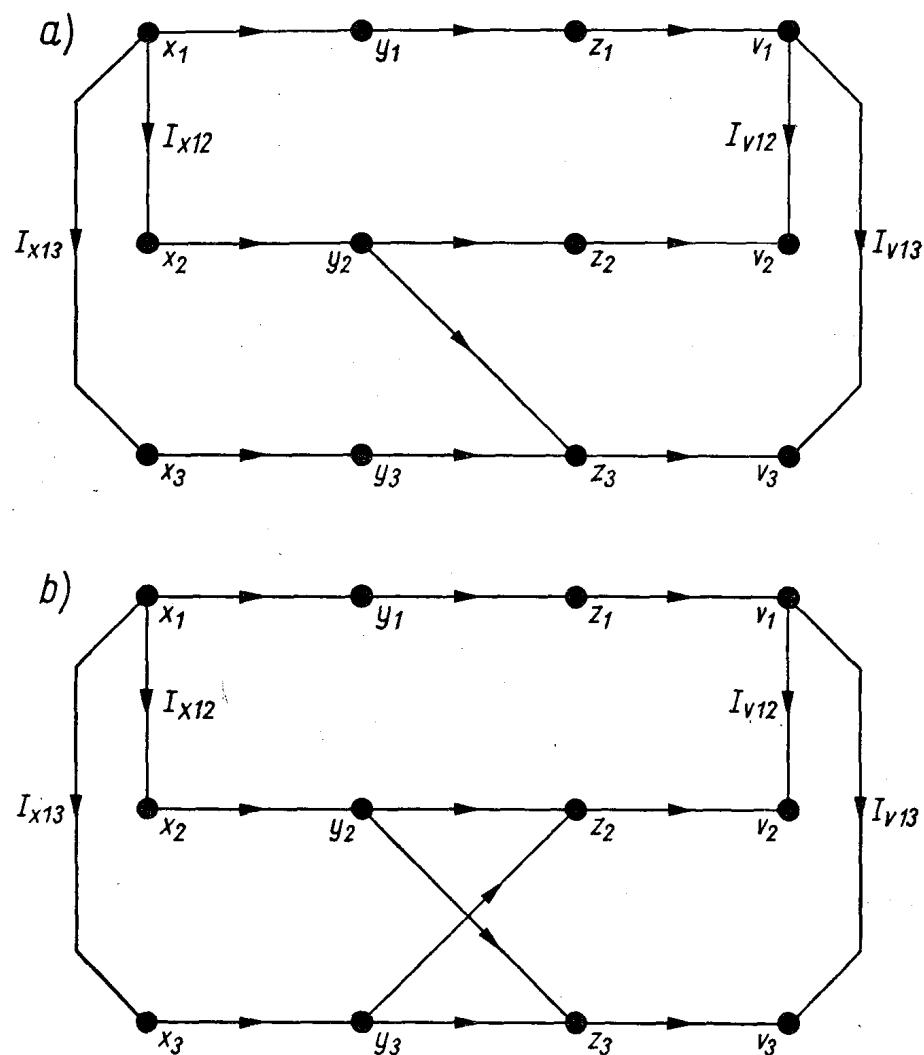
Pseudoinformowanie konfuzyjne jest więc kombinacją pseudoinformowania symulacyjnego i pseudoinformowania dysymulacyjnego.

*Definicja 9.8. Pseudoinformowanie konfuzyjne pojedyncze* jest to pseudoinformowanie konfuzyjne, w którym spośród trzech łańcuchów kodowych drugi ma z pierwszym wspólny oryginał a z trzecim wspólny obraz.

Pseudoinformowanie konfuzyjne pojedyncze jest przedstawione na rys. 9.3a. Oryginał  $x_2$  jest transformowany w obraz  $v_2$  i obraz  $v_3$ , jest to więc pseudoinformowanie symulacyjne. Ponadto oryginał  $x_2$  i oryginał  $x_3$  są transformowane w obraz  $v_3$ , jest to więc pseudoinformowanie dysymulacyjne. W tym rodzaju pseudoinformowania konfuzyjnego występuje transformacja jednego oryginału w dwa obrazy oraz transformacja dwóch oryginałów w jeden obraz.

## Pseudoinformowanie

Pseudoinformowanie konfuzyjne pojedyncze występuje w sytuacjach, gdy jeden z możliwych skutków jakiejś przyczyny może powstać również z innej przyczyny.



**Rys. 9.3** Pseudoinformowanie konfuzyjne: pojedyncze;  
b) podwójne

Na przykład, jeden z objawów pewnej choroby może być zarazem objawem innej choroby.

Z językowymi przykładami pseudoinformowania konfuzyjnego pojedynczego można się często spotkać w związku ze wzrastającą tendencją do określania funkcji zawodowych, dawniej niedostępnych dla kobiet, jedną nazwą bez względu na to, czy chodzi o mężczyznę czy kobietę, jak np.: profesor, doktor, minister, ambasador itp. Używanie ich jest pseudoinformowaniem dysymulacyjnym. Tendencja ta rozszerza się również na takie funkcje zawodowe, dla których istnieją osobne nazwy dla mężczyzn i kobiet, np. nauczyciel — nauczycielka, aktor — aktorka, tancerz — tancerka, kierow-

## **Pseudoinformowanie**

nik — kierowniczka itp. Wskutek wspomnianej tendencji używanie ich staje się pseudoinformowaniem konfuzyjnym pojedynczym, gdyż np. nauczająca kobieta bywa nazywana „nauczycielem” i „nauczycielką” (pseudoinformowanie symulacyjne), a zarazem wyraz „nauczyciel” może oznaczać nauczającego mężczyznę lub nauczającą kobietę (pseudoinformowanie dysymulacyjne).

Jako przykład pseudoinformacji konfuzyjnej pojedynczej można też przytoczyć zamieszanie terminologiczne spowodowane tym, że jedni za „wyjściowe” uważają to, od czego jakiś proces się zaczyna („dane wyjściowe” do obliczeń, „stanowiska wyjściowe”, armii wyruszającej do natarcia), inni zaś to, czym proces się kończy („moc wyjściowa” generatora). Wskutek tego nie wiadomo, czy np. „materiał wyjściowy” to materiał poddawany procesowi technologicznemu, czy też materiał otrzymywany w wyniku takiego procesu, gdyż wyrażenie to bywa używane bądź w jednym, bądź w drugim z tych znaczeń.

Innym przykładem pseudoinformowania konfuzyjnego jest często jeszcze zdarzające się nazywanie transportu „komunikacją”. Wskutek tego słysząc wyraz „komunikacja” nie wiadomo, czy mówiący ma na myśli komunikację, czy też transport.

**Definicja 9.9. Pseudoinformowanie konfuzyjne podwójne** jest to pseudoinformowanie konfuzyjne, w którym spośród czterech łańcuchów kodowych drugi ma z pierwszym wspólny oryginał a z czwartym wspólny obraz, trzeci zaś ma z pierwszym wspólny obraz a z czwartym wspólny oryginał.

Pseudoinformowanie konfuzyjne podwójne jest przedstawione na rys. 9.3b. Oryginał  $x_2$  jest transformowany w obrazy  $v_2$  i  $v_3$ , przy czym również oryginał  $x_3$  jest transformowany w obrazy  $v_2$  i  $v_3$ , jest to więc pseudoinformowanie symulacyjne. Ponadto oryginały  $x_2$  i  $x_3$  są transformowane w obraz  $v_2$ , przy czym te same oryginały są również transformowane w obraz  $v_3$ , jest to więc pseudoinformowanie dysymulacyjne. W tym rodzaju pseudoinformowania konfuzyjnego występuje transformacja każdego z dwóch oryginałów w dwa obrazy, a każdy z tych obrazów jest wynikiem transformacji dwóch oryginałów.

Pseudoinformowanie konfuzyjne podwójne występuje w sytuacjach, gdy każdy z rozpatrywanych skutków może być wywołany przez każdą z rozpatrywanych przyczyn.

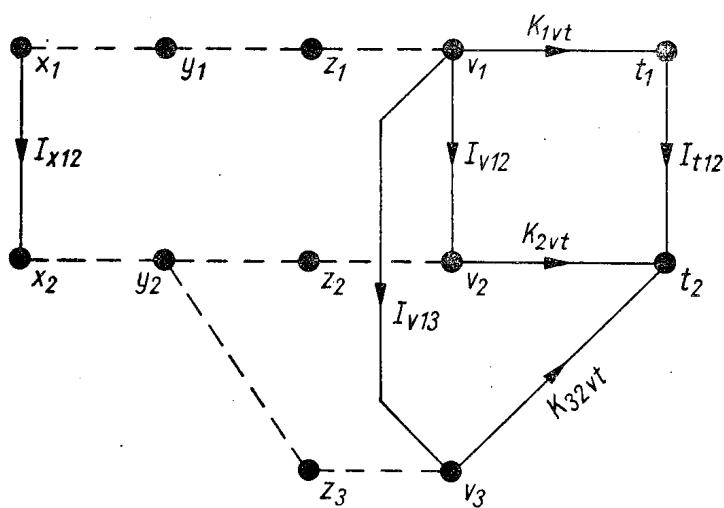
Przypadek taki zachodzi np. w diagnozie medycznej, w której stwierdzono liczne objawy, ale mogące występować w wielu różnych chorobach.

Pseudoinformowaniem konfuzyjnym podwójnym było w dawnych krotochwilach „qui pro quo” polegające na przebieraniu się pana za służącego i służącego za pana, przy czym wynikające stąd zamieszanie miało wywołać efekt humorystyczny.

## Pseudoinformowanie

Jako przykład językowy można przytoczyć wyrazy „pracodawca” i „pracobiorca”. Utarło się, że „pracodawca” to instytucja zatrudniająca, „pracobiorca” zaś to zatrudniony pracownik. Tymczasem cudzoziemiec uczący się dopiero języka polskiego, mógłby nie bez słuszności sądzić, że to pracownik jest „pracodawcą”, gdyż daje swoją pracę, a zatrudniającą go instytucję jest „pracobiorcą”, gdyż bierze pracę pracownika, dając w zamian wynagrodzenie.

Obecnie rozważymy, co w poszczególnych rodzajach pseudoinformowania można osiągnąć przez zastosowanie kodów odwrotnych. W tym celu obrazy ( $v$ ) otrzymane w wyniku pseudoinformowania będą uwa-



**Rys. 9.4.** Zastosowanie kodów odwrotnych po pseudoinformowaniu symulacyjnym

żane za interkomunikaty, a dopiero komunikaty ( $t$ ) otrzymane w wyniku zastosowania kodów odwrotnych będą uważane za obrazy.

Do zastosowania kodów odwrotnych w przypadku pseudoinformowania symulacyjnego (rys. 9.4) odnosi się twierdzenie 9.1.

**Twierdzenie 9.1.** Jeżeli informowanie jest pseudoinformowaniem symulacyjnym, to po zastosowaniu kodów odwrotnych staje się ono transinformowaniem.

D o w ó d

Są dane: asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  zawierająca informację  $I_{x12}$ , kod  $K_{1xv}$  będący transformacją oryginału  $x_1$  w interkomunikat  $v_1$  i kod odwrotny

$$K_{1vt} = K_{1vx} \quad (9.1)$$

## Pseudoinformowanie

kody  $K_{2xv}$  i  $K_{23xv}$  będące transformacjami oryginału  $x_2$  w interkomunikaty  $v_2$  i  $v_3$  oraz kody odwrotne:

$$K_{2vt} = K_{2vx} \quad (9.2)$$

$$K_{32vt} = K_{23vx} \quad (9.3)$$

będące transformacjami interkomunikatów  $v_2$  i  $v_3$  w obraz  $t_2$ .

Jest szukana informacja  $I_{t12}$  zawarta w asocjacji obrazów  $t_1$ ,  $t_2$ .

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać:

$$I_{v12} = K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.4)$$

$$I_{v13} = K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.5)$$

oraz:

$$I_{t12} = K_{2vt} I_{v12} K_{1tv} \quad (9.6)$$

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13} K_{1tv} \quad (9.7)$$

Podstawiając  $I_{v12}$  z (9.4) do (9.6) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.8)$$

skąd po uwzględnieniu (9.1) i (9.2) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (9.9)$$

Ponadto, podstawiając  $I_{v13}$  z (9.5) do (9.7) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.10)$$

skąd po uwzględnieniu (9.1) i (9.3) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (9.11)$$

Ostatecznie więc występuje tu transformowanie informacji  $I_{x12}$  w taką samą informację  $I_{t12}$  (9.11), a wobec tego informowanie takie jest transinformowaniem.

Z twierdzenia 9.1 wynika wniosek, że aby pseudoinformowanie symulacyjne stało się transinformowaniem, wystarczy zastosować kod odwrotny do któregokolwiek z interkomunikatów powodujących występowanie pseudoinformacji symulacyjnych.

Na przykład, jeżeli obrazami są liczby  $+2$  i  $-2$  powstałe z pierwiastka kwadratowego, to wystarczy podnieść do kwadratu jedną z tych liczb, np.  $+2$ , aby otrzymać

## Pseudoinformowanie

4 jako liczbę równą oryginałowi. Gdyby ponadto podnieść do kwadratu liczbę -2, nie wniosłoby to nic nowego.

Jeżeli lampa sygnałowa i dzwonek alarmowy są sterowane tym samym wyłącznikiem, to z faktu, że lampa sygnałowa się zaświeciła, wynika, że wyłącznik został zamknięty. Aby to stwierdzić, można nie brać pod uwagę faktu, że również dzwonek alarmowy zadzwonił, gdyż nie wynika stąd nic więcej niż to, że wyłącznik ten został zamknięty.

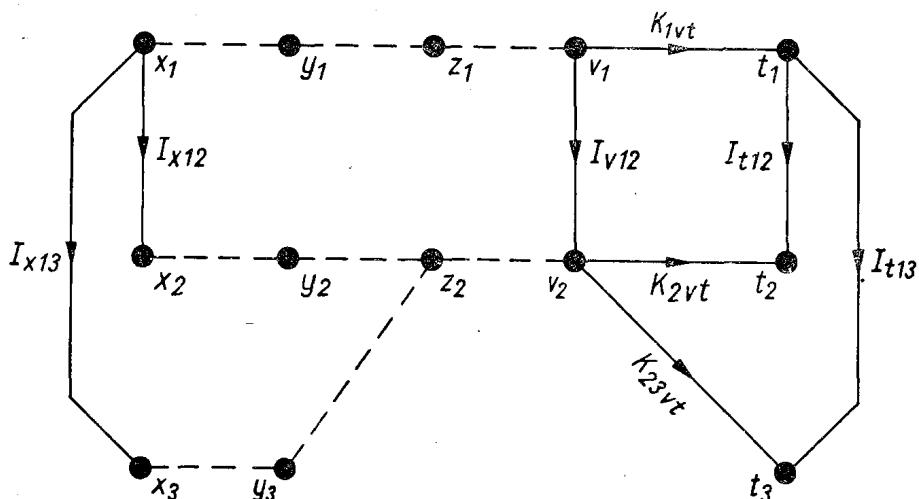
W dwuprzewodowej instalacji elektrycznej, zaopatrzonej w bezpieczniki w obu przewodach, prąd zostanie przerwany z chwilą przepalenia się któregokolwiek bezpiecznika. Przepalenie się drugiego bezpiecznika nie zmieniłoby już tego stanu rzeczy.

Mimo że pseudoinformowanie symulacyjne zwiększa liczbę interkomunikatów bez zwiększania liczby informacji zawartych w zbiorze oryginałów, może ono być racjonalne dlatego, że zwiększa niezawodność otrzymywania informacji.

Z tego właśnie względem bywa stosowana podwójna sygnalizacja niebezpieczeństwa, podwójne zabezpieczenie itp. Gdyby któryś z nich zawiodło, pozostałe spełni swoje zadanie.

Stwierdzenie tylko jednego ze skutków wywoływanych przez pewną przyczynę wystarcza do wykrycia tej przyczyny.

Na przykład, w chorobie mającej różne objawy, charakterystyczne tylko dla tej choroby, wystarczy stwierdzić tylko jeden z nich, aby rozpoznać tę chorobę. Inne objawy mogą posłużyć tylko do potwierdzenia diagnozy.



**Rys. 9.5.** Zastosowanie kodów odwrotnych po pseudoinformowaniu dysymulacyjnym

Do zastosowania kodów odwrotnych w przypadku pseudoinformowania dysymulacyjnego (rys. 9.5) odnosi się twierdzenie 9.2.

## **Pseudoinformowanie**

**Twierdzenie 9.2.** Jeżeli informowanie jest pseudoinformowaniem dysymulacyjnym, to po zastosowaniu kodów odwrotnych staje się ono pseudoinformowaniem konfuzyjnym podwójnym.

### D o w ó d

Są dane: łańcuch oryginałów  $x_1, x_2, x_3$  zawierający informacje  $I_{x12}$  i  $I_{x13}$ , kod  $K_{1vx}$  będący transformacją oryginału  $x_1$  w interkomunikat  $v_1$ , kod odwrotny

$$K_{1vt} = K_{1vx} \quad (9.12)$$

będący transformacją interkomunikatu  $v_1$  w obraz  $t_1$ , kody  $K_{2xv}$  i  $K_{32xv}$  będące transformacjami oryginałów  $x_2, x_3$  w interkomunikat  $v_2$  oraz kody odwrotne:

$$K_{2vt} = K_{2vx} \quad (9.13)$$

$$K_{23vt} = K_{32vx} \quad (9.14)$$

będące transformacjami interkomunikatu  $v_2$  w obrazy  $t_2, t_3$ .

Są szukane informacje  $I_{t12}$  i  $I_{t13}$  zawarte w łańcuchu obrazów  $t_1, t_2, t_3$ .

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać:

$$I_{v12} = K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.15)$$

$$I_{v12} = K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} \quad (9.16)$$

oraz:

$$I_{t12} = K_{2vt} I_{v12} K_{1tv} \quad (9.17)$$

$$I_{t13} = K_{23vt} I_{v12} K_{1tv} \quad (9.18)$$

Podstawiając  $I_{v12}$  z (9.15) do (9.17) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.19)$$

skąd po uwzględnieniu (9.12) i (9.13) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (9.20)$$

Ponadto, podstawiając  $I_{v12}$  z (9.16) do (9.18) otrzymuje się

$$I_{t13} = K_{23vt} K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.21)$$

skąd po uwzględnieniu (9.12) do (9.14) wynika

$$I_{t13} = I_{x13} \quad (9.22)$$

## *Pseudoinformowanie*

I wreszcie, podstawiając  $I_{v12}$  z (9.16) do (9.17) oraz  $I_{v12}$  z (9.15) do (9.18) otrzymuje się:

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.23)$$

$$I_{t13} = K_{23vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.24)$$

skąd po uwzględnieniu (9.12) wynika:

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{32xv} I_{x13} \quad (9.25)$$

$$I_{t13} = K_{23vt} K_{2xv} I_{x12} \quad (9.26)$$

Ostatecznie więc występuje tu:

— transformowanie informacji  $I_{x12}$  (9.20) i informacji  $I_{x13}$  (9.25) w informację  $I_{t12}$ ,

— transformowanie informacji  $I_{x12}$  (9.26) i informacji  $I_{x13}$  (9.22) w informację  $I_{t13}$ ,

a zarazem:

— transformowanie informacji  $I_{x12}$  w informację  $I_{t12}$  (9.20) i informację  $I_{t13}$  (9.26),

— transformowanie informacji  $I_{x13}$  w informację  $I_{t12}$  (9.25) i informację  $I_{t13}$  (9.22),

a wobec tego informowanie takie jest pseudoinformowaniem konfuzyjnym podwójnym.

Z twierdzenia 9.2 wynika wniosek, że w przypadku pseudoinformowania dysymulacyjnego zastosowanie kodów odwrotnych daje tylko repertuar informacji, jakie mogły być zawarte w zbiorze oryginałów, ale niekoniecznie były w nim zawarte.

Na przykład, jeżeli obrazem jest liczba 4 powstała z podnoszenia do kwadratu, to przez zastosowanie kodu odwrotnego otrzyma się liczby  $+2$  i  $-2$ , ale tylko jako repertuar możliwości, pozostaje bowiem niejasne, czy w konkretnym zadaniu liczbę 4 otrzymano z liczby  $+2$ , czy z liczby  $-2$ , czy też z obu tych liczb naraz.

Jeżeli o bliżej nieznanym obiekcie wiadomo tylko, do jakiej należy on klasy obiektów, to z wymienienia wszystkich obiektów tej klasy nie wynika, o jaki obiekt chodzi.

Na przykład, jeżeli w zestawieniu statystycznym podano tokarki jako obrabiarki, to z wymienienia wszelkich rodzajów obrabiarek nie będzie można się dowiedzieć, że w danym przypadku chodziło o tokarki, a nie o frezarki, wiertarki itp.

## Pseudoinformowanie

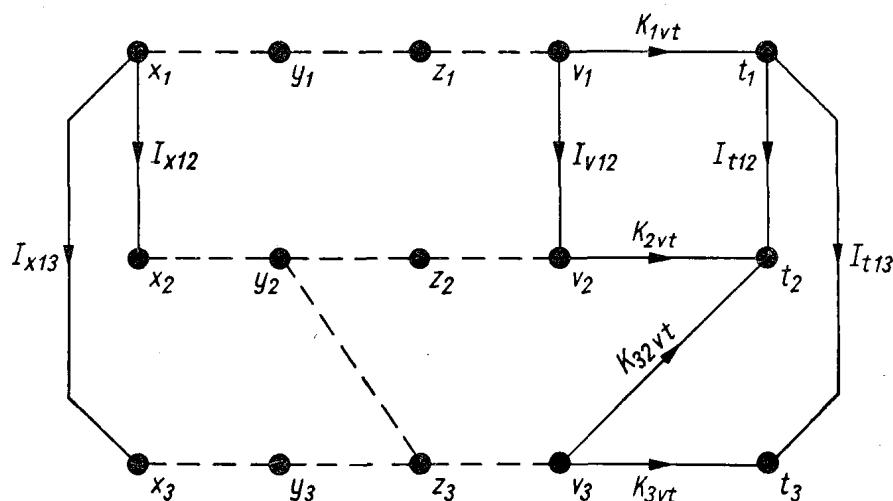
Nie można odtworzyć rozkładu temperatury na podstawie znajomości temperatury średniej, wiele bowiem rozkładów może mieć taką samą średnią.

Znajomość skutku mogącego powstać z wielu przyczyn nie wystarcza do stwierdzenia przyczyny, która ten skutek wywołała, lecz tylko do stwierdzenia, że chodzi o jedną spośród tych przyczyn.

Na przykład, z objawu wspólnego dla pewnej grupy chorób można tylko wnosić, że w konkretnym przypadku chodzi o jedną z tych chorób. Im więcej chorób ma taki sam objaw (np. objawem towarzyszącym bardzo wielu chorobom jest podwyższenie temperatury ciała), tym trudniej rozpoznać, na co chory jest konkretny pacjent.

Na podstawie śladów znalezionych na miejscu przestępstwa detektyw otrzymuje tylko repertuar możliwości co do przebiegu przestępstwa, jego sprawców itp. Do prowadzenia eliminacji możliwości nie odpowiadających rzeczywistości musi on znać dodatkowe okoliczności.

Pseudoinformowanie dysymulacyjne jest środkiem ukrywania prawdy bez narżenia się na zarzut kłamstwa, gdy się jest zmuszonym do odpowiadania na pytania. Ogólnikowe odpowiedzi pozostawiają jeszcze obszerny repertuar możliwości, co wypytyującemu utrudnia lub praktycznie uniemożliwia znalezienie właściwej informacji. W takiej sytuacji bywają np. świadkowie lękający się zemsty za zeznania mogące zaszkodzić oskarżonemu (przynaglani do dalszych odpowiedzi mają skłonność do powtarzania tego, co już powiedzieli, ale innymi wyrazami, czyli zamiast pseudoinformowania dysymulacyjnego zaczynają stosować pseudoinformowanie symulacyjne).



Rys. 9.6. Zastosowanie kodów odwrotnych po pseudoinformowaniu konfuzyjnym pojedynczym

Do zastosowania kodów odwrotnych w przypadku pseudoinformowania konfuzyjnego pojedynczego (rys. 9.6) odnosi się twierdzenie 9.3.

## *Pseudoinformowanie*

**Twierdzenie 9.3.** Jeżeli informowanie jest pseudoinformowaniem konfuzyjnym pojedynczym, to przy zastosowaniu kodów odwrotnych staje się ono pseudoinformowaniem konfuzyjnym podwójnym.

### D o w ó d

Są dane: łańcuch oryginałów  $x_1, x_2, x_3$  zawierający informacje  $I_{x12}$  i  $I_{x13}$ , kody  $K_{1vx}, K_{2vx}, K_{3vx}$  będące transformacjami oryginałów  $x_1, x_2, x_3$  w interkomunikaty  $v_1, v_2, v_3$ , kody odwrotne:

$$K_{1vt} = K_{1vx} \quad (9.27)$$

$$K_{2vt} = K_{2vx} \quad (9.28)$$

$$K_{3vt} = K_{3vx} \quad (9.29)$$

beinge transformacjami interkomunikatów  $v_1, v_2, v_3$  w obrazy  $t_1, t_2, t_3$ , kod  $K_{23vx}$  będący transformacją oryginału  $x_2$  w interkomunikat  $v_3$  i kod odwrotny

$$K_{32vt} = K_{32vx} \quad (9.30)$$

beinge transformacją interkomunikatu  $v_3$  w obraz  $t_2$ .

Są szukane informacje  $I_{t12}$  i  $I_{t13}$  zawarte w łańcuchu obrazów  $t_1, t_2, t_3$ .

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać:

$$I_{v12} = K_{2vx} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.31)$$

$$I_{v13} = K_{23vx} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.32)$$

$$I_{v13} = K_{3vx} I_{x13} K_{1vx} \quad (9.33)$$

oraz:

$$I_{t12} = K_{2vt} I_{v12} K_{1tv} \quad (9.34)$$

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13} K_{1tv} \quad (9.35)$$

$$I_{t13} = K_{3vt} I_{v13} K_{1tv} \quad (9.36)$$

Podstawiając  $I_{v12}$  z (9.31) do (9.34) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{v2t} K_{2vx} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.37)$$

skąd po uwzględnieniu (9.27) i (9.28) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (9.38)$$

## Pseudoinformowanie

Podstawiając  $I_{v13}$  z (9.32) do (9.35) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.39)$$

skąd po uwzględnieniu (9.27) i (9.30) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (9.40)$$

Podstawiając  $I_{v13}$  z (9.33) do (9.36) otrzymuje się

$$I_{t13} = K_{3vt} K_{3xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.41)$$

skąd po uwzględnieniu (9.27) i (9.29) wynika

$$I_{t13} = I_{x13} \quad (9.42)$$

Ponadto, podstawiając (9.33) do (9.35) oraz (9.32) do (9.36) otrzymuje się:

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{3xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.43)$$

$$I_{t13} = K_{3vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.44)$$

skąd po uwzględnieniu (9.27) wynika:

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{3xv} I_{x13} \quad (9.45)$$

$$I_{t13} = K_{3vt} K_{23xv} I_{x12} \quad (9.46)$$

Ostatecznie więc występuje tu:

— transformowanie informacji  $I_{x12}$  (9.38) i (9.40) oraz informacji  $I_{x13}$  (9.45) w informację  $I_{t12}$ ,

— transformowanie informacji  $I_{x12}$  (9.46) i informacji  $I_{x13}$  (9.42) w informację  $I_{t13}$ ,

a zarazem:

— transformowanie informacji  $I_{x12}$  w informację  $I_{t12}$  (9.38) i (9.40) oraz w informację  $I_{t13}$  (9.46),

— transformowanie informacji  $I_{x13}$  w informację  $I_{t12}$  (9.45) i w informację  $I_{t13}$  (9.42),

a wobec tego informowanie takie jest pseudoinformowaniem konfuzyjnym podwójnym.

Z twierdzenia 9.3 wynika wniosek, że w przypadku pseudoinformowania konfuzyjnego pojedynczego zastosowanie kodów odwrotnych jeszcze bardziej pogarsza sprawę, prowadzi bowiem od niejasności częsciowej do niejasności zupełnej.

