

# Kreatywne komputery

Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej UMK

Google: W. Duch

Komputery szybciej liczą, lepiej pamiętają, w wielu grach planszowych z łatwością mogą pobić mistrza świata, ale nadal są beznadziejnie głupie i niczego nie potrafią stworzyć. Większość ludzi ma nadzieję, że tak będzie zawsze, bo do tworzenia potrzebna jest świadomość, tajemnicza boża iskra, której maszyny nie mają i nie mogą mieć. To przyjemne antropocentryczne przekonanie, ale czy na pewno prawdziwe?

W wydanej w 1965 roku Cyberiadzie Stanisława Lema pierwsza z siedmiu wypraw Trurla i Klapaucjusza, wyprawa do nikąd, była wyprawą do samych granic możliwości. Trurl skonstruował bowiem elektropoetę zwanego Elektrybałtem. Po zaprogramowaniu całej historii ewolucji od początku świata elektropoeta wygłosił swój pierwszy wiersz:

Apentuła niewdziosek, te będą gruwaśne  
W koć turmiela weprzącznie, kostrą bajtę spoczy,  
Oproszędły znimęci, wyświrle uwzroczy,  
A korśliwe porsacze dogremnie wyczkaśnie!

Chociaż trudno się w nim doszukać sensu to można podziwiać kreatywne słowotwórstwo autora. Minęło czasu mało-wiele i oto w 2003 roku Ray Kurzweil i John Keklak uzyskali patent na cyberpoetę (numer 6647395), który zdolny jest do imitacji poezji w różnym stylu. Oto dwie próbki jego działania, w oryginale i moim dość swobodnym tłumaczeniu – więcej obejrzyć można na stronie [www.kurzweilcyberart.com](http://www.kurzweilcyberart.com).

Rusz wyobraźnią i śpiewaj

Imagine now and sing.

Rusz wyobraźnią i śpiewaj,  
tworząc mity  
formując klejnoty ze spadającego śniegu.

Imagine now and sing,  
creating myths  
forming jewels from the falling snow.

Dusza

Soul

Złamałaś moją duszę  
sok wieczności,  
ducha moich ust.

You broke my soul  
the juice of eternity,  
the spirit of my lips.

Haiku jest jedną z ulubionych form poetyckich cyberpoety. Cybernetyczny Poeta Kurzweila nie jest jeszcze Elektrybałtem, który wpędził wszystkich poetów w głęboką depresję. Czy można jednak odróżnić jego poematy od pisanych przez prawdziwych poetów? Program poddany został testowi przypominającemu test Turinga: 16 sędziów otrzymało 28 wierszy, połowa z nich napisana przez ludzi, a połowa przez cyberpoetę. Wybrano znane fragmenty dzieł trzech bardzo sławnych poetów (byli to P.B. Shelley, T.S. Eliot i W.C. Williams) i samego Kurzweila. Odróżnienie takich znakomitych poetów od komputerowych produkcji powinno być łatwe, ale średnio rzecz biorąc tylko 58% sędziów prawidłowo rozpoznało wiersze cyberpoety. Imitacja stylu wymaga analizy wierszy danego poety, nauczania się specyficznego słownictwa, form wyrazu, rytmu i ogólnej struktury tekstu, a także trzymania się ustalonego tematu. Napisanie każdego słowa wymaga ustalenia zbioru celów, które należy osiągnąć: pożądaných skojarzeń z już napisanymi słowami, miejsca słowa w wierszu, stylem definiującym osobowość poety. Cyberpoeta wyszukuje następnie w tekstach referencyjnych (poezji, na której się uczył) słowa jak najlepiej spełniające te ograniczenia. Nie ma więc tutaj szablonów ani prostych regulek postępowania, występujących w typowych programach do analizy tekstów.

Firma Kurzweila sprzedaje „Asystenta Poety” i „Poetę Twórcę” wyposażonego w 50 „profesjonalnie zaprojektowanych osobowości poetyckich”. Ich zadaniem jest pomagać tworzyć poezje, podpowiadać rymy i synonimy, pomagać w tworzeniu tekstów piosenek i tworzyć unikalne poematy pracując jako wygaszacz ekranu. Nie jest to jeszcze Elektrybałt, nie ma w nim żadnych emocji, żadnego zrozumienia świata, a jednak rezultaty są już interesujące. Kolejnym, dość oczywistym krokiem będzie zapewne dodanie analizy emocjonalnego sensu wyrazów i pisanie wierszy zgodnych z pożądanym nastrojem. Wbrew pozorom granie na uczuciach nie jest wcale takie trudne i od kilku lat przez specjalistów od sztucznej inteligencji intensywnie badane. Komputery przyszłości będą nie tylko z nami rozmawiać, ale również rozumieć nasze zachowania emocjonalne i się do nich dostosowywać.

