

Reprezentacje diagramowe, czyli jak mówić obrazkami

Co się tyczy obrazu,
jeśli nie jest on wart tysiąca słów,
do diabła z nim.

(Ad Reinhardt: *How to Look at Things Through a Wine Glass*,
1946)

Rozróżnia się zazwyczaj dwa zasadnicze sposoby użycia diagramów: jako metody *reprezentacji* (przedstawiania) pewnego zbioru danych (w celu jego zakomunikowania lub archiwizacji), albo jako narzędzia *wnioskowania*, czyli uzyskiwania nowych informacji na podstawie już posiadanych danych. W tym odcinku zajmiemy się wybranymi zagadnieniami diagramowej reprezentacji informacji.

Zacznijmy od tego, że dane nie są informacjami, dopóki nie są przedstawione w sposób umożliwiający ich sprawne odczytywanie zgodnie z aktualnymi potrzebami użytkownika. W przypadku reprezentacji diagramowych takim narzędziem przedstawiania danych są *języki wizualne* (zwane też czasem *językami diagramowymi*). Właściwa konstrukcja i dobór języka wizualnego do rodzaju przedstawianych danych jest tu sprawą kluczową, podobnie jak sposób jego użycia do konstrukcji konkretnego diagramu przedstawiającego potrzebne nam dane. Wyróżnia się tu zwykle trzy kryteria takiego doboru: *ekspresywność*, *efektywność* i *celowość* reprezentacji.¹

Ekspresywność języka wizualnego określa, jakie dane da się za jego pomocą przedstawić, a jakich nie. W przypadku języków diagramowych, ekspresywność zasadniczo polega na uzyskaniu maksymalnego stopnia *naśladowczości reprezentacji*, czyli dopasowania struktury reprezentacji do struktury przedstawianego zbioru danych. Obiektom ze zbioru danych powinny bezpośrednio odpowiadać elementy diagramu w jakimś sensie „podobne” do tych obiektów, a istotnym relacjom między danymi powinny bezpośrednio odpowiadać analogiczne co do własności relacje wizualne między elementami diagramu. Tak skonstruowana reprezentacja diagramowa ma w dużym stopniu własność tzw. „samoniesprzeczności,” czyli niemożności przedstawiania informacji fałszywych lub wewnętrznie sprzecznych. Przykładowo, jeśli język wizualny określa kolor obiektu przez wypełnienie na diagramie konturu obiektu takim samym kolorem, możemy przedstawić komunikaty „Ten kot jest biały” lub „Ten kot jest czarny,” ale nie możemy przedstawić komunikatu „Ten czarny kot jest biały.” Jeśli natomiast język wizualny dopuszcza zamalowanie kota odpowiednim kolorem i napisanie nazwy koloru na nim, to jaki kolor ma naprawdę kot na tym rysunku?



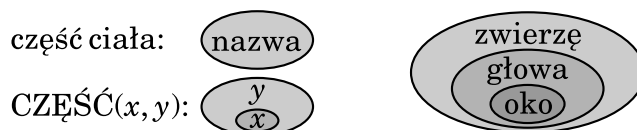
Odstępstwa od naśladowczości mogą więc prowadzić do błędów, w tym powstawania tzw. niemożliwych konfiguracji, omawianych w poprzednich odcinkach.²

Ważnym zjawiskiem występującym w reprezentacjach diagramowych jest zjawisko *emergen- cji*, polegające w tym przypadku na tym, że sama konstrukcja diagramu dla danego zestawu przedstawianych faktów powoduje, że niejako mimo woli na diagramie pojawiają się przedstawienia innych faktów, których nie zamierzaliśmy przedstawiać. Jeśli język wizualny ma wysoki stopień naśladowczości, to te tzw. *fakty emergentne* (czasami zwane „implikaturami”)

są prawdziwe i niejako „przy okazji” wzbogacają nam zawartość informacyjną diagramu. Weźmy dwa proste fakty, dotyczące części ciała zwierzęcia, w notacji rachunku predykatów:

CZĘŚĆ(oko, głowa) & CZĘŚĆ(głowa, zwierzę).

