

Bogdan STEFANOWICZ

Algorytmy. Heurystyka. Analogie

Codzienne życie wymaga znajomości otaczającej rzeczywistości — wiedzy o niej. Pełny opis rzeczywistości (wiedza) wymaga z kolei zbudowania odpowiedniego jej obrazu zarówno w ujęciu statycznym, jak i dynamicznym. Statyczna część opisu stanowi wiedzę faktograficzną, ukazującą rzeczywistość, taką jaka ona jest. Wiedza tego rodzaju daje odpowiedź na pytania: *co jest wokół nas?* (z czego składa się rzeczywistość) lub *jaki jest otaczający nas świat?* Dynamiczna część wiedzy wymaga natomiast opisu zachodzących w tej rzeczywistości procesów i ich dynamiki. Wiedza tego rodzaju jest wiedzą proceduralną, odpowiadającą na pytanie: *jak działać?* *Wiem jak działać.* Praktyka wykazuje, że składają się na nią wielorakie cząstkowe elementy wiedzy, tzw. granule, zróżnicowane pod względem ścisłości i skuteczności. Rozwijające się nauki formalne, jak matematyka i logika, dostarczają ścisłych opisów postępowania — algorytmów, stanowiących także jeden z głównych filarów informatyki, na podstawie których mogą być opracowywane programy komputerowe.

Celem artykułu jest przeprowadzenie konfrontacji pomiędzy trzema rodzajami wiedzy proceduralnej: algorytmami, heurystyką i analogiami dla ukazania ich głównych cech i wzajemnych powiązań. Stanowi to dowód na różnorodną naturę wiedzy, która obrazuje rzeczywistość w jej ogromnym bogactwie i różnorodności.

ALGORYTMY

Wiedza proceduralna jest złożona. Pomijając szerszą analizę, możemy wyróżnić dwa rodzaje tej wiedzy: algorytmiczną i heurystyczną. Wiedza algorytmiczna to precyzyjny i jednoznaczny opis sposobu postępowania, zapewniający możliwość znalezienia jednoznacznego rozwiązania, jeżeli w ogóle ono istnieje przy zadanych warunkach, w szczególności przy podanych danych. Wiedza tego rodzaju zawarta jest we wszystkich modelach ekonometrycznych i wzorach matematycznych oraz w poprawnie opracowanych programach komputerowych, także we wzorach wykorzystywanych przy organizacji badań statystycznych.

Pojęcie algorytmu historycznie powstało w matematyce i stanowi w niej pojęcie fundamentalne. Termin ten tak definiuje David Harel (1992): *Algorytm — to abstrakcyjny przepis opisujący działanie, które może być wykonane przez człowieka, komputer lub w inny sposób.* Ludzkie dociekanie, wiedza i doświadczenie

człowieka dotyczące algorytmów określa się terminem algorytmika. *Jest to pojęcie — pisze dalej Harel — które tkwi w centrum wszystkich działów informatyki i z całą pewnością można o niej powiedzieć, że jest ważna dla większości nauk matematyczno-przyrodniczych, ekonomii i techniki.*

Cechy algorytmów tak określił S. Węgrzyn (1982):

- skończoność — oznacza, że realizowany ciąg operacji powinien mieć swój koniec. Poszukiwanie rozwiązania według algorytmu musi się zawsze zakończyć albo znalezieniem rozwiązania, jeżeli rozwiązanie takie w ogóle istnieje przy podanych danych, albo sygnałem, że rozwiązania nie znaleziono. Przy tym często wymaga się, aby zadanie zostało rozwiązane w skończonym terminie. W praktyce warunek ten trzeba odczytywać jako wymaganie, aby zadanie zostało rozwiązane w okresie satysfakcjonującym użytkownika, tak by wynik był dostarczony nie później niż użytkownik może z niego skorzystać;
- określoność — zarówno operacje, jak i porządek ich wykonywania powinny być ściśle określone, nie pozostawiając miejsca na dowolną interpretację przez wykonawcę. Muszą być jednoznaczne zarówno pod względem rodzaju działań, jakie należy wykonać, jak i kolejności tych działań. Ta jednoznaczność to także wymaganie, aby wymienione w algorytmie działania były zapisane w sposób zrozumiały i jednoznaczny dla wykonawcy, a nie jedynie dla autora danego algorytmu. Inaczej trzeba opisać sposób obliczania sumy kilku liczb, kiedy taki opis jest przeznaczony dla ucznia klasy drugiej szkoły podstawowej, a inaczej dla ucznia klasy gimnazjalnej. W obu bowiem przypadkach działania muszą uwzględniać poziom wiedzy uczniów;
- ogólność — oznacza, że ich zastosowanie nie ogranicza się do jednego, pojedynczego, szczegółowego przypadku, ale odnosi się do pewnej klasy zadań;
- efektywność — algorytm powinien prowadzić do rozwiązania możliwie najprostsza drogą.