Poezja może się jednak wydawać dziedziną zbyt mglistą, trudną do oceny by mówić o twórczych możliwościach komputerów. Czy Cyberpoeta zdolny jest do wymyślenia takich słówek jak niewdziosek, grubaśne, weprzącznie, znimęci, wyświrle, uwzroczy, wyczkaśnie? W języku angielskim nie jest to oczywiście możliwe ale w języku polskim i kilku innych

językach można tworzyć całkiem nowe słowa, których są dość zrozumiałem pomimo tego, że nie znajdziemy ich w żadnym słowniku. Już kilkanaście lat temu stworzyłem prostą sieć neuronową, która uczyła się struktury języka analizując słowniki i teksty. Sprawdzając, które kombinacje sylab zostaną uznane za prawdopodobne i oceniając jak łatwo będzie je wymówić sieć w pewnym sensie puszcza wodze fantazji, tworząc nowe wyrazy. Elektrybał na życzenie tworzył poematy zaczynające się na dowolną literę, a oto próbka słów stworzonych przez moją sieć, zaczynających się na „ar”:

Argulachny argatywista argumiadał arganialnie:

Ardyczulać ardychstronność!

Ardywialić ardykloność! Ardywiancje! Arganiastość!

Argadolić argadziancje!

Arganialność arganiczna, argaskalność argastyczna,  
argumował argumofon.

Te słowa wywołują w naszych umysłach wiele skojarzeń, wydają się więc być interesujące i mamy wrażenie, że jest tu pewien sens, chociaż ledwo zarysowany. „Argumiadać” kojarzy się zarówno z „argumentować” jak i „ujadać”, więc z obrazem tak intensywnej argumentacji, że bliższa jest ujadaniu, które prowadzi propagandzista, tu nazwany argenialnym argatywistą. Chociaż sieć neuronowa, prosty model matematyczny zapisujący w swojej strukturze informacje o relacjach pomiędzy fragmentami słów na poziomie sylab (i fonemów) oraz krótkich rdzeni (morfemów), nie rozumie sensu tych słów, pozwalając jej na radosną twórczość odkrywamy wiele interesujących słów. Czy można to jakoś praktycznie wykorzystać? Zadaniem wymagającym myślenia twórczego jest poszukiwanie skojarzeń dla jakiejś grupy słów, np. opisujących jakiś produkt, firmę lub stronę internetową, dla której poszukujemy dobrej nazwy. Zwykle odbywa się to przy pomocy burzy mózgów: startując z początkowego opisu pojawiają się nowe skojarzenia i wstępne propozycje nazw, aż dojdzie do zaproponowania nazwy, która będzie miała w sobie właściwe skojarzenia i zostanie uznana za najbardziej interesującą. Zajmują się tym wyspecjalizowane firmy, zatrudniające uzdolnionych ludzi. Jak widać po trudnych do zapamiętania nazwach, składających się z cyfr i liter (iPAQ H3975, Nokia 6255i), nawet duże firmy słabo sobie z tym radzą. Za słowo „Pentium” Intel zapłacił milion dolarów, kreatywność jest więc w cenie.

Rozumiemy ogólne zasady odpowiedzialne za takie procesy twórcze, więc proces ten można w pewnym stopniu zalgorytmizować. Dział informatyki, czerpiący inspiracje ze