## **Pseudoinformowanie**

Paradoksalny ten wynik zasługuje na bliższe objaśnienie w sposób poglądowy. Przypuśćmy, że w tematyce pewnej książki istotną rolę odgrywają dwa pojęcia: ruch samochodowy ( $x_2$ ) i ruch telefoniczny ( $x_3$ ), przy czym autor owej książki używa wyrazu „transport” ( $v_2$ ) zawsze na określenie ruchu samochodowego oraz wyrazu „komunikacja” ( $v_2$ ) niekiedy w znaczeniu ruchu samochodowego, niekiedy zaś w znaczeniu ruchu telefonicznego. Jest to pseudoinformowanie konfuzyjne pojedyncze, gdyż ruch samochodowy bywa tu określany wyrazami „transport” i „komunikacja” (pseudoinformowanie symulacyjne), a ponadto ruch samochodowy i ruch telefoniczny bywają określane wspólnym wyrazem „komunikacja” (pseudoinformowanie dysymulacyjne). Sytuacja ta jest niejasna częściowo: czytając wyraz „transport” czytelnik wie, że autor ma na myśli wyłącznie ruch samochodowy, natomiast czytając wyraz „komunikacja” nie ma pewności, czy w danym miejscu tekstu autorowi chodzi o ruch samochodowy, czy o ruch telefoniczny. Gdyby w tym stanie rzeczy zastosować kody odwrotne, wówczas — ponieważ w wyniku dałoby ono dwa obrazy — należałoby wprowadzić dwie nowe nazwy. Przypuśćmy, że są to neologizmy „quax” ( $t_2$ ) i „quix” ( $t_3$ ), jako obrazy otrzymane z zastosowania kodów odwrotnych do wyrazów „transport” i „komunikacja” jako interkomunikatów. Wyraz „quax”, jako wspólny dla wyrazów „transport” i „komunikacja”, oznaczałby wówczas ruch samochodowy lub ruch telefoniczny (ponieważ wyraz „transport” oznacza ruch samochodowy, a wyraz „komunikacja” jest używany w obu znaczeniach), ale i wyraz „quix”, jako odpowiednik samego tylko wyrazu „komunikacja”, również oznaczałby ruch samochodowy lub ruch telefoniczny (ponieważ wyraz „komunikacja” jest używany w obu tych znaczeniach). W rezultacie więc ani z użycia wyrazu „quax”, ani z użycia wyrazu „quix” w poszczególnych miejscach tekstu czytelnik nie mógłby się zorientować, kiedy autorowi chodzi o ruch samochody, a kiedy o ruch telefoniczny.

Do zastosowania kodów odwrotnych w przypadku pseudoinformowania konfuzyjnego podwójnego (rys. 9.7) odnosi się twierdzenie 9.4.

**Twierdzenie 9.4.** Jeżeli informowanie jest pseudoinformowaniem podwójnym, to po zastosowaniu kodów odwrotnych pozostaje ono pseudoinformowaniem konfuzyjnym podwójnym.

### **D o w ó d**

Są dane: łańcuch oryginałów  $x_1, x_2, x_3$  zawierający informacje  $I_{x12}$  i  $I_{x13}$ , kody  $K_{1xv}, K_{2xv}, K_{3xv}$  będące transformacjami oryginałów  $x_1, x_2, x_3$  w interkomunikaty  $v_1, v_2, v_3$  i kody odwrotne:

$$K_{1vt} = K_{1vx} \quad (9.47)$$

## Pseudoinformowanie

$$K_{2vt} = K_{2vx} \quad (9.48)$$

$$K_{3vt} = K_{3vx} \quad (9.49)$$

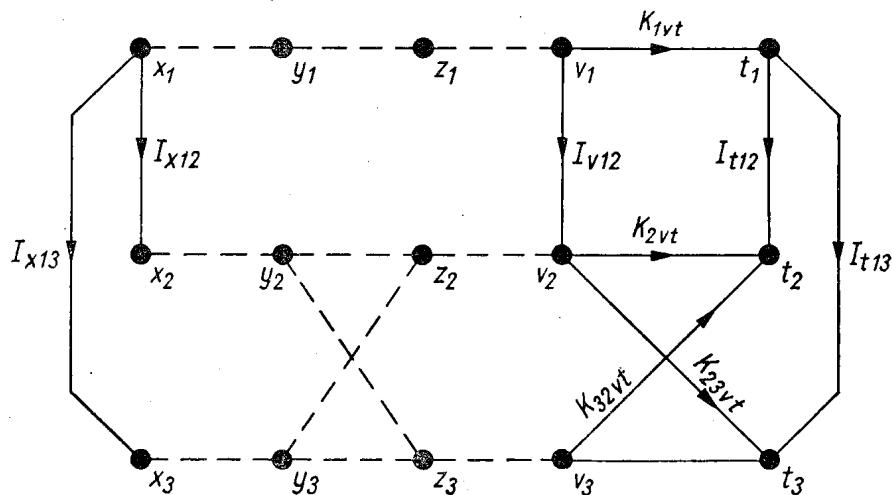
będące transformacjami interkomunikatów  $v_1, v_2, v_3$  w obrazy  $t_1, t_2, t_3$ , kod  $K_{23xv}$  będący transformacją oryginału  $x_2$  w interkomunikat  $v_3$  i kod odwrotny

$$K_{32vi} = K_{23xv} \quad (9.50)$$

będący transformacją interkomunikatu  $v_3$  w obraz  $t_2$ , kod  $K_{32xv}$  będący transformacją oryginału  $v_3$  w obraz  $t_2$  i kod odwrotny

$$K_{23vt} = K_{32xv} \quad (9.51)$$

będący transformacją interkomunikatu  $v_2$  w obraz  $t_3$ .



Rys. 9.7. Zastosowanie kodów odwrotnych po pseudoinformowaniu konfuzyjnym podwójnym

Są szukane informacje  $I_{t12}$  i  $I_{t13}$  w łańcuchu obrazów  $t_1, t_2, t_3$ .

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać:

$$I_{v12} = K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.52)$$

$$I_{v12} = K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} \quad (9.53)$$

$$I_{v13} = K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} \quad (9.54)$$

$$I_{v13} = K_{3xv} I_{x13} K_{1vx} \quad (9.55)$$

## *Pseudoinformowanie*

oraz:

$$I_{t12} = K_{2vt} I_{v12} K_{1tv} \quad (9.56)$$

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13} K_{1tv} \quad (9.57)$$

$$I_{t13} = K_{23vt} I_{v12} K_{1tv} \quad (9.58)$$

$$I_{t13} = K_{3vt} I_{v13} K_{1tv} \quad (9.59)$$

Podstawiając  $I_{v12}$  z (9.52) do (9.56) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.60)$$

skąd po uwzględnieniu (9.47) i (9.48) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (9.61)$$

Podstawiając  $I_{v13}$  z (9.54) do (9.57) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.62)$$

skąd po uwzględnieniu (9.47) i (9.50) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (9.63)$$

Podstawiając  $I_{v12}$  z (9.53) do (9.58) otrzymuje się

$$I_{t13} = K_{23vt} K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.64)$$

skąd po uwzględnieniu (9.47) i (9.51) wynika

$$I_{t13} = I_{x13} \quad (9.65)$$

Podstawiając  $I_{v13}$  z (9.55) do (9.59) otrzymuje się

$$I_{t13} = K_{3vt} K_{3xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.66)$$

skąd po uwzględnieniu (9.47) i (9.49) wynika

$$I_{t13} = I_{x13} \quad (9.67)$$

Ponadto, podstawiając  $I_{v12}$  z (9.53) do (9.56) i z (9.52) do (9.58) oraz  $I_{v13}$  z (9.55) do (9.57) i z (9.54) do (9.59) otrzymuje się:

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{32xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1vt} \quad (9.68)$$

$$I_{t13} = K_{23vt} K_{2xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.69)$$

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{3xv} I_{x13} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.70)$$

$$I_{t13} = K_{3vt} K_{23xv} I_{x12} K_{1vx} K_{1tv} \quad (9.71)$$

## **Pseudoinformowanie**

skąd po uwzględnieniu (9.47) wynika:

$$I_{t12} = K_{2vt} K_{32xv} I_{x13} \quad (9.72)$$

$$I_{t13} = K_{23vt} K_{2xv} I_{x12} \quad (9.73)$$

$$I_{t12} = K_{32vt} K_{3xv} I_{x13} \quad (9.74)$$

$$I_{t13} = K_{3vt} K_{23xv} I_{x12} \quad (9.75)$$

Ostatecznie więc występuje tu:

- transformowanie informacji  $I_{x12}$  (9.61) i (9.63) oraz informacji  $I_{x13}$  (9.72) i (9.74) w informację  $I_{t12}$ ,
  - transformowanie informacji  $I_{x12}$  (9.73) i (9.75) oraz informacji  $I_{x13}$  (9.65) i (9.67) w informację  $I_{t13}$ , a zarazem:
    - transformowanie informacji  $I_{x12}$  w informację  $I_{t12}$  (9.61) i (9.63) oraz w informację  $I_{t13}$  (9.65) i (9.75),
    - transformowanie informacji  $I_{x13}$  w informację  $I_{t12}$  (9.72) i (9.74) oraz w informację  $I_{t13}$  (9.65) i (9.67),
- a wobec tego informowanie takie jest pseudoinformowaniem konfuzjnym podwójnym.

Z twierdzenia 9.4 wynika wniosek, że w przypadku pseudoinformowania konfuzjnego podwójnego zastosowanie kodów odwrotnych utrzymuje nadal stan zupełnej niejasności.

Na zakończenie rozważań na temat pseudoinformowania warto zauważyć, że zastosowanie kodów odwrotnych w odniesieniu do pseudoinformowania symulacyjnego jest wprowadzaniem pseudoinformowania dysymulacyjnego, co w rezultacie daje transinformowanie.

W odniesieniu do pseudoinformowania dysymulacyjnego zastosowanie kodów odwrotnych jest wprowadzaniem pseudoinformowania symulacyjnego. W odniesieniu do pseudoinformowania konfuzjnego pojedynczego zastosowanie kodów odwrotnych jest wprowadzaniem pseudoinformowania konfuzjnego, ale o odwrotnym kierunku łańcucha kodowego, powodującego występowanie pseudoinformacji. W odniesieniu do pseudoinformowania konfuzjnego podwójnego zastosowanie kodów odwrotnych jest wprowadzaniem pseudoinformowania konfuzjnego podwójnego. We wszystkich tych trzech przypadkach informowanie staje się w rezultacie pseudoinformowaniem konfuzjnym podwójnym.

## ***Pseudoinformowanie***

Ten brak symetrii między poszczególnymi rodzajami pseudoinformowania jest zrozumiałym. Pseudoinformowanie symulacyjne daje w wyniku pseudoinformacje symulacyjne, z których tylko jedna (którakolwiek) jest potrzebna do znalezienia informacji zawartej w zbiorze oryginałów, toteż zastosowanie kodów odwrotnych polega w tym przypadku na pozbyciu się pozostałych pseudoinformacji.

Natomiast w pozostałych trzech rodzajach pseudoinformowania występowanie dysymulacji powoduje ubytek informacji, których przez zastosowanie kodów odwrotnych nie można już odzyskać. Do straconych informacji dochodzi się tylko w postaci repertuaru możliwości, przy czym dalsze stosowanie kodów odwrotnych coraz bardziej usuwa ograniczenie tych możliwości aż do stanu (pseudoinformowanie konfuzyjne podwójne), w którym wszystkie informacje z danego repertuaru mogłyby wchodzić w grę.

## 10. DEZINFORMOWANIE

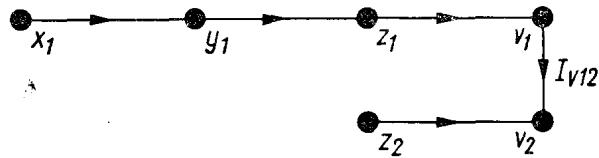
Przedmiotem rozważań w tym rozdziale będzie informowanie, w którym wszystkie łańcuchy kodowe są oddzielne, ale nie wszystkie są zupełne.

*Definicja 10.1. Dezinformowanie* jest to informowanie, w którym niektóre łańcuchy kodowe nie są zupełne.

*Definicja 10.2. Dezinformacja* jest to informacja zawarta w zbiorze obrazów bądź brak informacji w zbiorze obrazów w wyniku dezinformowania.

Rodzaje dezinformacji można rozróżnić odpowiednio do rozróżnienia symulacji, dysymulacji i konfuzji (rozdz. 7).

*Definicja 10.3. Dezinformowanie symulacyjne* jest to dezinformowanie, w którym niektóre łańcuchy kodowe nie zawierają oryginałów.



Rys. 10.1. Dezinformowanie symulacyjne

*Definicja 10.4. Dezinformacja symulacyjna* jest to dezinformacja otrzymana w wyniku dezinformowania symulacyjnego.

Dezinformowanie symulacyjne jest przedstawione schematycznie na rys. 10.1. Obraz  $v_1$  jest wynikiem transformacji oryginału  $x_1$ , obraz

## **Dezinformowanie**

$v_2$  natomiast nie powstał w wyniku transformacji żadnego oryginału, lecz został wywołany przez postronne przyczyny. Informacja  $I_{v12}$  jest dezinformacją symulacyjną, ponieważ w zbiorze oryginałów nie ma informacji  $I_{x12}$ .

Na przykład, gdy przy pomiarze napięcia elektrycznego wskazówka woltomierza wskutek jego uszkodzenia powróci do położenia zerowego, mierzący otrzyma dezinformację symulacyjną, że napięcie zmalało do zera, choć w rzeczywistości pozostało bez zmiany.

Z technicznych przykładów dezinformowania symulacyjnego można też wymieścić pojawienie się fałszywego sygnału, spowodowanego nieprawidłowym działaniem samego sygnalizatora, co skłania personel obsługujący do interwencji w działanie urządzenia wyposażonego w sygnalizator, mimo że urządzenie to działa nadal prawidłowo. Podobny charakter ma nieprawidłowe zadziałanie automatycznych zabezpieczeń, niepotrzebnie przerywające pracę zabezpieczonego urządzenia.

Dezinformowaniem symulacyjnym jest np. fałszowanie cudzych podpisów, sporządzanie fikcyjnych pokwitowań, składanie meldunków o wykonaniu pracy, która w rzeczywistości nie została wykonana, podawanie w zestawieniach magazynowych takich towarów, których w rzeczywistości nie ma w magazynie, alarmowanie straży pożarnej o nie istniejącym pożarze itp.

Do przykładów z dziedziny sądownictwa należą oświadczenia oskarżonego, który w celu uchronienia od kary bliskiej mu osoby, będącej rzeczywistym sprawcą przestępstwa, przyznaje się do przestępstwa przez siebie nie popełnionego, jak również zeznania świadka kłamiście zmyślającego fakty, które wcale nie zaszły, lub opisującego to, co było tylko jego przywidzeniem.

Jako przykłady dezinformacji symulacyjnej można także wskazać wymienienie w cenniku jakiegoś towaru, chociaż nie znajduje się on w sprzedaży, wzmianka w kolejowym rozkładzie jazdy o pociągu, który w rzeczywistości nie kursuje itp.

Dezinformowanie symulacyjne bywa stosowane w celach propagandowych. Jako przykłady można tu wymienić przypadki, gdy komunikaty wojenne zawierają wzmianki o zwycięskich potyczkach, które w ogóle nie zostały stoczone, gdy rząd jakiegoś kraju oskarża rząd innego kraju o wrogie wystąpienia, których nie było, gdy stronnictwo polityczne atakuje swoich przeciwników za słowa, których nigdy nie wypowiedzieli, gdy czasopismo w celu wzbudzenia zainteresowania czytelników zmyśla sensacyjne wiadomości („kaczki dziennikarskie”), gdy wytwórnia kosmetyków reklamując swoje wyroby przypisuje im właściwości lecznicze, których te wyroby nie mają itp.

I wreszcie należy wymienić dezinformowanie symulacyjne w celach artystycznych, jak np. ozdobniki wprowadzane przez wirtuozy do granych przez nich utworów muzycznych, ubarwianie reportaży fikcyjnymi szczegółami itp.

Niemal w całości dezinformowaniem symulacyjnym jest przedstawianie osób i ich działań w powieściach, sztukach teatralnych, filmach itp. Zwykle autorzy takich dzieł nawet zapewniają, że wszystkie postacie zostały zmyślone, a ewentualne podobieństwo do rzeczywistych osób jest całkowicie przypadkowe, chcąc w ten sposób uniknąć

## **Dezinformowanie**

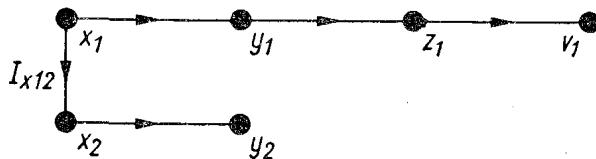
procesów sądowych ze strony tych, którzy mogliby się czuć dotknięci podobieństwem do postaci przedstawionych w ujemnym świetle i żądać odszkodowania za straty, jakich miało im to przyczynić w opinii ich środowiska.

Oczywiście, w dziełach sztuki nie jest dezinformowaniem przedstawianie ogólnoludzkich cech charakteru poszczególnych postaci.

**Definicja 10.5.** *Dezinformowanie dysymulacyjne* jest to dezinformowanie, w którym niektóre łańcuchy kodowe nie zawierają obrazów.

**Definicja 10.6.** *Dezinformacja dysymulacyjna* jest to brak informacji w wyniku dezinformowania dysymulacyjnego.

Dezinformowanie dysymulacyjne jest przedstawione na rys. 10.2. Oryginał  $x_1$  jest transformowany w obraz  $v_1$ , oryginał  $x_2$  natomiast nie jest transformowany w żaden obraz, ponieważ potrzebny do tego łań-



**Rys. 10.2.** Dezinformowanie dysymulacyjne

cuch kodowy przerywa się na którymś interkomunikacie. Wskutek tego, chociaż w zbiorze oryginałów występuje informacja  $I_{x12}$ , w zbiorze obrazów nie występuje informacja  $I_{v12}$ .

Na przykład, gdy mimo włączenia obwodu elektrycznego pod napięcie wskazówka uszkodzonego woltomierza pozostanie w położeniu zerowym, mierzący otrzyma dezinformację dysymulacyjną, że w obwodzie nadal nie ma napięcia, chociaż w rzeczywistości jest on już pod napięciem.

Innym przykładem technicznym dezinformacji dysymulacyjnej jest przypadek, gdy w razie zajścia faktu, który powinien być zasygnalizowany, sygnał się nie pojawią wskutek uszkodzenia sygnalizatora. Podobny charakter ma niezadziaływanie automatycznych zabezpieczeń w razie niebezpieczeństwa, co może spowodować uszkodzenie lub zniszczenie zabezpieczanego urządzenia.

Dezinformowaniem dysymulacyjnym jest także, gdy przestępca zniszczył kompromitujący go dokument lub zatarł ślady swojego pobytu na miejscu przestępstwa, gdy świadek zataił znany mu fakt bądź o nim zapomniał itp.

Jako przykłady dezinformowania dysymulacyjnego można też wymienić pominięcie w cenniku jakiegoś towaru, chociaż znajduje się on w sprzedaży, brak wzmianki w kolejowym rozkładzie jazdy o pociągu, który w rzeczywistości kursuje, itp.

Dezinformowanie dysymulacyjne w celach propagandowych występuje w takich przypadkach, gdy w komunikatach wojennych zataja się własne porażki i poniesione

## ***Dezinformowanie***

straty, gdy w opublikowanym traktacie przemilcza się istnienie tajnego załącznika, gdy w sprawozdaniu z działalności instytucji zarząd pomija popełnione przez siebie błędy, gdy wytwórnia zataja, że pod niezmienioną nazwą produkuje wyroby o obniżonej jakości itp.

Jako przykłady dezinformowania dysymulacyjnego z dziedziny sztuki można wymienić opuszczenie pewnych miejsc przy przedrukach powieści, wystawianiu sztuk teatralnych, projekcji filmów, wykonywaniu utworów muzycznych itp.

Do zapobiegania dezinformowaniu zmierza znana formułka sądowa dla świadków: będę mówić prawdę (zobowiązanie świadka do transinformowania), całą prawdę (wyrzeczenie się dezinformowania dysymulacyjnego) i tylko prawdę (wyrzeczenie się dezinformowania symulacyjnego).

Dla wypytywanych, na których wywiera się nacisk, aby ujawnili posiadane informacje, dezinformowanie dysymulacyjne jest bezpieczniejsze niż dezinformowanie symulacyjne, ponieważ zmyślenie jest na ogół znacznie łatwiejsze do wykrycia przez wypytyującego niż zatajenie, głównie dlatego, że fakty zatajone są wypytyującemu nie znane, nie wie on więc, co sprawdzać. Gdyby je znał, to by o nie nie pytał, z wyjątkiem przypadków, w których chodzi o sprawdzenie prawdomówności wypytywanego, czyli o wypowiedzi mające służyć jako komunikaty rozpoznawcze (rozdz. 8).

Podobne okoliczności odgrywają rolę w propagandzie. Dawniej robiono rozległy użytk z dezinformowania symulacyjnego przez oskarżanie wrogów o dyskwalifikujące ich zmyślone postępkie licząc na to, że zanim oskarżenia zostaną odparte jako bezpodstawnie, zdążą wyrządzić wrogom wiele szkody. Z czasem, gdy rozwój telekomunikacji umożliwił rozmawianie wiadomości bardzo szybko i bardzo wielu ludziom jednocześnie, w propagandzie korzysta się głównie z dezinformowania dysymulacyjnego przez przemilczanie własnych kompromitujących postępów oraz faktów świadczących dobrze o wrogach.

***Definicja 10.7. Dezinformowanie konfuzyjne*** jest to dezinformowanie, w którym niektóre łańcuchy kodowe nie zawierają oryginałów, a niektóre łańcuchy kodowe nie zawierają obrazów.

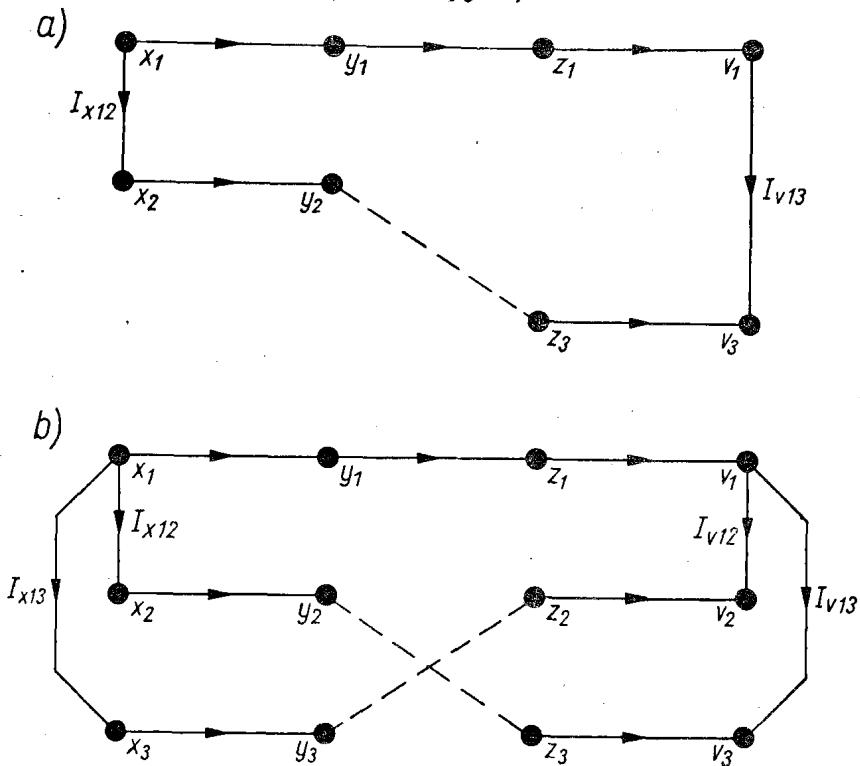
Dezinformowanie konfuzyjne jest kombinacją dezinformowania symulacyjnego i dezinformowania dysymulacyjnego.

***Definicja 10.8. Dezinformowanie konfuzyjne pojedyncze*** jest to dezinformowanie konfuzyjne, w którym spośród trzech łańcuchów kodowych drugi nie zawiera obrazu, trzeci zaś nie zawiera oryginału.

Na rysunku 10.3 jest przedstawione dezinformowanie konfuzyjne pojedyncze. Oryginał  $x_1$  jest transformowany w obraz  $v_1$ , oryginał  $x_2$  natomiast nie jest transformowany w żaden obraz, ale w zbiorze obra-

## Dezinformowanie

zów występuje obraz  $v_3$  wywołany przez postronne przyczyny. W rezultacie chociaż zbiór oryginałów zawiera informację  $I_{x12}$ , zbiór obrazów nie zawiera informacji  $I_{v12}$  (dezinformowanie dysymulacyjne), zawiera natomiast informację  $I_{v13}$ , chociaż zbiór oryginałów nie zawiera informacji  $I_{x13}$  (dezinformowanie symulacyjne).



**Rys. 10.3.** Dezinformowanie konfuzyjne: a) pojedyncze; b) po-dwójne

W technice typowym przykładem dezinformowania konfuzyjnego pojedynczego jest występowanie błędów pomiarowych.

Na przykład, jeżeli przy pomiarze prądu elektrycznego 5,1 A amperomierz wskazuje 5,2 A, to jest to dezinformowanie konfuzyjne pojedyncze, w którym dezinformowaniem symulacyjnym jest wskazanie nie istniejącego prądu 5,2 A, a dezinformowaniem dysymulacyjnym jest niewskazanie istniejącego prądu 5,1 A, co w rezultacie daje dezinformację w postaci nadwyżki 0,1 A stanowiącej błąd pomiarowy.

Dezinformowaniem konfuzyjnym pojedynczym jest popełnienie omyłki, np. podanie w kolejowym rozkładzie jazdy mylnej godziny odjazdu jakiegoś pociągu, podanie w cenniku mylnej ceny jakiegoś towaru, wskazanie komuś mylnego adresu lub mylnego numeru telefonu itp.

Podobnie dezinformowaniem konfuzyjnym pojedynczym są przeinaczenia, jak np. przerobienie cyfr na czeku lub pokwitowaniu, podanie w zestawieniu kasowym innej kwoty niż znajdująca się w kasie, występowanie pod fałszywym nazwiskiem itp.

## ***Dezinformowanie***

Gdy świadek zeznaje, że pobitego uderzono ręką, a nie kijem — jak było w rzeczywistości — wówczas jest to dezinformowanie konfuzyjne pojedyncze, na które składa się dezinformowanie dysymulacyjne, gdyż świadek zataił uderzenie kijem, oraz dezinformowanie symulacyjne, świadek bowiem zmyślił uderzenie ręką.

W komunikatach wojennych niemal z reguły stosuje się dezinformowanie konfuzyjne pojedyncze, polegające na podawaniu za niskich strat własnych lub za wysokich strat nieprzyjaciela. Podobny charakter ma przeinaczenie faktów w podręcznikach historii.

W sztuce można się spotkać z takimi przeinaczeniami jak np. upiększone przedstawienie osób na portretach lub w powieściach biograficznych, modyfikowanie utworów muzycznych przez wirtuozów itp.

W skrajnych przypadkach dezinformowania konfuzyjnego pojedynczego przerwanie jednego łańcucha kodowego i pojawienie się innego może być bardzo wyraźne, jak np. przy przejęciu listu i podstawieniu innego na jego miejsce.

Mniej wyraźnie występuje to w przypadkach, gdy dezinformacje powstają wskutek drobnych zmian zachodzących w wielu miejscach toru sterowniczego, jak np. w pomiarach, obarczonych błędami pomiarowymi wskutek niedokładnego wykonania elementów przyrządu pomiarowego, wypaczania się ich wskutek starzenia itp. W takich przypadkach należałoby mówić raczej nie o dwóch, lecz o wielu krótkich łańcuchach kodowych występujących kolejno, co w końcu daje w zbiorze obrazów informacje różniące się od informacji zawartych w zbiorze oryginałów.

Podobna sytuacja powstaje, gdy w torze sterowniczym występuje wiele członów transformujących interkomunikaty, jak np. przy ustnym przekazywaniu wiadomości za pośrednictwem wielu osób. Stąd pochodzi znane zjawisko, że szerząca się plotka zwykle znacznie odbiega od rzeczywistego stanu rzeczy. Z tego też względu w sądach rozróżnia się, czy świadek mówi o zdarzeniach, przy których był obecny, czy tylko słyszał o nich od innych osób.

Chcąc ograniczyć możliwość powstawania dezinformacji unika się wszelkiego zbędnego transformowania komunikatów. Oczywiście, najpewniejszym sposobem zapobiegania dezinformacjom jest wykorzystywanie tych samych komunikatów jako oryginałów i jako obrazów, czyli transinformowanie równościowe (rozdz. 8).

Należy tu jednak przypomnieć (rozdz. 3) sytuacje, gdy łańcuch kodowy urywa się na interkomunikatach biernych, wobec czego, aby przetransformować je w interkomunikaty czynne, trzeba doprowadzić energię z postronnego źródła, co może wnosić dezinformację.

***Definicja 10.9. Dezinformowanie konfuzyjne podwójne*** jest to dezinformowanie konfuzyjne składające się z takich dwóch procesów dezinformowania konfuzyjnego pojedynczego, że jedna z informacji zawar-

## ***Dezinformowanie***

tych w łańcuchu oryginałów i jedna z informacji zawartych w łańcuchu obrazów są transformacjami wzajemnie odwrotnymi.

Na rysunku 10.3b jest przedstawione dezinformowanie konfuzyjne podwójne. Przy pojawienniu się oryginału  $x_2$  pojawia się obraz  $v_3$ , i przeciwnie, przy pojawienniu się oryginału  $x_3$  pojawia się obraz  $v_2$ . W rezultacie, gdy zbiór oryginałów zawiera informację  $I_{x12}$ , wówczas zbiór obrazów zawiera informację  $I_{v13}$ , natomiast gdy zbiór oryginałów zawiera informację  $I_{x13}$ , wówczas zbiór obrazów zawiera informację  $I_{v12}$ . Dezinformacja wypadkowa  $I_{v23}$  w łańcuchu obrazów i informacja wypadkowa  $I_{x23}$  w łańcuchu oryginałów są transformacjami wzajemnie odwrotnymi.