Używając języka wizualnego określonego po lewej stronie rysunku, możemy te dwa fakty przedstawić na jednym diagramie jak po prawej stronie:



Jak widać, owal reprezentujący oko znalazł się na rysunku wewnątrz owalu oznaczonego „zwierzę,” a co za tym idzie rysunek reprezentuje również fakt, którego nie zamierzaliśmy przedstawiać, mianowicie:

CZĘŚĆ(oko, zwierzę).

Jest to właśnie fakt emergentny, wzbogacający zawartość informacyjną diagramu.

Należy w tym miejscu omówić kolejną ważną zasadę, którą można zapisać jako:

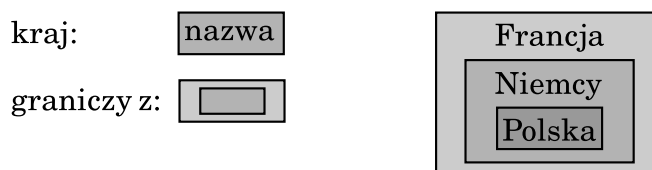
$$[\text{komunikat diagramowy}] = [\text{diagram}] + [\text{język wizualny}]$$

Chodzi o to, że bez wyraźnej specyfikacji języka wizualnego, lub jego dobrej znajomości zarówno przez twórcę diagramu, jak i jego odbiorcę, nie jest możliwa poprawna komunikacja diagramowa. Np. z diagramu powyżej ktoś mógłby odczytać fakty „Oko znajduje się u dołu zwierzęcia” lub „Oko jest mniejsze od głowy.” Pierwszy z nich jest fałszywy, a drugi prawdziwy, ale oba formalnie rzecz biorąc nie są reprezentowane na diagramie, gdyż zdefiniowany w przykładzie język wizualny nie zawiera żadnych reguł interpretacji wzajemnego położenia czy rozmiarów obiektów. Jedynie ich zawieranie się coś znaczy. Niezgodności między językami używanymi przez nadawcę i odbiorcę są częstą przyczyną błędów w komunikacji diagramowej, zwłaszcza, że powszechnie jest przekonanie o istnieniu jakiegoś jednego języka wizualnego, jednakowo i powszechnie rozumianego przez wszystkich na całym świecie. Niestety tak nie jest. Koń, jaki jest, każdy inaczej widzi.

Gorzej, gdy naśladowczość jest naruszona, czyli gdy struktura przyjętego języka niezbyt pasuje do struktury przedstawianych danych. Wtedy fakty emergentne mogą się okazać fałszywe, prowadząc do błędów reprezentacji. Przykładowo, weźmy dwa proste fakty:³

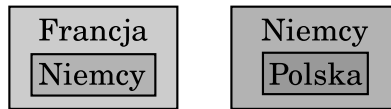
**Francja graniczy z Niemcami.
Niemcy graniczą z Polską.**

Spróbujmy je przedstawić za pomocą języka wizualnego opisanego z lewej strony rysunku:



Francja graniczy z Polską?

Przedstawiając te fakty w podobny sposób, jak w poprzednim przykładzie, uzyskamy diagram z prawej strony rysunku. Zawiera on jednak niechciany i w dodatku fałszywy fakt emergentny „Francja graniczy z Polską”. Można próbować ratować sytuację rysując inny diagram:



Chociaż ten diagram bezpośrednio nie generuje fałszywego faktu uzyskiwanego z poprzedniego diagramu, to jednak wykorzystując własności relacji zawierania się, pozwala łatwo uzyskać ten fakt na drodze wnioskowania diagramowego.

