

INFORMATYKA W STATYSTYCE

Kamila MIGDAŁ-NAJMAN

Zastosowanie metody równoległych współrzędnych w wizualizacji wielowymiarowych zbiorów danych

Gwałtowny rozwój systemów informatycznych, w szczególności baz danych i technik elektronicznego rejestrowania informacji, spowodował jednocześnie lawinowy wzrost wielkości tych baz. Zawierają one nie tylko wiele przypadków (jednostek), ale również wielokrotne pomiary każdej jednostki badania. Złożoność i objętość powstających zbiorów stworzyły zapotrzebowanie na nowe tech-

niki analizy danych. Wyzwaniem staje się obecnie nie tylko efektywne przechowywanie takich danych, ale również ich analiza, zdolność interpretacji i wyciągania użytecznych wniosków (Fayyad i in., 1996; Tufte, 1990). Zadania te realizuje statystyczna analiza wielowymiarowa, której coraz ważniejszym elementem staje się wizualizacja danych. Celem artykułu jest charakterystyka jednej z metod wizualizacji zbiorów wielowymiarowych — metody równoległych współrzędnych, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości jej zastosowania w empirycznych badaniach statystycznych.

POJĘCIE WIZUALIZACJI DANYCH

Faktem jest, że człowiek przyswaja zdecydowanie więcej informacji poprzez zmysł wzroku niż przez wszystkie inne zmysły połączone razem. Z badań empirycznych wynika, że człowiek za pomocą wzroku odbiera ok. 87% informacji otrzymywanych przez centralny układ nerwowy, za pomocą słuchu — 10%, a pozostałych zmysłów — zaledwie 3%. Jest to także zmysł działający najszybciej (Niemann i in., 1994). Z tego powodu potencjalnie bardzo efektywną metodą obserwacji i analizy danych może być ich graficzna wizualizacja. Jako metoda analizy danych wizualizacja nie została w literaturze jednoznacznie zdefiniowana.

Można zaobserwować różne podejścia do problemu wizualizacji. Może być przedmiotem studiów w szkołach plastycznych, gdzie główny nacisk zostaje położony na elegancję artystyczną przekazywanych informacji. Może być przedmiotem zainteresowania analityków, którzy koncentrują swoją uwagę na użyteczności przekazu graficznego. Podejścia te są w dużym stopniu komplementarne. Do niedawna pojęcie „wizualizacja” znaczyło budowanie (konstruowanie) obrazu, odbicia czy wizerunku w umyśle. Teraz oznacza coś więcej niż graficzną prezentację danych czy pojęć. Z wewnętrznej konstrukcji w umyśle, wizualizacja stała się artystyczną, drugoplanową rzeczywistością systemu decyzyjnego. Nie jest jedynie atrakcyjną formą prezentacji w postaci graficznej, lecz narzędziem analizy, selekcji i percepcji zjawiska, faktów i tendencji przedstawianych za pomocą metod graficznych. Największą korzyścią wizualnej prezentacji danych jest uproszczony opis i przejrzystość dużych ilości danych. Mogą one być bardzo szybko zinterpretowane, jeżeli są właściwie pokazane. Jest też wyjaśnieniem problemu (przedstawieniem trendów, procedur, relacji), podkreśleniem ważnego elementu, przeprowadzeniem syntezy danych, zwróceniem uwagi na dane, narzędziem wzbudzania zainteresowania odbiorcy oraz wywarcia na nim wrażenia (Dudycz, 1998).

Historia wizualizacji danych sięga roku 1854. W Londynie wybuchła wtedy epidemia cholery. Wydarzenie to zmobilizowało dra J. Snowa do poszukiwań badawczych. Na mapie najbliższej okolicy zaznaczył on punktami miejsca, gdzie zmarło najwięcej osób. Szczęśliwym trafem na mapie tej zaznaczone były również studnie z wodą pitną, z której korzystali okoliczni mieszkańcy. Okazało się, że zaznaczone punkty skoncentrowały się wokół tych studni. Snow zasuge-

rował, że przyczyną epidemii mogą być uchwyt, którymi ludzie otwierają studnie. Po wymianie uchwytów objawy epidemii ustąpiły. Można zadać sobie pytanie, jaki faktycznie był wpływ uchwytów studni na rozwój epidemii? Wydarzenie to podaje się jednak w literaturze jako jeden z pierwszych przykładów sukcesu wizualizacji (Inselberg, 2002).