W pomiarach dezinformacja konfuzyjna podwójna występuje np. w przypadku, gdy nieprawidłowo połączony amperomierz, w którym zerowe położenie wskazówki przypada pośrodku przedziałki, zamiast  $-0,1$  A wskazuje  $+0,1$  A, a zamiast  $+0,1$  A wskazuje  $-0,1$  A.

Gdy świadek kłamliwie lub wskutek pomieszanego osoby zeznaje, że Jan uderzył Piotra, chociaż w rzeczywistości Piotr uderzył Jana, to jest to dezinformowanie konfuzyjne podwójne. Występują tu dwie dezinformacje symulacyjne (świadek zmylił, że Jan uderzył i że uderzonym był Piotr) oraz dwie dezinformacje dysymulacyjne (świadek zataił, że to Piotr uderzył i że uderzonym był Jan).

Podobnie dezinformowaniem konfuzyjnym podwójnym jest podanie w komunikacie wojennym, że nieprzyjaciel poniósł porażkę, mimo że w rzeczywistości odniósł zwycięstwo.

Poniżej będą rozważone możliwości usunięcia dezinformacji. Podobnie jak w rozdz. 9, obrazy ( $v$ ) będą uważane za interkomunikaty, a dopiero komunikaty ( $t$ ) z nich otrzymane będą uważane za obrazy.

Do przypadku dezinformowania konfuzyjnego pojedynczego (rys. 10.4) odnosi się twierdzenie 10.1.

***Twierdzenie 10.1.*** Dezinformowanie konfuzyjne pojedyncze staje się transinformowaniem, jeżeli do interkomunikatu pierwotnego zastosuje się kod będący transformacją taką samą jak dezinformacja bądź jeżeli do interkomunikatu wtórnego zastosuje się kod będący transformacją odwrotną do dezinformacji.

### **D o w ó d**

Są dane: asocjacja oryginałów  $x_1$ ,  $x_2$  zawierająca informację  $I_{x12}$  oraz asocjacja interkomunikatów  $v_1$ ,  $v_3$  zawierająca informację różniącą się od informacji  $I_{x12}$ .

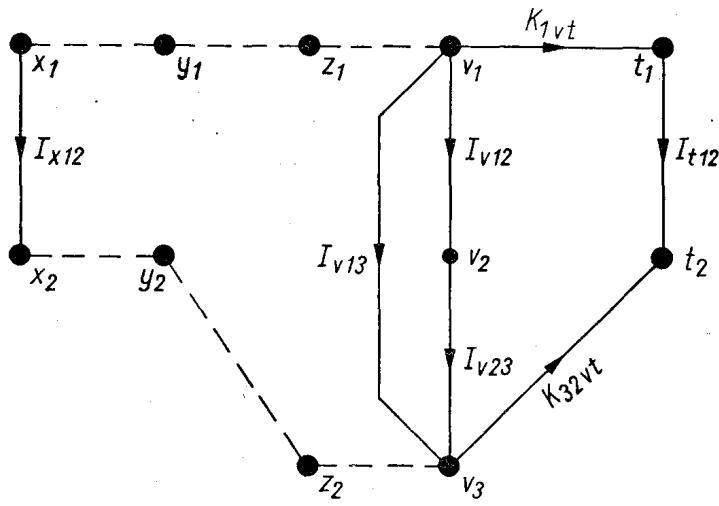
## Dezinformowanie

Jest szukana informacja  $I_{t12}$  zawarta w asocjacji obrazów, spełniająca wymaganie

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (10.1)$$

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13} K_{1tv} \quad (10.2)$$



**Rys. 10.4.** Zastosowanie kodów odwrotnych po dezinformowaniu konfuzyjnym pojedynczym

A. Przypadek gdy  $K_{32vt}$  jest kodem banalnym

$$K_{32vt} = K^0 \quad (10.3)$$

Uwzględniając (10.3) otrzymuje się z (10.2)

$$I_{t12} = I_{v13} K_{1tv} \quad (10.4)$$

Można dobrać taki interkomunikat  $v'_2$ , żeby informacja operacyjna  $I'_{v23}$  zawarta w asocjacji interkomunikatów  $v'_2, v_3$  była równa informacji  $I_{x12}$

$$I'_{v23} = I_{x12} \quad (10.5)$$

Wobec tego informację  $I_{v13}$  można uważać za informację wypadkową pewnej informacji  $I'_{v12}$ , stanowiącej dezinformację, i transformacji  $I'_{v23}$

$$I_{v13} = I'_{v23} I'_{v12} \quad (10.6)$$

Podstawiając  $I_{v13}$  z (10.6) do (10.4) otrzymuje się

$$I_{t12} = I'_{v23} I'_{v12} K_{1tv} \quad (10.7)$$

## **Dezinformowanie**

czyli po uwzględnieniu (10.5)

$$I_{t12} = I_{x12} I'_{v12} K_{1vt} \quad (10.8)$$

Jeżeli dobierze się kod  $K_{1vt}$  równy dezinformacji  $I'_{v12}$

$$K_{1vt} = I'_{v12} \quad (10.9)$$

to z (10.8) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (10.10)$$

B. Przypadek gdy  $K_{1vt}$  jest kodem banalnym

$$K_{1vt} = K^0 \quad (10.11)$$

Uwzględniając (10.11) otrzymuje się z (10.2)

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v13} \quad (10.12)$$

Można dobrać taki interkomunikat  $v''_2$ , żeby informacja operacyjna  $I''_{v12}$  zawarta w asocjacji  $v_1, v''_2$  była równa informacji  $I_{x12}$

$$I'_{v12} = I_{x12} \quad (10.13)$$

Wobec tego informację  $I_{v13}$  można uważać za informację wy-  
padkową transinformacji  $I''_{v12}$  i pewnej informacji  $I''_{v23}$ , stanowiącej dezinformację

$$I_{v13} = I''_{v23} I''_{v12} \quad (10.14)$$

Podstawiając  $I_{v13}$  z (10.14) do (10.12) otrzymuje się

$$I_{t12} = K_{32vt} I''_{v23} I''_{v12} \quad (10.15)$$

czyli po uwzględnieniu (10.13)

$$I_{t12} = K_{32vt} I''_{v23} I_{x12} \quad (10.16)$$

Jeżeli dobierze się kod  $K_{32vt}$  odwrotny do dezinformacji  $I''_{v23}$

$$K_{32vt} = I''_{v32} \quad (10.17)$$

to z (10.16) wynika

$$I_{v12} = I_{x12} \quad (10.18)$$

A zatem sprowadzanie dezinformowania do transinformowania może polegać bądź na wprowadzeniu dodatkowej dezinformacji (przez transformację interkomunikatu pierwotnego) takiej samej, jaka już istnieje, bądź na kompensacji (przez transformację interkomunikatu wtórnego) istniejącej dezinformacji.

## ***Dezinformowanie***

Wprowadzanie dodatkowej dezinformacji jest rzadko stosowane, jest ono bowiem dogodne tylko w takich zbiorach interkomunikatów, w których jakiś interkomunikat, jako interkomunikat pierwotny, tworzy asocjacje informacyjne ze wszystkimi pozostałymi interkomunikatami tego zbioru, przy czym w każdej z tych asocjacji występuje taka sama dezinformacja.

Na przykład, stwierdziwszy, że przy sporządzaniu wykresu wszystkie punkty krzywej zostałyomyłkowo zaznaczone o 1 cm za wysoko, łatwiej jest wprowadzić dodatkową dezinformację (przypadek A w twierdzeniu 10.1) przez przesunięcie osi wykresu w górę o 1 cm, niż skompensować istniejącą dezinformację (przypadek B w twierdzeniu 10.1), tj. zetrzeć krzywą i kreślić ją możliwie jeszcze raz, ale o 1 cm niżej.

Podobnie sprzedawca, który do odważania towarów ciekłych jest zmuszony do posługiwania się naczyniem, zamiast odejmowania tary od wskazań wagi umieszcza puste naczynie na wadze, doprowadza wagę do równowagi za pomocą odpowiedniego odwaźnika, a następnie odważa żądaną ilość cieczy.

Wnioski z twierdzenia 10.1 odnoszą się również do dezinformowania symulacyjnego i dezinformowania dysymulacyjnego jako szczególnych przypadków dezinformowania konfuzyjnego.

Przy sprawdzaniu dezinformowania symulacyjnego do transinformowania wystarcza przerwanie łańcucha kodowego, który powstał z przyczyn postronnych.

Tak więc w odniesieniu do poprzednio podanych przykładów dezinformowania symulacyjnego należałoby skreślić w cenniku cenę towaru nie znajdującego się w sprzedaży, w kolejowym rozkładzie jazdy usunąć wzmiankę dotyczącą nie kursującego po ciągu itp.

W odniesieniu do przykładów dezinformowania dysymulacyjnego doprowadzenie do transinformowania wymagałoby wprowadzenia brakujących informacji.

Na przykład, należałoby wpisać do cennika brakującą cenę towaru znajdującego się w sprzedaży, zamieścić w kolejowym rozkładzie jazdy brakujące dane o kursujących pociągach itp.

Do przypadku dezinformowania konfuzyjnego podwójnego (rys. 10.5) odnosi się twierdzenie 10.2.

| *Twierdzenie 10.2.* Przez zastosowanie kodów odwrotnych dezinformowanie konfuzyjne podwójne staje się transinformowaniem.

## Dezinformowanie

### Dowód

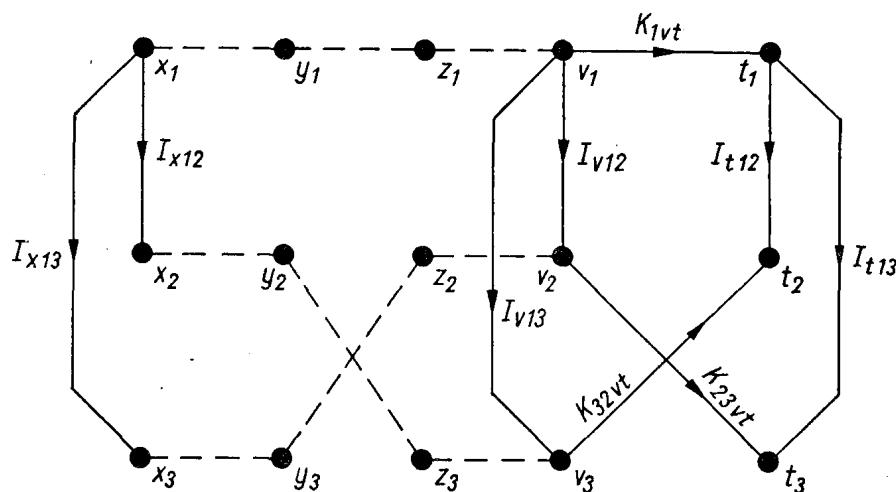
Są dane (rys. 10.5): łańcuch oryginałów  $x_1, x_2, x_3$  zawierający informacje  $I_{x12}$  i  $I_{x13}$  oraz łańcuch interkomunikatów  $v_1, v_2, v_3$  zawierający informacje:

$$I_{v12} = I_{x12} \quad (10.19)$$

$$I_{v13} = I_{x13} \quad (10.20)$$

Są szukane informacje  $I_{t12}$  i  $I_{t13}$  w łańcuchu obrazów  $t_1, t_2, t_3$  przy założeniu

$$K_{1vt} = K^0 \quad (10.21)$$



Rys. 10.5. Zastosowanie kodów odwrotnych po dezinformowaniu konfuzyjnym podwójnym

Na podstawie twierdzenia 7.1 można napisać

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v23} I_{v12} K_{1tv} \quad (10.22)$$

czyli po uwzględnieniu (10.19) i (10.21)

$$I_{t12} = K_{32vt} I_{v23} I_{x12} \quad (10.23)$$

Jeżeli dobierze się kod  $K_{32vt}$  odwrotny do dezinformacji  $I_{v23}$

$$K_{32vt} = I_{v32} \quad (10.24)$$

to z (10.23) wynika

$$I_{t12} = I_{x12} \quad (10.25)$$

Ponadto, na podstawie twierdzenia 7.2 można napisać

$$I_{t13} = K_{23vt} I_{v12} K_{1tv} \quad (10.26)$$

## *Dezinformowanie*

Informacja  $I_{v13}$  jest informacją wypadkową informacji  $I_{v12}$  i informacji  $I_{v23}$

$$I_{v13} = I_{v23} I_{v12} \quad (10.27)$$

skąd

$$I_{v32} I_{v13} = I_{v12} \quad (10.28)$$

wobec czego (10.26) można napisać w postaci

$$I_{t13} = K_{23vt} I_{v32} I_{v13} K_{1tv} \quad (10.29)$$

czyli po uwzględnieniu (10.20) i (10.21)

$$I_{t13} = K_{23vt} I_{v32} I_{x13} \quad (10.30)$$

Jeżeli dobierze się kod  $K_{23vt}$  odwrotny do dezinformacji  $I_{v32}$

$$K_{23vt} = I_{v23} \quad (10.31)$$

to z (10.30) wynika

$$I_{t13} = I_{x13} \quad (10.32)$$

Sprowadzanie dezinformowania konfuzyjnego podwójnego do transinformowania polega więc na odwróceniu dezinformacji.

W przykładzie z amperomierzem wystarcza potraktować wskazania  $+0,1$  A jako  $-0,1$  A, a wskazania  $-0,1$  A jako  $+0,1$  A albo po prostu przełączyć przewody amperomierza.

Jeżeli zeświadczenie świadka, jakoby Jan uderzył Piotra, jest dezinformowaniem konfuzyjnym podwójnym, to nadanie mu brzmienia, że to Piotr uderzył Jana, będzie stwierdzeniem prawdziwego stanu rzeczy.

## **11. PARAINFORMOWANIE**

W rozważanych poprzednio rodzajach informowania odgrywały rolę tylko komunikaty należące do łańcuchów kodowych, tj. komunikaty transformowane w następne komunikaty wzdłuż toru sterowniczego lub będące wynikiem transformowania poprzednich komunikatów. Obecnie przedmiotem rozważań będzie informowanie, w którym ponadto występują komunikaty nie należące do żadnego łańcucha kodowego.

*Definicja 11.1. **Parakomunikat*** jest to komunikat należący do łańcucha informacyjnego, ale nie należący do żadnego łańcucha kodowego.

*Definicja 11.2. **Paraoryginał*** jest to parakomunikat należący do łańcucha oryginałów.

*Definicja 11.3. **Paraobraz*** jest to parakomunikat należący do łańcucha obrazów.

*Definicja 11.4. **Parainformacja*** jest to informacja zawarta w asocjacji, której jeden z komunikatów jest parakomunikatem.

*Definicja 11.5. **Parainformowanie*** jest to informowanie, w którym występują parainformacje.

Aby bliżej objąć, na czym polega parainformowanie, rozważymy następujące kolejne sytuacje w torze sterowniczym (rys. 11.1).

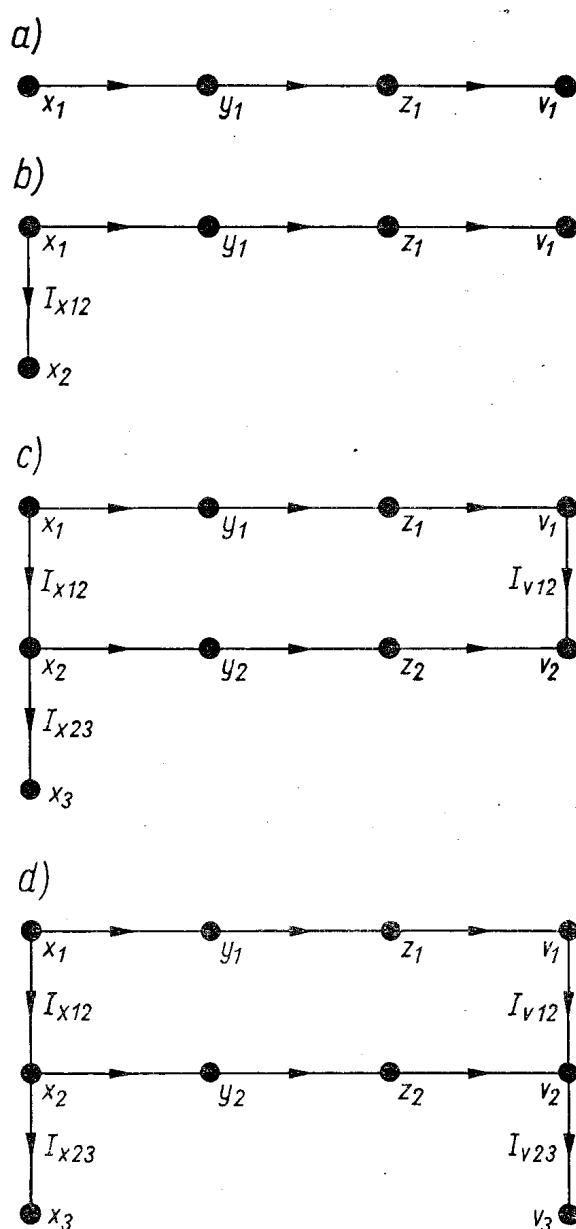
W sytuacji początkowej (rys. 11.1a) istnieje pewien stan na wyjściu źródła oddziaływania jako oryginał  $x_1$ , stany pośrednie toru sterowniczego

## Parainformowanie

jako interkomunikaty  $y_1$  i  $z_1$  oraz stan na wejściu odbiornika oddziaływania jako obraz  $v_1$ .

Wskutek zmian zachodzących w źródle oddziaływania pojawia się na jego wyjściu nowy stan jako oryginał  $x_2$  (rys. 11.1b). Asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  zawiera informację  $I_{x12}$ .

Pojawienie się oryginału  $x_2$  wywołuje, za pośrednictwem interkomunikatów  $y_2, z_2$ , nowy stan na wejściu odbiornika oddziaływania



**Rys. 11.1.** Parainformowanie: a) stan początkowy; b) pojawia się oryginał  $x_2$ ; c) oryginał  $x_2$  wywołuje obraz  $v_2$  i paraoryginał  $x_3$ ; d) obraz  $v_2$  wywołuje paraobraz  $v_3$

## *Parainformowanie*

jako obraz  $v_2$  (rys. 11.1c). Asocjacja obrazów  $v_1, v_2$  zawiera informację  $I_{v12}$ , występuje więc informowanie polegające na transformowaniu informacji  $I_{x12}$  w informację  $I_{v12}$ .

W opisie powyższych sytuacji nie ma nic nowego w porównaniu z tym, o czym była mowa w poprzednich rozdziałach.

Przypuśćmy teraz, że dzięki właściwościom źródła oddziaływania fakt pojawienia się oryginału  $x_2$  spowodował ponadto pojawić się pewnego oryginału  $x_3$  (mechanizm fizyczny tego rodzaju zjawisk będzie omówiony pod koniec tego rozdziału), przy czym oryginał  $x_3$  nie jest transformowany w żaden interkomunikat ani obraz, jest więc paraoryginałem. Asocjacja oryginału  $x_2$  i paraoryginału  $x_3$  zawiera parainformację  $I_{x23}$ , wobec czego występuje również parainformacja  $I_{x13}$  jako transformacja wypadkowa informacji  $I_{x12}$  i parainformacji  $I_{x23}$ .

Ponadto przypuśćmy, że — dzięki właściwościom odbiornika oddziaływania — fakt pojawienia się obrazu  $v_2$  spowodował pojawić się pewnego obrazu  $v_3$  (rys. 11.1d). Obraz  $v_3$ , jako nie będący wynikiem transformowania żadnego oryginału ani interkomunikatu, jest paraobrazem. Asocjacja obrazu  $v_2$  i paraobrazu  $v_3$  zawiera parainformację  $I_{v23}$ , wobec czego występuje również parainformacja  $I_{v13}$  jako transformacja wypadkowa informacji  $I_{v12}$  i parainformacji  $I_{v23}$ .

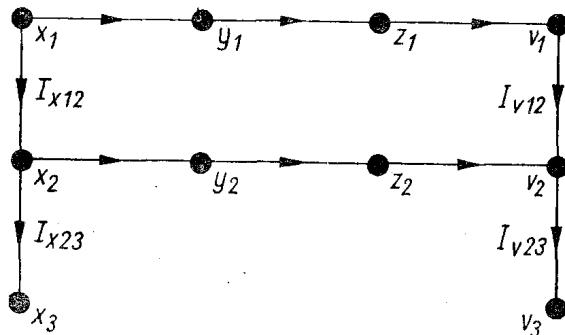
Parainformacje  $I_{v23}$  i  $I_{v13}$  nie są wynikiem transformowania parainformacji  $I_{x23}$  i  $I_{x13}$ , ponieważ nie ma transformowania paraoryginału  $x_3$  w paraobraz  $v_3$  ani też żadne interkomunikaty  $y_3$  i  $z_3$  nie istnieją. Podobnie jednak jak występowanie informacji  $I_{x12}$  w łańcuchu oryginałów i informacji  $I_{v12}$  w łańcuchu obrazów jest informowaniem, tak samo występowanie parainformacji  $I_{x13}$  w łańcuchu oryginałów i parainformacji  $I_{v13}$  w łańcuchu obrazów ma cechy informowania (to samo dotyczy parainformacji  $I_{x23}$  i  $I_{v23}$ ). Ponieważ występują w nim parainformacje, jest ono parainformowaniem.

Właściwości źródła oddziaływania i odbiornika oddziaływania umożliwiające powstawanie parakomunikatów są od siebie niezależne, a wobec tego również parainformacje w łańcuchu oryginałów i parainformacje w łańcuchu obrazów są od siebie niezależne. Jest możliwe, że pojawić się oryginału  $x_2$  spowoduje pojawić się paraoryginału  $x_3$ , ale pojawić się obrazu  $v_2$  nie spowoduje pojawić się paraobrazu  $v_3$ , a wówczas będzie parainformacja  $I_{x13}$ , nie będzie zaś parainformacji  $I_{v13}$ ,

## Parainformowanie

bądź przeciwnie. Jest też możliwe, że ani w źródle oddziaływania, ani w odbiorniku oddziaływania nie będzie parakomunikatów, a więc i parainformacji.

Łatwo zauważyc, że parainformowanie nie może występować samodzielnie, lecz tylko jako uzupełnienie informowania polegającego na transformowaniu informacji zawartych w łańcuchu oryginałów w informacje zawarte w łańcuchu obrazów. Informacji  $I_{x12}$  towarzyszy informacja  $I_{v12}$  bez względu na to, czy istnieją parainformacje  $I_{x13}$  i  $I_{v13}$ . Natomiast parainformacji  $I_{x13}$  może towarzyszyć parainformacja  $I_{v13}$  tylko wówczas, gdy zachodzi transformowanie informacji  $I_{x12}$  w informację  $I_{v12}$ , ponieważ tylko wówczas występują komunikaty  $x_2$  i  $v_2$ , bez których nie mogłyby powstać parakomunikaty  $x_3$  i  $v_3$ .



Rys. 11.2. Paratransinformowanie

W szczególnym przypadku parainformowania parainformacje zawarte w łańcuchu oryginałów i informacje zawarte w łańcuchu obrazów mogą być jednakowe (rys. 11.2). Do takiego przypadku odnosi się twierdzenie 11.1.

**Twierdzenie 11.1.** Jeżeli transformowanie asocjacji oryginałów w asocjację obrazów jest transinformowaniem, przy czym parainformacja zawarta w asocjacji jednego oryginału i paraoryginału oraz parainformacja zawarta w asocjacji jednego obrazu i paraobrazu są jednakowe, to parainformacja zawarta w asocjacji drugiego oryginału i paraobrazu oraz parainformacja zawarta w asocjacji drugiego obrazu i paraobrazu są jednakowe.

D o w ó d

Są dane: oryginały  $x_1, x_2$  i paraoryginał  $x_3$  oraz obrazy  $v_1, v_2$  i paraobraz  $v_3$ , przy czym zachodzi jednakowość informacji

$$I_{v12} = I_{x12} \quad (11.1)$$

## **Parainformowanie**

oraz jednakowość parainformacji

$$I_{v23} = I_{x23} \quad (11.2)$$

Jest szukana parainformacja  $I_{v13}$ .

Na podstawie twierdzenia 6.1 można napisać:

$$I_{x13} = I_{x23} I_{x12} \quad (11.3)$$

$$I_{v13} = I_{v23} I_{v12} \quad (11.4)$$

Z (11.1), (11.2) i (11.4) wynika

$$I_{v13} = I_{x23} I_{x12} \quad (11.5)$$

Z (11.3) i (11.5) wynika

$$I_{v13} = I_{x13} \quad (11.6)$$

Z twierdzenia 11.1 wynika wniosek, że parainformowanie może odgrywać rolę transinformowania.

**Definicja 11.6. Paratransinformowanie** jest to parainformowanie, w którym parainformacje zawarte w zbiorze obrazów są takie same jak parainformacje zawarte w zbiorze oryginałów.

**Definicja 11.7. Paratransinformacja** jest to parainformacja zawarta w asocjacji obrazu i paraobrazu w wyniku paratransinformowania.

Jako przykład techniczny paratransinformowania można wskazać sytuację, gdy włączenie napięcia w elektrowni na linię łączącą ją z podstacją powoduje zaświecenie lamp sygnalizacyjnych w elektrowni i w podstacji.

Można wyróżnić od strony elektrowni następujące stany jako oryginały: stan początkowy (oryginał  $x_1$ ), włączenie napięcia (oryginał  $x_2$ ), świecenie lampy (paraoryginał  $x_3$ ), a od strony podstacji stany takiego samego rodzaju jako obrazy: stan początkowy (obraz  $v_1$ ), pojawienie się napięcia (obraz  $v_2$ ), świecenie lampy (paraobraz  $v_3$ ). Występuje tu transinformowanie  $I_{x12} — I_{v12}$  oraz paratransinformowanie  $I_{x23} — I_{v23}$  i paratransinformowanie  $I_{x13} — I_{v13}$ . Zaświecenie lampy wskutek pojawienia się napięcia w podstacji informuje personel podstacji o zaświeceniu się lampy wskutek włączenia napięcia w elektrowni, chociaż świecenie lampy w elektrowni nie jest transformowane w świecenie lampy w podstacji.

Jest też paratransinformowaniem, gdy ze wskazań zegara wnosi się o wskazaniach innego niezależnego zegara (natomiast transinformowaniem jest, gdy jeden zegar jest napędzany przez drugi).

## **Parainformowanie**

Paratransinformowanie odgrywa największą rolę w porozumieniu się ludzi, głównie za pomocą środków językowych, a w pewnym stopniu także za pomocą mimiki i gestykulacji. Właściwością, która to umożliwia, są skojarzenia utrwalone w pamięci (podobnie jak połączenia linii elektrycznej z lampami sygnalizacyjnymi w przykładzie z elektrownią i podstacją). Paratransinformowanie w stosunkach międzyludzkich ma tak rozległe i powszechnie zastosowanie, że doprowadziło to do ugruntowania się poglądu, iż tylko ono właśnie jest informowaniem. Wprawdzie rozwój automatyzacji, zwłaszcza opartej na zastosowaniu maszyn matematycznych, przyczynił się w znacznym stopniu do zrozumienia, że procesy informowania mogą zachodzić również w urządzeniach technicznych, ale wskutek tego, że w procesach tych nie zwracano uwagi na parainformowanie, ciągle jeszcze uchodzą one u wielu ludzi za zupełnie odrębne od procesów psychicznych i niegodne porównywania z nimi.

Tymczasem podobieństwo parainformowania, a w szczególności paratransinformowania, między ludźmi i między maszynami daje się okazać za pomocą bardzo prostych przykładów. Przeprowadźmy w tym celu następujące porównanie.

Ktoś powiedział: „wybiła dziewiąta” (w elektrowni zostało włączone napięcie).

Wypowiedziane zdanie kojarzy się mówiącemu z wyrazem „godzina” (w elektrowni napięcie jest skojarzone ze świeceniem lampy sygnalizacyjnej).

Mówiący nie wypowiedział wyrazu „godzina” (świecenie lampy sygnalizacyjnej w elektrowni nie zostało poddane żadnej transformacji).

Słuchający usłyszał zdanie „wybiła dziewiąta” dzięki temu, że mówiący je wypowiedział (w podstacji pojawiło się napięcie w wyniku włączenia napięcia w elektrowni).

Z usłyszанныm zdaniem słuchającemu kojarzy się wyraz „godzina” (z napięciem w podstacji jest skojarzone świecenie lampy sygnalizacyjnej w podstacji).

W rezultacie, u słuchającego pojawiły się takie same informacje, jakie występują u mówiącego (w rezultacie, w podstacji pojawiły się takie same informacje, jakie występują w elektrowni).

Jak widać, informowanie między urządzeniami technicznymi może się odbywać na takiej samej zasadzie jak informowanie między ludźmi, nawet gdy tylko niektóre wyrazy wypowiedzieli i usłyszeli, inne zaś tylko sobie pomyśleli.