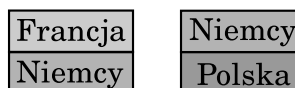
Łatwo zauważyć, że przyczyną kłopotów jest tutaj niezgodność własności relacji graficznej *zawierania się figur* w stosunku do relacji *granicy krajów*, którą to relację ma modelować zawieranie się figur. Mamy tu zatem oczywiste naruszenie naśladowczości reprezentacji. Wyjściem z tej sytuacji jest zmiana języka wizualnego na bardziej odpowiedni do struktury przedstawianych faktów, jak po lewej stronie rysunku:



Diagram wyrażony w tym języku zawiera tylko potrzebne nam fakty, a jeśli przyjmiemy dodatkowo konwencję interpretacji diagramu umożliwiającą wyprowadzanie tzw. „faktów negatywnych,” uzyskamy jeszcze na tym diagramie prawdziwy fakt emergentny „Francja *nie* graniczy z Polską.” Nie znaczy to jednak, że nie uda się nam utworzyć reprezentacji generującej błędne fakty emergentne za pomocą tego języka. Diagram poniżej generuje bowiem taki błędny fakt emergentny „Francja graniczy z Polską.”

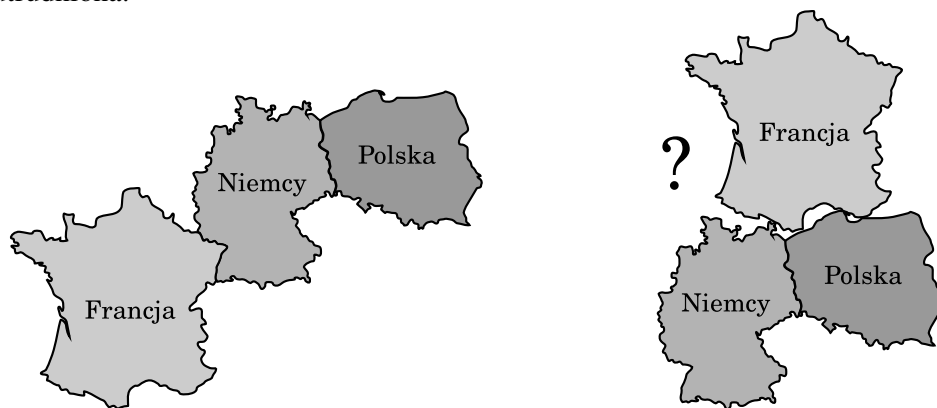


Tu jednak musieliśmy się starać, świadomie przedstawiając fakt, którego zasadniczo nie wolno nam było przedstawiać, gdyż jego brak w pierwotnej specyfikacji faktów należy w tym przypadku interpretować tak, że jest on fałszywy. Możemy jednak uniknąć reprezentacji tego faktu, co nie było możliwe przy użyciu poprzedniego języka wizualnego. Narysowanie diagramu w ten sposób, aby żaden fakt emergentny bezpośrednio nie wystąpił, jest w tym przypadku możliwe, jak niżej.