Definiując pojęcie wizualizacji powiemy, że jest to interdyscyplinarna dziedzina analizy danych. Dzięki zamianie danych liczbowych i tekstowych na ich geometryczną postać, umożliwia ona obserwowanie wyników wszelkiego rodzaju obliczeń i przeprowadzanych symulacji (McCormick i in., 1987). Wizualizacja zajmuje się mechanizmami tworzenia graficznej prezentacji danych dla dowolnych odbiorców, z wykorzystaniem różnych środków technicznych, które umożliwią właściwą interpretację obrazów przez człowieka. Jest procesem polegającym na eksploracji, przekształcaniu i publikacji danych w różnych formach po to, aby je lepiej zrozumieć. Jest procesem przetwarzania złożonych struktur danych na czytelną dla odbiorcy formę (wykr. 1) (Schroeder i in., 1996).

Poprawnie przeprowadzona wizualizacja danych pozwala na formułowanie wniosków, które dotyczą specyfiki analizowanego zagadnienia. Jest narzędziem, które może okazać się najbardziej efektywnym opisem złożonych struktur danych i środkiem komunikacji między analitykiem a odbiorcą analiz.

METODA RÓWNOLEGLYCH WSPÓŁRZĘDNYCH

Klasyczny wykres rozrzutu (*scatter plot*) jest jednym z podstawowych narzędzi wizualizacji danych. W dwuwymiarowym czy nawet trójwymiarowym układzie współrzędnych prostokątnych (kartezjańskich) analiza struktury badanego zbioru nie jest uciążliwa. Graficzna prezentacja obiektów w formie wykresu punktowego umożliwia szybkie rozeznanie się co do charakteru związku, występowania struktury grupowej lub obiektów nietypowych. Jednak co zrobić w przypadku zbiorów

danych, których wymiar jest większy od trzech? Potrzebne są takie metody, które pozwolą na szybkie uzyskanie prostych graficznie prezentacji wielowymiarowych danych na płaszczyźnie (Inselberg, 1998, 2002; Hibbard, 1999).

W literaturze można spotkać różne metody pozwalające na wizualizację obiektów wielowymiarowych. Możliwa jest transformacja danych z wielowymiarowej przestrzeni na płaszczyznę, która wiąże się z przekształceniem informacji zawartych w obiektach wielowymiarowych. Zalicza się do nich metody: głównych składowych (Hotelling, 1933), głównych współrzędnych (Gower, 1966), współrzędnych dyskryminacyjnych (Jajuga, 1993).

Możliwa jest również wizualizacja obiektów wielowymiarowych w formie rysunków symbolicznych. Do metod tego typu zaliczane są: metoda rytów Andersona (Anderson, 1957), krzywe Andrewsa (Andrews, 1972), twarze Chernoffa (Chernoff, 1973) — metoda rozwijana przez B. Flury i H. Riedwyl (1981).

Wspomnieć należy również o metodzie równoległych współrzędnych (*parallel coordinates plots* — PCP, w skrócie $\parallel$ -coords lub PCs). Umożliwia ona pokazanie wszystkich cech obserwacji wielowymiarowych na płaszczyźnie. Metoda ta pozwala jednocześnie na wizualizację i analizę wielowymiarowych zbiorów danych. Została zaproponowana przez Maurica d'Ocagne w 1885 r. (d'Ocagne, 1885). Ponownie została ona odkryta i spopularyzowana w 1959 r. przez Alfreda Inselberga, który rozpoczął systematyczną pracę nad jej rozwijaniem w 1977 r. (Inselberg, 1981, 1999).

Celem prowadzonych badań była próba wizualizacji zbiorów wielocechowych, bez utraty informacji, która często występuje w innych metodach. Metoda taka powinna spełniać pewne założenia — powinna być nieskomplikowana i pozwalać na analizę dowolnej liczby zmiennych. Każda zmienna powinna być traktowana jednakowo (inaczej niż np. na twarzach Chernoffa, gdzie każda zmienna jest reprezentowana przez inny symbol, o innym kształcie, rozmiarze), a przedstawione obiekty powinny reagować na wykonywane transformacje (np. rotacje, skalowanie) oraz pozwalać na analizę własności rozpatrywanych obiektów (np. występowanie struktury grupowej w zbiorze, wykrywanie jednostek nietypowych). Metodologia powinna być oparta na założeniach matematycznych.