Podobnie, dzięki jednakowości skojarzeń, słysząc w czymś opowiadaniu, że „było to w dziewięćset osiemnastym”, wiemy że mowa o 1918 roku, mimo że wyrazy „tysiąc” i „roku” nie zostały wypowiedziane.

Jednakowość skojarzeń sprawia też, że nie ma nieporozumień co do tego, iż wymachiwanie pięścią oznacza groźbę, zmarszczenie brwi oznacza niezadowolenie itp.

Z innych przykładów paratransinformowania można wymienić zrozumienie aluzji i przenośni, odgadnięcie intencji cudzych postępków, przeniknięcie cudzych zamiarów, zrozumienie zaleceń zawartych w przypowieściach itp.

Rolę jednakowości parainformacji dostrzega się dopiero wówczas, gdy tej jednakowości zabraknie. Wówczas okazuje się, że to co dla kogoś ma pewną treść, dla kogoś innego ma treść zupełnie inną, to co dla jednych ma znaczenie, dla innych nie znaczy nic itd.

## ***Parainformowanie***

Typowym tego przykładem jest rozmowa między ludźmi nie mającymi dostatecznie opanowanego wspólnego języka.

Podobnego rodzaju trudności porozumienia występują w rozmowie dorosłego z dzieckiem (któremu jeszcze brakuje wielu parainformacji) lub ze starcem o osłabionej pamięci (któremu już brakuje wielu parainformacji).

W gruncie rzeczy posługiwanie się językiem i wszelkimi innymi znakami jest oparte na parainformacjach, powstały przy nabywaniu wykształcenia, a przede wszystkim umiejętności czytania, pisania i rachowania, oraz przy obserwowaniu sytuacji, w jakich rozmaite znaki, słowa, zdania itp. bywają przeważnie używane.

Mając to na uwadze łatwiej jest zrozumieć nieistotność omawianego przez Flechtnera podziału zdań na zdania gramatycznie poprawne, lecz bezsensowne, zdania logiczne prawidłowe, lecz nieprawdziwe, oraz zdania prawdziwe (rozdz. 1). Podział ten jest nieistotny dlatego, że sensowność zdania polega na parainformacjach piszącego i czytającego. Gdy czytający mówi, że zdanie jest sensowne, świadczy to jedynie o tym, że parainformacje piszącego i czytającego są jednakowe, dzięki czemu jest możliwe porozumienie (paratransinformowanie). Podobnie gdy czytający mówi, że zdanie jest bezsensowne, świadczy to jedynie, że parainformacje piszącego różnią się od parainformacji czytającego. Ocena zdań pod względem sensu jest względna — to samo zdanie może być sensowne dla piszącego, bezsensowne zaś dla czytającego. W sporze na ten temat mogą się oni co najwyżej odwoływać do innych osób, ale ze strony odwołującego się jest to poszukiwaniem osób o takich samych parainformacjach jak jego własne, czyli sprawa sprowadza się do swoistego głosowania: za miarodajny uważa się pogląd przeważającej większości. Większość taką znajduje się z reguły w sprawach, w których do jednakowości parainformacji doprowadziła jednolitość programów szkolnych, toteż głównym argumentem w sporach o sensowność jest zwykle odwoływanie się do znormalizowanego wykształcenia, przy czym dyskutanci nie zauważają, że oparta na tym ocena sensowności nie staje się obiektywna. Zdań w rodzaju „Zielona wolność ściga myślący dom”, przytoczonego przez Flechtnera, jest mnóstwo w nowoczesnych utworach poetyckich, przy czym wielu czytelników, nie mówiąc już o samych autorach, wcale nie uważa ich za bezsensowne. Zdania takie nie różnią się od zdania „Hamburg leży nad Łabą”, przytoczonego przez Flechtnera jako prawdziwe, gdyż używanie wyrażenia, że miasto „leży” nad rzeką, także opiera się na parainformacjach, tyle tylko że znacznie bardziej powszechnych. Podobnie jest z rozróżnianiem „prawdziwości” i „nieprawdziwości” tych zdań, jedynie bowiem na parainformacjach opiera się rozumienie, że w przytoczonym wyrażeniu chodzi o najbliższy odcinek rzeki, a nie np. o najdalszy odcinek lub o całą długość rzeki. Dla kogoś, kto miałby inne parainformacje, ocena prawdziwości mogłaby wypaść inaczej.

W logice i matematyce zwalcza się tego rodzaju niepewności za pomocą formalizacji pojęć, co w istocie jest ograniczeniem się do parainformacji niezbędnych do operowania symbolami i ujednoliceniem tych parainformacji u wszystkich, którzy się tymi symbolami posługują, ale zdania budowane za pomocą takich symboli nie podlegają ocenie prawdziwości, gdyż nie odnoszą się do żadnej rzeczywistości, a tylko ocenie prawidłowości, tj. zgodności z repertuarzem dopuszczalnych operacji.

## **Parainformowanie**

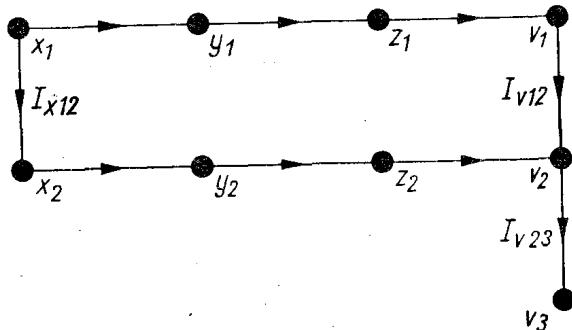
Jeżeli parainformacje zawarte w zbiorze obrazów różnią się od parainformacji zawartych w zbiorze oryginałów, to parainformowanie odgrywa rolę dezinformowania. Natomiast parainformowanie nie wchodzi w grę jako pseudoinformowanie, skoro bowiem nie istnieją łańcuchy kodowe, do których by należały parakomunikaty, to nie można mówić o parakomunikatach wspólnych dla kilku łańcuchów kodowych.

*Definicja 11.8. Paradezinformowanie* jest to parainformowanie, w którym parainformacje zawarte w zbiorze obrazów różnią się od parainformacji zawartych w zbiorze oryginałów.

*Definicja 11.9. Paradezinformacja* jest to parainformacja zawarta w asocjacji obrazów lub brak parainformacji w wyniku paradezinformowania.

Z kolei rodzaje paradezinformowania można odróżnić odpowiednio do rozróżnienia informowania symulacyjnego, informowania dysymulacyjnego i informowania konfuzyjnego (rozdz.7).

*Definicja 11.10. Paradezinformowanie symulacyjne* jest to paradezinformowanie, w którym parainformacje występują w zbiorze obrazów, nie występują zaś w zbiorze oryginałów.



Rys. 11.3. Paradezinformowanie symulacyjne

*Definicja 11.11. Paradezinformacja symulacyjna* jest to parainformacja zawarta w asocjacji obrazów w wyniku paradezinformowania symulacyjnego.

Paradezinformowanie symulacyjne jest przedstawione schematycznie na rys. 11.3. W zbiorze obrazów występuje paraobraz  $v_3$  pomimo braku

## **Parainformowanie**

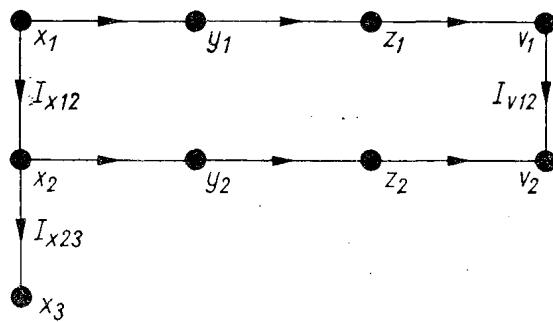
paraoryginału w zbiorze oryginałów. W związku z tym w asocjacji obrazów  $v_2, v_3$  jest zawarta parainformacja  $I_{v23}$ , przy braku parainformacji w zbiorze oryginałów.

Paradezinformowaniem symulacyjnym jest np. domniemywanie się ukrytego sensu zdań wypowiedzianych tylko w dosłownym znaczeniu, dopatrzenie się aluzji, której nie było, przypisanie innym intencji i zamiarów, których nie mieli, urojenia co do nie istniejących uczuć innej osoby itp.

*Definicja 11.12. Paradezinformowanie dysymulacyjne* jest to paradezinformowanie, w którym parainformacje występują w zbiorze oryginałów, nie występują zaś w zbiorze obrazów.

*Definicja 11.13. Paradezinformacja dysymulacyjna* jest to brak parainformacji w wyniku paradezinformowania dysymulacyjnego.

Paradezinformowanie dysymulacyjne jest przedstawione schematycznie na rys. 11.4. W zbiorze obrazów nie ma paraobrazu, mimo że w zbiorze oryginałów występuje paraoryginał  $x_3$ . W związku z tym w asocjacji oryginałów  $x_2, x_3$  jest zawarta parainformacja  $I_{x23}$ , przy braku parainformacji w zbiorze obrazów.



*Rys. 11.4. Paradezinformowanie dysymulacyjne*

Paradezinformowaniem dysymulacyjnym jest np. niedomyślanie się o co chodzi, niezrozumienie aluzji, nieprzeniknięcie cudzych zamiarów, nieodgadnięcie cudzych intencji, nierozpoznanie cudzych uczuć itp.

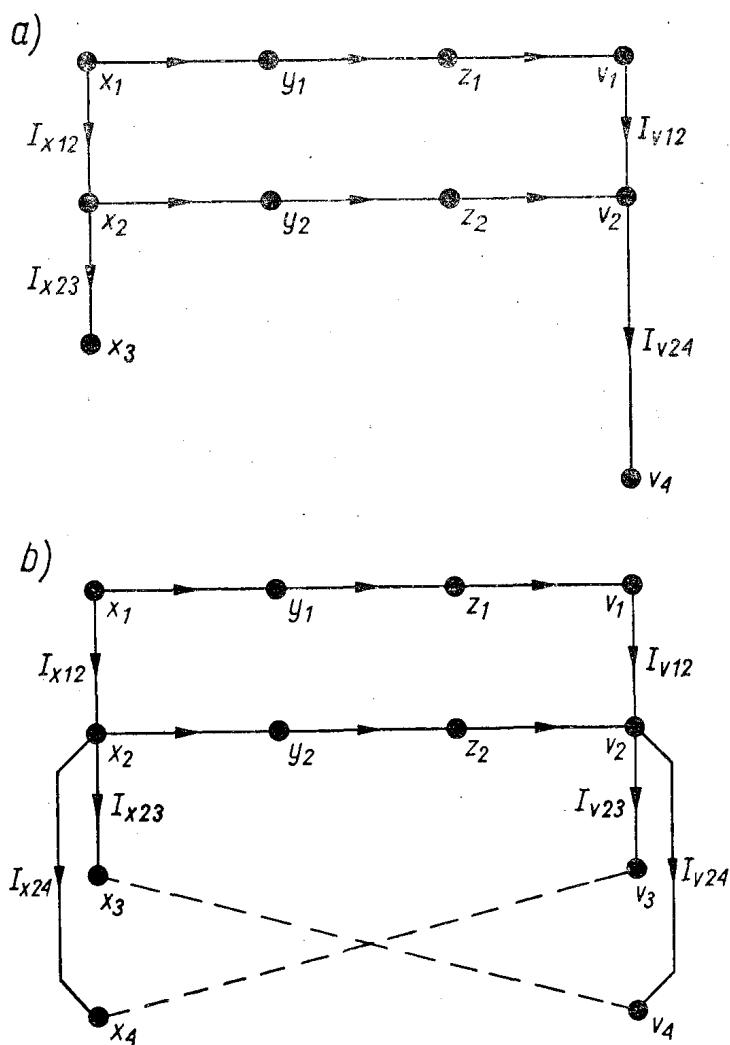
*Definicja 11.14. Paradezinformowanie konfuzyjne* jest to paradezinformowanie, w którym parainformacje występujące w zbiorze obrazów różnią się od parainformacji występujących w zbiorze oryginałów.

## Parainformowanie

**Definicja 11.15.** *Paradezinformacja konfuzyjna* jest to parainformacja zawarta w asocjacji obrazów, różniąca się od parainformacji zawartej w asocjacji oryginałów.

**Definicja 11.16.** *Paradezinformowanie konfuzyjne pojedyncze* jest to paradezinformowanie konfuzyjne, w którym jedna parainformacja występująca w zbiorze obrazów różni się od jednej parainformacji występującej w zbiorze oryginałów.

Paradezinformowanie konfuzyjne pojedyncze jest przedstawione schematycznie na rys. 11.5a. W zbiorze obrazów występuje parainfor-



Rys. 11.5. Paradezinformowanie konfuzyjne: a) pojedyncze; b) podwójne

## ***Parainformowanie***

macja  $I_{v24}$  różniąca się od parainformacji  $I_{x23}$  zawartej w zbiorze oryginałów.

Paradezinformowaniem konfuzyjnym pojedynczym jest domyślenie się czegoś innego, niż miał na myśli mówiący, dopatrzenie się nie tej aluzji, o którą chodziło, przypisanie komuś intencji odmiennych od rzeczywistych, posądzenie o pewne zamiary kogoś mającego inne zamiary, branie oznak pewnych uczuć za oznaki innych uczuć, pomniejszanie lub wyolbrzymianie sensu cudzych wypowiedzi itp.

***Definicja 11.17. Paradezinformowanie konfuzyjne podwójne*** jest to paradezinformowanie konfuzyjne, w którym zbiór oryginałów i zbiór obrazów zawierają po dwie odpowiednio jednakowe parainformacje, przy czym pierwszej z dwóch parainformacji w zbiorze oryginałów towarzyszy druga z dwóch parainformacji w zbiorze obrazów, natomiast drugiej parainformacji w zbiorze oryginałów towarzyszy pierwsza parainformacja w zbiorze obrazów.

Paradezinformowanie konfuzyjne podwójne jest przedstawione na rys. 11.5b. Parainformacji  $I_{x23}$  zawartej w zbiorze oryginałów towarzyszy parainformacja  $I_{v24}$  zawarta w zbiorze obrazów, natomiast parainformacji  $I_{x24}$  zawartej w zbiorze oryginałów towarzyszy parainformacja  $I_{v23}$  zawarta w zbiorze obrazów, przy czym  $I_{v23} = I_{x23}$  oraz  $I_{v24} = I_{x24}$ .

Paradezinformowaniem konfuzyjnym podwójnym jest np. przekręcenie znaczeń cudzego zachowania, dopatrzenie się wrogości w tym, w czym jej nie było, a niedopatrzenie się jej w tym, w czym była, uznanie za zachętę wypowiedzi zniechęcających i przeciwnie itp.

Przykładem, w którym mogą występować wszystkie rodzaje parainformowania, są takie gry karciane, w których — jak np. w brydżu — reguły licytacji ograniczają wspólnikom możliwości transinformowania, wobec czego ich porozumiewanie się musi polegać głównie na parainformowaniu, przy czym oczywiście zależy im, żeby to było paratransinformowanie. Na przykład, na podstawie odzywek i zrzutek starają się oni odgadnąć karty posiadane przez wspólnika, propozycje wyjścia w określony kolor itp. Zdarzają się przy tym nieporozumienia (paradezinformowanie), np. przy zagraniu opartym na błędny przypuszczeniu, że wspólnik sobie go życzy (paradezinformowanie symulacyjne), przy powstrzymaniu się od pewnego zagrania wskutek błędnego przypuszczenia, że wspólnik sobie go nie życzy (paradezinformowanie dysymulacyjne), przy zagraniu opartym na przypuszczeniu, że wspólnik na nie oczekuje, chociaż w rzeczywistości oczekwał on innego zagrania (paradezinformowanie konfuzyjne pojedyncze), przy zagraniu w pewien kolor, którego wspólnik sobie nie życzył, a następnie zaniechaniu

## **Parainformowanie**

wyjścia w ten kolor, chociaż wspólnik już na to wyjście oczekwał (paradezinformowanie konfuzyjne podwójne).

Parainformacje ułatwiają ludziom porozumiewanie się dzięki temu, że do para-transinformowania trzeba mniej łańcuchów kodowych, a więc i mniej interkomunikatorów, niż do transinformowania (ale nie mniej oryginałów ani obrazów, tyle tylko że niektóre z nich są paraoryginałami i paraobrazami). Ułatwienie to stwarza jednak możliwości nieporozumień wskutek różnic między parainformacjami mówiącego i słuchającego.

Na tym tle może dochodzić do sytuacji, w których to samo parainformowanie dla jednego odbiorcy jest paratransinformowaniem, a dla innego jest paradezinformowaniem.

Jako anegdotyczną ilustrację można wskazać znaną scenę z opery „Tosca” Pucciego, gdy Scarpia, zapewniając Toskę, że Cavaradossi zostanie rozstrzelany tylko po zornie, wydaje polecenie, żeby Spoletta załatwił tę sprawę „tak jak to było z hrabią Palmieri”. I Scarpia, i Spoletta wiedzieli, że Palmieri został rozstrzelany naprawdę, w tej sprawie mieli więc jednakowe parainformacje. Rozkaz Scarpii był więc dla Spoletty paratransinformowaniem, dla Toski zaś okazał się paradezinformowaniem konfuzyjnym.

Parainformacje odgrywają coraz większą rolę w sztuce. Dawne dzieła sztuki odznaczały się dokładnością przedstawienia, o czym łatwo się przekonać np. obserwując szczegółowość anatomiczną starożytnych posągów i średniowiecznych portretów. Ideąlem autorów tych dzieł było więc transinformowanie („sztuka komunikatywna”). Z czasem zaczęto odchodzić od transinformowania rezygnując ze szczegółowości. Braki szczegółów miał sobie odbiorca wypełniać własną wyobraźnią, odgadując myśli autora. Takie odwoływanie się do parainformacji odbiorcy nadawało odczuwaniu dzieła sztuki charakter paratransinformowania. W najnowszej sztuce autorzy nie starają się nawet przekazywać odbiorcy określonych treści, lecz za pomocą abstrakcyjnych form pobudzają go do snucia własnych myśli, czyniąc w ten sposób odbiorcę niejako współtwórcą dzieła sztuki. Odczuwanie dzieła sztuki staje się tu paradezinformowaniem symulacyjnym.

Na parainformacjach opiera się też odczuwanie humoru. Opowiadając dowcip podaje się takie informacje i w takiej kolejności, żeby u słuchacza wiązały się one z parainformacjami odmiennymi od tych, na które zostanie on naprowadzony nagle na końcu opowiadania. Parainformowanie, które słuchaczowi początkowo wydaje się paratransinformowaniem, okazuje się paradezinformowaniem w konfrontacji z paratransinformowaniem, które ujawni się na końcu.

Można to zilustrować następującym dowcipem. Przechodzień w parku pyta opiekunkę dwóch bardzo do siebie podobnych chłopczyków: „Czy to dwojaczki?”, na co opiekunka odpowiada: „Nie, trojaczki. Trzeci został w domu”.

Słysząc wyrazy „dwóch” oraz „bardzo podobnych” słuchający ma takie samo skojarzenie jak ów przechodzień, a dopiero zakończenie ujawnia mu, że pominął możliwość również dość prawdopodobną.

Rolę parainformacji jeszcze wyraźniej ujawnia następująca anegdota.

## **Parainformowanie**

Pewien kapitan statku handlowego nie znosił swego zastępcy i szykanował go przy każdej sposobności. W czasie postoju statku w jakimś egzotycznym porcie zastępca kapitana, mając dzień wolny od służby, z szedł na ląd i przypadkowo spotkawszy tam dawno niewidzianego kolegę udał się z nim do pobliskiej trakterni, gdzie obydwaj wspominali dawne czasy, sporo przy tym popijając. Kiedy pora była wracać na statek, zastępca kapitana spostrzegł, że chodzenie sprawia mu poważne trudności i z przerażeniem myślał, jaka będzie reakcja kapitana. Jego przyjaciel doradził mu, żeby wysłał do kapitana, przez któregoś ze swoich marynarzy włóczących się po porcie, kartkę z prośbą o usprawiedliwienie jego powrotu w takim stanie. Odpowiedź kapitana była pozytywna, wobec czego zastępca kapitana, wyspawszy się w swej kajucie, stawił się na dyżur nie przeczuwając nic złego. Ku swemu zdumieniu znalazł w dzienniku następujący zapis dokonany przez kapitana: „Podczas mojego dyżuru zastępca kapitana znajdował się na statku w stanie nietrzeźwym”. Pobiegł czym przedzej do kapitana z prezentą, powołując się na jego zgodę, i to otrzymaną na piśmie. „Wiem, wiem — odpowiedział kapitan — ale doprawdy nie rozumiem, o co panu chodzi. Przecież to, co napisałem w dzienniku jest zgodne z prawdą, a przy tym nie ma tam najmniejszego zarzutu pod pana adresem”. Następnego dnia kapitan znalazł następujący zapis: „Podczas mojego dyżuru kapitan statku był trzeźwy”.

Złośliwość kapitana i zemsta jego zastępcy polegały na odwoływaniu się do parainformacji osób mogących przeczytać zapisy w dzienniku. Zauważmy, że zapis zastępcy kapitana, rozpatrywany bez parainformacji, miał treść pochlebną dla kapitana.

Opowiadanie dowcipów wywołuje efekt humorystyczny przy odpowiednich parainformacjach słuchaczy. Natomiast okazuje się zawodne wobec słuchaczy o odmiennych parainformacjach. Słuchaczom takim odpowiadający są skłonni zarzucać brak poczucia humoru.

Parainformacje nieoczekiwane dla opowiadającego mogą wchodzić w grę, gdy sytuacja występująca w dowcipie mogłaby dotyczyć samego słuchacza. Dlatego też zamiast wesołości nieraz występuje rozdrażnienie, np. u lekarzy słyszących dowcipy o niedbalstwach w ich zawodzie, u polityków słyszących dowcipy o błędach ich stronnictwa, u cudzoziemców słyszących dowcipy o przywarach ich rodaków itp.

Należy tu również wymienić dowcipy prowokujące przewidziane parainformacje tylko u osób nieinteligentnych („dowcipy płaskie”) bądź tylko u osób bardzo inteligentnych („dowcipy wyrafinowane”), bądź też tylko u osób znających pewne szczególne fakty („dowcipy dla wtajemniczonych”).

I wreszcie należy wspomnieć o dowcipach nieumiejętnie opowiadanych. Podanie informacji wykraczających poza niezbędnego minimum lub przedstawienie kolejności informacji potrzebnych może u słuchacza przedwcześnie wywołać właściwe parainformacje niwcząc przez to zamierzzone zaskoczenie („uśmiercenie dowcipu”).

Jednym z chwytów stosowanych przez humorystów jest traktowanie zdań w sposób dosłowny, chociaż dzięki parainformacjom dla każdego jest oczywiste, że mają one inne znaczenie. Na tym polegały np. żarty Sowizdrzała.

## **Parainformowanie**

To co humaniści nazywają „treścią”, „znaczeniem”, „rozumieniem” itp. jest po prostu dołączaniem się własnych parainformacji odbiorcy do informacji otrzymywanych przezeń z zewnątrz.

Aby to objaśnić, rozważymy powstawanie parainformacji z fizycznego punktu widzenia.

Transformowanie komunikatów, jako proces fizyczny, musi polegać na przepływie energii, w związku z czym musi występować potencjał ( $V$ ) wywołujący przepływ określonej ilości energii w określonym czasie, tj. przepływ mocy ( $P$ ).

Wprowadzając pojęcie przewodności ( $G$ ) określone stosunkiem mocy do potencjału

$$G = \frac{P}{V} \quad (11.7)$$

otrzymuje się zależność ogólną

$$P = VG \quad (11.8)$$

Zgodnie ze wzorem (11.8), dla asocjacji komunikatów, stanowiących pewne potencjały  $V_a$  i  $V_b$ , moc  $P_{ab}$  płynąca od miejsca o potencjale  $V_a$  do miejsca o potencjale  $V_b$  po drodze o przewodności  $G_{ab}$  wyrazi się wzorem

$$P_{ab} = (V_a - V_b)G_{ab} \quad (11.9)$$

skąd

$$V_b = V_a - \frac{P_{ab}}{G_{ab}} \quad (11.10)$$

Postać wzoru (11.10) wskazuje, że w transformacji komunikatu  $V_a$  w komunikat  $V_b$  stosunek  $P_{ab}/G_{ab}$  jest parametrem operacji odejmowania, na której ta transformacja polega.

Jeżeli komunikat pierwotny tej asocjacji zaniknie, czyli  $V_a = 0$ , to moc przestanie płynąć, czyli  $P_{ab} = 0$ , a wobec tego ze wzoru (11.10) wynika, że również komunikat wtórny zaniknie, czyli  $V_b = 0$ .

Przewodność  $G_{ab}$  jest w tym przypadku jedyną wielkością, która może pozostać jako nierówna zeru. Jeżeli przy tym ulegnie ona zmianie wskutek przepływu energii, to zmiana ta będzie jedynym śladem tego przepływu energii. Przewodność, jako trwały element parametru operacji, można by nazwać „rejestratem”.

## **Parainformowanie**

Natomiast moc  $P_{ab}$  jest nietrwałym elementem parametru operacji, skorelowanym z innymi asocjacjami w łańcuchu komunikatów (przepływ mocy na odcinku pewnej drogi zależy również od potencjałów i przewodności innych odcinków tej drogi i jej odgałęzień), toteż można by ją nazwać „korelatem”.

Posługując się tymi pojęciami można w następujący sposób zinterpretować przytoczony poprzednio przykład parainformowania (rys. 11.1) dotyczący linii elektrycznej łączącej elektrownię z podstacją i lamp sygnalizacyjnych.

Na początku linii jest przyłączona lampa sygnalizacyjna za pośrednictwem przewodów o dostatecznie dużej przewodności (przewodność  $G_{x23}$  jako rejestrat parainformacji  $I_{x23}$ ). Podobnie na końcu tej linii jest przyłączona inna lampa sygnalizacyjna za pośrednictwem przewodów o dostatecznie dużej przewodności (przewodność  $G_{v23}$  jako rejestrat parainformacji  $I_{v23}$ ).

Dopóki napięcie na początku linii jest równe zeru (oryginał  $x_1$ ) dopóty na końcu linii napięcie jest także równe zeru (obraz  $v_1$ ).

Gdy w elektrowni linia zostanie włączona pod napięcie (oryginał  $x_2$ ), wówczas również i na końcu linii pojawi się napięcie (obraz  $v_2$ ).

Wówczas dzięki dużej przewodności  $G_{x23}$  napięcie na początku linii (oryginał  $x_2$ ) spowoduje przepływ mocy  $P_{x23}$  (korelat parainformacji  $I_{x23}$ ) z linii do lampy sygnalizacyjnej i jej zaświecenie (oryginał  $x_3$ ). Podobnie dzięki dużej przewodności  $G_{v23}$  napięcie na końcu linii (obraz  $v_2$ ) spowoduje przepływ mocy  $P_{v23}$  (korelat parainformacji  $I_{v23}$ ) z linii do lampy sygnalizacyjnej i jej zaświecenie (obraz  $v_3$ ).

W przykładzie tym świecenie lampy sygnalizacyjnej na początku linii jest paraoryginałem  $x_3$ , a świecenie lampy sygnalizacyjnej na końcu linii jest paraobrazem  $v_3$ . Są to parakomunikaty, gdyż mogą występuwać tylko wtedy, kiedy występują inne komunikaty (oryginał  $x_2$  i obraz  $v_2$ ). Do tego czasu istnieje tylko możliwość powstania tych parakomunikatów, wynikająca z okoliczności, że istnieją przewodności  $G_{x23}$  i  $G_{v23}$  (rejestraty parainformacji  $I_{x23}$  i  $I_{v23}$ ).

Gdyby przewody łączące np. lampa sygnalizacyjną na końcu linii były przerwane, czyli gdyby przewodność  $G_{v23}$  była równa zeru (brak rejestratu parainformacji  $I_{v23}$ ), wówczas nawet po pojawienniu się napięcia (obraz  $v_2$ ) nie nastąpiłby przepływ mocy  $P_{v23}$  (brak korelatu parainformacji  $I_{v23}$ ) ani zaświecenie lampy (brak paraobrazu  $v_3$ ). W tym przypadku nadal występowałoby transinformowanie jako transformowanie informacji  $I_{x12}$  w informację  $I_{v12}$ , natomiast zamiast paratransinformowania jako transformowania parainformacji  $I_{x23}$  w parainformację  $I_{v23}$  byłoby paradezinformowanie dysymulacyjne (wobec braku parainformacji  $I_{v23}$ ).

Nawiązując do rozróżnienia komunikatów biernych i komunikatów czynnych (rozdz. 3) można powiedzieć, że rejestrat jest fizycznym połączeniem dwóch komunikatów biernych, korelat zaś fizycznym połączeniem dwóch komunikatów czynnych. Gdy wskutek transformacji

## ***Parainformowanie***

jednego komunikatu biernego w komunikat czynny oraz istnienia rejestru pojawi się korelat, wówczas spowoduje to transformację drugiego komunikatu biernego w komunikat czynny.