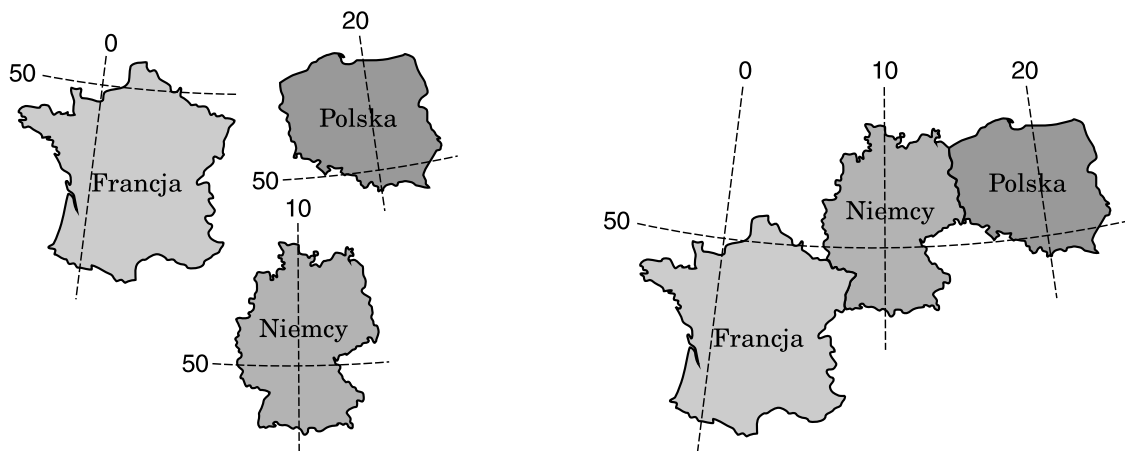
W zasadzie można tutaj wydedukować negatywny (ale prawdziwy) fakt „Francja nie graniczy z Polską,” o ile dopuścimy rozumowanie przekraczające granice poddiagramów.

Mimo odpowiedniej zmiany języka wizualnego, i w tym przypadku można było jednak przedstawić fałszywy fakt. Wynika to stąd, że nowy język w dalszym ciągu nie jest dostatecznie naśladowczy. Niedobór naśladowczości dotyczy m.in. kształtu krajów – język postuluje użycie prostokątów dla każdego kraju, niezależnie od jego rzeczywistego kształtu. Prostokąty jednak dają się zestawiać w konfiguracje, których nie dałoby się uzyskać przy użyciu oryginalnych kształtów (zakładając, że graniczące kraje muszą do siebie dobrze pasować). Przyjmując w naszej reprezentacji kształty bardziej zbliżone do rzeczywistych, z łatwością zestawimy je w poprawnej konfiguracji, podczas gdy próba ich błędnego ustawienia jest już wyraźnie utrudniona:



To jednak wciąż nie daje pełnej gwarancji poprawności, gdyż kształty konturu krajów mogą być przypadkowo zbliżone także w obszarach, w których w rzeczywistości nie stykają się one ze sobą (zob. też błędy nieprecyzyjności diagramów⁴). Jeśli zestaw kształtów jest odpowiedni lub ewentualne detale wewnątrz obszarów (np. rzeki na mapkach krajów) dostarczają dostatecznej liczby dodatkowych wskazówek, możliwe jest uzyskanie jednoznaczności ułożenia części, o czym mogą świadczyć popularne układanki mozaikowe zwane puzzlami.

Kolejnym etapem zwiększenia naśladowczości języka byłoby jawne wprowadzenie współrzędnych geograficznych. Wtedy kraj z przypisanymi mu współrzędnymi nie mógłby zostać ustawiony w innym miejscu, niż wyznaczają odpowiednie współrzędne w reprezentacji (czyli w tym przypadku – na mapie), jak na diagramach poniżej.



Widzimy z powyższej serii przykładów, że uzyskanie odpowiednio wysokiego stopnia naśladowczości języka diagramowego nie musi być łatwe i może prowadzić do nadmiernego skomplikowania reprezentacji w stosunku do postawionych celów. Jeśli chcemy jednak za-

chować skądinąd pożądaną prostotę reprezentacji, musimy się godzić na odstępstwa od naśladowczości i w konsekwencji możliwość powstawania błędów powodujących pojawianie się fałszywych faktów. Należy sobie z tej sytuacji zdawać sprawę i starać się pogodzić wymagania prostoty z odpornością na błędy (zob. rozważania o efektywności języka poniżej). Należy także świadomie starać się unikać wprowadzania tego typu błędów przy tworzeniu reprezentacji.