Procedury algorytmiczne muszą dokładnie wyznaczać potrzebne dane (choć nie zawsze określają odpowiedni stopień ich jakości, zakładając, że są to „właściwe dane, spełniające wszystkie wymagania jakościowe”). Z łatwością można to prześledzić w modelach ekonometrycznych.

Warto podkreślić, że zasady algorytmicznego opisu postępowania rozciągają się na rozmaite dziedziny naszego życia. W szczególności charakter algorytmiczny powinny mieć wszelkie instrukcje, w tym opisujące sposoby wypełniania ankiet i formularzy statystycznych i innych dokumentów administracyjnych. Instrukcje takie powinny być zredagowane w sposób jednoznaczny i zrozumiały dla użytkowników — powinny uwzględniać tezaurus pojęciowy (tzn. określony zasób słów i terminów zrozumiałych dla użytkownika). „Naszpikowanie” takich dokumentów terminami specjalistycznymi, nieznanymi powszechnie, grozi nieporozumieniami, które w przypadku badań statystycznych obniżają jakość uzyskanych wyników.

Zaletą algorytmów jest zatem skuteczność. Wadą natomiast jest to, że brakuje ich w praktyce do rozwiązywania najzwyczajniejszych zadań z życia codziennego,

które mimo swojej prostoty nie poddają się algorytmizacji ze względu na dużą różnorodność szczegółów, jakie trzeba uwzględnić w każdym z nich. Jest bardzo wątpliwe, czy znajdzie się ktoś, kto byłby w stanie opracować algorytmiczną procedurę zachowania się człowieka w ciągu jednego dnia — od rana do wieczora (a pamiętajmy, że ten sam algorytm musi służyć nie tylko pojedynczym ludziom, lecz całym zbiorowościom). Nawet w wojsku, gdzie wszystko jest ściśle zorganizowane i zapisane w regulaminie, w praktyce zawsze zachodzą jakieś większe lub mniejsze odstępstwa.

Względnie ograniczona liczba znanych algorytmów (choć niejeden zaprzeczy: przecież każdy wzór matematyczny to algorytm, a wzorów takich jest mnóstwo!) wynika w istocie z trudności ich opracowania. Każdy z nich musi być na początku obmyślony przez specjalistę i ujęty w formie nadającej się do prezentacji, sprawdzenia, uogólnienia i wykonania wielu innych operacji logiczno-myślowych (co doskonale znają doświadczeni programiści, zajmujący się budową programów komputerowych oraz ekonometrycy opracowujący modele ekonometryczne), a to zajmuje czas i wymaga niekiedy wielkiego wysiłku intelektualnego.

Wadą algorytmów jest także to, że wymagają wykonania skomplikowanych obliczeń zajmujących czas, angażujących umiejętności i wolne zasoby poznawcze, a także fakt, iż *ludzie nie są ewolucyjnie przystosowani do korzystania z zaawansowanych metod oceny prawdopodobieństwa lub z innych reguł naukowego wydawania sądów* — piszą E. Nęcka, J. Orzechowski i B. Szymura (2008).

HEURYSTYKA

Wcześniej niż pojawiły się algorytmy, natura wyposażyla człowieka w racjonalny sposób postępowania — postępowanie heurystyczne. Jego istota polega na intuicyjnym podejmowaniu działań, bez próby zgromadzenia „wszystkich danych” — faktów związanych z rozpatrywaną sytuacją. Nie da się zebrać wszystkich danych! Można o tym myśleć tylko wtedy, kiedy stosujemy rozwiązania algorytmiczne, ale jest ich wciąż za mało. W konsekwencji człowiek jest skazany na podejmowanie decyzji w warunkach niepełnej informacji, co zmusza go do organizowania życia według heurystyki.