W ostatnim przykładzie komunikatami biernymi są stan beznapięciowy linii i nieświecenie lampy, rejestratem jest przewodność połączenia elektrycznego lampy z linią, komunikatami czynnymi zaś są napięcie na danym krańcu linii i świecenie lampy.

W mózgu komunikatami biernymi są niepobudzone zakończenia nerwowe, rejestratami są przewodności między zakończeniami nerwowymi, korelatami są przepływy mocy między nimi, a komunikatami czynnymi są pobudzone zakończenia nerwowe.

Na zdolności systemu do wytwarzania rejestratorów i korelatorów polega pamięć. Parainformacje są informacjami o przeszłych stanach systemu, a pośrednio o przeszłych bodźcach, które wywołyły te stany. Na tej podstawie system może się sterować wykorzystując swoje doświadczenie z przeszłości. Rejestracja, czyli powstawanie rejestratorów (wzrost przewodności) jest zapamiętywaniem, derejestracja, czyli zanikanie rejestratorów (zmniejszanie się przewodności) jest zapominaniem, ponowna rejestracja, czyli przywracanie rejestratorów (ponowny wzrost przewodności) jest przypominaniem.

Różnice sterowania opartego na parainformacjach w takich systemach jak człowiek, zwierzęta i maszyny można objąść biorąc pod uwagę strukturę systemu autonomicznego<sup>1)</sup>, tj. systemu wyposażonego w homeostat, dzięki czemu ma on zdolność nie tylko do sterowania się, lecz także zdolność do utrzymywania swojej zdolności do sterowania się. Dla parainformowania istotne są tu trzy następujące okoliczności.

Po pierwsze, przepływ energii sterowniczej musi powodować wzrost przewodności. Gdyby przewodność pozostawała bez zmiany, to bodźce nie pozostawiały po sobie żadnego śladu, tj. rejestraty nie mogłyby powstawać, a wobec spowodowanego tym braku parainformacji system nie mógłby się sterować na podstawie swojego doświadczenia z przeszłości. Gdyby zaś wskutek przepływu energii sterowniczej przewodność malała, wówczas następne przepływy energii byłyby coraz mniejsze i zupełnie uniemożliwiłyby sterowanie się systemu.

W maszynach cyfrowych wzrost przewodności jest bardzo stromy i już przy jednorazowym pojawienniu się bodźca prowadzi do stanu przewodności granicznej, po czym stan ten utrzymuje się prawie bez zmian przez czas, praktycznie biorąc, nieograniczony. Inaczej mówiąc, maszyna cyfrowa zapamiętuje informacje od razu i już ich nie zapomina. Do usunięcia rejestratorów z maszyny są potrzebne sztuczne zabiegi (np. odmagnesowanie taśmy magnetycznej).

Natomiast w mózgu wzrost przewodności jest mniej stromy, toteż do osiągnięcia przewodności granicznej są potrzebne bodźce powtarzające się wielokrotnie lub bodźce bardzo silne. W przerwach między bodźcami przewodność powoli maleje. Inaczej mówiąc, w organizmach zapamiętywanie odbywa się wolniej niż w maszynach, przy czym po każdym bodźcu rozpoczyna się zapominanie, ale powtórne bodźce powodują przypominanie.

<sup>1)</sup> Mazur M.: *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*. Warszawa, PWN 1966.

## *Parainformowanie*

W przerwach między powtarzającymi się bodźcami przewodność musi maleć wskutek procesów samowyrównawczych — energia skoncentrowana przy wzroście przewodności rozpływają się z biegiem czasu powodując wyrównywanie się potencjałów. Zmniejszanie się przewodności prowadzi do zanikania rejestratorów, jest to więc proces zapominania.

Po drugie, w systemie autonomicznym do potencjałów wprowadzanych z bodźcami dodają się lub odejmują potencjały wprowadzane przez homeostat systemu w zależności od tego, czy bodźce te pomagają, czy też przeszkadzają w działaniu homeostatu zmierzającego do utrzymywania równowagi funkcjonalnej systemu.

Wskutek tego parainformacje powstające w organizmie są zależne nie tylko od bodźców, lecz także od tego, czy dane bodźce sprzyjają dążeniu organizmu do przetrwania, czy też zagrażają jego dalszemu istnieniu. Okoliczność ta wyjaśnia, dlaczego w dyskusjach, angażujących żywotne, ale ukrywane interesy dyskutantów, nawet najbardziej logiczne argumenty nie przyczyniają się do zmiany stanowiska żadnej ze stron. Przykładów tego rodzaju dostarczają posiedzenia organizacji międzynarodowych zrzeszających kraje o sprzecznych interesach.

Tym również objaśnia się, że dla celów propagandowych dobiera się słowa w zależności od parainformacji, jakich można się spodziewać u słuchaczy.

Specjalisci od reklamy badają wpływ barw, kształtu opakowań, kroju liter, doboru wyrazów, ilustracji itp., aby utrafić w parainformacje nabywców mogące ich skłonić do zakupu reklamowanych towarów.

Zachowanie się zmierzające do wykorzystania parainformacji u innych osobników spotyka się często również wśród zwierząt, np. gdy lis udaje martwego, aby przywabić kruka, który w wyniku tego podstępu, zamiast stać się konsumentem, sam zostaje skonsumowany.

W maszynach matematycznych i automatach zjawiska tego rodzaju nie występują, gdyż wobec braku homeostatu maszyny te nie są systemami autonomicznymi. Działają one nie w interesie własnym, lecz w interesie swoich użytkowników, którzy przez zaprogramowanie maszyn matematycznych lub nastawienie regulatorów w automatach wprowadzają użyteczne dla siebie parainformacje.

I po trzecie, na zachowanie się systemu wywiera wpływ liczba parainformacji, zależna od liczby elementów, w których zmiany stanu fizycznego mogą odgrywać rolę komunikatorów.

Pod tym względem przoduje człowiek, gdyż liczbę takich elementów w mózgu ludzkim ocenia się na około 15 miliardów, podczas gdy w nowoczesnych maszynach cyfrowych liczba ta wynosi około jednego miliona. Liczba elementów tego rodzaju w mózgu zwierzęcym zależy od rodzaju zwierzęcia, np. u owadów ocenia się ją na kilka-naście tysięcy.

Doktrynalne opory wobec traktowania procesów informacyjnych u człowieka na takich samych zasadach jak w innych organizmach i w maszynach słabną coraz bardziej, ale ciągle jeszcze występuje tendencja do przypisania człowiekowi jakichś wyjątkowych właściwości nie dających się objąć tymi zasadami, chociaż w świetle przeprowadzonych powyżej rozważań nie ma do tego podstaw.

## **Parainformowanie**

Ogólnie biorąc, zachowanie się człowieka pod względem informowania określają następujące okoliczności.

Ponieważ bodźce często powtarzające się zapewniają większą przewodność niż bodźce jednorazowe, więc w określonej chwili swojego życia człowiek ma przede wszystkim rejestraty stanowiące parametry operacji dla parainformacji o często występujących zdarzeniach. Jest dla człowieka korzystne, że dzięki takim rejestratom ma on zdolność do sterowania się raczej w sytuacjach często się zdarzających niż w sytuacjach, jakie zdarzyły się zaledwie kilka razy lub nawet tylko raz i mogą się już nigdy nie powtórzyć.

Również okoliczność, że silne bodźce wywołują większy wzrost przewodności, jest dla człowieka pomyślna, gdyż bardziej są mu potrzebne parainformacje dotyczące bodźców silnych, których powtóżenie się może wywierzeć znaczny wpływ na jego egzystencję, niż parainformacje dotyczące bodźców słabych, a więc nie mających większego wpływu.

I wreszcie okoliczność, że niedawne bodźce zapewniają większą przewodność, jest dla człowieka użyteczna, gdyż bardziej są mu potrzebne parainformacje o sytuacji jeszcze trwającej niż o sytuacji dawno minionej.

Oczywiście, może się okazać, że w danej chwili powtóży się zdarzenie jednorazowe, a nie zdarzenie wielokrotne, albo że szczególnie doniosły wpływ wywierze bodziec słaby, a nie bodziec silny, albo też że trwająca sytuacja nagle ustanie, a powtóży się sytuacja z dalekiej przeszłości, ale przypadki takie zdarzają się o wiele rzadziej. Jak widać, wszystkie powyżej wymienione okoliczności zapewniają człowiekowi najbardziej użyteczne parainformacje. Pamiętanie bodźców najczęstszych, najsilniejszych i najświeższych, a zapominanie bodźców najrzadszych, najsłabszych i najdawniejszych, składające się na zdolność człowieka do skutecznego sterowania się, można więc wyjaśnić za pomocą prostych zasad fizycznych, bez odwoływanego się do jakichś tajemniczych właściwości ludzkiego organizmu.

Wprawdzie na takich samych zasadach opiera się działanie każdego organizmu, ale o przewadze człowieka decyduje wielka liczba elementów korelacyjnych i wynikająca z niej wielka liczba możliwych rejestratorów, co w konsekwencji umożliwiło mu również tworzenie rejestratorów sztucznych, występujących poza mózgiem ludzkim, głównie optycznych (pismo, rysunek, fotografia itp.) i akustycznych (płyta gramofonowa, taśma magnetofonowa itp.).

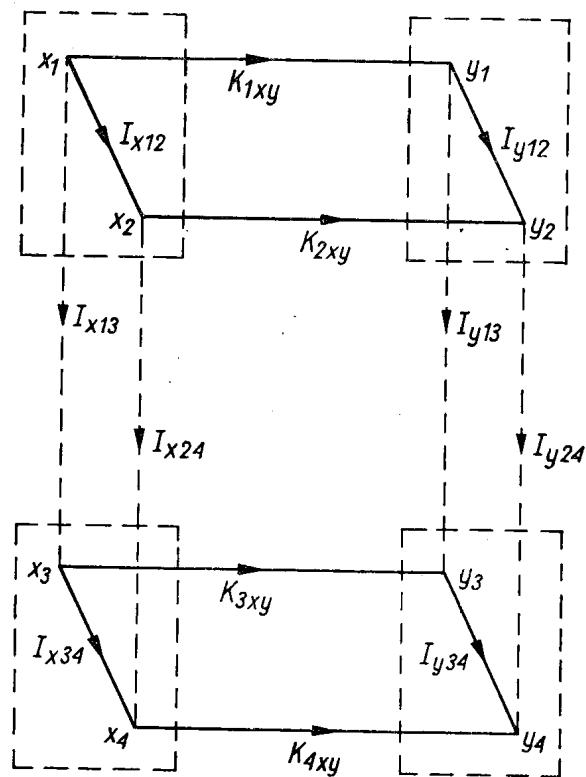
Należy też wspomnieć o rejestratach odziedziczonych, umożliwiających np. odczuwanie bólu, dzięki którym organizmy bardzo młode mają zwiększone szanse uniknięcia natychmiastowej zguby, zanim późniejsze doświadczenia życiowe wytworzą im dodatkowe rejestraty, umożliwiające wykorzystywanie wielu parainformacji.

Wobec rozległego znaczenia parainformacji łatwo zrozumieć, dla czego tak wiele ludzi odczuło zawód, gdy się okazało, że teoria informacji (ilościowa) pozostawiła poza swoim zakresem wszystko to, co tutaj zostało określone jako parainformowanie.

## 12. METAINFORMOWANIE

Przedmiotem rozważań w tym rozdziale będą związki między procesami informowania w różnych torach sterowniczych.

W tym celu weźmy pod uwagę dwa najprostsze tory sterownicze (rys. 12.1). W jednym z nich asocjacja oryginałów  $x_1, x_2$  jest transfor-



Rys. 12.1 Związek między procesami informowania dwóch torów sterowniczych

## ***Metainformowanie***

mowana w asocjacj $e$  obrazów  $y_1, y_2$ , w drugim zaś asocjacja oryginałów  $x_3, x_4$  jest transformowana w asocjacj $e$  obrazów  $y_3, y_4$ .

Do torów tych odnoszą się poniższe twierdzenia.

***Twierdzenie 12.1.*** W dwóch torach sterowniczych związek między informacjami zawartymi w asocjacjach obrazów różni się od związku między informacjami zawartymi w asocjacjach oryginałów w sposób określony kodami zastosowanymi w tych torach.

### **D o w ó d**

Są dane: kody  $K_{1xy}, K_{2xy}$  w jednym torze, kody  $K_{3xy}, K_{4xy}$  w drugim torze, transformacja  $I_{x13}$  oryginału  $x_1$  w oryginał  $x_3$  i transformacja  $I_{x24}$  oryginału  $x_2$  w oryginał  $x_4$ .

Są szukane: informacja  $I_{x34}$  w zależności od informacji  $I_{x12}$  oraz informacja  $I_{y34}$  w zależności od informacji  $I_{y12}$ .

Na podstawie twierdzenia 4.1 można napisać:

$$I_{x34} = I_{x24} I_{x12} I_{x31} \quad (12.1)$$

$$I_{y34} = K_{4xy} I_{x24} K_{yx} I_{y12} K_{1xy} I_{x31} K_{3yx} \quad (12.2)$$

Jest widoczne, że (12.2) różni się od (12.1) obecnością kodów.

W stosunku do ogólnego twierdzenia 12.1 następne twierdzenia mają charakter szczególnych przypadków.

***Twierdzenie 12.2.*** Jeżeli w dwóch torach sterowniczych wszystkie kody są banalne, to informacje zawarte w asocjacjach obrazów różnią się między sobą tak samo, jak informacje zawarte w asocjacjach oryginałów różnią się między sobą.

### **D o w ó d**

Są dane: kody banalne:

$$K_{1xy} = K^0 \quad (12.3)$$

$$K_{2xy} = K^0 \quad (12.4)$$

$$K_{3xy} = K^0 \quad (12.5)$$

$$K_{4xy} = K^0 \quad (12.6)$$

## ***Metainformowanie***

transformacja  $I_{x13}$  oryginału  $x_1$  w oryginał  $x_3$  i transformacja  $I_{x24}$  oryginału  $x_2$  w oryginał  $x_4$ .

Uwzględniając (12.3), (12.4), (12.5), (12.6) otrzymuje się z (12.2)

$$I_{y34} = I_{x24} I_{y12} I_{x31} \quad (12.7)$$

Z porównania (12.1) i (12.7) jest widoczne, że związek między  $I_{y34}$  a  $I_{y12}$  jest taki sam jak związek między  $I_{x34}$  a  $I_{x12}$ .

W szczególnym przypadku asocjacje oryginałów w obu torach mogą być jednakowe:

$$I_{x13} = I^0 \quad (12.8)$$

$$I_{x24} = I^0 \quad (12.9)$$

Wówczas, uwzględniając (12.8) i (12.9), otrzymuje się z (12.1)

$$I_{x34} = I_{x12} \quad (12.10)$$

z (12.7) zaś

$$I_{y34} = I_{y12} \quad (12.11)$$

Nawiązując do rozdziału 8 łatwo zauważyc, że w obu torach sterowniczych, o których mowa w twierdzeniu 12.2, informowanie jest transinformowaniem, przy czym może to być transinformowanie banalne lub transinformowanie kompensacyjne, gdyż w obu tych rodzajach transinformowania transformacje oryginałów w obrazy są kodami banalnymi. Twierdzenie 12.2 może się więc odnosić zarówno do informacji operacyjnych jak i informacji asocjacyjnych.

Na przykład, jeżeli przy dwukrotnym pomiarze pewnej wielkości fizycznej jej wartość została dokładnie wskazana przez dwa mierniki, to informacje otrzymane z tych pomiarów są jednakowe.

Podobnie, jeżeli pewien dokument dokładnie skopiowano, to kopie zawierają jednakowe informacje.

**Twierdzenie 12.3.** Jeżeli w dwóch torach sterowniczych informacje oraz kod zasadniczy w jednym torze i kod zasadniczy w drugim torze są transformacjami jednooperacyjnymi o jednakowych rodzajach operacji, to informacje zawarte w asocjacjach obrazów różnią się między sobą tak samo, jak informacje zawarte w asocjacjach oryginałów różnią się między sobą.

## ***Metainformowanie***

### **D o w ó d**

Są dane: kod zasadniczy w jednym torze

$$K_{1xy} = K_{2xy} \quad (12.12)$$

i kod zasadniczy w drugim torze

$$K_{3xy} = K_{4xy} \quad (12.13)$$

Są szukane: informacja  $I_{x34}$  w zależności od informacji  $I_{x12}$  oraz informacja  $I_{y34}$  w zależności od informacji  $I_{y12}$ .

Przy jednakowości rodzajów operacji kolejność transformacji jednooperacyjnych jest nieistotna, wobec czego można napisać (12.2) w postaci

$$I_{y34} = K_{1xy} K_{2yx} I_{x24} I_{y12} I_{x31} K_{3yx} K_{4xy} \quad (12.14)$$

Zgodnie z twierdzeniem 4.2, z (12.12) i (12.13) wynika:

$$K_{1xy} K_{2yx} = K^0 \quad (12.15)$$

$$K_{3yx} K_{4xy} = K^0 \quad (12.16)$$

Z (12.14), po uwzględnieniu (12.15) i (12.16), wynika

$$I_{y34} = I_{x24} I_{y12} I_{x31} \quad (12.17)$$

Z porównania (12.1) i (12.17) jest widoczne, że związek między  $I_{y34}$  a  $I_{y12}$  jest taki sam jak związek między  $I_{x34}$  a  $I_{x12}$ .

W szczególnym przypadku asocjacje oryginałów w obu torach mogą być jednakowe:

$$I_{x13} = I^0 \quad (12.18)$$

$$I_{x24} = I^0 \quad (12.19)$$

Wówczas, uwzględniając (12.18) i (12.19), otrzymuje się z (12.1)

$$I_{x34} = I_{x12} \quad (12.20)$$

z (12.17) zaś

$$I_{y34} = I_{y12} \quad (12.21)$$

W przypadku, do którego odnosi się twierdzenie 12.3, informowanie jest transinformowaniem analogowym.

Na przykład, jeżeli przy zmianie napięcia elektrycznego z 1 na 5 V wskazówka jednego woltomierza przesunęła się z 3 na 15 działek, a przy zmianie z 2 na 10 V wska-

## **Metainformowanie**

zówka innego woltomierza przesunęła się z 4 na 20 działek, to pomiary obu woltomierzami dają jednakowe informacje (5-krotny wzrost). Okoliczność tę wykorzystuje się praktycznie przy sprawdzaniu miernika zwykłego za pomocą miernika wzorcowego: nie jest konieczne, żeby obydwa mierniki miały wychylenia wskazówki o jednakowe liczby działek ani też żeby wielkość mierzona miała jednakowe wartości w obu pomiarach. Istotnym wymaganiem jest jedynie proporcjonalność.

**Twierdzenie 12.4.** Jeżeli w dwóch torach sterowniczych informacje i kody są transformacjami jednooperacyjnymi o jednakowych rodzajach operacji, przy czym kody w jednym torze i kody w drugim torze są odpowiednio jednakowe, to informacje zawarte w asocjacjach obrazów różnią się między sobą tak samo, jak informacje zawarte w asocjacjach oryginałów różnią się między sobą.

### **D o w ó d**

Są dane kody:

$$K_{1xy} = K_{3xy} \quad (12.22)$$

$$K_{2xy} = K_{4xy} \quad (12.23)$$

Są szukane: informacja  $I_{x34}$  w zależności od informacji  $I_{x12}$  oraz informacja  $I_{y34}$  w zależności od informacji  $I_{y12}$ .

Przy jednakowości rodzajów operacji kolejność transformacji jednooperacyjnych jest nieistotna, wobec czego można napisać (12.2) w postaci

$$I_{y34} = K_{4xy} K_{2yx} I_{x24} I_{y12} I_{x31} K_{1xy} K_{3yx} \quad (12.24)$$

Zgodnie z twierdzeniem 4.2, z (12.22) i (12.23) wynika:

$$K_{1xy} K_{3yx} = K^0 \quad (12.25)$$

$$K_{4xy} K_{2yx} = K^0 \quad (12.26)$$

Z (12.24), po uwzględnieniu (12.25) i (12.26), wynika

$$I_{y34} = I_{x24} I_{y12} I_{x31} \quad (12.27)$$

Z porównania (12.1) i (12.27) jest widoczne, że związek między  $I_{y34}$  a  $I_{y12}$  jest taki sam jak związek między  $I_{x34}$  a  $I_{x12}$ .

W szczególnym przypadku asocjacje oryginałów w obu torach mogą być jednakowe

$$I_{x13} = I^0 \quad (12.28)$$

$$I_{x24} = I^0 \quad (12.29)$$

## ***Metainformowanie***

Wówczas, uwzględniając (12.28) i (12.29), otrzymuje się z (12.1)

$$I_{x34} = I_{x12} \quad (12.30)$$

z (12.27) zaś

$$I_{y34} = I_{y12} \quad (12.31)$$

Informowanie, o które chodzi w twierdzeniu 12.4, może być nawet dezinformowaniem. Z twierdzenia tego wynika, że jeżeli jednakowe informacje podda się jednakowemu dezinformowaniu, to otrzymuje się jednakowe dezinformacje.

Na przykład, dwa jednakowo spóźniające się zegarki dają informacje zgodne, choć fałszywe.

Jeżeli zeznania dwóch świadków o tym samym zdarzeniu są jednakowe, to albo obaj mówią prawdę, albo obaj zeznają jednakowo fałszywie. Fałszu nie można wykryć przez porównanie z drugim takim samym fałszem. Wiedzą o tym przestępcy i dlatego wysyłają z więzienia „grypsy” do wspólników przebywających na wolności, z instrukcją, jak mają zeznawać. Wie o tym również służba śledcza i dlatego stara się im to uniemożliwić.

Warto zauważyć, że jeżeli zeznania dwóch prawdomównych świadków są jednakowe, to mogą one dotyczyć albo tego samego zdarzenia, albo też dwóch jednakowych zdarzeń. Rozróżnienie to, odpowiadające rozróżnieniu transinformowania tożsamościowego i transinformowania równościowego (rozdz. 8), ma praktyczne znaczenie, zdarzało się bowiem, że świadkowie, zeznając w rzeczywistości o takich samych, tj. bardzo do siebie podobnych, osobach lub sytuacjach, błędnie uważali je za te same.

Użyteczność informacji, zawartych w asocjacjach obrazów poszczególnych torów sterowniczych, do sterowania polega na tym, że określają one związki między oryginałami w poszczególnych torach. Jeżeli do sterowania jest potrzebne z kolei określenie związku między tymi informacjami, to przybierają one charakter asocjacji oryginałów w nadzędnym torze sterowniczym, w którym oryginały te muszą być transformowane w odpowiednie obrazy, ażeby informacja zawarta w asocjacji tych obrazów określała związek między informacjami otrzymanymi z poszczególnych torów sterowniczych.

O ile jednak związki między oryginałami  $x_1$  i  $x_2$  oraz między oryginałami  $x_3$  i  $x_4$  w poszczególnych torach sterowniczych były transformacjami komunikatów, o tyle związek między informacjami  $I_{y12}$  i  $I_{y32}$ , uważanymi za oryginały w nadzędnym torze sterowniczym, jest zbiorem transformacji  $I_{y13}$  i  $I_{y24}$  (gdyby zamiast asocjacji obrazów  $y_1$ ,  $y_2$  i asocjacji

## ***Metainformowanie***

obrazów  $y_3, y_4$  występowały łańcuchy wielu obrazów, wówczas liczba takich transformacji byłaby równa liczbie tych obrazów), czyli transformacją złożoną zbioru wszystkich obrazów z jednego toru sterowniczego w zbiór wszystkich obrazów z drugiego toru sterowniczego. A zatem określenie związku między informacjami  $I_{y_{12}}$  i  $I_{y_{34}}$  sprowadza się do określenia związku między zbiorem obrazów z jednego toru sterowniczego a zbiorem obrazów z drugiego toru sterowniczego. Dla nadzawanego toru sterowniczego zbiór obrazów z jednego toru staje się jednym oryginałem złożonym, a zbiór obrazów z drugiego toru staje się drugim oryginałem złożonym. Z kolei będzie potrzebna transformacja złożona tych dwóch oryginałów złożonych w dwa obrazy złożone. W celu odróżnienia terminów odnoszących się do nadzawanego toru sterowniczego będą one zaopatrzone w przedrostek „meta”.

*Definicja 12.1. Tor metasterowniczy* jest to zbiór torów sterowniczych, w którym do sterowania wykorzystuje się związki między informacjami otrzymanymi w poszczególnych torach.

*Definicja 12.2. Metakomunikat* jest to poprzeczny zbiór komunikatów jednego toru sterowniczego zawierający informacje, których związek z informacjami zawartymi w poprzecznym zbiorze komunikatów innego toru sterowniczego jest wykorzystywany w torze metasterowniczym.

*Definicja 12.3. Metaoryginal* jest to metakomunikat utworzony przez zbiór obrazów jednego toru sterowniczego zawierający informacje, których związek z informacjami zawartymi w zbiorze obrazów innego toru sterowniczego jest wykorzystywany w torze metasterowniczym.

*Definicja 12.4. Metaobraz* jest to metakomunikat otrzymany w wyniku transformacji złożonej metaoryginału i tworzący z nim asocjację wzdłużną w torze metasterowniczym.

*Definicja 12.5. Metakod* jest to transformacja złożona metaoryginału w metaobraz.

*Definicja 12.6. Metakod banalny* jest to metakod stanowiący transformację złożoną, w wyniku której metaobraz jest zbiorem komunikatów zawierających takie same informacje jak zbiór komunikatów stanowiący metaoryginal.

## ***Metainformowanie***

*Definicja 12.7.* ***Metakod niebanalny*** jest to metakod stanowiący transformację złożoną, w wyniku której metaobraz jest zbiorem komunikatów zawierającym inne informacje niż zbiór komunikatów stanowiący metaoryginał.

*Definicja 12.8.* ***Metainformacja*** jest to informacja złożona stanowiąca transformację złożoną metaoryginału w inny metaoryginał bądź metaobrazu w inny metaobraz.

*Definicja 12.9.* ***Metainformacja banalna*** jest to metainformacja stanowiąca transformację złożoną zbioru komunikatów, jako metaoryginału bądź metaobrazu, w inny zbiór komunikatów, jako metaoryginał bądź metaobraz, zawierający takie same informacje.

*Definicja 12.10.* ***Metainformacja niebanalna*** jest to metainformacja stanowiąca transformację złożoną zbioru komunikatów, jako metaoryginału bądź metaobrazu, w zawierający inne informacje zbiór komunikatów, jako metaoryginał bądź metaobraz.

*Definicja 12.11.* ***Metainformowanie*** jest to transformowanie metainformacji zawartych w zbiorze metaoryginałów w metainformacje zawarte w zbiorze metaobrazów.

Można by również wprowadzić pojęcie metainterkomunikatu, nadając jednocześnie powyższym definicjom nieco ogólniejsze brzmienie, ale dalsze rozważania nie wymagają posługiwania się tym pojęciem.

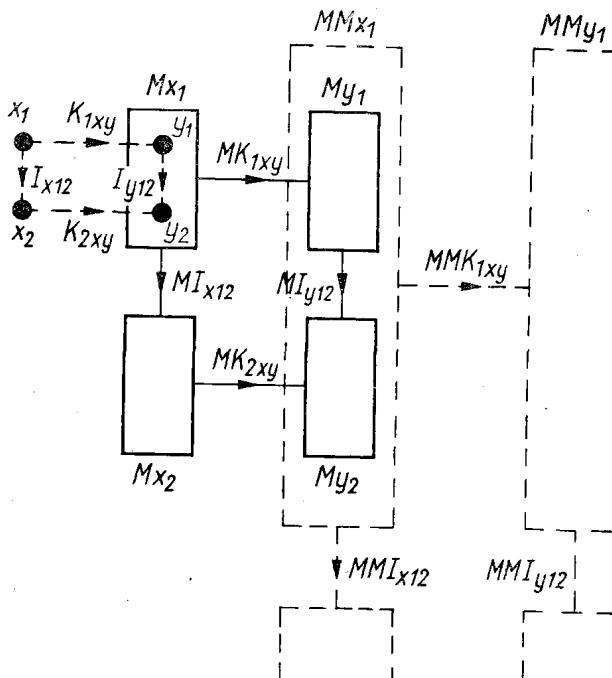
Jest oczywiste, że metakomunikat musi się składać co najmniej z dwóch komunikatów (choćby jednakowych), metakod musi się składać co najmniej z dwóch kodów (choćby jednakowych), a metainformacja musi się składać co najmniej z dwóch informacji (choćby jednakowych).

W definicji metainformacji banalnej istotna jest jednakowość informacji zawartych w metakomunikatach, nie zaś jednakowość metakomunikatów. Rozróżnienie to ma znaczenie dla informacji operacyjnych, gdyż — jak o tym była już mowa w rozdz. 8 i w twierdzeniu 12.3 — mogą one być jednakowe nawet w niejednakowych asocjacjach komunikatów. Natomiast nie ma ono znaczenia dla informacji asocjacyjnych, gdyż informacje asocjacyjne mogą być jednakowe tylko w jednakowych asocjacjach komunikatów. To samo odnosi się do metakodu banalnego.