zrozumienia zachodzących w mózgu procesów poznawczych, można nazwać informatyką neurokognitywną (wymyśliłem to określenie kilka lat temu, ale nie jest ono jeszcze popularne). Startując z początkowej puli wyrazów opisujących dany produkt (słów torujących, definiujących kontekst), należy najpierw utworzyć zbiór skojarzeń, które pojawić się mogą w mózgu osoby poszukującej nowej nazwy. Można do tego użyć synonimów, robiąc analizę morfologiczną i fonologiczną, rozbijając dane słowa torujące i skojarzone z nimi wyrazy na sylaby, rdzenie, morfemy, prefiksy i sufiksy. Symulacja wyobraźni polega na łączeniu tych fragmentów w różne ciągi, których może być oczywiście ogromnie dużo. Właśnie po to potrzebne są nam miliardy neuronów działających jednocześnie, a w przypadku symulacji potężny, najlepiej wieloprocesorowy komputer. Łączenie fragmentów wyrazów nie jest całkiem przypadkowe, gdyż to, co pojawia się w określonym języku często, ma silniejszą tendencję by się razem zgrupować. Potrzebny jest więc model probabilistyczny, narzucający pewne więzy na możliwe konfiguracje rozpatrywanych fragmentów. Takie modele realizowane są w naturalny sposób przez sieci neuronowe. Można je stosunkowo łatwo nauczyć stosunkowo prostej, choć zwykle nieuświadomianej, wiedzy o korelacjach liter i dźwięków.

Symulacja wyobraźni również nie jest w tym przypadku problemem. Nie wszystko, co powstaje w naszym mózgu pojawia się w umyśle. Z tysięcy konfiguracji pobudzeń, które z różną siłą powstają w ciągu każdej sekundy w mózgu tylko nieliczne stają się na tyle silne, by pojawić się w naszej świadomości. Jest to wynikiem konkurencji o dostęp do pamięci roboczej, procesów neuronowych typu „zwycięzca bierze większość”. Zwycięska myśl często nie dopuszcza innych myśli, które pojawiają się tylko przelotnie, gdyż w pamięci roboczej jest miejsce tylko na kilka myśli jednocześnie. Dlaczego niektóre z wyobrażeń zwyciężają, usuwając w cień inne? Prowadzą do silniejszych pobudzeń, aktywując więcej silnych połączeń zarówno w korze skroniowej, kodującej reprezentacje fonologiczne, jak i w innych obszarach mózgu, które kodują relacje pomiędzy pojęciami i naszymi działaniami, nadając im sens. Można to zrozumieć posługując się pojęciem filtrowania. Ocena, na ile łatwo będzie dany ciąg znaków wymówić jest pierwszym filtrem przydatności, po którym może nadal zostać tysiące pseudosłów. Zajmuje się nią część sieci neuronowej, zajmująca się kodowaniem aspektów fonologicznych wyrazów. Drugi filtr powinien określić, które z tych pseudosłów są najbardziej interesujące. Są tu przynajmniej dwa komponenty: emocjonalny, związany z indywidualnymi skojarzeniami i preferencjami, który trudno jest uchwycić, oraz bardziej obiektywny, związany z „gęstością semantyczną” w pobliżu danego wyrazu, tzn. z liczbą potencjalnych interesujących skojarzeń, jakie nowe pseudosłowa mogą wywołać. Ten

filtr realizowany jest przez pobudzenie sieci neuronowych nadających znaczenie wyrazom. Silne pobudzenie tych sieci oznacza akceptację i szansę na zwycięstwo w konkurencji z innymi pseudosłowami.

Filtr semantyczny podpowie nam, że firma archeologiczna szukająca amatorów do pomocy w wykopaliskach może np. nazwać się „Digventures”. Obydwa fragmenty, „dig” i „venture” mają liczne skojarzenia, dlatego ta nazwa jest interesująca. Mogą jej też używać firmy oferujące wyprawy z przygodami, firmy zajmujące się finansami, cyfrowymi technologiami, archeolodzy organizujący wykopaliska, itd. Kiedy nazwa ta pojawiła się na moich stronach internetowych Google nigdzie jej nie znalazł. Bardzo szybko pojawiła się jednak firma, która zarejestrowała digventure.com w nadziei, że ktoś to kupi. Eksperymenty z tworzeniem nowych słów pokazały, że około dwie trzecie z nich już są w użyciu jako nazwy firm, produktów lub stron internetowych, a jedna trzecia jest nowa. Program wymyśla więc nazwy, które w znacznej mierze pokrywają się z nazwami wymyślonymi przez ludzi. Pozwala to sądzić, że w istocie udało się w ten sposób uchwycić w postaci uproszczonego modelu zachodzące w mózgu procesy odpowiedzialne za prawdziwie twórcze myślenie. Rezultaty tych badań można obejrzeć samemu korzystając z napisanego przez Macieja Pilichowskiego programu na serwerze Mambo:

<http://www-users.mat.uni.torun.pl/~macias/mambo/index.php>

Program wymyśla na razie tylko słowa angielskie i to niezbyt skomplikowane, ze względu na duże koszty obliczeniowe, jest jednak ciągle ulepszany.