Jest to termin wywodzący się od Archimedesesa, od jego słynnego słowa *heureka!*, które podobno wykrzykiwał, biegnąc nago po ulicach Syrakuz, po uświadomieniu sobie prawa hydrostatyki, znanego obecnie pod nazwą prawa Archimedesesa.

Termin heurystyka ma dwojakie znaczenie: jako dziedzina badań procesów myślowych człowieka oraz jako granula (czyli jednostka) proceduralnej wiedzy empirycznej.

Heurystyka jako owe granule wiedzy to reguły, zasady, wskazówki, taktyka, tricki, intuicja, które regulują przebieg poszukiwania rozwiązania zadania. Są to

wszystkie pomysły własne i „dobre rady” z zewnątrz, które człowiek (świadomie lub nieświadomie) wykorzystuje podczas rozwiązywania zadania, a które nie są oparte na żadnych podstawach logiki podręcznikowej. Pięknym przykładem heurystyki jest troska wyrażona w piosence śpiewanej przez Marylę Rodowicz: *Małgośka! Oj głupiaś ty, głupiaś ty!*, w której z łatwością odczytujemy „dobrą radę” (heurystykę) — rzuć to swoje zauroczenie i zajmij się kimś innym.

Do cech heurystyki zalicza się:

- zawodność, bo nie gwarantuje osiągnięcia pożądanego wyniku, nawet jeżeli teoretycznie wynik taki istnieje;
- niejednoznaczność — heurystyka zawiera zwykle określenia niemierzalne (jakościowe) i zwroty niejednoznaczne, jak „duży”, „złożony”, „trudny”, niosące treści subiektywne, interpretowane rozmaicie przez różne osoby;
- zróżnicowany stopień skuteczności, bo w tych samych warunkach jedno rozwiązanie mogą okazać się bardziej przydatne niż inne, a także te same pomysły mogą mieć odmienny wpływ na poszukiwanie rozwiązania różnych zadań;
- odwoływanie się do dodatkowych informacji — postępowanie heurystyczne w praktyce staje się skuteczne, ponieważ odwołuje się do specyficznej charakterystyki każdego konkretnego przypadku — zadania (nie jest więc to wiedza modelowa, ogólna) i na tej podstawie buduje krótszą drogę poszukiwania rozwiązania.

Rolę heurystyki doskonale ilustruje przykład podany przez Davida Harela. Otóż rozważa on, co powinna zrobić osoba, która zgubiła szkło kontaktowe. Autor proponuje pięć możliwości:

- rozwiązanie losowe — schylenie się i poszukiwanie szkła wokół siebie po omacku, losowo, raz w jedną stronę, to znów w inną. Ten sposób nazywa on poszukiwaniem ślepym. Trudo wszakże tu liczyć na sukces;
- poszukiwanie systematyczne — systematyczne obmacywanie podłogi wokół siebie, zataczając coraz szersze kręgi. Po przeszukaniu całej powierzchni w końcu szkło zostanie odnalezione, ale czas poszukiwania może być bardzo długi;
- poszukiwanie analityczne — opracowanie równania matematycznego opisującego upadek szkła z uwzględnieniem jego ciężaru i powierzchni, siły wiejącego w tym momencie wiatru, oporu powietrza, prężności i struktury powierzchni oraz innych niezbędnych parametrów. Przy znalezieniu właściwego równania pozostanie tylko wykonanie stosownych obliczeń i można mieć niemal całkowitą pewność, że szkło zostanie znalezione. Pozostaje wszakże pytanie, czy ten (tzn. algorytmiczny) sposób znajdzie praktyczne zastosowanie;
- poszukiwanie heurystyczne — oparte na przybliżonym określeniu kierunku upadku szkła i odległości, na jaką mogło ono upaść. Pozwoli to znacznie ograniczyć obszar poszukiwania. Naturalnie nie daje to gwarancji jego znalezienia, ale zapewne większość ludzi tak by postąpiła i odniosłaby sukces — owe szkło byłoby znalezione;

- poszukiwanie leniwe — udanie się do najbliższego okulisty i zamówienie nowych szkielek.