## ***Metainformowanie***

Z kolei dla torów metasterowniczych może istnieć, jako nadrzędny tor meta-metasterowniczy itd. Wówczas wchodziłyby w grę terminy: meta-metaoryginał, meta-metaobraz, meta-metakod, meta-metainformacja, meta-metainformowanie itp.

Przedrostek „meta-” będziemy oznaczać przez  $M$ , przedrostek „meta-meta-” przez  $MM$  itd., w związku z czym otrzymuje się oznaczenia:  $Mx$ ,  $My$  — metakomunikaty,  $MK$  — metakod,  $MI$  — metainformacja,  $MMx$ ,  $MMy$  — meta-metakomunikaty,  $MMK$  — meta-metakod,  $MMI$  — meta-metainformacja itd.



**Rys. 12.2.** Informowanie, metainformowanie, meta-metainformowanie

Kolejne przejścia od informowania do metainformowania, od metainformowania do meta-metainformowania itd. są przedstawione na rys. 12.2.

Transformacja oryginału  $x_1$  w oryginał  $x_2$  jest informacją  $I_{x12}$  zawartą w asocjacji oryginałów.

Transformacja oryginału  $x_1$  w obraz  $y_1$  jest kodem  $K_{1xy}$ , a transformacja oryginału  $x_2$  w obraz  $y_2$  jest kodem  $K_{2xy}$ .

Transformacja obrazu  $y_1$  w obraz  $y_2$  jest informacją  $I_{y12}$  zawartą w asocjacji obrazów.

Transformacja informacji  $I_{x12}$  w informację  $I_{y12}$  jest informowaniem.

## ***Metainformowanie***

Asocjacja obrazów  $y_1, y_2$ , zawierająca informację  $I_{y_{12}}$ , staje się metaoryginałem  $Mx_1$ .

Transformacja metaoryginału  $Mx_1$  w metaoryginał  $Mx_2$  (z innego toru sterowniczego) jest metainformacją  $MI_{x_{12}}$ .

Transformacja metaoryginału  $Mx_1$  w metaobraz  $My_1$  jest metakodem  $MK_{1xy}$ , a transformacja metaoryginału  $Mx_2$  w metaobraz  $My_2$  jest metakodem  $MK_{2xy}$ .

Transformacja metaobrazu  $My_1$  w metaobraz  $My_2$  jest metainformacją  $MI_{y_{12}}$  zawartą w asocjacji metaobrazów.

Transformacja metainformacji  $MI_{x_{12}}$  w metainformację  $MI_{y_{12}}$  jest metainformowaniem.

Asocjacja metaobrazów  $My_1, My_2$ , zawierająca metainformację  $MI_{y_{12}}$ , staje się meta-metaoryginałem  $MMx_1$ .

Transformacja meta-metaoryginału  $MMx_1$  w meta-metaoryginał  $MMx_2$  (z innego toru metasterowniczego) jest meta-metainformacją  $MMI_{x_{12}}$  itd.

Na rysunku 12.2 jest też widoczne przejście od czterech komunikatów ( $x_1, x_2, y_1, y_2$ ), jako najmniejszej ich liczby koniecznej w informowaniu, do czterech metakomunikatów ( $Mx_1, Mx_2, My_1, My_2$ ), jako najmniejszej ich liczby koniecznej w metainformowaniu, następnie do czterech meta-metakomunikatów ( $MMx_1, MMx_2, MMy_1, MMy_2$ ), jako najmniejszej ich liczby koniecznej w meta-metainformowaniu itd.

W procesie sterowniczym dzięki rozróżnialności obrazów uzyskuje się informowanie o oryginałach.

W procesie metasterowniczym dzięki rozróżnialności metaobrazów uzyskuje się metainformowanie, czyli informowanie o metaoryginałach, a ponieważ metaoryginały są zbiorami obrazów, zapewniającymi informowanie, więc w konsekwencji metainformowanie jest informowaniem o informowaniu.

Podobnie meta-metainformowanie jest informowaniem o metainformowaniu.

Można to zilustrować następującym przykładem technicznym. Aby zmierzyć wartość pewnej wielkości fizycznej (oryginał  $x_2$ ), czyli porównać ją z jednostką miary (oryginał  $x_1$ ), zastosowano zwykły miernik nadający się do pomiarów tej wielkości. Wskazanie tego miernika (obraz  $y_2$ ) porównano ze wskazaniem dla jednostki miary (obraz  $y_1$ ), otrzymując w ten sposób informację ( $I_{y_{12}}$ ), ile razy wskazanie dla wartości

## ***Metainformowanie***

mierzonej jest większe niż wskazanie dla jednostki miary. Z tego nie wynika jednak, że jest ona taka sama jak informacja ( $I_{x12}$ ), ile razy wartość mierzona jest większa niż jednostka miary, nie wiadomo bowiem, czy użyty miernik zwykły daje wskazania poprawne.

Aby się o tym przekonać, wykonano dodatkowy pomiar miernikiem wzorcowym. Jeżeli są spełnione warunki wymienione w twierdzeniach 12.2 lub 12.3 (twierdzenie 12.4 nie wchodzi tutaj w grę, gdyż pomiar miernikiem wzorcowym nie jest dezinformowaniem), to pomiar miernikiem wzorcowym da taki sam wynik jak pomiar miernikiem zwykłym.

O jednakowości wyników trzeba się jednak przekonać przez ich porównanie, przy czym nie może to być porównanie tylko wskazań obu mierników dla wartości mierzonej. Jak wynika z poprzednich rozważań, jest również konieczne porównanie wskazań mierników dla jednostki miary. W rezultacie więc porównuje się informację dostarczoną przez miernik zwykły (ile razy wskazanie miernika zwykłego dla wartości mierzonej jest większe niż wskazanie dla jednostki miary) z informacją dostarczoną przez miernik wzorcowy (ile razy wskazanie miernika wzorcowego dla wartości mierzonej jest większe niż wskazanie dla jednostki miary). Jest to równoznaczne z porównaniem asocjacji obrazów  $y_1, y_2$  w pomiarze miernikiem zwykłym z asocjacją odpowiednich obrazów (na rys. 12.1 byłaby to asocjacja obrazów  $y_3, y_4$ ) w pomiarze miernikiem wzorcowym, pod względem zgodności informacji zawartych w tych asocjacjach.

W celu dokonania porównania środkami technicznymi należałoby zastosować komparator, dla którego asocjacja obrazów z pomiaru miernikiem zwykłym byłaby metaoryginałem  $Mx_1$ , a asocjacja obrazów z pomiaru miernikiem wzorcowym byłaby metaoryginałem  $Mx_2$  (rys. 12.2). Obie asocjacje obrazów, tj. metaoryginały  $Mx_1$  i  $Mx_2$ , musiałyby być odwzorowane przez komparator w postaci pewnych metaobrazów  $My_1$  i  $My_2$  i porównane. Jeżeli są spełnione warunki wymienione w twierdzeniach 12.2 lub 12.3, to komparator wskaże zgodność pomiarów miernikiem zwykłym i miernikiem wzorcowym. Będzie to metainformowanie, w którym z okoliczności, że metainformacja  $MI_{y12}$  zawarta w asocjacji metaobrazów  $My_1, My_2$  jest banalna, wynika, że metainformacja  $MI_{x12}$  zawarta w asocjacji metaoryginaliów  $Mx_1, Mx_2$  jest banalna.

Z kolei może powstać wątpliwość, czy działanie komparatora jest poprawne, a wówczas należałoby je porównać z działaniem innego komparatora uważanego za wiarygodny, czyli przejść od metainformowania do meta-metainformowania itd.

Podobną rolę dla wykonywania pomiarów (informowanie) odgrywa umieszczenie na mierniku cechy, za pomocą której instytucja metrologiczna stwierdza, że działanie miernika jest zgodne z wymaganiami legalizacyjnymi (metainformowanie).

W urządzeniach automatycznych pomiary ciągłe za pomocą mierników (informowanie) bywają co pewien czas sprawdzane przez porównywanie z wzorcami za pomocą automatycznych korektorów (metainformowanie).

Obliczenie wielkości wyjściowych procesu technologicznego na podstawie wielkości wejściowych jest informowaniem. Sprawdzenie obliczonych wielkości wyjściowych przez porównanie z eksperymentalnymi wielkościami wyjściowymi jest metainformowaniem.

## ***Metainformowanie***

Ilustracją metainformowania wielostopniowego może być też następujący przykład. W pracy doktorskiej zbadano pewne zjawisko za pomocą pomiarów (informowanie). Pomiary zostały sprawdzone za pomocą wzorców, a o wynikach porównania doktorant napisał w swojej pracy (metainformowanie). Recenzent porównał pracę doktoranta z pracami doktorskimi uważanymi za wzorowe (praktycznie biorąc, że swoim wyobrażeniem o wzorowej pracy doktorskiej) i na tej podstawie napisał recenzję (meta-metainformowanie), którą następnie rada naukowa uniwersytetu przyjęła jako wyczerpującą (meta-meta-metainformowanie).

Do często zdarzających się przypadków metainformowania wielostopniowego należą następujące przykłady. Operacje finansowe przedsiębiorstwa były rejestrowane w księgach rachunkowych (informowanie). Ze sprawdzenia prawidłowości prowadzenia tych ksiąg instytucja kontrolująca sporządziła protokół (metainformowanie) i wysłała do instytucji nadzorczej list: „W załączniu przekazujemy protokół kontroli” (meta-metainformowanie), a po pewnym czasie list: „Zawiadamiamy, że wysłaliśmy list załączając protokół kontroli” (meta-meta-metainformowanie). Występują tu kolejne procesy informowania: księgi informują o operacjach finansowych, protokół informuje o księgach, pierwszy list informuje o protokole, drugi list informuje o pierwszym liście.

Na zasadzie metainformowania odbywają się takie procesy jak np. metadecydomanie, czyli decydowanie o sposobach decydowania, metadyskutowanie, czyli dyskutowanie o sposobach dyskutowania, metawyrokowanie, czyli wyrokowanie o sposobach wyrokowania (np. kwestionowanie przez sąd wyższej instancji usterek procesowych w sądzie niższej instancji), metabadanie, czyli badanie sposobów badania, metanauczanie, czyli nauczanie sposobów nauczania, metanauka, czyli nauka o nauce itp.

W odczuciu wielu ludzi upewnianie się o prawdziwości wypowiedzi przedstawia się nader prosto: jeżeli ktoś na białe mówi „białe”, to mówi prawdę. Wydawałoby się, że występują tutaj tylko dwa komunikaty: kolor biały (oryginał) oraz wyraz „biały” (obraz). W grę wchodzą jednak cztery komunikaty i cztery metakomunikaty, a mianowicie dwa oryginały ( $x_1, x_2$ ) dwa obrazy ( $y_1, y_2$ ), dwa metaoryginały ( $Mx_1, Mx_2$ ) i dwa metaobrazy ( $My_1, My_2$ ). Aby to okazać, oznaczmy przez  $A$  osobnika, od którego pochodzi wypowiedź, i przez  $B$  osobnika oceniającego prawdziwość tej wypowiedzi.

Jeżeli coś jest białe (oryginał  $x_2$ ), to oczywiście w odróżnieniu od niebiałego (oryginał  $x_1$ ). Osobnik  $A$  określa to wyrazem „białe” (obraz  $y_2$ ), w odróżnieniu od wyrazu „niebiałe” (obraz  $y_1$ ).

Dla osobnika  $B$  wypowiedź osobnika  $A$  (metaoryginał  $Mx_1$ ) jest niewystarczająca do oceny jej prawdziwości. Potrzebna mu jest ponadto wypowiedź (metaoryginał  $Mx_2$ ) wiarygodnego eksperta. Osobnik  $B$  na podstawie porównania tego, co usłyszał (metaobraz  $My_1$ ) od osobnika  $A$ , z tym, co usłyszał (metaobraz  $My_2$ ) od eksperta, może stwierdzić zgodność (metainformacja banalna  $MI_{y12}$ ) tego, co usłyszał od nich obu, a stąd (jeżeli się nie przesłyszał) wnosić o zgodności (metainformacja banalna  $MI_{x12}$ ) ich wypowiedzi, i w konsekwencji o zgodności (transinformowanie) wypowiedzi osobnika  $A$  (informacja  $I_{y12}$ ) ze stanem faktycznym (informacja  $I_{x12}$ ). Jeżeli wypowiedź osobnika  $A$  jest zgodna z wypowiedzią eksperta, to osobnik  $A$  powiedział prawdę.

## ***Metainformowanie***

Jeżeli to, co osobnik  $B$  usłyszał od osobnika  $A$ , jest zgodne z tym, co osobnik  $B$  usłyszał od eksperta, to osobnik  $B$  może powiedzieć, że osobnik  $A$  powiedział prawdę.

W omówionym przykładzie przyjęto milcząco założenie, że osobnik  $B$  mówi prawdę, bez względu na to, czy osobnik  $A$  mówi prawdę czy nie. W razie wątpliwości byłby potrzebny jakiś osobnik  $C$ . Musiałby on przy ocenie prawdomówności osobnika  $B$  skorzystać z pomocy drugiego eksperta, którego zadaniem byłoby wiernie przekazać wypowiedź osobnika  $A$  i wypowiedź pierwszego eksperta osobnikowi  $C$ . Porównując wypowiedź osobnika  $B$  z wypowiedzią drugiego eksperta osobnik  $C$  mógłby się wy- powiedzieć o prawdomówności osobnika  $B$ . Byłoby to meta-metainformowanie.

Podobnie jakiś osobnik  $D$  przy pomocy trzeciego eksperta mógłby ocenić prawdomówność osobnika  $C$  (meta-meta-metainformowanie) itd.

Wprowadzanie ekspertów w omówionym przykładzie może się wydawać sztuczne, ale to tylko dlatego, że w praktyce przy sprawdzaniu prawdziwości wypowiedzi zwykle osobnik oceniający sam spełnia funkcję eksperta. Tak czy inaczej ekspert (wzorzec lub jakikolwiek inny sprawdzian) jest konieczny, o czym łatwo się przekonać w przypadkach, gdy spełnianie funkcji eksperta jest dla osobnika oceniającego z jakichkolwiek przyczyn niemożliwe. Na przykład, aby zrozumieć wypowiedź w nieznanym języku, trzeba się uciec do pomocy tłumacza. Wątpliwości powstające przy słuchaniu niezwykłych opowieści o dalekich krajach można rozproszyć szukając potwierdzenia u wiarygodnych osób, które w tych krajach przebywały itp.

Biorąc pod uwagę powyższe pojęcia można wyjaśnić takie antynomie jak np. „Niniejsze zdanie jest fałszywe”. W przytoczonym zdaniu występuje antynomia, gdyż jeżeli zdanie to jest fałszywe, to jest ono zarazem prawdziwe, bo nazywa fałszywym to, co jest fałszywe, a jeżeli jest ono prawdziwe, to jest ono zarazem fałszywe, bo nazywa fałszywym to, co jest prawdziwe.

Przyjmijmy dla uproszczenia, że zdanie jest asocjacją obrazów  $y_1, y_2$  (w ogólności zdanie może być łańcuchem wielu obrazów) zawierającą informację  $I_{y_{12}}$ . Zdanie to powinno określać, czym się różni od siebie pewne oryginały  $x_1, x_2$ , czyli jaka informacja  $I_{x_{12}}$  jest zawarta w asocjacji tych oryginalów (rys. 12.2 i 12.3).

W celu stwierdzenia, czy zdanie jest fałszywe, należy je porównać ze zdaniem prawdziwym w postaci innej asocjacji obrazów  $y_3, y_4$  zawierającej informację  $I_{y_{34}}$ .

Podobnie więc jak przedtem chodziło o rozróżnienie między oryginałem  $x_1$  a oryginałem  $x_2$ , tu z kolei chodzi o rozróżnienie między asocjacją obrazów  $y_1, y_2$ , uważaną za metaoryginał  $Mx_1$ , a asocjacją obrazów  $y_3, y_4$ , uważaną za metaoryginał  $Mx_2$ .

Asocjacja metaoryginalów  $Mx_1, Mx_2$  zawiera metainformację  $MI_{x_{12}}$ , którą może określić zdanie w postaci pewnej asocjacji metaobrazów  $My_1, My_2$  zawierającej meta- informację  $MI_{y_{12}}$ .

W zdaniu: „Niniejsze zdanie jest fałszywe” antynomia występuje wskutek nieprawidłowości polegającej na tym, że przez użycie słowa „niniejsze” utożsamiono zdanie zawierające informację  $I_{y_{12}}$  ze zdaniem o tym zdaniu („metazdaniem”), czyli ze zdaniem zawierającym metainformację  $MI_{y_{12}}$ , tj. pomieszano informowanie z meta- informowaniem.

## ***Metainformowanie***

Pojęcia metainformowania, meta-metainformowania itd. mają zastosowanie do wszelkich rodzajów informowania.

*Definicja 12.12. Metainformowanie symulacyjne* jest to metainformowanie charakteryzujące się tym, że zbiór metaobrazów zawiera metainformacje nie występujące w zbiorze metaoryginałów.

*Definicja 12.13. Metainformowanie dysymulacyjne* jest to metainformowanie charakteryzujące się tym, że zbiór metaoryginałów zawiera metainformacje nie występujące w zbiorze metaobrazów.

*Definicja 12.14. Metainformowanie konfuzyjne* jest to metainformowanie charakteryzujące się tym, że metainformacje zawarte w zbiorze metaobrazów różnią się od metainformacji zawartych w zbiorze metaoryginałów.

*Definicja 12.15. Metatransinformowanie* jest to metainformowanie, w którym metainformacje zawarte w zbiorze metaobrazów są takie same jak metainformacje zawarte w zbiorze metaoryginałów.

*Definicja 12.16. Metatransinformacja* jest to metainformacja zawarta w asocjacji metaobrazów w wyniku metatransinformowania.

*Definicja 12.17. Metapseudoinformowanie* jest to metainformowanie, w którym niektóre metakomunikaty są wspólne dla kilku łańcuchów metakodowych.

*Definicja 12.18. Metapseudoinformacja* jest to metainformacja zawarta w asocjacji metaobrazów w wyniku metapseudoinformowania.

*Definicja 12.19. Metadezinformowanie* jest to metainformowanie, w którym niektóre łańcuchy metakodowe nie są zupełne.

*Definicja 12.20. Metadezinformacja* jest to metainformacja zawarta w zbiorze metaobrazów bądź brak metainformacji w zbiorze metaobrazów w wyniku metadezinformowania.

*Definicja 12.21. Metaparakomunikat* jest to metakomunikat należący do łańcucha metainformacyjnego, lecz nie należący do żadnego łańcucha metakodowego.

## ***Metainformowanie***

*Definicja 12.22.* ***Metaparainformacja*** jest to metainformacja zawarta w asocjacji, której jeden z metakomunikatów jest metaparakomunikatem.

*Definicja 12.23.* ***Metaparainformowanie*** jest to metainformowanie, w którym występują metaparainformacje.

Oczywiście, również wszystkie twierdzenia o informowaniu mają zastosowanie do metainformowania, meta-metainformowania itd.

Ponieważ rodzaje informowania są określone kodami, więc rodzaje metainformowania są określone metakodami, rodzaje metainformowania są określone meta-metakodami itd.

Kody, metakody, meta-metakody itd. mogą być dobrane niezależnie od siebie, toteż ze stwierdzenia, że metainformowanie jest metatransinformowaniem, nie wynika, że informowanie jest transinformowaniem.

Na przykład, jeżeli dwie osoby daly jednakowe wypowiedzi, to stwierdzenie jednakowości tych wypowiedzi jest prawdą (metatransinformowanie), ale wypowiedzi te mogą równie dobrze być jednakowymi prawdami (transinformowanie) jak i jednakowymi fałszami (dezinformowanie).

Tak samo ze stwierdzenia, że informowanie jest transinformowaniem, nie wynika, że metainformowanie jest metatransinformowaniem.

Na przykład, jeżeli *A* powiedział prawdę (transinformowanie), to *B* może powiedzieć, że *A* powiedział prawdę (metatransinformowanie), ale może też powiedzieć, że *A* skłamał (metadezinformowanie). Jeżeli *A* skłamał (dezinformowanie), to *B* może powiedzieć, że *A* skłamał (metatransinformowanie), ale też może powiedzieć, że *A* powiedział prawdę (metadezinformowanie).

Okoliczności te bywają wykorzystywane w celach oszukańczych, np. gdy kłamiący przestępca powołuje się na równe kłamliwe wypowiedzi swojego kompana. Zgodność ich wypowiedzi ma sugerować, że obaj mówią prawdę.

W celu ukrycia prawdy zastępowanie informowania przez metainformowanie bywa wykorzystywane w reklamie, gdy zamiast o skutkach zastosowania reklamowanego wyrobu (informowanie) mówi się, że jest on bardzo dobry, najlepszy itp., czyli wypowiada się oceny danego wyrobu w porównaniu z innymi wyrobami podobnego rodzaju (metainformowanie).

Podobnie w propagandzie piętnuje się zarzuty stawiane przez przeciwników politycznych jako kłamstwa, oszczerstwa itp. (metainformowanie), nie podając jednak, o co w tych zarzutach chodziło (brak informowania). Postępuje się tak w przypadkach, gdy zarzuty odpowiadają prawdzie (transinformowanie), wówczas bowiem czytelnik propagandowych publikacji mógłby spostrzec kłamliwość propagandy (metadezinformowanie).

## ***Metainformowanie***

Poniższe przykłady ilustrują poszczególne rodzaje metainformowania.

Wierne przytoczenie cudzej wypowiedzi jest metatransinformowaniem.

Zmyślenie cudzej wypowiedzi jest metadezinformowaniem symulacyjnym.

Przemilczenie cudzej wypowiedzi jest metadezinformowaniem dysymulacyjnym.

Sposób ten jest często stosowany w polemikach prasowych, przy cytowaniu zdań przeciwnika z opuszczeniem fragmentów przeczących twierdzeniom cytującego. Na przykład, przytaczając z czyjegoś artykułu zdanie: „kradzież jest rzeczą chwalebną”, w celu zaatakowania autora, popełnia się metadezinformowanie, dysymulacyjne, jeżeli pełne zdanie brzmiało: „kradzież jest rzeczą chwalebną w mniemaniu złodziejów”.

Przeinaczenie cudzej wypowiedzi jest metadezinformowaniem konfuzyjnym pojedynczym, przekręcenie zaś — metadezinformowaniem konfuzyjnym podwójnym.

Wielokrotne przytaczanie cudzej wypowiedzi za pomocą coraz to innych sformułowań równoznacznych jest metapseudoinformowaniem.

Przedstawienie cudzej wypowiedzi w sposób ogólnikowy jest metapseudoinformowaniem dysymulacyjnym.

Przedstawienie cudzej wypowiedzi w sposób nadający się do sprzecznych ze sobą interpretacji jest metapseudoinformowaniem konfuzyjnym.

Przytoczenie cudzej wypowiedzi w nadziei, że czytelnik oceni ją zgodnie z nie ujawnionym poglądem przytaczającego, jest metaparatransinformowaniem.

Jeżeli czytelnik nie domyślił się intencji przytaczającego, mamy do czynienia z metaparadezinformowaniem dysymulacyjnym.

Jeżeli czytelnik domniemał się nie istniejącej intencji przytaczającego, mamy do czynienia z metaparadezinformowaniem symulacyjnym.

Jeżeli czytelnik domniemał się intencji różniącej się od intencji przytaczającego, mamy do czynienia z metaparadezinformowaniem konfuzyjnym. Zdarza się to np. w przypadkach, gdy gazeta przytacza wypowiedź przeciwnika politycznego w przeświadczeniu, że czytelnicy potępią jej autora, a tymczasem wywołała ona ich uznanie.

Jeżeli w kodeksie karnym, zamiast o karalności określonych czynów, mówi się o karalności „czynów szkodliwych” itp., czyli wprowadza się uzależnienie od arbitralnej oceny, co jest a co nie jest „czynem szkodliwym”, to jest to zastępowaniem informowania przez metainformowanie. Rozwój prawa zmierza do coraz większego eliminowania metainformowania. W przeciwnym razie cały kodeks karny można by zredukować do dwóch paragrafów: „1) Przestępstwa są karalne. 2) Co jest przestępstwem, określa prokurator”.

Rozróżnienie między informowaniem a metainformowaniem umożliwia też wyraźniejsze uchwycenie różnicy między fałszem a kłamstwem. Fałszem jest dezinformowanie, kłamstwem natomiast jest metadezinformowanie przedstawiające to dezinformowanie jako transinformowanie. Inaczej mówiąc, kłamstwem jest przedstawienie fałszu jako prawdy.

## ***Metainformowanie***

Przed zarzutem kłamstwa chroni metatransinformowanie przedstawiające dezinformowanie jako dezinformowanie, czyli przedstawienie fałszu jako fałszu.

Na przykład, przedstawienie badanej zależności za pomocą krzywej na wykresie sporządzonym na podstawie serii pomiarów jest fałszem, gdyż odcinki krzywej między punktami pomiarowymi są wytworem wyobraźni badacza, zwłaszcza gdy niektóre punkty nie leżą na krzywej. Zarzutu kłamstwa („naciągania” wyników) nie można jednak postawić, gdy badacz zaznaczył na wykresie wszystkie punkty pomiarowe, ujawniając przez to rozbieżności między ich położeniem a przebiegiem krzywej.

Podobnie jest fałszem, gdy autor powieści historycznej podaje zmyślone przez siebie rozmowy między przedstawianymi postaciami historycznymi, ale przed zarzutem kłamstwa chroni go wyraz „powieść” umieszczony pod tytułem książki (zamiast tego może wystarczyć powszechnie domniemanie, że chodzi o powieść a nie o traktat historyczny).

Z tego punktu widzenia dość niefortunne jest sądowe wyrażenie „kara za fałszywe zeznania” — powinno by się mówić raczej o karze za kłamliwe zeznania, gdyż źródłem fałszywych zeznań mogą być również omyłki, złudzenia itp. podobne okoliczności, których subiektywności zeznający nie zaprzecza.

## **13. LICZBA INFORMACJI**

Ponieważ traktowanie informacji w sposób przyjęty w tej pracy umożliwia wyodrębnienie poszczególnych informacji, nasuwa się pytanie, jakie wyniki dałoby liczenie poszczególnych informacji, a w szczególności jaki byłby związek tych wyników z pojęciem ilości informacji stosowanym dotychczas w teorii informacji.

Aby odpowiedzieć na to pytanie, wprowadzimy następujące rozróżnienie.

*Definicja 13.1. Informacja użytkowa* jest to informacja spośród najmniejszej możliwej liczby informacji zawartych w danym łańcuchu informacyjnym, niezbędnych w danym procesie sterowniczym.

*Definicja 13.2. Informacja redundancyjna* jest to informacja wynikająca z innych informacji danego łańcucha informacyjnego.

*Definicja 13.3. Informacja pasożytnicza* jest to informacja pochodząca spoza danego procesu sterowniczego.

Informacjami redundancyjnymi są informacje powtórne, informacje odwrotne, informacje wypadkowe, dodatkowe informacje operacyjne, jakich można by się dopatrzyć oprócz jednej informacji operacyjnej branej pod uwagę w danej asocjacji komunikatów, oraz pseudoinformacje symulacyjne.

Informacjami pasożytniczymi są dezinformacje symulacyjne i pardezinformacje symulacyjne.

## **Liczba informacji**

Informacje redundancyjne i informacje pasożytnicze będą wyłączone z rozważań nad liczeniem informacji. Pod uwagę będą brane tylko informacje użyteczne.

Wśród informacji użytecznych będziemy rozróżniać informacje opisujące oraz informacje identyfikujące.

*Definicja 13.4. Informacja opisująca* jest to informacja spośród najmniejszej możliwej liczby informacji niezbędnych do określenia dowolnego komunikatu w łańcuchu informacyjnym.

*Definicja 13.5. Informacja odniesienia* jest to informacja opisująca potrzebna do określenia pierwszego komunikatu łańcucha informacyjnego.

*Definicja 13.6. Komunikat odniesienia* jest to komunikat, do którego należy zastosować transformację stanowiącą informację odniesienia w celu otrzymania pierwszego komunikatu łańcucha informacyjnego.

Do określenia ostatniego komunikatu łańcucha informacyjnego jest potrzebna informacja opisująca w postaci transformacji, której należy w tym celu poddać przedostatni komunikat, ale do określenia przedostatniego komunikatu jest potrzebna informacja opisująca w postaci transformacji, której należy poddać poprzedni komunikat itd. W podobny sposób trzeci komunikat określa się na podstawie drugiego komunikatu, który z kolei określa się na podstawie pierwszego komunikatu.

Do określenia pierwszego komunikatu łańcucha informacyjnego jest potrzebna informacja odniesienia jako transformacja, której należy poddać pewien komunikat spoza danego łańcucha informacyjnego.

Na przykład, przebieg temperatury w procesie nagrzewania można określić zając kolejne przyrosty temperatury, ale pierwszą temperaturę trzeba określić względem pewnej temperatury odniesienia, jak np. temperatura otoczenia, temperatura topnienia lodu, temperatura zera bezwzględnego itp. Przy określaniu wysokości za wysokość odniesienia przyjęto poziom morza. Przy określaniu potencjału elektrycznego za potencjał odniesienia przyjęto potencjał ziemi itp.