W 1981 r. A. Inselberg opublikował wstępne założenia metody w raportach technicznych firmy IBM¹. Rozwój metody i propozycje zastosowań pojawiały się w kolejnych latach w wielu publikacjach² (Inselberg, 1985, 1997a i b, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002; Inselberg, Dimsdale, 1990, 1994), jak również w postaci zarejestrowanych patentów (Inselberg, 1989; Inselberg i in., 1992; Austel i in., 1996; Inselberg, Chatterjee, Dimsdale, 1997). E. Wegman w 1990 r. po raz pierwszy zasugerował zastosowanie metody równoległych współrzędnych jako techniki eksploracyjnej (*exploratory data analysis* — EDA).

¹ A. Inselberg pracował dla IBM.

² Wśród naukowców brakuje jednomyślności co do momentu zaproponowania metody równoległych współrzędnych. Według niektórych naukowców jest to rok 1985 (Wang i in., 2004; Unwin i in., 2006).

Budowa wykresów PCs jest następująca: przyjmijmy, że rozpatrujemy n obiektów (obserwacji, $i = 1, \dots, n$). Każdy obiekt jest opisany pewną liczbą p zmiennych (cech, $j = 1, \dots, p$). Możemy powiedzieć, że dla każdego obiektu mamy określony wektor zmiennych $(x_1, x_2, \dots, x_p)$. Metoda równoległych współrzędnych pozwala narysować na płaszczyźnie współrzędne analizowanych obiektów niezależnie od wielkości p . W kartezjańskim układzie współrzędnych występuje prostoliniowy układ współrzędnych o prostopadłych ośiach. W dwóch wymiarach dzieli on płaszczyznę na cztery ćwiartki układu współrzędnych. W tej metodzie osie współrzędnych, których jest tyle ile analizowanych zmiennych p , są względem siebie równoległe i oddalone o stałą³ odległość $d > 0$. Wielowymiarowe obiekty reprezentowane są przez łamane, które powstają z połączenia odpowiednich wartości $x_1, x_2, \dots, x_p$, odznaczanych na kolejnych ośiach wykresu. Osie reprezentujące poszczególne zmienne mogą być na wykresie pionowe lub poziome (Härdle, Simar, 2003).

Na wykr. 2 przedstawiono jeden obiekt w kartezjańskim i równoległym układzie współrzędnych.

Na wykr. 3 mamy jeden obiekt opisany przez 5 zmiennych (o współrzędnych (2, 5, 4, 1, 3)). Na wykr. 4 przedstawiono wizualizację 9 obiektów w przestrzeni pięciowymiarowej.

Na wykr. 3 i 4 każda pionowa linia to jedna oś (jeden wymiar), na której zaznaczono wartości wszystkich obiektów w danym wymiarze. Połączenie wszystkich zmiennych dotyczących obiektu pozwala na wizualizację obserwacji w formie łamanej. Metoda równoległych współrzędnych jest szczególnie użyteczna w przypadku zmiennych, które są wyrażone na tej samej skali. W literaturze można jednak spotkać wiele ciekawych i praktycznych przykładów zastosowania metody PCs, gdzie wykorzystano zmienne wyrażone na różnych skalach

³ Wartość ta jest ustalana arbitralnie. Zależy od wielkości wykresu i liczby wymiarów. Ma wpływ na czytelność wykresu.

(Siirtola, Riih , 2006). Jedną z propozycji opisywania osi jest zaznaczenie na każdej z nich wartości minimalnej (na dole osi) i wartości maksymalnej (na górze osi). Są sytuacje, gdy uzasadnione jest zamienianie, np. dla konkretnej zmiennej lub zmiennych, wartości minimalnej z maksymalną. Jeżeli w danej chwili obserwujemy np. zmienną 1, to można oznaczy  linie (obiekty) jednym kolorem, r znicuj c niskie i wysokie wartości tej zmiennej.