Efektywność języka wizualnego lub reprezentacji diagramowej uwzględnia koszty tworzenia reprezentacji i odczytywania z niej potrzebnych informacji, oraz podatność obu tych procesów na błędy. Na koszty mogą wpływać różne czynniki, takie jak liczba elementów graficznych w reprezentacji, ich skomplikowanie i wyrazistość (czytelność), podobieństwo różnorodnych elementów (mogące powodować ich mylenie ze sobą), dokładność wykonania diagramu, uporządkowany układ diagramu, itp. Wielość tych czynników, ich wzajemna zależność od siebie, aż do wzajemnej sprzeczności, zależność od wiedzy i nastawienia nadawcy i odbiorcy itd., utrudniają ustalenie ogólniejszych i zawsze słusznych reguł. Zagadnienie konstrukcji dobrych języków wizualnych to wciąż bardziej sztuka niż nauka.

Przykład poniżej pokazuje kilka występujących tu czynników. Zadanie polega na przedstawieniu zestawu faktów na temat trzech przedmiotów wykładowych z informatyki.⁵ Te przedmioty, to „Języki programowania” (JP), „Systemy operacyjne” (SO) i „Kompilacja” (KO). Pierwszy z nich wykładany jest na jesieni, drugi w zimie, a trzeci na wiosnę. Dodatkowo „Systemy operacyjne” i „Kompilacja” wymagają wcześniejszego zaliczenia „Języków programowania.” Używając notacji rachunku predykatów, naszą mini-bazę danych można zapisać jako:

PODCZAS(JP, jesień) & PODCZAS(SO, zima) & PODCZAS(KO, wiosna) & WYMAGA(SO, PL) & WYMAGA(KO, PL).

Zastosujmy najpierw następujący język wizualny (gdzie SK oznacza skrót nazwy):

przedmiot:

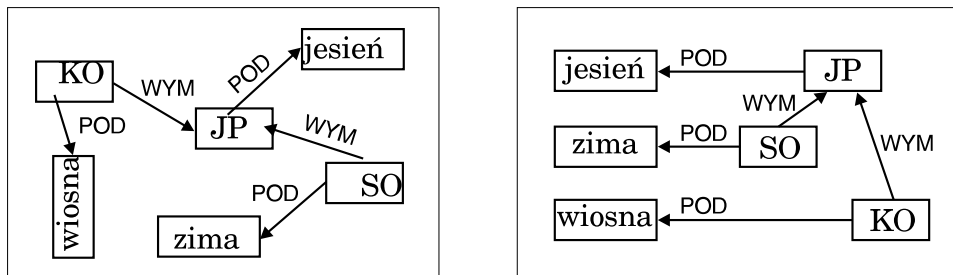
SK

 PODCZAS: $\xrightarrow{\text{POD}}$
okres:

pora

 WYMAGA: $\xrightarrow{\text{WYM}}$

Używając tego języka, możemy dane o naszych przedmiotach narysować na wiele sposobów. Rozważmy dwa charakterystyczne z nich:



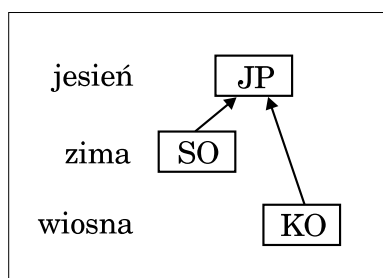
Obie reprezentacje zawierają tę samą liczbę elementów graficznych (6 prostokątów z nazwami, 11 napisów, 5 strzałek dwóch rodzajów), powinny więc mieć zbliżoną efektywność. Tak jednak nie jest – nieporządkowany układ, niestaranność wykonania, wprowadzenie nieznaczących cech zwiększających „szum informacyjny” (jak pionowy napis „wiosna”) w pierwszej reprezentacji powodują spore trudności z odszukaniem poszczególnych elementów informacji i nie

pozwalają jednym rzutem oka ogarnąć całości związków między nimi. Inaczej jest z drugą reprezentacją, w której uporządkowanie informacji i czystość wykonania pozwalają zarówno zobaczyć całość informacji jak i łatwo znaleźć poszczególne jej elementy.