Ponieważ komunikat odniesienia nie odgrywa roli w procesie stereowniczym, może on być dowolnie obrany. Odpowiednio do tego musi być podana informacja odniesienia.

## **Liczba informacji**

Najdogodniej jest, gdy komunikat odniesienia jest taki sam jak pierwszy komunikat łańcucha informacyjnego, wówczas bowiem informacja odniesienia jest informacją banalną. Do takiego przypadku odnoszą się sformułowania w rodzaju: „jest dany punkt, względem którego...”, „jest dany stan początkowy...” itp.

Nasuwa się pytanie, od czego zależy liczba informacji opisujących.

Liczبę informacji opisujących potrzebnych do określenia jednego komunikatu będziemy oznaczać przez  $D$ .

**Twierdzenie 13.1.** Liczba informacji opisujących jeden komunikat w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  różnych komunikatów jest równa liczbie  $n$  tych komunikatów.

### **D o w ó d**

W łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  komunikatów:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n$ , do określenia pierwszego komunikatu  $x_1$  jest potrzebna informacja odniesienia

$$I_{01}x_0 = x_1 \quad (13.1)$$

przy czym  $x_0$  jest komunikatem odniesienia.

W przypadku gdy  $x_0 = x_1$ , informacja odniesienia jest informacją banalną

$$I_{01} = I^0 \quad (13.2)$$

Ponadto do określenia komunikatu  $x_1$  trzeba  $n-1$  następujących informacji opisujących:

$$\begin{aligned} I_{21}x_2 &= x_1 \\ I_{31}x_3 &= x_1 \\ &\dots \\ I_{n1}x_n &= x_1 \end{aligned} \quad (13.3)$$

Wobec tego liczba informacji opisujących komunikat  $x_1$

$$D_1 = 1 + n - 1$$

czyli

$$D_1 = n$$

### **Liczba informacji**

Postępując w taki sam sposób w odniesieniu do pozostałych komunikatów otrzymuje się:

$$\begin{aligned} D_2 &= n \\ D_3 &= n \\ &\dots \\ D_n &= n \end{aligned} \tag{13.4}$$

Na przykład, jeżeli za pomocą pomiarów stwierdzono, że temperatura w komorze grzejnej pieca przemysłowego wynosi  $x_1 = 900^\circ\text{C}$ , temperatura obudowy pieca  $x_2 = 150^\circ\text{C}$ , a temperatura otoczenia  $x_3 = 30^\circ\text{C}$ , to w tym łańcuchu informacyjnym komunikat  $x_1$  jest określony trzema informacjami opisującymi:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_1 \\ x_2 + 750 &= x_1 \\ x_3 + 870 &= x_1 \end{aligned}$$

komunikat  $x_2$  jest określony trzema informacjami opisującymi:

$$\begin{aligned} x_1 + 120 &= x_2 \\ x_2 &= x_2 \\ x_3 - 750 &= x_2 \end{aligned}$$

oraz komunikat  $x_3$  jest określony trzema informacjami opisującymi:

$$\begin{aligned} x_1 - 870 &= x_3 \\ x_2 - 120 &= x_3 \\ x_3 &= x_3 \end{aligned}$$

**Twierdzenie 13.2.** Do określenia jednego komunikatu łańcucha informacyjnego zawierającego informację zasadniczą, składającego się z dowolnej liczby  $n$  komunikatów, wystarczą dwie informacje opisujące.

### **D o w ó d**

W łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  komunikatów:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n$ , zawierającym informację zasadniczą  $I$ , do określenia pierwszego komunikatu  $x_1$  jest potrzebna, zgodnie z (13.1), informacja odniesienia

$$I_{01}x_0 = x_1$$

### *Liczba informacji*

Do określenia pozostałych komunikatów trzeba  $n-1$  następujących informacji opisujących:

$$I_{12}x_1 = x_2$$

$$I_{23}x_2 = x_3$$

...

$$I_{n-1,n}x_{n-1} = x_n \quad (13.5)$$

Każda z informacji opisujących (13.5) jest równa informacji zasadniczej

$$I_{12} = I_{23} = \dots = I_{n-1,n} = I \quad (13.6)$$

wobec czego liczba informacji opisujących komunikat  $x_1$

$$D_1 = 2$$

Postępując w taki sam sposób w odniesieniu do pozostałych komunikatów otrzymuje się:

$$D_2 = 2$$

$$D_3 = 2$$

...

$$D_n = 2 \quad (13.7)$$

Jedną z dwóch informacji opisujących każdy komunikat jest informacja odniesienia, drugą zaś informacja zasadnicza.

Na przykład, jeżeli łańcuch informacyjny jest postępem arytmetycznym, to do określenia dowolnego komunikatu są potrzebne dwie informacje opisujące: 1) jaki jest komunikat stanowiący pierwszy wyraz postępu (informacja odniesienia) oraz 2) jaka jest różnica postępu (informacja zasadnicza).

Podobnie do określenia dowolnego komunikatu w postępie geometrycznym są potrzebne dwie informacje opisujące: 1) jaki jest komunikat stanowiący pierwszy wyraz postępu (informacja odniesienia) oraz 2) jaki jest iloraz postępu (informacja zasadnicza).

**Twierdzenie 13.3.** Jeżeli w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  komunikatów występuje  $m$  klas utworzonych odpowiednio z  $n_a, n_b, \dots, n_m$  jednakowych komunikatów, to średnią liczbę informacji opisujących można wyrazić wzorem

$$D = \left( \frac{n}{n_a} \right)^{\frac{n_a}{n}} \left( \frac{n}{n_b} \right)^{\frac{n_b}{n}} \dots \left( \frac{n}{n_m} \right)^{\frac{n_m}{n}}$$

## **Liczba informacji**

D o w ó d

Jest dana liczba  $n$  komunikatów łańcucha informacyjnego, w którym występuje  $m$  klas jednakowych komunikatów, a mianowicie:

$n_a$  komunikatów  $a_1 = a_2 = a_3 = \dots$

$n_b$  komunikatów  $b_1 = b_2 = b_3 = \dots$

...

$n_m$  komunikatów  $m_1 = m_2 = m_3 = \dots$

przy czym

$$n = n_a + n_b + \dots + n_m \quad (13.8)$$

Zgodnie z twierdzeniem 13.1 liczba informacji opisujących komunikat  $a_1$

$$D_{a1} = n$$

Podobnie liczba informacji opisujących pozostałe komunikaty tej klasy:

$$D_{a2} = n$$

$$D_{a3} = n$$

...

Wobec jednakowości komunikatów  $a_1 = a_2 = a_3 = \dots$  zespoły informacji opisujących każdy z tych komunikatów są jednakowe, a zatem dla zespołu informacji opisujących jeden z tych komunikatów informacje opisujące pozostałe komunikaty tej klasy są informacjami redundancyjnymi i wobec tego powinny być pominięte. Ponieważ omawiana klasa składa się z  $n_a$  komunikatów, więc na każdy z tych komunikatów przypada średnia liczba informacji opisujących

$$D_a = \frac{n}{n_a}$$

W podobny sposób otrzymuje się średnią liczbę informacji opisujących, przypadających na każdy komunikat z pozostałych klas

$$D_b = \frac{n}{n_b}$$

...

## *Liczba informacji*

$$D_m = \frac{n}{n_m} \quad . \quad (13.9)$$

Średnią liczbę informacji opisujących jeden komunikat łańcucha informacyjnego można określić jako średnią geometryczną średnich liczb informacji opisujących komunikaty dla poszczególnych klas

$$D = \sqrt[n]{D_a^{n_a} D_b^{n_b} \dots D_m^{n_m}} \quad (13.10)$$

skąd po uwzględnieniu (13.9)

$$D = \left( \frac{n}{n_a} \right)^{\frac{n_a}{n}} \left( \frac{n}{n_b} \right)^{\frac{n_b}{n}} \dots \left( \frac{n}{n_m} \right)^{\frac{n_m}{n}} \quad (13.11)$$

W szczególnym przypadku, gdy w łańcuchu informacyjnym nie ma komunikatów jednakowych, tj. gdy

$$n_a = n_b = \dots = n_m = 1$$

$$m = n$$

wzór (13.11) sprowadza się do wzoru (13.4)

$$D_n = n$$

*Definicja 13.7. Informacja identyfikująca* jest to informacja spośród najmniejszej możliwej liczby informacji niezbędnych do określenia komunikatu wyróżnionego z łańcucha informacyjnego.

Do wyróżnienia jednego komunikatu z pewnego łańcucha informacyjnego konieczne jest kryterium wyróżniające oraz możliwość sprawdzenia zgodności z tym kryterium.

Kryterium wyróżniającym może być czas (określenie chwili, w której występuje wyróżniony komunikat), przestrzeń (określenie miejsca, w którym występuje wyróżniony komunikat), kolejność (określenie numeru komunikatu) itp.

Przy wyróżnianiu komunikatów rozróżnia się tylko informacje banalne i informacje niebanalne, bez wnikania, jakimi transformacjami są informacje niebanalne.

## *Liczba informacji*

Objaśnia to bliżej następujący przykład. Przypuśćmy, że łańcuch informacyjny składa się z 4 komunikatów  $x_1, x_2, x_3, x_4$ , spośród których z pewnego względu został wyróżniony np. komunikat  $x_2$ .

Zgodnie z twierdzeniem 13.1, do określenia dowolnego komunikatu tego łańcucha informacyjnego są potrzebne 4 informacje opisujące:

$$I_{0 \cdot 1} x_0 = x_1$$

$$I_{0 \cdot 2} x_0 = x_2$$

$$I_{0 \cdot 3} x_0 = x_3$$

$$I_{0 \cdot 4} x_0 = x_4$$

Jeżeli za komunikat odniesienia uważa się wyróżniony komunikat, to jedna z tych informacji będzie informacją banalną. Trzy pozostałe informacje będą informacjami niebanalnymi. Identyfikacja wyróżnionego komunikatu polega na stwierdzeniu, która spośród informacji opisujących jest informacją banalną.

Sprawdza się to do poszukiwania odpowiedzi na pytania:

$$\text{czy } I_{0 \cdot 1} = I^0 ?$$

$$\text{czy } I_{0 \cdot 2} = I^0 ?$$

$$\text{czy } I_{0 \cdot 3} = I^0 ?$$

$$\text{czy } I_{0 \cdot 4} = I^0 ?$$

Odpowiedzi mają postać „tak” lub „nie”. W omawianym przykładzie odpowiedzią na pierwsze, trzecie i czwarte pytanie będzie „nie” a na drugie pytanie „tak” A zatem otrzymuje się następujące cztery informacje opisujące:

$$I_{21} \neq I^0$$

$$I_{22} = I^0$$

$$I_{23} \neq I^0$$

$$I_{24} \neq I^0$$

czyli:

$$x_2 \neq x_1$$

$$x_2 = x_2$$

$$x_2 \neq x_3$$

$$x_2 \neq x_4$$

## *Liczba informacji*

Ponieważ tylko jeden komunikat jest wyróżniony, więc znalezienie informacji banalnej jest zarazem znalezieniem wszystkich pozostałych informacji jako niebanalnych.

Łatwo zauważyc, że liczba informacji opisujących umożliwiających identyfikację wyróżnionego komunikatu zależy od kolejności ich uzyskiwania, tj. od kolejności stawiania pytań i otrzymywania odpowiedzi.

Gdyby zacząć sprawdzanie od pytania „czy  $I_{02} = I^0$  ?”, to wobec odpowiedzi „tak” do zidentyfikowania komunikatu  $x_2$  wystarczyłaby ta jedna informacja.

Przy innej kolejności stawiania pytań potrzeba byłoby więcej informacji niż jedna. W najgorszym przypadku byłyby potrzebne trzy informacje, i to bez względu na brzmienie odpowiedzi na trzecie pytanie. Jeżeli jest to odpowiedź „tak”, to wyróżniony komunikat zostaje przez to zidentyfikowany. Jeżeli jest to odpowiedź „nie”, to informacją banalną musi być odpowiedź na ostatnie, czwarte pytanie, a wobec tego stawianie go jest zbędne.

Na przykład, jeżeli na pytanie: „czy teraz jest zima” ? (wyróżnienie według kryterium czasu), otrzymuje się odpowiedź „tak”, to ta jedna informacja daje zarazem wszystkie cztery informacje opisujące, a mianowicie trzy informacje niebanalne: „teraz nie jest wiosna”, „teraz nie jest lato”, „teraz nie jest jesień” oraz jedną informację banalną: „teraz jest zima”. Takie same cztery informacje opisujące otrzymuje się za pomocą trzech informacji w postaci trzech odpowiedzi „nie” na pytania: „czy teraz jest wiosna”? , „czy teraz jest lato”? , „czy teraz jest jesień”? Pytanie „czy teraz jest zima”? jest zbędne, ponieważ odpowiedzią może być tylko „tak”.

Pozorna niezgodność z twierdzeniem 13.1, według którego do określenia jednego z czterech komunikatów potrzeba czterech informacji opisujących, a nie trzech, objasnia się tym, że przy identyfikacji wyróżnionego komunikatu podanie, z ilu komunikatów ma on być wyróżniony, jest z góry daną czwartą informacją.

A zatem w najlepszym razie pierwszą uzyskaną informacją opisującą jest informacja banalna i na tym proces identyfikacji zostaje zakończony. W najgorszym razie identyfikacja kończy się po uzyskaniu wszystkich informacji niebanalnych wówczas bowiem jedyną pozostającą informacją jest właśnie szukana informacja banalna.

Liczba informacji niezbędnych do identyfikacji nie wzrasta przez powtarzanie takiego samego pytania, gdyż powtórne odpowiedzi są

## **Liczba informacji**

informacjami redundancyjnymi. Jest to oczywiste, ale zasługuje na wzmiankę, ponieważ sytuacje tego rodzaju zdarzają się w rzeczywistości, wiadomo np. że ludzie, którzy zabłędzili w rozległym lesie lub podziemiach, wskutek dezorientacji wracają po kilka razy do tych samych miejsc (komunikatem wyróżnionym jest kierunek prowadzący do wyjścia, sprawdzaniem zaś jest próbowanie różnych kierunków).

Nasuwa się pytanie, w jakich warunkach liczba informacji opisujących, niezbędnych do identyfikacji jest niezależna od kolejności ich uzyskiwania. Będą to informacje identyfikujące.

Liczبę informacji identyfikujących jeden komunikat będziemy oznaczać przez  $H$ .

**Twierdzenie 13.4.** Liczba informacji opisujących potrzebnych do zidentyfikowania wyróżnionego komunikatu jest jednoznacznie określona tylko w łańcuchu informacyjnym składającym się z dwóch komunikatów.

### **D o w ó d**

Jest dany łańcuch informacyjny składający się z  $n$  różnych komunikatów.

Ponieważ najmniejsza liczba informacji opisujących, wystarczająca do zidentyfikowania wyróżnionego komunikatu,

$$H_{min} = 1 \quad (13.12)$$

a największa liczba informacji opisujących, wystarczająca do zidentyfikowania wyróżnionego komunikatu,

$$H_{max} = n - 1 \quad (13.13)$$

więc liczba informacji opisujących, wystarczająca do zidentyfikowania wyróżnionego komunikatu, jest jednoznacznie określona, gdy

$$H_{min} = H_{max} \quad (13.14)$$

czyli, uwzględniając (13.12) i (13.13)

$$1 = n - 1 \quad (13.15)$$

### **Liczba informacji**

skąd wynika, że warunek (13.14) jest spełniony, gdy liczba komunikatów

$$n = 2 \quad (13.16)$$

Wówczas, jak to wynika z (13.12), (13.13), (13.14), liczba informacji identyfikujących

$$H_2 = 1 \quad (13.17)$$

W tym przypadku, zgodnie z (13.4), liczba informacji opisujących

$$D_2 = 2$$

Jedną z nich jest informacja banalna, stwierdzająca, że określony komunikat jest komunikatem wyróżnionym, drugą zaś informacja niebanalna, stwierdzająca, że pozostały komunikat nie jest komunikatem wyróżnionym.

Istotne jest tu uwolnienie się od przypadkowości w dobieraniu kolejności sprawdzania. Jeżeli z pary komunikatów  $x_1, x_2$  został wyróżniony komunikat  $x_1$ , to do zidentyfikowania go wystarcza zarówno informacja  $x = x_1$  jak i informacja  $x \neq x_2$ .

Na przykład, zarówno informacja „jest rok nieparzysty”, jak i informacja „nie jest rok parzysty” wskazują, że chodzi o rok nieparzysty, wobec czego jest nieistotne, czy rozpocznie się identyfikację od pytania „czy jest rok parzysty”, czy też od pytania „czy jest rok nieparzysty”?

Tym się objaśnia znany sposób identyfikacji oparty na dzieleniu zbioru na dwa podzbiory o jednakowej, a przynajmniej zbliżonej liczbie komunikatów, traktowaniu zidentyfikowanego podzbioru jako zbioru, który z kolei dzieli się na dwa podzbiory itd., aż do zidentyfikowania pary komunikatów, a w niej komunikatu wyróżnionego.

**Twierdzenie 13.5.** Liczba informacji identyfikujących jeden komunikat w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  różnych komunikatów może być określona jako logarytm dwójkowy tej liczby komunikatów.

### **D o w ó d**

Jest dany łańcuch informacyjny składający się z  $n$  komunikatów i stanowiący część łańcucha informacyjnego składającego się z  $2n$  komunikatów.

## *Liczba informacji*

Zgodnie z twierdzeniem 13.1 liczba informacji opisujących jeden komunikat w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  komunikatów wynosi  $D_n = n$ , a liczba informacji opisujących ten komunikat w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $2n$  komunikatów wynosi  $D_{2n} = 2n$ , wobec czego

$$D_{2n} = 2D_n \quad (13.18)$$

Jeżeli liczba informacji identyfikujących jeden komunikat w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  komunikatów wynosi  $H_n$ , to — ponieważ zgodnie z twierdzeniem 13.4 do zidentyfikowania tego łańcucha informacyjnego jako jednego z dwóch, które tworzą łańcuch informacyjny składający się z  $2n$  komunikatów, jest potrzebna jedna informacja identyfikująca — liczba informacji identyfikujących ten komunikat w łańcuchu składającym się z  $2n$  komunikatów

$$H_{2n} = H_n + 1 \quad (13.19)$$

Zależność  $H = f(D)$  można znaleźć logarytmując (13.18) przy podstawie 2

$$\log_2 D_{2n} = \log_2 D_n + \log_2 2$$

czyli

$$\log_2 D_{2n} = \log_2 D_n + 1 \quad (13.20)$$

Z porównania zależności (13.19) i (13.20) wynika, że na podstawie którejkolwiek z nich można określić pozostałą, jeżeli zależność  $H = f(D)$  ma postać

$$H = \log_2 D \quad (13.21)$$

Dla  $D_n = n$  równanie (13.21), zgodnie z twierdzeniem 13.1, przybiera postać

$$H_n = \log_2 n \quad (13.22)$$

Jak widać, wzór (13.22) jest identyczny ze wzorem Hartleya (1.3).

Dotychczas w teorii informacji uzasadnia się wzór Hartleya bez odwoływania się do liczby informacji opisujących, ale metodologicznie jest to nieprawidłowe o tyle, że wzór  $H = \log_2 D$  ma charakter ogólny (patrz twierdzenie 13.7), podczas gdy wzór  $H = \log_2 n$  jest słuszny tylko wówczas, gdy  $D = n$ .

Ponieważ do zidentyfikowania jednego z dwóch podzbiorów komunikatów jest potrzebna jedna informacja identyfikująca, więc liczba

## **Liczba informacji**

informacji identyfikujących  $H_n$  jest równa liczbie kolejnych podziałów zbioru komunikatów na dwa podzbiory, potrzebnych do zidentyfikowania komunikatu wyróżnionego z całego łańcucha informacyjnego.

**Twierdzenie 13.6.** Jeżeli w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  komunikatów występuje  $m$  klas utworzonych odpowiednio z  $n_a, n_b, \dots, n_m$  jednakowych komunikatów, to średnią liczbą informacji identyfikujących można wyrazić wzorem

$$H = \frac{n_a}{n} \log_2 \frac{n}{n_a} + \frac{n_b}{n} \log_2 \frac{n}{n_b} + \dots + \frac{n_m}{n} \log_2 \frac{n}{n_m}$$

### **D o w ó d**

Jest dana liczba  $n$  komunikatów łańcucha informacyjnego, w którym występuje  $m$  klas jednakowych komunikatów, a mianowicie:

$$\begin{aligned} & n_a \text{ komunikatów } a_1 = a_2 = a_3 = \dots \\ & n_b \text{ komunikatów } b_1 = b_2 = b_3 = \dots \\ & \dots \quad \dots \\ & n_m \text{ komunikatów } m_1 = m_2 = m_3 = \dots \end{aligned}$$

przy czym

$$n = n_a + n_b + \dots + n_m \quad (13.23)$$

Zgodnie z twierdzeniem 13.5 liczba informacji identyfikujących komunikat  $a_1$  w łańcuchu informacyjnym składającym się z  $n$  komunikatów wynosi

$$\log_2 n$$

a liczba informacji identyfikujących komunikat  $a_1$  w samej tylko klasie składającej się z  $n_a$  komunikatów wynosi

$$\log_2 n_a$$

Ponieważ jednak komunikaty  $a_1, a_2, a_3, \dots$  są jednakowe i wskutek tego nieroróżnicalne, więc jest możliwa tylko identyfikacja komunikatu  $a$  jako należącego do klasy komunikatów  $a_1, a_2, a_3, \dots$ , bez możliwości stwierdzenia, który to jest komunikat. Wobec tego liczba informacji identyfikujących będzie o  $\log_2 n_a$  mniejsza i wyniesie

$$H_a = \log_2 n - \log_2 n_a$$

### **Liczba informacji**

W podobny sposób otrzymuje się liczbę informacji przypadających na każdy komunikat z pozostałych klas:

$$H_b = \log_2 n - \log_2 n_b$$

...

$$H_m = \log_2 n - \log_2 n_m$$

czyli:

$$H_a = \log_2 \frac{n}{n_a}$$

$$H_b = \log_2 \frac{n}{n_b}$$

...

$$H_m = \log_2 \frac{n}{n_m} \quad (13.24)$$

Średnią liczbę informacji identyfikujących jeden komunikat łańcucha informacyjnego można określić jako średnią arytmetyczną liczb informacji identyfikujących komunikaty dla poszczególnych klas

$$H = \frac{1}{n} (n_a H_a + n_b H_b + \dots + n_m H_m) \quad (13.25)$$

skąd po uwzględnieniu (13.24)

$$H = \frac{n_a}{n} \log_2 \frac{n}{n_a} + \frac{n_b}{n} \log_2 \frac{n}{n_b} + \dots + \frac{n_m}{n} \log_2 \frac{n}{n_m} \quad (13.26)$$

W szczególnym przypadku, gdy w łańcuchu informacyjnym nie ma komunikatów jednakowych, tj. gdy

$$n_a = n_b = \dots = n_m = 1$$

$$m = n$$

wzór (13.26) sprowadza się do wzoru (13.22)

$$H = \log_2 n$$

**Twierdzenie 13.7.** Średnia liczba informacji identyfikujących jest równa logarytmowi dwójkowemu średniej liczby informacji opisujących.

## *Liczba informacji*

D o w ó d

Z porównania (13.11) i (13.26) wynika, że

$$H = \log_2 D \quad (13.27)$$

Ze wzoru (13.27) jest widoczne, że liczba informacji identyfikujących  $H$  jest mniejsza niż liczba informacji opisujących  $D$ . Jest to zrozumiałe, opisanie bowiem jednego komunikatu ze zbioru komunikatów jest zarazem opisaniem wszystkich komunikatów tego zbioru, podczas gdy zidentyfikowanie jednego komunikatu jest tylko stwierdzeniem, że żaden z pozostałych komunikatów zbioru nie jest szukanym komunikatem, bez określenia, czym są pozostałe komunikaty. Jest to więc jedynie stwierdzenie, że oprócz jednej transformacji banalnej wszystkie pozostałe transformacje są niebanalne, bez stwierdzenia, jaką konkretnie transformacją jest każda z transformacji niebanalnych.

Podane powyżej twierdzenia umożliwiają przeprowadzenie konfrontacji pojęcia „liczby informacji” z pojęciem „ilości informacji”.

Prawdopodobieństwo<sup>1)</sup> wyraża się stosunkiem liczby zdarzeń wyróżnionych pod określonym względem do liczby wszystkich możliwych zdarzeń, wobec czego jeżeli na  $n$  zdarzeń zdarzenie  $a$  może wystąpić  $n_a$  razy, zdarzenie  $b$  może wystąpić  $n_b$  razy, ..., zdarzenie  $m$  może wystąpić  $n_m$  razy, to prawdopodobieństwa poszczególnych zdarzeń można wyrazić następująco:

$$\begin{aligned} p_a &= \frac{n_a}{n} \\ p_b &= \frac{n_b}{n} \\ &\dots \\ p_m &= \frac{n_m}{n} \end{aligned} \quad (13.28)$$

<sup>1)</sup> Takie określenie prawdopodobieństwa nie różni się w istocie od sformułowania, według którego „prawdopodobieństwo zdarzenia losowego wyraża się stosunkiem liczby przypadków sprzyjających temu zdarzeniu do liczby wszystkich równoprawnych przypadków (tzw. zdarzeń elementarnych)” (Mały słownik matematyczny, Wiedza Powszechna, Warszawa 1967). Różnice mają jedynie charakter terminologiczny i wynikają ze sposobu pojmowania komunikatów w tej pracy. Naświetla to komentarz podany w tekście po wzorze (13.30).

### *Liczba informacji*

Po podstawieniu (13.28) wzór (13.11) wyrażający średnią liczbę informacji opisujących przybiera postać

$$D_{sr} = \frac{1}{p_a^{pa} p_b^{pb} \cdots p_n^{pn}} \quad (13.29)$$

a wzór (13.26) wyrażający średnią liczbę informacji identyfikujących przybiera postać

$$H = -p_a \log_2 p_a - p_b \log_2 p_b - \cdots - p_m \log_2 p_m \quad (13.30)$$

Jak widać, wzór (13.30) jest identyczny ze wzorem Shannona (1.1).

W celu uniknięcia nieporozumień na tle interpretacji wzorów należy mieć na uwadze rozróżnienie między komunikatami a klasami komunikatów. Jest to konieczne, ponieważ w teorii informacji zwykle jako zdarzenie określa się w istocie klasę zdarzeń.

Na przykład, w sformułowaniu, że pięć zdarzeń:  $a, b, c, d, e$  może występować z prawdopodobieństwami  $p_a = 1/8, p_b = 1/8, p_c = 1/8, p_d = 1/8, p_e = 1/2$ , chodzi w rzeczywistości o to, że na osiem zdarzeń przypada pięć różnych klas zdarzeń, przy czym liczby zdarzeń w poszczególnych klasach wynoszą:  $n_a = 1, n_b = 1, n_c = 1, n_d = 1, n_e = 4$ . Posługując się w tym przykładzie terminem „komunikat” zamiast „zdarzenie” mielibyśmy do czynienia z liczbą komunikatów  $n = 8$  i liczbą klas komunikatów  $m = 5$ , i takie właśnie liczby należy mieć na uwadze przy korzystaniu z wyprowadzonych tu wzorów.

Wówczas ze wzoru (13.11) otrzymuje się średnią liczbę informacji opisujących

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{8}{1}\right)^{\frac{1}{8}} \cdot \left(\frac{8}{1}\right)^{\frac{1}{8}} \cdot \left(\frac{8}{1}\right)^{\frac{1}{8}} \cdot \left(\frac{8}{1}\right)^{\frac{1}{8}} \cdot \left(\frac{8}{4}\right)^{\frac{4}{8}} = \\ &= \sqrt[8]{8^4 \cdot 2^4} = \sqrt[8]{16} = 4 \end{aligned}$$

a ze wzoru (13.27) średnią liczbę informacji identyfikujących

$$H = \log_2 4 = 2$$

Oczywiście, posługując się prawdopodobieństwami otrzymuje się ze wzoru (13.30) taki sam wynik

## **Liczba informacji**

$$H = -\frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \\ - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} (-3-1) = 2$$

Odróżnienie komunikatu od klasy komunikatów ma również istotne znaczenie dla definicji jednostki ilości informacji 1 bit.

W teorii informacji za „1 bit” uważa się ilość informacji przy wyróżnieniu jednego z dwóch równoprawdopodobnych zdarzeń.

Według twierdzenia 13.4 odpowiada temu „1 informacja identyfikująca” przy wyróżnieniu jednego z dwóch komunikatów. W definicji tej nie ma zastrzeżenia, żeby komunikaty były równoprawdopodobne, ponieważ w teorii podanej w tej pracy uważa się komunikaty za jednorazowe. Jeżeli jakiś komunikat powtarza się, to nie jest to jeden komunikat, lecz klasa komunikatów, do której zaliczono pewną liczbę komunikatów uznanych pod pewnym względem za jednakowe.

Przy rzucaniu monety  $n$  rzutów daje  $n$  różnych wyników, a rozróżnianie wyników „orzeł” i „reszka” jest tylko sposobem mówienia, że pewne wyniki są zaliczane do klasy „orzeł”, inne zaś do klasy „reszka”.