W sieci neuronowej mamy pewną wiedzę o konstrukcji słów, wynikającą z doświadczenia (analizy tekstów), mamy też wyobraźnię, opartą na chaotycznych kombinacjach fragmentów wiedzy ograniczoną przez kontekst, oraz filtrowanie wyników w oparciu o oceny łatwości wymowy i możliwych skojarzeń z istniejącymi słowami. Do prawdziwej twórczości brakuje nam dobrej oceny sensu, przydatności w danym kontekście, sensu zdań. To wymaga niestety całej wiedzy o świecie, którą Trurl obdarzył swojego Elektrybałta. Niestety nasze obecne możliwości reprezentowania wiedzy w sieciach neuronowych są bardzo ograniczone. Typowe metody stosowane w sztucznej inteligencji, oparte na logice lub wykorzystujące złożone struktury zwane ramami (rodzaj obiektów, znanych z klasycznych języków programowania), pozwalają na reprezentację złożonych koncepcji, ale nie da się za ich pomocą dobrze przybliżyć zachodzących w mózgu procesów. Ogólny mechanizm kreatywnego myślenia jest zapewne taki sam jak w przypadku wymyślania słów, ale struktura pojęć jest znacznie bardziej złożona. Psychologia kreatywności pozostała na poziomie czysto opisowym procesu tworzenia i twórczego

myślenia, dopiero połączenie modeli komputerowych i metod obrazowania czynności mózgu da nam znacznie głębsze zrozumienie procesów odpowiedzialnych za kreatywność.

Podobne podejście jak do słów można zastosować do twórczości malarskiej. 30 lat temu Harold Cohen, brytyjski artysta o inżynierskich inklinacjach, zadał pytanie: Jakie minimalne wymagania musi spełniać zbiór znaków graficznych by funkcjonować jako obraz? Po dwóch latach spędzonych w Laboratorium Sztucznej Inteligencji w Stanfordzie udał o mu się znaleźć praktyczną odpowiedź: program AARON, którego zadaniem było modelowanie procesów poznawczych leżących u podstaw rysunku i twórczości artystycznej. Filtrem oceniającym jest w końcowym etapie reakcja estetyczna człowieka. Idee leżące u podstaw tego programu są podobne do opisanych powyżej modeli tworzenia słów: elementy graficzne łączy się w sposób przypadkowy, przy użyciu ograniczeń wynikających z wiedzy o świecie, w prowadząc filtry oceniające różne możliwości łączenia elementów. AARON za każdym razem tworzy unikalne obrazy, portrety i martwe natury, które można obejrzeć w wielu muzeach amerykańskich i japońskich, oraz w Stedelijk Museum w Amsterdamie i w Tate Gallery w Londynie. Jest też autorem kilku dużych murali i mozaik, np. w Waszyngtonie, w Muzeum Dziecięcym na Kapitolu. Próbki działania tego programu a także jego komputerową wersję obejrzeć można na stronie [www.kurzweilcyberart.com](http://www.kurzweilcyberart.com).

Twórcze myślenie w obszarach abstrakcyjnych można badać na przykładzie szachów. Panuje przekonanie, że szachiście dobre plany gry po prostu przychodzą do głowy intuicyjnie, a komputer musi pracowicie rozważyć wszystkie możliwości by wybrać najlepszą. Jest to oczywiście całkowicie błędne przekonanie. Intuicja bierze się z doświadczenia, tysięcy rozgrywanych partii, ogromnej pamięci i zdolności do abstrakcji istotnych układów figur na szachownicy. Programy szachowe szukają dobrych planów działania używając podobnych heurystyk co eksperci szachowi. Mózg szachisty zdolny jest do wykonywania przynajmniej 1000 razy większej liczby operacji niż komputer szachowy. Nie jesteśmy świadomi procesów prowadzących do pojawienia się pomysłów w naszej głowie, gdyż procesy te wymagają zbyt wielkiej ilości obliczeń. Częstkowe wyniki pracy mózgu pojawiają się jednocześnie i są zbyt mało przydatne do podejmowania decyzji, nie ma więc ani powodu ani możliwości by mogły na tyle mocno wpłynąć na stan pamięci roboczej, by mogły się ujawnić w treści umysłu. Tylko najbardziej interesujące z nich wygrywiają w konkurencji z pozostałymi i pojawiają się w umyśle szachisty. Na poziomie świadomym przypisujemy zasługi swojemu „ja”, które „wymyśla”, ale w rzeczywistości mamy do czynienia z zachodzącymi w mózgu procesami obliczeniowymi na dużą skalę. Mózg ma ogromną liczbę wyspecjalizowanych podobszarów, potrafiących dokonać transformacji informacji zmysłowej, selekcji istotnej informacji,