PRZYKŁAD

Zastosowanie wykresów PCs zostanie przedstawione na przykładzie⁴ samochodów osobowych, które w latach 1970—1982 analizowano na łamach czasopisma „Consumer Report” (Ramos, Donoho, 1983)⁵. Zbiór danych składa się z 392 samochodów, każdy opisany 8 zmiennymi. Zmienne wykorzystane w badaniu można podzielić na trzy grupy. Pierwsza grupa to zmienne wyrażone na skali ilorazowej: zużycie paliwa w litrach na 100 km, pojemność silnika w cm^3 , moc silnika w KM, ciężar samochodu w kg i przyspieszenie do 100 km/h w sekundach. Druga grupa to zmienne wyrażone na skali porządkowej — liczba cylindrów i rok produkcji samochodów (od 1970 r. do 1982 r.). Grupa trzecia to jedna zmienna wyrażona na skali nominalnej: region, z którego pochodzi samochód (symbole: 1 — Stany Zjednoczone, 2 — kraje europejskie, 3 — Japonia). Na wykr. 5 przedstawiono wizualizację 392 samochodów w przestrzeni ośmiowymiarowej. Z prawej strony zaznaczono skalę barw zmiennej zużycie paliwa w litrach na 100 km. Obiekty podobne ze względu na wybraną zmienną ukazane są na wykresie podobną barwą.

⁴ Ta analiza to jedynie krótki przykład, w jaki sposób używa się wykresów PCs. Empiryczne badanie ma zawsze swój cel, z punktu widzenia którego prowadzi się wnioskowanie. Stosuje się także odpowiednie oprogramowanie komputerowe, wykonując liczne eksperymenty w wizualizacji.

⁵ Dane źródłowe znajdują się w repozytorium StatLib w pliku o nazwie cars.

Wzajemne położenie łamanych na wykresie pozwala również na ocenę korelacji między sąsiadującymi osiami (zmiennymi) (Dawson i in., 1997). Jeżeli odcinki łamanych między dwiema sąsiadującymi zmiennymi mają podobne nachylenie, przebiegają w dużym stopniu równolegle, to świadczy to o korelacji dodatniej. Gdy natomiast odcinki łamanych między dwiema sąsiadującymi zmiennymi przecinają się (krzyżują), to świadczy to o korelacji ujemnej.

Analizując wyk. 5 można zauważyć, że między osiami przedstawiającymi zmienne moc silnika w KM i ciężar samochodu linie przebiegają w dużym stopniu równolegle. Oznacza to, że istnieje między nimi korelacja dodatnia. Rzeczywiście, współczynnik korelacji liniowej Pearsona między analizowanymi zmiennymi wynosi 0,86. Natomiast między osiami prezentującymi zmienne ciężar i przyspieszenie linie się krzyżują. Wskazuje to na ich ujemne skorelowanie. Wyznaczona wartość współczynnika korelacji wynosi $-0,43$.

Można zauważyć także obiekty nietypowe. Na wyk. 6 zaznaczono obiekt, który charakteryzuje się niemal najwyższą mocą, ciężarem poniżej przeciętnej i bardzo dużym przyspieszeniem. Na wyk. 7 mamy pokazany rozrzut dla zmiennych moc silnika w KM i ciężar samochodu. Krzyżykiem zaznaczono samochód, który możemy nazwać nietypowym. Ogólna prawidłowość między tymi cechami to wzrost ciężaru samochodów przy wzroście mocy silnika w KM. Wyróżniony samochód ma jednak przeciętną wagę i niemal najwyższą moc. Obiekt ten na wykresie PCs charakteryzuje się łamaną o przeciwnym przebiegu (linie krzyżują się) między analizowanymi zmiennymi.

Wykres PCs pozwala także na redukcję liczby obserwowanych obiektów ze względu na wartości przyjmowane przez wybrane zmienne. Na wyk. 6 przedstawiono samochody o liczbie cylindrów równej 8. Dzięki wprowadzonemu kolorowi łatwo jest zauważyć, że samochody takie są produkowane wyłącznie w Stanach Zjednoczonych, charakteryzują się dużym rozproszeniem zużycia paliwa, mocy i przyspieszenia. Można także zauważyć, że liczba takich samochodów maleje w kolejnych rocznikach.