Podejście heurystyczne nie gwarantuje zatem sukcesu, ale jednak w większości tego rodzaju zdarzeń przynosi dość szybko efekt. Nęcka, Orzechowski i Szymura piszą: *Rodzi się w takim razie pytanie, dlaczego ludzie stosują omyłne heurystyki zamiast ścisłych reguł i czy takie heurystyki mają jakiegokolwiek znaczenie poznawcze lub praktyczne. (...) Ludzie stosują proste, lecz zawodne heurystyki, bo nie mają innego wyjścia. Wykonanie skomplikowanych obliczeń wymaga czasu, umiejętności i wolnych zasobów poznawczych. Proste heurystyki mają tę zaletę, że umożliwiają sformułowanie poprawnego sądu osobom, które bez nich byłyby skazane na porażkę ze względu na brak wymaganych zdolności intelektualnych.*

Ze względu na treść wyróżnia się wśród heurystyki:

- cząstkową (specyficzną) — doradzającą, jak rozwiązać zadanie należące do określonej klasy lub określonego zakresu problemowego: jak grać skutecznie w szachy, jak testować program komputerowy, jak racjonalnie zarządzać przedsiębiorstwem. Przykładem heurystyki szczegółowej jest zalecenie inżyniera w sprawie doboru młotka: *przy wbijaniu gwoźdźcia w deskę weź młotek ani za ciężki, ani za lekki, ale taki, który będzie odpowiedni;*
- uniwersalną (ogólną) — odnoszącą się do różnych dziedzin. Na przykład: *nigdy nie faworyzuj żadnego rozwiązania; zadanie złożone podziel na mniejsze i próbuj rozwiązać zadania cząstkowe, a potem przejdź do formułowania rozwiązania całego zadania, nie upieraj się przy metodzie, która mimo wielu prób zawodzi, próbuj znaleźć analogię między poprzednio rozwiązywanym zadaniem i tym, które rozwiązujesz teraz.*

Ciekawą heurystykę ogólną sformułował kiedyś I. N. Gorelov, jeden ze specjalistów w zakresie budowania systemów prowadzenia konwersacji człowieka z komputerem: *Jeżeli masz jakiś trudny problem i nie potrafisz go rozwiązać, to mów o nim głośno i do wszystkich. Być może ktoś, kto będzie miał dosyć twego gadania, powie ci jak rozwiązać. Ale jeszcze bardziej jest pewne, że sam zrozumiesz, na czym rzecz polega.*

Inną wielce użyteczną heurystyką ogólną jest zasada zrezygnowania w pewnym momencie z poszukiwania rozwiązania problemu, jeżeli nie udało się go rozwiązać w rozsądnym czasie, i zajęcie się zupełnie czymś innym, np. wyjście na spacer. Rozwiązanie może „objawić się” samo i nieoczekiwanie. Oto dwa przykłady.

Pierwszy sposób, opisany przez B. Puszkina (1970), przedstawia zawiłą drogę znalezienia rozwiązania (dowodu matematycznego) pewnego twierdzenia przez francuskiego matematyka i filozofa J. H. Poincarégo. Autor, powołując się na pamiętniki uczonego, pisze, że Poincaré długo biedził się nad znalezieniem tego dowodu: *Co dzień — pisze Puszkina — zasiadał do biurka i spędzał przy nim godzinę lub dwie, wypróbował mnóstwo różnorodnych kombinacji myślowych, ale nie uzyskał wyniku.* I oto pewnego wieczoru, w chwili gdy stawiał nogę na

stopniu pojazdu, zaświtała mu w głowie idea, która doprowadziła do rozwiązania dręczącego go problemu, a do której, jakby się zdawało, nie przygotowała go żadna z dotychczasowych myśli.

Drugi przykład to historia opracowania tablicy pierwiastków chemicznych przez Dimitrija I. Mendelejewa. Chemik intuicyjnie był przekonany, że pierwiastki chemiczne przejawiają jakąś własność, która pozwala jednoznacznie je uporządkować. Długo biedził się nad odkryciem tej cechy, ale nic mu nie przychodziło do głowy. Wreszcie zdecydował się wyjechać na odpoczynek. Zarządził, aby podstawiono mu sanie (była zima). Kiedy wsiadał do nich, powiedział do woźnicy, aby ten zaczekał, bo ma coś w domu jeszcze do zrobienia. I oto, zapomniawszy o wyjeździe i woźnicy, Mendelejew opracował swoją słynną tablicę.