Zauważmy, że osiągnięto to częściowo używając elementów języka graficznego nie wyspecyfikowanych w podanym języku wizualnym, mianowicie grupowania elementów (pory roku po lewej, przedmioty po prawej), uporządkowania według drugorzędnej cechy danych (czasowa kolejność pór roku) oraz względnego ułożenia w pionie (przedmiot naprzeciw odpowiedniej pory roku). Wykorzystano tu pewne cechy uważane za elementy „uniwersalnego” języka wizualnego, który skądinąd nie istnieje, jak twierdzimy wcześniej w tym tekście. W każdym razie, ta wersja diagramu jasno sugeruje możliwości ulepszenia, głównie uproszczenia, języka wizualnego odpowiedniego do przedstawienia naszych danych. Nowy język wizualny może wyglądać tak:

przedmiot: SK PODCZAS: ustawienie w linii
 okres: pora WYMAGA: \longrightarrow

Pozwala on zapisać dane w postaci takiego diagramu:



Jest on wyraźnie prostszy od poprzednich, zawierając tylko 3 prostokąty, 6 napisów, 2 strzałki i 3 użycia relacji ustawienia w linii. Zauważmy, że język (i diagram) można by uczynić jeszcze prostszym, np. wyrzucając ramki wokół przedmiotów, ale choć zasada prostoty jest jedną z najbardziej użytecznych w tej dziedzinie, nie należy z nią przesadzać. Nadmierne uproszczenie, prowadzące do zbyt niskiego poziomu nadmiarowości przekazu, często utrudnia efektywne i bezbłędne odczyt informacji z diagramu.⁶

Celowość reprezentacji określa informacyjne potrzeby użytkownika diagramu (jakiego rodzaju informacji będzie on w pierwszym rzędzie poszukiwał na diagramie) i rodzaj czynności wspomaganych diagramem. Często nie zdajemy sobie sprawy, jak wielki wpływ na dobór języka wizualnego oraz sposób konstruowania konkretnego diagramu może mieć właściwe uwzględnienie celu jego zastosowania. Jeśli cel nie został należycie wzięty pod uwagę, uzyskane reprezentacje są mało efektywne i nie spełniają wyznaczonych funkcji. Zależność tę zilustrujemy prostym przykładem. Załóżmy, że nasze dane to po prostu zbiór czterech par liczb (x, y) , mianowicie:

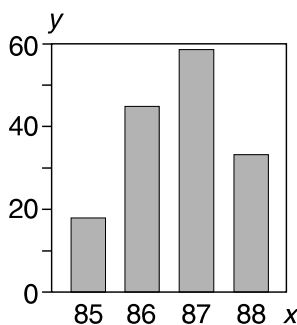
$\{ (x, y): (88, 33.29), (85, 18.76), (87, 58.31), (86, 45.14) \}$.

Przedstawić na diagramie można je na wiele różnych sposobów. Który z nich wybrać – zależy to od wielu czynników, w tym w dużym stopniu od tego, do czego ta reprezentacja będzie nam służyła.

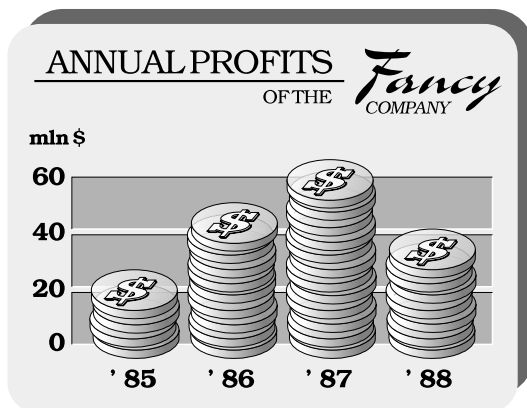
x	y
85	18.76
86	45.14
87	58.31
88	33.29

Cel 1. Jeśli zależy nam na szybkim znajdowaniu dokładnej wartości liczby y na podstawie zadanej liczby x , najlepszą reprezentacją będzie zwykła *tabela*, uporządkowana względem wartości liczb x – powszechnie znana reprezentacja hybrydowa, z niewielką, acz istotną komponentą diagramową.