Podsumowanie

Jak każda metoda analityczna, także metoda PCs ma zalety, które predestynują ją do określonych zastosowań, a także ograniczenia zawężające ten krąg zastosowań. W przypadku analizy bardzo wielu obiektów lub/i zmiennych wykres może stać się nieczytelny. Utrudniona staje się analiza wzajemnych relacji obiektów pomiędzy sąsiadującymi współrzędnymi, wynikająca ze zbyt małej odległości między współrzędnymi⁶. W sytuacji kiedy wymagana jest obserwacja przebiegu łamanej każdego obiektu, problemem może stać się wzajemne nakładanie krzywych (*overlapping*). Formatowanie i skalowanie danych wyrażonych na różnych skalach może również mieć duży wpływ na to, co zobaczymy na wykresie. Kolejność zmiennych na wykresie także ma znaczenie. Niektóre włas-

⁶ W metodzie zaleca się stosować równocześnie nie więcej niż 20 zmiennych.

ności, takie jak korelacja zmiennych, łatwo jest zauważyć, jeżeli są one na sąsiednich osiach. W przeciwnym wypadku jest to znacznie trudniejsze.

Metoda równoległych współrzędnych jest użytecznym narzędziem pozwalającym na ogólną analizę wielowymiarowego zbioru obiektów. Jest również użytecznym narzędziem obserwowania struktury grupowej w zbiorze danych oraz jednostek nietypowych. Pozwala na wizualizację profili pojedynczych przypadków poprzez wyróżnienie danego obiektu na wykresie, np. innym kolorem. Prezentacja ta jednak nie ogranicza się do wizualizacji pojedynczego przypadku. Profil może pokazywać całą grupę. W ten sposób można zaobserwować wzajemne położenie profili kilku grup. Metoda ta może okazać się pomocna w znalezieniu głównej osi (wymiaru), która ma duży wpływ na uzyskaną konfigurację obiektów w innych metodach eksploracyjnych, np. skalowaniu wielowymiarowym. Metoda równoległych współrzędnych nie nastręcza też problemów numerycznych. Metoda jest raczej łatwa do oprogramowania, a interpretacja uzyskanych wykresów jest względnie klarowna. Uwzględniając jej ograniczenia, może się ona okazać przydatnym narzędziem każdego analityka, który dokonuje eksploracji złożonych, wielowymiarowych zbiorów obiektów. Może być z powodzeniem stosowana we wszelkich wielocechowych badaniach statystycznych.

dr Kamila Migdał-Najman — Uniwersytet Gdański

LITERATURA

- Anderson E. (1957), *A semigraphical method for the analysis of complex problems*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, October, vol. 43 (10)
- Andrews D. F. (1972), *Plots of High-Dimensional Data*, „Biometrics”, vol. 28, No. 1, Special Multivariate Issue
- Austel V., Chatterjee A., Inselberg A. (1996), *System and method for visually querying a data set exhibited in a parallel coordinate system*, United States Patent 5546516, 13 August
- Chernoff H. (1973), *The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically*, „Journal of American Statistical Association”, vol. 68, No. 342
- Dawson K. S., Gennings C., Walter H. C. (1997), *Two Graphical Techniques Useful in Detecting Correlation Structure in Repeated Measures Data*, „The American Statistician”, vol. 51, No. 3
- d'Ocagne M. (1885), *Coordonnées Parallèles et Axiales: Méthode de transformation géométrique et procédé nouveau de calcul graphique déduits de la considération des coordonnées parallèles*, Paris, Gauthier-Villars
- Dudycz H. (1998), *Wizualizacja danych jako narzędzie wspomagania zarządzania przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu
- Fayyad U. M., Piatetsky-Shapiro G., Padhraic S., Ramasamy U. (red.) (1996), *Advances in knowledge discovery and data mining*, AAAI Press/MIT Press, Cambridge, Mass
- Flury B., Riedwyl H. (1981), *Graphical Representation of Multivariate Data by Means of Asymmetrical Faces*, „Journal of American Statistical Association”, vol. 76, No. 376
- Gower J. C. (1966), *Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis*, „Biometrika”, vol. 53, No. 3—4
- Härdle W., Simar L. (2003), *Applied Multivariate Statistical Analysis*, TECH Method&Data Technologies