Oba przykłady pokazują, że początkowo w umyśle przebiega intensywny, lecz bezowocny wysiłek umysłowy, potem poczucie znalezienia się w impasie, bezradność. Wreszcie — rozwiązanie, które w obu przypadkach pojawiał się w ruchu, kiedy człowiek zajął się zupełnie czymś innym.

ANALOGIE

Termin „analogia” pochodzi od greckiego słowa *ana-logoin* i oznacza zgodność, zbieżność, odpowiedniość, podobieństwo pewnych cech między odmiennymi skądinąd przedmiotami, zjawiskami. Jak pisze A. Maryniarczyk (2001), oznacza też poznanie różnorodnych rzeczy na podstawie ich wzajemnego podobieństwa. Interesowali się tym terminem starożytni filozofowie, m.in. Platon i Arystoteles, którzy upatrywali w analogii możliwości poznania otaczającego świata na podstawie już znanych obiektów.

Analogię można traktować jako proces poznawczy, polegający na przenoszeniu określonej informacji z jednego obiektu na inny, przy założeniu, że oba są podobne pod pewnym względem. A. Góralski (1980) pisze: *Analogię rozumie się (...) jako metodę polegającą na świadomym poszukiwaniu podobieństwa między przedmiotami i warunkami danymi w zadaniu a innymi przedmiotami i warunkami, a to w tym celu, aby przenieść do nie w pełni znanej i określonej sytuacji zadaniowej informację o czymś w pełni znanym i zrozumiałym.*

Jest to także proces wnioskowania — wyprowadzania wniosku dotyczącego jednego obiektu na podstawie wiedzy o innym obiekcie. Najprostszym i znanym od wieków przykładem analogii jest proporcja: $a:b=c:d$. *Zadaniem poznania analogicznego (...) jest odkrycie podobieństwa pomiędzy rzeczami przy równoczesnym uwzględnieniu ich odrębności i specyfiki* — pisze Maryniarczyk. Ma to szczególnie duże znaczenie, gdy poznawany obiekt jest złożony, co wręcz uniemożliwia analityczne rozpatrywanie jego cech jedna po drugiej. Analogia jest podstawową metodą poznawania bogactwa świata osób i rzeczy.

Analogia to podobieństwo jednego obiektu (rzeczy, pojęcia, procesu), zwanego wzorcem, do innego obiektu (obiektem — celem), niezależnie od ich natury,

przy znajomości cech jednego z tych obiektów i braku znajomości niektórych cech obiektu drugiego. Analogia ukazuje zbieżności między obiektami, nie zaś ich identyczność. Analogia zakłada pominięcie różnic między badanymi obiektami i skupia się na ich podobieństwie. Jeżeli istniejące różnice okażą się w rzeczywistości nader istotne, to wykryte podobieństwa mogą okazać się za słabe, niewystarczające w prowadzonych analizach. Tego rodzaju poznawanie świata nosi charakter rozumowania heurystycznego, czyli pozwala poznać nie do końca znany obiekt na zasadzie jego podobieństwa do innego obiektu (wzorca).

Analogia jako proces poznawczy nie gwarantuje uzyskania „prawdziwego” obrazu badanego obiektu, ale w razie niemożności zastosowania innych metod staje się dobrym sposobem poznawania otaczającego świata.

Analogia towarzyszy nam w życiu codziennym, co uwidacznia się w języku potocznym i słownictwie. Wszystkie słowa i zwroty porównawcze są przykładami analogii:

- *jak gdyby* — pozwala opisać trudną sytuację na zasadzie jej podobieństwa do sytuacji znanej (*mówi jak gdyby do rzeczy*);
- *i tak dalej* — zastępuje konieczność enumeratywnego wyliczenia wszystkich elementów, których pełny zestaw może być nawet jeszcze nieznanym i pozwala założyć, że nasza wyobraźnia podpowie nam kolejne elementy na wzór wyliczonych jako przykłady;
- *i temu podobne* — jak i poprzednio (analogia!) możemy zredukować listę elementów składowych, które chciałoby się unaocznić.