Dzięki uporządkowaniu liczb x znalezienie ich żądanej wartości jest szybkie, po czym w prawej kolumnie możemy równie łatwo odczytać dokładną wartość liczbową odpowiedniej wielkości y .



Cel 2. Nie zawsze jednak o to nam chodzi – tabela np. nie umożliwia szybkiego porównania wielkości zawartych w niej liczb y , gdyż w tym celu trzeba najpierw odczytać poszczególne wartości liczbowe i następnie dopiero można je porównywać w pamięci. Istnieją jednak sposoby wizualnego, natychmiastowego porównywania wielkości, bez konieczności odczytywania zapisów liczbowych. Jeśli więc interesuje nas taki cel prezentacji naszych par liczb – szybkie porównywanie wartości y – inna reprezentacja diagramowa, mianowicie *wykres słupkowy* jest wyraźnie lepsza. Tu porównanie różnych wartości y jest naoczne i natychmiastowe, za to odczytanie ich dokładnych wartości – problematyczne.



Cel 3. Nie są to jedyne możliwe cele reprezentowania takiego zbioru liczb. Np. jeśli są to akurat wyniki finansowe jakiejś firmy w przebiegu ostatnich kilku lat, przeznaczone do przedstawienia na zebraniu zarządu przez początkującego asystenta, dokładność odczytu wartości czy szybkość porównania mogą zejść na dalszy plan wobec potrzeby „pokazania się” młodemu pracownikowi za pomocą ładnej prezentacji. W tej sytuacji najważniejsze mogą się okazać walory zdobnicze i prezentacja może wyglądać jak obok (proszę ją sobie jeszcze wyobrazić w kolorze: tło w różnych odcieniach ciepłego fioleto, złote stopy monet...).

Zenon Kulpa

¹ Przedstawiona dalej analiza i przykłady oparte są na fragmentach pracy Zenon Kulpa: *From Picture Processing to Interval Diagrams*. IFTR PAS Reports 4/2003, Warsaw 2003. (zob. <http://www.ippt.gov.pl/~zkulpa/diagrams/fpptid.html>).

² Zenon Kulpa: Błędy diagramowe, czyli jak nie dać się zwieść pozorom. *Tytuł roboczy*, 2005.02 (006); Figury niemożliwe, czyli ogólna teoria smoków. *Tytuł roboczy*, 2005.03 (007); Szalony konstruktor, czyli jak zbudować coś, czego nie ma. *Tytuł roboczy*, 2005.04 (008).

³ Pomysł przykładu, z szeregiem uzupełnień i zmian, pochodzi z pracy Jock Mackinlay, Michael R. Genesereth: Expressiveness and language choice. *Data & Knowledge Engineering*, **1** (1985): pp. 17-29.

⁴ Zenon Kulpa: Błędy diagramowe..., op. cit.

⁵ Pomysł tego przykładu, z szeregiem uzupełnień i zmian, także pochodzi z pracy: Jock Mackinlay, Michael R. Genesereth: Expressiveness ..., op. cit.

⁶ Tufte w książce E.R. Tufte: *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphics Press, Cheshire, CT, (1983) posuwa lansowanie zasady prostoty (zwanej u niego „zasadą maksymalizacji znaczącego atramentu”) stanowczo zbyt daleko. W rezultacie niektóre jego „pozytywne” przykłady (np. na str. 124 i 132) są tak dalece oczyszczone z nadmiarowości i używają tak mało różniących się elementów graficznych, że tylko z trudem dają się poprawnie odczytać.