- Hibbard B. (1999), *Top ten visualization problems*, „ACM SIGGRAPH Computer Graphics”, vol. 33, No. 2.
- Hotelling H. (1933), *Analysis of a complex of statistical variables into principal components*, „Journal of Educational Psychology”, vol. 24, No. 6, September
- Inselberg A. (1981), *N-Dimensional Graphics, Part I — Lines and Hyperplanes*, in IBM LASC Tech. Rep. G320-2711, IBM Scientific Center, Los Angeles, CA
- Inselberg A. (1985), *The plane with parallel coordinates*, The Visual Computer (Special issue on Computational Geometry) 1
- Inselberg A. (1989), *N-dimensional information display method for air traffic control*, United States Patent 4823272, 18 April
- Inselberg A. (1997a), *Multidimensional detective*, in: Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'97), IEEE Computer Society
- Inselberg A. (1997b), *Visualizing multidimensional geometry with applications to multivariate problems*, „Abstract of Paper of the American Chemical Society”, vol. 214, No. 202, Comp
- Inselberg A. (1998), *Visual data mining with parallel coordinates*, „Computational Statistics”, vol. 13, No. 1
- Inselberg A. (1999), *Don't panic ... do it in parallel!*, „Computational Statistics”, vol. 14, No. 1
- Inselberg A. (2000), *Visualizing high dimensional datasets and multivariate relations*, Tutorial notes from KDD'00: Sixth ACM SIGKDD international conference on Knowledge Discovery and Data Mining
- Inselberg A. (2001), *Automated knowledge discovery using parallel coordinates*, Data Viz II Workshop, George Mason University
- Inselberg A. (2002), *Visualization and data mining of high-dimensional data*, „Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems”, vol. 60
- Inselberg A., Chatterjee A., Dimsdale B. (1997), *System using parallel coordinates for automated line detection in noisy images*, United States Patent 5631982, 20 May
- Inselberg A., Dimsdale B. (1990), *Parallel coordinates: A tool for visualizing multidimensional geometry*, Proc. of Visualization
- Inselberg A., Dimsdale B. (1994), *Multidimensional lines 1: representation*, „SIAM Journal on Applied Mathematics”, vol. 54, No. 2
- Inselberg A., Eickemeyer J. S., Hurwitz A. A. (1992), *Motion constraints using particles*, United States Patent 5173861, 22 December
- Jajuga K. (1993), *Statystyczna analiza wielowymiarowa*, Wydawnictwo Naukowe PWN
- McCormick B., DeFanti T., Brown M. D. (1987), *Visualization in Scientific Computing*, „Computer Graphics”, vol. 21, No. 6
- Niemann H., de Mori R., Hanrieder G. (1994), *Progress and Prospects of Speech Research Technology*, Proceedings in Artificial Intelligence, CRIM/FORWISS Workshop, Munchen, September
- Ramos E., Donoho D. (1983), *The 1983 ASA data exposition dataset*, <http://lib.stat.cmu.edu/datasets/cars.data>
- Schroeder W., Martin K., Lorensen B. (1996), *The visualization toolkit: an object-oriented approach to 3D graphics*, Prentice Hall, Inc.
- Siirtola H., R  ih   K. J. (2006), *Interacting with parallel coordinates*, „Interacting with Computers”, vol. 18
- Tufte E. R. (1990), *Envisioning Information*, Graphics Press, Cheshire, Connecticut
- Unwin A., Theus M., Hofmann H. (2006), *Graphics of Large Datasets: Visualizing a Million*, Springer
- Wang X. Z., Medasani S., Marhoon F., Albazzaz H. (2004), *Multidimensional Visualization of Principal Component Scores for Process Historical Data Analysis*, „Industrial&Engineering Chemistry Research”, vol. 43
- Wegman E. J. (1990), *Hyperdimensional Data Analysis Using Parallel Coordinates*, „Journal of the American Statistical Association”, vol. 85, No. 411

SUMMARY

One of general questions, which appears in the analysis of multi-dimensional data sets, is their graphical presentation. Using the parallel coordinate method developed and popularized by A. Inselberg, is proposed as a settlement of the problem. Main ideas of the method as well as an example of its using are presented in the article. Results of the analysis are shown graphically. The described method can prove to be a useful tool to receive and visualize information on multi-dimensional object sets.

РЕЗЮМЕ

Одним из основных вопросов, появляющихся в многомерном анализе множеств данных является их графическое изображение. Этот вопрос предлагается решить используя метод параллельных координат, развитый и популяризованный А. Инсельбергом. В статье представлены самые важные понятия метода, а также эмпирический пример показывающий возможности его использования. Результаты анализа были изображены графически. Охарактеризованный метод может оказаться полезным инструментом в приобретении и представлении информации и знаний по многомерным множествам объектов.