Skuteczność poznawania świata na podstawie analogii zależy od trafności doboru obiektu — wzorca przy danym obiekcie poznawanym, a także od trafności wytypowania ich cech wspólnych (tzw. analogonów). W charakterze kryteriów wyboru analogonów mogą występować cechy mające istotne znaczenie dla poznawanego obiektu, będące jego kluczową własnością lub cechy ściśle skorelowane z daną cechą poznawanego obiektu. Pamiętajmy, że poszukiwanie cechy — analogonu niesie z sobą niebezpieczeństwo skupienia się na pozornych cechach podobieństwa, przy jednoczesnym zlekceważeniu cech istotniejszych, ukazujących różnice między obiektami branymi pod uwagę.

Kryterium podobieństwa (analogii) obiektów może mieć różny charakter. Może to być:

- wspólna wartość — jak np. iloraz w proporcji $a:b=c:d$, gdzie mamy dwa ułamki (dwa obiekty), kryterium analogii jest iloraz wynikający z dzielenia „a” przez „b” i taki sam iloraz, będący wynikiem dzielenia „c” przez „d”. W tej proporcji kryterium analogii jest także operacja dzielenia „:” występująca w obu ułamkach;
- cecha obu obiektów — A może oznaczać maszynę, B — człowieka, zaś w charakterze analogonu możemy przyjąć wiek i rozpatrywać B jako nową (młodą) maszynę, pełną energii, ale jeszcze niedotartą w życiu praktycznym — podobnie jak młody człowiek, który mierzy siły na zamiary;
- struktura — jak struktura rośliny i budowli (np. mostu);

- wspólne procesy (proces myślowy człowieka, procesy przetwarzania wiedzy w komputerze) — co daje podstawę do rozwijania rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji.

Analogia nie zachodzi jednak wtedy, gdy obiekty są podobne ze względu na pojedynczą cechę. Na przykład wszystkie przedmioty czerwone są do siebie podobne ze względu na kolor, ale to nie znaczy, że są analogiczne. Wąsy nie są dowodem analogii między fanem skoków narciarskich i ich bohaterem (Adamem Małyszem). Nie zawsze więc podobieństwo oznacza analogię.

Szczególnie bogatym źródłem analogii bezpośrednich jest wiedza o świecie zawarta w biologii. Wiadomo np., że konstruktor kopuły bazyliki św. Piotra w Rzymie, uznawanej niegdyś za jeden z cudów świata, wzorował się na formie skorupki jaja ptasiego. Z kolei radar powstał w wyniku naśladowania zachowania nietoperzy — podobnie wysyła ultradźwięki i analizuje ich odbicia. Samolot modeluje (odtwarza) lot ptaków, chociaż lot ptaków jest wynikiem pracy ich skrzydeł, natomiast lot samolotu wynika z pracy jego silników i śmigieł. W obu przypadkach mamy do czynienia z analogiczną funkcją przemieszczania się w przestrzeni.

Metoda analogii od lat jest wykorzystywana w statystyce, w szczególności przy przygotowywaniu danych zebranych w badaniu do ich przetwarzania (tzw. redagowanie wejściowych danych). Rozwój zastosowania tej metody nastąpił wraz z rozwojem zastosowania techniki informatycznej w opracowaniach informacji statystycznych.

Interesujące cechy informacji statystycznych ukazuje A. Balicki (2004), rozważając sposoby uzupełniania brakujących danych źródłowych za pomocą imputacji sztucznych danych do zbioru wejściowego. Dowodzi, że jest rzeczą powszechnie znaną, że w zbiorach danych wejściowych z różnych powodów pojawiają się błędy nielosowe, zakłócające kompletność zbioru. Ze względu na specyficzne właściwości informacji statystycznych zachodzi możliwość wprowadzenia pewnej liczby sztucznych danych w celu zachowania ogólnej struktury, co nie obniża jakości wyników. Cecha ta zasadniczo różni informacje statystyczne, od np., informacji ekonomicznych, pochodzących z wewnętrznej ewidencji podmiotu gospodarczego — księgowości, gdzie każda liczba musi być zgodna ze stanem faktycznym i nie można tam stosować żadnych zabiegów związanych z uzupełnianiem brakujących danych o wielkości sztucznie wyliczone.

Interesujące spostrzeżenia w sprawie przydatności analogii w procesach zarządzania przedstawia J. Surma (2010). Zwraca on uwagę na trzy ciekawe aspekty wykorzystania analogii, jako: źródła inspiracji, narzędzia komunikacji oraz metody nauczania menadżerów. Jako przykład podaje linię produkcyjną w zakładach Forda, system uzupełniania zapasów „dokładnie na czas” w fabrykach Toyoty czy system usług finansowych w Merrill Lynch, które mają swoje źródło w inspirujących analogiach pochodzących z zupełnie innych dziedzin. Autor ukazuje koncepcję budowania innowacyjności w przedsiębiorstwach na

podstawie świadomego „pożyczania” pomysłów, poczynając od podpatrywania bezpośrednich konkurentów, poprzez przyglądanie się innym branżom, aż po twórcze obserwacje sztuki, nauki i przyrody.

KONKLUZJE

Przedstawiona charakterystyka trzech rodzajów wiedzy proceduralnej, czyli algorytmów, heurystyki i analogii pozwala sformułować kilka ogólnych wniosków:

- wiedza w ujęciu ogólnym, a w szczególności proceduralna, jest ogromnie zróżnicowana. Ograniczanie się jedynie do wiedzy faktograficznej, zawartej w danych statystycznych, jest bardzo uproszczonym podejściem spłycającym obraz naszego świata.
- wiedza proceduralna, jak ją przedstawiono w artykule, to owe algorytmy, heurystyka i analogie. W wielu źródłach na pierwszy plan są wysuwane algorytmy. Ale trzeba pamiętać, że to heurystyka i analogie leżą u podstaw rozwoju wiedzy człowieka o świecie, algorytmy zaś pojawiły się jako efekt żmudnych dociekań człowieka podczas błędzenia heurystycznego (czego dowodzi w szczególności przykład matematyka Poincarégo).
- wielorakość wiedzy proceduralnej nie oznacza żadnej rywalizacji między różnorodnymi pod względem treści granulami — stanowią one podstawę do budowania spójnego obrazu otaczającego świata. Każda z nich „po swojemu” przyczynia się do bogactwa tego obrazu.

prof. dr hab. Bogdan Stefanowicz — *Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania*

LITERATURA

- Balicki A. (2004), *Metody imputacji brakujących danych w badaniach statystycznych*, „Wiadomości Statystyczne” nr 9
- Gorelov I. N. (1987), *Razogovor s komputerom — Psichologičeskij aspekt problemy*, Wydawnictwo „Nauka”, Moskwa
- Góralski A. (1980), *Twórcze rozwiązywanie zadań*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa
- Harel D. (1992), *Rzecz o istocie informatyki — Algorytmika*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa
- Maryniarczyk A. (2001), *Tomizm — Dla-czego?*, KUL, Lublin
- Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B. (2008), *Psychologia poznawcza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Puszkina B. (1970), *Heurystyka*, Wydawnictwo Książka i Wiedza, Warszawa
- Surma J. (2010), *Rola analogii w podejmowaniu decyzji w zarządzaniu strategicznym małymi i średnimi przedsiębiorstwami*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa
- Węgrzyn S. (1982), *Postawy informatyki*, PWN, Warszawa

SUMMARY

The article focuses on three types of procedural knowledge: algorithms, heuristics and analogies. It presents the basic characteristics and interrelationships. It has been emphasized that restricting only to the factual knowledge contained in the data (information) describing the condition of the surrounding reality — what is happening in many cases — is a far-reaching impoverishment of surrounding reality which we want to study and will contribute to its improvement.

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются три типа процедурных знаний: алгоритмы, эвристика и аналогии. Были представлены их основные признаки и взаимосвязь. В статье было подчеркнуто, что удовлетворение лишь фактографическими знаниями, которыми обладают данные (информации) характеризующие окружающую действительность — что имеет место во многих случаях — является значительным обеднением отображения окружающей действительности, которую мы желаем изучить и способствовать ее совершенствованию.