Z porównania wzorów (13.30), (13.26), (13.27) wynika, że „ilość informacji” wyrażona w bitach, „liczba informacji identyfikujących”, „logarytm dwójkowy liczby informacji opisujących” to jedno i to samo.

Znaczy to, że znając liczbę informacji opisujących można określić liczbę informacji identyfikujących (ilość informacji), i przeciwnie.

W związku z tym nasuwa się pytanie, dlaczego w pewnych sytuacjach, wymagających ilościowego ujmowania informacji, pojęcie ilości informacji okazało się nieprzydatne.

Na przykład, jaką ilość informacji zawiera zależność średnicy koła od promienia?

Aby odpowiedzieć na to pytanie posługując się pojęciem ilości informacji, trzeba byłoby najpierw ustalić prawdopodobieństwo występowania promienia i średnicy koła, a następnie zastosować wzór (1.1). Okazuje się to niemożliwe, ponieważ promień i średnica są pojęciami abstrakcyjnymi, nie zaś zdarzeniami mogącymi występować z większym lub mniejszym prawdopodobieństwem.

## *Liczba informacji*

A przecież we wspomnianej zależności jest możliwe ilościowe ujęcie informacji w postaci liczby informacji opisujących. Występują tu dwie informacje opisujące: 1) jest dany promień koła, 2) średnica jest dwa razy większa od promienia.

Znając liczbę informacji opisujących  $D_2 = 2$  można by na podstawie wzoru (13.27) określić liczbę informacji identyfikujących  $H_2 = 1$ , co wobec identyczności wzorów (13.30) i (1.1) jest równoznaczne z ilością informacji 1 bit.

Czyżby to miało znaczyć, że w ten sposób można usunąć trudności wynikające z oparcia pojęcia ilości informacji na prawdopodobieństwie zdarzeń?

Rzecz w tym, że wprawdzie w każdym procesie sterowniczym występują komunikaty i określające je informacje opisujące, ale nie zawsze chodzi o identyfikację komunikatów. A tylko przy identyfikacji komunikatów może być mowa o liczbie informacji identyfikujących, tj. o ilości informacji.

We wspomnianym przykładzie, oprócz liczby informacji opisujących, można określić również liczbę informacji identyfikujących (ilość informacji), ale byłoby to bezprzedmiotowe, ponieważ w zależnościach między elementami geometrycznymi wcale nie chodzi o identyfikację jednego z nich. Inaczej mówiąc, nie stawia się tam takich pytań jak np.: „czy spośród dwóch elementów, jakimi są promień i średnica, wystąpi promień czy średnica?”. Gdyby jednak z jakichkolwiek powodów pytanie takie musiało być postawione, wówczas oczywiście pojawiłaby się zaraz sprawa prawdopodobieństwa, tj. liczby komunikatów w klasie „promień” i w klasie „średnica”, a wówczas określenie ilości informacji, tj. liczby informacji identyfikujących, stałoby się zupełnie sensowne.

Powyższy przykład jest pouczający, chociaż bowiem w geometrii nie chodzi o liczbę informacji identyfikujących, to jednak zawsze w niej chodzi o liczbę informacji opisujących. Znajduje to wyraz m. in. w takich sformułowaniach jak np. „są dane dwa boki trójkąta...”, „jest dany promień kuli wpisanej w stożek...” itp. Od liczby danych zależy, czy np. zostanie znaleziony punkt, czy tylko miejsce geometryczne punktów itp.

Jako przykład, również nie mający nic wspólnego z prawdopodobieństwem, a więc i z pojęciem ilości informacji, a mimo to wymagający ścisłego określenia liczby informacji opisujących, można wskazać ma-

## **Liczba informacji**

tematyczną zasadę, według której liczba niezależnych równań powinna być równa liczbie niewiadomych. Zasada ta jest zgodna z twierdzeniem 13.1, że dla liczby  $n$  różnych komunikatów liczba informacji opisujących wynosi  $D_n = n$ . Jeżeli liczba równań jest za mała, to niewiadomych nie można określić (łańcuch informacyjny jest nieokreślony wskutek niepełnej liczby informacji opisujących). Jeżeli liczba równań jest za duża, to albo równania nadliczbowe wynikają z pozostałych, a wtedy są niepotrzebne (informacje redundancyjne), albo są niezależne, a wtedy wprowadzają sprzeczność (informacje pasożytnicze).

Podobną rolę liczba informacji opisujących odgrywa w zagadnieniach określania stopni swobody rozmaitych systemów.

Przykładem, w którym, oprócz informacji opisujących, odgrywają rolę również informacje identyfikujące, są podręczniki szkolne. Ilościowe ujęcie informacji zawartych w podręcznikach ma istotne znaczenie przy opracowywaniu programów nauczania. Posługiwanie się pojęciem ilości informacji nie prowadzi tu do niczego, ponieważ nie można mówić o prawdopodobieństwie komunikatów, z których składa się podręcznik. W świetle podanych powyżej wyjaśnień staje się też jasne, że podejście takie byłoby bezprzedmiotowe, ponieważ w nauczaniu nie chodzi o identyfikację. Natomiast ma sens traktowanie podręczników z punktu widzenia liczby informacji opisujących. Dotychczas w szkolnictwie ilościowe ujmowanie informacji polega na ocenie liczby stronick podręcznika, ale rozwój programowania maszyn dydaktycznych zmierza już do określania tego, co w tej pracy jest nazywane liczbą informacji opisujących.

Sytuacja zmienia się radykalnie, gdy od nauczania przechodzi się do egzaminowania. Każdy uczeń, nawet nie zdając sobie z tego sprawy, stara się ustalić prawdopodobieństwo otrzymania takich czy innych pytań na egzaminie (np. przez wypytywanie kolegów, którzy już zdawali egzamin), a to nie jest nic innego niż dążenie do określenia liczby informacji identyfikujących (ilości informacji).

Wniosek ogólny, jaki się tu nasuwa, można by sformułować następująco: na podstawie liczby informacji opisujących można zawsze określić liczbę informacji identyfikujących (ilość informacji), ale ma to sens tylko tam, gdzie istotnie chodzi o identyfikację.

Jak się wydaje, źródłem nieporozumień jest okoliczność, że podstawy teorii informacji opracowano głównie dla potrzeb telekomunikacji, a więc

### *Liczba informacji*

dziedziny, w której ilościowe ujmowanie informacji dotyczy wyłącznie identyfikacji komunikatów, na co zresztą dość wyraźnie wskazuje wypowiedź Shannona przytoczona w rozdz. 1; późniejsze uogólnienia wytworzyły przeświadczenie, że pojęcie ilości informacji odnosi się do wszelkich informacji. Być może nie doszłoby do tego, gdyby przed wprowadzeniem pojęcia „ilość informacji” wprowadzono również ścisłe zdefiniowane pojęcie „informacja”.

## ***KLASYFIKACJA***

Nr	Kryteria
1	<b>Łańcuchy kodowe</b>
1.1	zupełne i oddzielne
1.1.1	kody banalne
1.1.1.1	obrazy są oryginałami
1.1.1.2	obrazy są jednakowe z oryginałami
1.1.2	kody zasadnicze
1.1.3	kody odwrotne
1.1.4	kody jednakowe
1.1.5	kody niezbieżne
1.2	zupełne ale nie oddzielne
1.2.1	rozbieżne
1.2.2	zbieżne
1.2.3	skrzyżowane
1.3	oddzielne ale nie zupełne
1.3.1	nie zaczynające się od oryginałów
1.3.2	nie kończące się na obrazach
1.3.3	jedne nie zaczynają się od oryginałów, inne nie kończą się na obrazach
1.4	uzupełnione parakomunikatami
1.4.1	paraobrazy nie różnią się od paraoryginałów
1.4.2	paraobrazy różnią się od paraoryginałów
1.4.2.1	istnieją tylko paraobrazy
1.4.2.2	istnieją tylko paraoryginały
1.4.2.3	informacje wprowadzane przez paraobrazy różnią się od informacji wprowadzanych przez paraoryginały
2	<b>Łańcuchy metakodowe</b>
2.1	zupełne i oddzielne
2.2	zupełne ale nie oddzielne
2.3	oddzielne ale nie zupełne
2.4	uzupełnione parakomunikatami
2.4.1	paraobrazy nie różnią się od paraoryginałów
2.4.2	paraobrazy różnią się od paraoryginałów
3	<b>Łańcuchy meta-metakodowe</b>

## INFORMOWANIA

Terminologia	Objaśnienia potoczne
Informowanie Transinformowanie banalne tożsamościowe równościowe analogowe kompensacyjne komparacyjne eliminacyjne	Odbierane są informacje wierne, w komunikatach: nie zdeformowanych oryginalnych skopiowanych zdeformowanych nieszkodliwie zdeformowanych ale skorygowanych jednakowych dychotomicznych
Pseudoinformowanie symulacyjne dysymulacyjne konfuzyjne	pozorne rozwiązkłe ogólnikowe niejasne
Dezinformowanie symulacyjne dysymulacyjne konfuzyjne	fałszywe zmyślone zatajone przekręcone
Parainformowanie Paratransinformowanie Paradezinformowanie symulacyjne dysymulacyjne konfuzyjne	domniemywane trafnie nietrafnie bezpodstawnie niedomyślnie opacznie
Metainformowanie Metatransinformowanie Metapseudoinformowanie Metadezinformowanie Metaparainformowanie Metaparatransinformowanie Metaparadezinformowanie	Odbierane są informacje o informacjach wierne pozorne fałszywe domniemywane trafnie nietrafnie
Meta-metainformowanie	Odbierane są informacje o metainformacjach

## КЛАССИФИКАЦИЯ

№	Критерии
1	Кодовые цепи полные и отдельные коды банальные изображения являются оригиналами изображения одинаковые с оригиналами коды основные коды обратные  коды одинаковые коды не сходящиеся полные но не отдельные расходящиеся сходящиеся скрещенные  отдельные но не полные не начинающиеся оригиналами не кончивающиеся изображениями один не начинаются оригиналами, другие не кончаются изображениями  дополненные парасигналами параизображения не отличны от параоригиналов параизображения отличны от параоригиналов существуют только параизображения существуют только параоригиналы информация вводимая параизображениями отлична от информации вводимой параоригиналами
2	Метакодовые цепи  полные и отдельные полные но не отдельные отдельные но не полные дополненные парасигналами параизображения не отличны от параоригиналов параизображения отличны от параоригиналов
3	Мета-метакодовые цепи

## ИНФОРМИРОВАНИЯ

Терминология	Разговорное объяснение
Информирование Трансинформирование банальное тождественное равенственное аналоговое компенсационное  сравнительное элиминационное	Получается информация верна, посредством сигналов не деформированных оригинальных копированных деформированных <sup>1</sup> безвредно деформированных но коригиро- ванных  одинаковых дихотомических
Псевдоинформирование симуляционное диссимуляционное конфузионное	кажущаяся растянутая обобщенная неясная
Дезинформирование симуляционное диссимуляционное конфузионное	фальшивая выдуманная затаенная извращенная
Параинформирование Паратрансинформирование Парадезинформирование симуляционное диссимуляционное конфузионное	предполагаемая верно неверно необоснованно недогадливо превратно
Метаинформирование  Метатрансинформирование Метапсевдоинформирование Метадезинформирование Метапараинформирование Метапаратрансинформирование Метапарадезинформирование	Получается информация об информа- ции верна кажущаяся фальшивая предполагаемая верно неверно
Мета-метаинформирование	Получается информация об метаин- формации

## CLASSIFICATION

No.	Criteria
1	Code chains
1.1	full and separate
1.1.1	banal codes
1.1.1.1	images are originals
1.1.1.2	images equal originals
1.1.2	basic codes
1.1.3	converse codes
1.1.4	equal codes
1.1.5	not convergent codes
1.2	full but not separate
1.2.1	divergent
1.2.2	convergent
1.2.3	cross
1.3	separate but not full
1.3.1	not beginning in originals
1.3.2	not ending in images
1.3.3	ones do not begin in originals, others do not end in images
1.4	supplemented with parasignals
1.4.1	paraimages do not differ from paraoriginals
1.4.2	paraimages differ from paraoriginals
1.4.2.1	only paraimages exist
1.4.2.2	only paraoriginals exist
1.4.2.3	information induced by paraimages differs from information induced by paraoriginals
2	Metacode chains
2.1	full and separate
2.2	full but not separate
2.3	separate but not full
2.4	supplemented with parasignals
2.4.1	paraimages do not differ from paraoriginals
2.4.2	paraimages differ from paraoriginals
3	Meta-metacode chains

## OF INFORMING

Terminology	Plain language explanation
Informing Transinforming banal t. identity t. equality t. analogue t. compensative t. comparative t. eliminative t.	Received information true, by means of signals: not deformed original copied deformed harmlessly deformed but corrected equal dichotomic
Pseudoinforming simulative p. dissimulative p. confusive p.	apparent redundant generalized vague
Disinforming simulative d. dissimulative d. confusive d.	false fictitious concealed altered
Parainforming Paratransinforming Paradisinforming simulative p. dissimulative p. confusive p.	surmised rightly wrongly groundlessly dully amiss
Metainforming Metatransinforming Metapseudoinforming Metadisinforming Metaparainforming Metaparatransinforming Metaparadisinforming	Received information on information true apparent false surmised rightly wrongly
Meta-metainforming	Received information on metainformation

# **КАЧЕСТВЕННАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ**

## **Содержание**

Основным понятием в этой теории является информация (не количество информации).

Автором указывается что, в отличие от „количество информации” которое является теоретическим понятием, дефинированным путем терминологической конвенции, термин „информация” употребляется в литературе по теории информации в различных значениях, взятых преимущественно из разговорного языка; либо как синоним „количество информации” (глава 1).

Чтоб дефинировать „информацию” путем подходящей конвенции, дискутируется теоретическая задача исполняемая каналом связи в процессе управления (глава 2).

Принимается термин „сигнал” для произвольного физического состояния, которое дается отличить от другого физического состояния в процессе управления. Сигналы на выходе управляемой системы наименованы „оригиналами”. Сигналы на входе управляющей системы наименованы „изображениями” (глава 3).

В главе 4 автор рассматривает вопрос трансформации (одного сигнала в другой) как логическую операцию, которой модель использует затем, в дальнейших обсуждениях.

Обсуждения в главах 5 и 6 ведутся на основе различия между продольными цепями сигналов („кодовые цепи”) и поперечными цепями сигналов („информационные цепи”) в канале связи. Согласно с тем, „код” дефинируется как трансформация одного сигнала в дру-

## **Содержание**

гой сигнал в продольной цепи сигналов (например, трансформация оригинала в изображение), а „информация” дефинируется как трансформация одного сигнала в другой сигнал в поперечной цепи сигналов (например, трансформация одного оригинала в другой оригинал, либо трансформация одного изображения в другое изображение). Анализируются существенные виды кодов и информации, и указывается логическая симметрия между ними.

Глава 7 занимается понятием информирования, дефинированным как трансформация информации содержимой в оригиналах в информацию содержимую в изображениях. Поставлена общая теорема касающаяся информирования.

В главе 8 рассматривается канал связи, в котором кодовые цепи полны и отдельны. Анализируются условия, в которых информация в изображениях такая же, как информация в оригиналах (трансинформирование).

В главах 9 и 10 анализируются два вида дегенеративных процессов информирования из которых один такой, что кодовые цепи полны но не отдельны (псевдоинформирование), а другой такой, что кодовые цепи отдельны, но не полны (дезинформирование). В обоих случаях рассматриваются следующие возможности: а) есть информация в изображениях, нет информации в оригиналах (симуляция), б) есть информация в оригиналах, нет информации в изображениях (диссимуляция), в) информация в оригиналах и информация в изображениях не одинаковы (конфузия).

В главе 11 указывается, что процесс информирования может быть реализован даже тогда, когда некоторые кодовые цепи отсутствуют, но необходимые сигналы уже существуют в качестве зарегистрированных следов (память) предшествующих процессов управления (параинформирование).

В главе 12 рассматривается случай когда цепи изображений из разных процессов информирования играют роль оригиналов (метаоригиналы) в совместном процессе информирования (метаинформирование). Подобным образом, цепи метаизображений из разных процессов метаинформирования могут сыграть роль оригиналов (мета-метаоригиналы) в совместном процессе информирования (мета-метаинформирование), и т. д.

## **Содержание**

В главе 13, обсуждается вопрос количественного описания информации посредством числа трансформации, причем обнаруживается различие между описывающими информацией и идентифицирующими информацией. Математическая формула получаемая для идентифицирующих информации тождественная с известной формулой определяющей количество информации.

Теоретические обсуждения и выводы иллюстрируются многими практическими примерами.

Полная классификация процессов информирования, истекающая из теоретических критериев, дается в таблице.

## ***QUALITATIVE INFORMATION THEORY***

### ***Summary***

The basic concept in this theory is information (not amount of information).

The author points out that in contradistinction to „amount of information” which is a theoretical concept defined by a terminological convention, the term „information” is used in the literature on information theory in various meanings taken mainly from plain language or as a synonyme of „amount of information” (Chapter 1).

In order to define „information” by an appropriate convention, the purpose any communication channel serves in the control processes is discussed (Chapter 2).

The term „signal” has been adopted for every physical state which can be distinguished from another physical state in the control process. The signals at the output of a controlled system are referred to as „originals” whereas those at the input of the controlling system — as „images” (Chapter 3).

Chapter 4 deals with transformation (of one signal into another), a logical operation used in further considerations. Theorems concerning the use of transformations are given.

Considerations in Chapters 5 and 6 are based on the distinction between longitudinal chains („code chains”) and transversal chains („information chains”) of signals in the communication channel. In conformity with this distinction, a „code” is defined as a transformation

## ***Summary***

of one signal into another in the longitudinal chain of signals (e. g. transformation of the original into an image), and „information” is defined as a transformation of one signal into another in the transversal chain of signals (e. g. transformation of one original into another original, or transformation of one image into another image). Essential kinds of code and information are analysed and the logical symmetry between them is shown.

Chapter 7 deals with the concept of information defined as the transformation of the information contained in the originals into that contained in the images. A general theorem on informing is formulated.

In Chapter 8 a communication channel is discussed in which the code chains are full and separate. Conditions are analysed in which the image information is the same as the original information (transinforming).

In Chapters 9 and 10, two kinds of degenerated processes of informing are analysed; one in which the code chains are full but not separate (pseudoinforming) and another in which the code chains are separate but not full (disinforming). In both cases, the following possibilities are considered: a) there is image information but no original information (simulation), b) there is original information but no image information (dissimulation), c) the image information differs from the original information (confusion).

In Chapter 11 it is demonstrated that the process of informing can be realized even if some code chains are lacking, provided that necessary signal already exist in the form of recorded traces (memory) of previous control processes (parainforming).

Chapter 12 describes the case when the chains of images from different processes of informing play the part of originals (metaoriginals) in a common process of informing (metainforming). Similarly, the chains of metaimages from different processes of metainforming can play the part of originals (meta-metaoriginals) in a common process of informing (meta-metainforming), etc.

Finally, Chapter 13 deals with the question of quantitative handling of information by means of a number of transformations the distinction

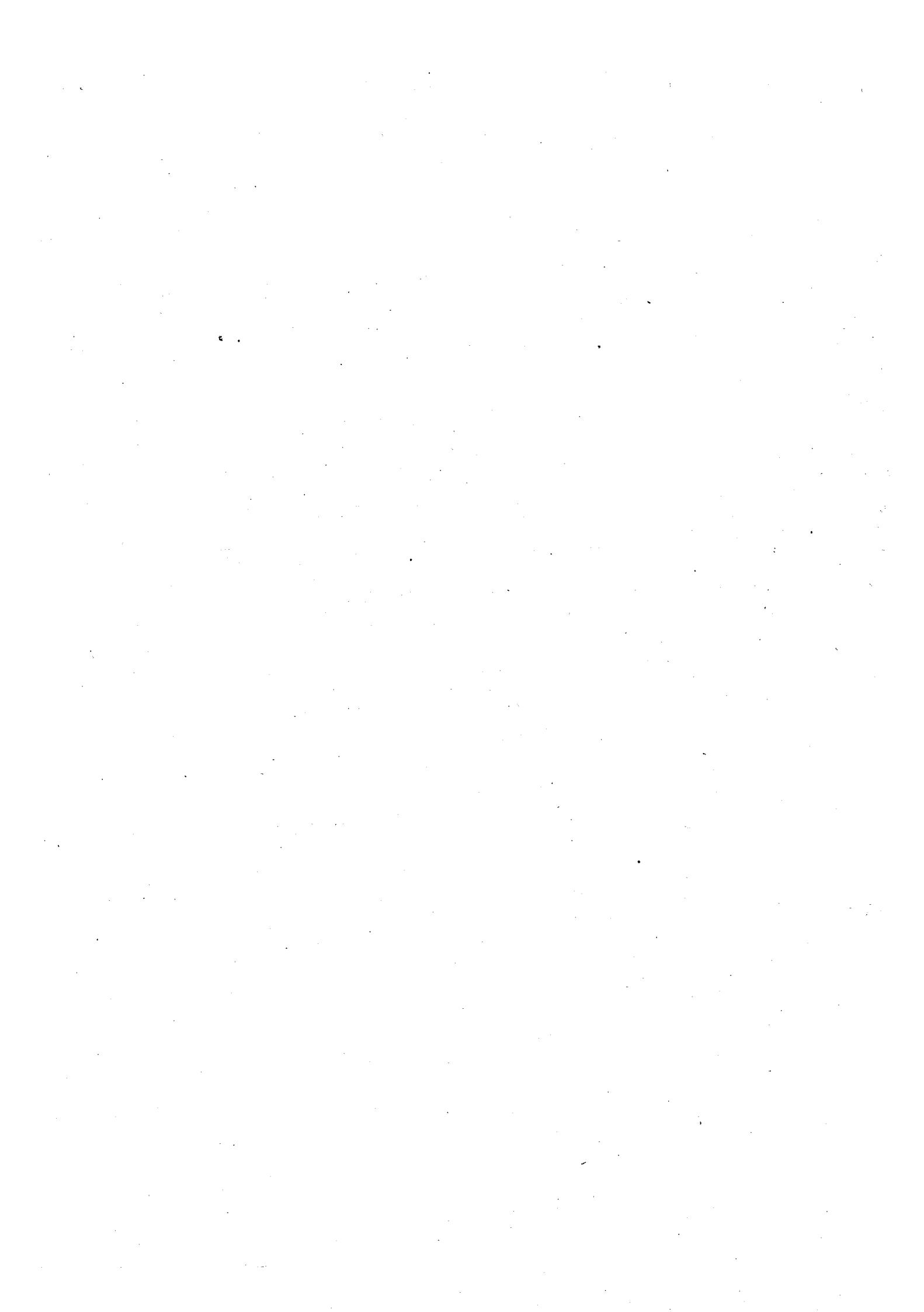
## *Summary*

between describing information and identificating information being revealed. The mathematical formula obtained for identificating information is identic wiht that known for amount of information.

Theoretical considerations and conclusions are largely illustrated with practical examples.

A full classification of informing processes based on theoretical considerations is presented in table form.





## ***SKOROWIDZ***

**Aluzja** 158, 161

**analiza** 120

**analog** 103

**analogia** 98

**antynomia** 183

**asocjacja komunikatów** 41

— **informacyjna** 70

— **kodowa** 60

**Bit** 15, 80

**błąd pomiarowy** 62, 145

**błędzenie** 197

**Cytowanie** 186

**Definicja** 13

**dekodowanie** 109

**deregestracja** 168

**deszyfrowanie** 68, 110

**dezinformacja** 141

— **dysymulacyjna** 143

— **symulacyjna** 141

**dezinformowanie** 141

— **dysymulacyjne** 143

— **konfuzyjne** 144

— — **podwójne** 146

— — **pojedyncze** 144

— **symulacyjne** 141

**diagnoza** 37

**Fałsz** 186

**formalizacja** 159

**Historia** 37

**humor** 164

**Ilość informacji** 11, 15

**informacja** 13, 18, 70

— **asocjacyjna** 79

— **banalna** 71

— **identyfikująca** 194

— **niebanalna** 71

— **odniesienia** 189

— **odwrotna** 71

— **operacyjna** 74

— — **odwrotna** 74

— **opisująca** 189

— **pasożytnicza** 188

— **redundancyjna** 188

— **równościowa** 71

— **tożsamościowa** 71

— **użyteczna** 188

— **wypadkowa** 73

— **zasadnicza** 76

— — **odwrotna** 76

**informatyka teoretyczna** 16

**informowanie** 82

— **dysymulacyjne** 84

— **konfuzyjne** 85

— **symulacyjne** 84

**interkomunikat** 35

**interpolacja** 105

## ***Skorowidz***

- Klasyfikacja** 120
  - kłamstwo 186
  - kod 60
    - asocjacyjny 63
    - banalny 61
    - niebanalny 61
    - odwrotny 61
    - operacyjny 61
    - — odwrotny 62
    - równościowy 61
    - tożsamościowy 61
    - wypadkowy 67
    - zasadniczy 62
    - — odwrotny 63
  - kodowanie 61, 109
  - kompensacja kodu 107
  - komunikat 34
    - bierny 38
    - czynny 38
    - odniesienia 189
    - pierwotny 42
    - rozpoznawczy 94
    - wtórny 42
    - wyróżniony 194
  - konwencja terminologiczna 14
  - korelat 167
  - kryptogram 68
- Liczba informacji** 188
  - — identyfikujących 197
  - — opisujących 190
- Łańcuch informacyjny** 71
  - kodowy 66
  - — oddzielny 84
  - — zupełny 84
  - transformacyjny 51
- Metadezinformacja** 184
  - metadezinformowanie 184
  - metainformacja 178
    - banalna 178
    - niebanalna 178
  - metainformowanie 178
    - dysmulacyjne 184
- metainformowanie konfuzyjne 184
  - symulacyjne 184
- metakod 177
  - banalny 177
  - niebanalny 178
- metakomunikat 177
- meta-metainformacja 179
- meta-metainformowanie 179
- meta-metakod 179
- meta-metabraz 179
- meta-metaoryginał 179
- metaobraz 177
- metaoryginał 177
- metaparainformacja 185
- metaparainformowanie 185
- metaparakomunikat 184
- metapseudoinformacja 184
- metapseudoinformowanie 184
- metatransinformacja 184
- metatransinformowanie 184
- model 103

- Obraz** 35
- obwód sterowniczy 28
- odbiornik oddziaływania 33
- oddziaływanie 34
- ogólnik 123
- omyłka 145
- operacja 45
  - odwrotna 47
- oryginał 35

- Pamięć** 168
- paradezinformacja 160
  - dysmulacyjna 161
  - konfuzyjna 162
  - symulacyjna 160
- paradezinformowanie 160
  - dysmulacyjne 161
  - konfuzyjne 161
  - — podwójne 163
  - — pojedyncze 162
  - symulacyjne 160
- parainformacja 153

## *Skorowidz*

- parainformowanie 153  
parakomunikat 153  
parametr operacji 45  
— — odwrotny 48  
paraobraz 153  
paraoryginał 153  
paratransinformacja 157  
paratransinformowanie 157  
pomiar 36, 43, 85  
— wzorcowy 181  
pomieszanie 147  
porozumienie 159  
prawdopodobieństwo 202  
prawdziwość 159  
prawidłowość 159  
prawo 186  
— fizyczne 65  
proces roboczy 34  
— sterowniczy 28, 34  
prognoza 38, 111  
przeinaczenie 145  
przekręcenie 163  
przenośnia 25, 158  
pseudoinformacja 118  
— dysymulacyjna 121  
— symulacyjna 118  
pseudoinformowanie 118  
— dysymulacyjne 121  
— konfuzyjne 125  
— — podwójne 127  
— — pojedyncze 125  
— symulacyjne 118
- R**ejestracja 168  
rejestrat 166  
reklama 169, 185  
relacja 41, 55, 124  
rodzaj operacji 45  
— — odwrotny 48  
równanie transformacji 43
- S**ensowność 159  
statystyka 122  
sterowanie 27
- struktura 34  
sygnalizacja 157, 167  
synteza 122  
system autonomiczny 168  
— sterowany 28  
— sterujący 28  
sztuka 164  
szłyfr 68  
szifrowanie 68, 110
- T**eoria informacji 11, 16  
— — ilościowa 11, 170  
— — jakościowa 11  
— — wartościowa 11  
tor metasterowniczy 177  
— sterowniczy 28  
transformacja 42  
— asocjacyjna 49  
— — odwrotna 50  
— banalna 43  
— niebanalna 43  
— odwrotna 44  
— operacyjna 45  
— — odwrotna 47  
— równościowa 44  
— tożsamościowa 43  
— wypadkowa 52  
— zasadnicza 46  
— — odwrotna 47  
transinformowanie 87  
— analogowe 98  
— banalne 93  
— eliminacyjne 115  
— komparacyjne 113  
— kompensacyjne 108  
— równościowe 95  
— tożsamościowe 93  
treść 166
- Z**atajenie 143  
zbiór poprzeczny komunikatów 35  
— wzdużny komunikatów 35  
zmyślenie 142  
**Ž**ródło oddziaływanego 33