skojarzeń z zapamiętanymi sytuacjami i abstrakcyjnych operacji. By zrobić krok prowadzący do znalezienia rozwiązania należy znaleźć transformację, która da coś ciekawego. Pierwsze zadanie – skojarzenie – wymaga szukania wśród milionów znanych faktów tych, które dadzą się w danych warunkach zastosować, drugie – określenie, co to znaczy „ciekawego” – wymaga odfiltrowania z możliwych skojarzeń tych najbardziej interesujących. Podstawowym elementem tego procesu jest triada: postawienie problemu – szukanie rozwiązań – przedstawienie częściowego wyniku, zmieniające postawiony problem.

W pierwszym kroku informacja o problemie do rozwiązania musi być udostępniona wszystkim wyspecjalizowanym procesorom. Wymaga to wprowadzenia informacji, skupienia się nad zrozumieniem problemu tak, by stał się on „powszechnie dostępny” wszystkim wyspecjalizowanym obszarom, które mogą coś wniesić do jego rozwiązania. W drugim kroku informacja dostępna wszystkim obszarom mózgu wywołuje rezonanse w tych obszarach mózgu, w których znajdują się wyspecjalizowane procesory mogąc skojarzyć, przetworzyć, lub coś dodać do rozsyłanej informacji. Liczba możliwych transformacji danego problemu jest często bardzo duża; konkurencja pomiędzy obszarami, które uległy aktywizacji, oraz oceny emocjonalne rezultatów wybierają te pobudzenia, których aktywność jest najsilniejsza (najlepiej pasują do przesłanek) i które w nietrywialny sposób zmieniają opis sytuacji, zbliżając ją do rozwiązania (sytuacji docelowej), lub tworząc nowy, interesujący podproblem.

W efekcie w pamięci roboczej pojawia się częściowe lub końcowe rozwiązanie, lub kilka pomysłów, które mogą doprowadzić do rozwiązania lub przynajmniej do prostszych problemów; rozwiązanie oznacza podjęcie akcji lub zdolność do podjęcia takiej akcji. Proces ten powtarza się bez przerwy, prowadząc krok po kroku do rozwiązania końcowego. Najważniejszym etapem rozwiązywania postawionego zadania jest więc wprowadzenie informacji do mózgu, do czego potrzebna jest odpowiednia koncentracja na wykonywanym zadaniu, wyłączenie innych procesów zachodzących w mózgu. Jednakże bez wcześniejszego przygotowania, bez elementarnych skojarzeń, doświadczenia w grze, nauki tabliczki mnożenia, podstawowych przekształceń algebraicznych, czy poznania schematów postępowania przez rozwiązywanie licznych zadań, nie da się efektywnie zrobić drugiego kroku, gdyż żadne wyspecjalizowane procesory nie zaczną rezonować dostając informację o zadaniu do rozwiązania. Trzeci krok wymaga znowu skupienia, by nie utracić wyłaniającego się rozwiązania w chaosie wrażeń czy myśli. Niestety obecny system edukacyjny pomija naukę koncentracji, która jest najważniejszym elementem całego procesu.

Powoli uczyliśmy się symulować takie procesy za pomocą komputera. Badania nad autentyczną kreatywnością komputerów, wzorowaną na neurokognitywnych procesach,

nabierają rozpędu i stworzenie Elektrybałta nie należy już wkładać między bajki. Dopóki to jednak nie nastąpi warto poczytać Cyberiadę.

---

Włodzisław Duch zajmuje się neuroinformatyką kognitywną, jest kierownikiem Katedry Informatyki Stosowanej UMK, oraz Prezydentem European Neural Network Society. Jego strona dostępna jest po napisaniu „W Duch” w dowolnej wyszukiwarce WWW.

Wiedza i Życie 12-14K znaków



Dzieła Aarona:





