

S ł a w o m i r L e c i e j e w s k i

Ewolucyjna teoria epistemologiczna metodą algorytmów genetycznych

Słowa kluczowe: *epistemologia, epistemologia ewolucyjna, filozofia nauki, filozofia informatyki, algorytmy ewolucyjne, algorytmy genetyczne*

Wstęp

Teoria ewolucji była i jest stosowana do wyjaśniania, proponowania rozwiązań i konceptualizacji m.in. problemów dotyczących: źródeł systemów moralnych (Darwin), powstawania życia (Eigen), zdolności rozumowania (Campbell), źródeł i rozwoju kultury (Boyd, Richerson), zachowań społeczności uczonych i zmiany systemów konceptualnych (Toulmin, Hull, Richards, Bradie), zagadnień informatycznych (Holland) i epistemologicznych (Popper)¹. Ten ostatni, jak powszechnie wiadomo, jest zwolennikiem epistemologii ewolucyjnej, tj. zaproponował – inspirowany teorią ewolucji – model dochodzenia do wiedzy. Holland natomiast, inspirowany podobnie jak Popper, jest autorem algorytmów genetycznych, które na drodze symulacji komputerowych potrafią znajdować rozwiązania określonych problemów badawczych.

Na problematykę związaną z algorytmami genetycznymi zwróciłem uwagę przygotowując rozdział swojej monografii *Cyfrowa rewolucja w badaniach eksperymentalnych* poświęcony roli oprogramowania w eksperymentach naukowych, w ramach których akwizycja, archiwizacja i przetwarzanie danych empirycznych odbywa się z udziałem systemów komputerowych². Uzupełnia-

¹ Por. M. Czarnocka, *Podmiot poznania a nauka*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2012, s. 75–91.

² Por. S. Leciejewski, *Cyfrowa rewolucja w badaniach eksperymentalnych*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2013, s. 76–85.

jąc braki metodologii nowego eksperymentalizmu o analizę komputerowego wspomaganiania badań eksperymentalnych natrafiłem na ciekawy problem symulacji komputerowej dochodzenia do wiedzy za pomocą algorytmów genetycznych³.

W swoim artykule nawiążę do ustaleń Hollanda i Poppera, aby argumentować na rzecz tezy, w myśl której algorytmy genetyczne są ważne dla epistemologii, ponieważ przy ich użyciu można podejmować próby komputerowego symulowania sposobów dochodzenia do wiedzy i jej rozwoju postulowane przez epistemologię ewolucyjną w stylu Poppera. Ten ostatni, jak się wydaje, przeczuwał tego rodzaju problematykę, jednakże w *Wiedzy obiektywnej* należyście nie przeanalizował tego zagadnienia. W książce tej pojawia się tylko jedna wzmianka na ten temat.

Cybernetykom i informatykom udało się ostatnio zbudować komputery wyposażone w mechanizmy wysoce plastycznej kontroli. Na przykład istnieją komputery z wbudowanymi mechanizmami inicjacji prób przypominających próby „na chybił trafił”, które są następnie kontrolowane i oceniane przez sprzężenie zwrotne (...) i odrzucane w przypadku uznania za błędne⁴.

Warto zatem przeanalizować relacje pomiędzy ewolucyjną teorią epistemologiczną Poppera a symulacjami dochodzenia do wiedzy przy użyciu algorytmów genetycznych.

Ewolucyjna teoria epistemologiczna Poppera

Popper, wychodząc od krytyki indukcjonizmu głoszonego przez zwolenników Koła Wiedeńskiego, zaproponował metodę alternatywną dochodzenia do wiedzy, polegającą na stawieniu śmiałych hipotez i sprawdzaniu ich poprzez surowe testy. Możliwość zaprojektowania takiego testu dla danej hipotezy (podania jej potencjalnego falsyfikatora) jest dla Poppera warunkiem jej naukowości. Proponuje on zatem przyjmować jako obowiązujące te hipotezy, które zdołały uzyskać empiryczne potwierdzenie (koroborację) w warunkach takiego surowego sprawdzania. Wysoki stopień koroboracji danej teorii ma, według Poppera, świadczyć o jej bliskości do prawdy (prawdopodobieniu).

Popper uznawany jest również za filozofa, który rozszerzył zakres stosowalności idei darwinowskich na dziedzinę wiedzy naukowej. Darwinizm w jego filozofii odgrywa bardzo ważną rolę, gdyż stoi w centrum zarówno

³ Por. tamże, s. 94–107.

⁴ K. Popper, *Wiedza obiektywna. Ewolucyjna teoria epistemologiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, s. 293.

zagadnień epistemologicznych, jak i teorii trzech światów oraz Popperowskiej filozofii społecznej. Darwinizm jest dla Poppera czymś w rodzaju osi teoretycznej, wokół której plasują się rozstrzygnięcia większości ważnych zagadnień jego filozofii⁵.

Najważniejsze tezy akceptowanego przez Poppera darwinowskiego ewolucjonizmu są następujące. Różnorodność form istot żywych wykształciła się z niewielkiej liczby mało zróżnicowanych form początkowych. Proces kształtowania się różnych gatunków i ich różnorodność można wyjaśnić bazując na kilku założeniach teorii ewolucji Darwina: założeniu o dziedziczności (potomstwo zrodzone z dwojga rodziców reprezentować będzie cechy ich obojga – będzie w miarę wiernym ich obrazem), założeniu o odmienności (obok cech dziedziczonych po rodzicach pojedynczy egzemplarz danego gatunku posiada również cechy powodujące jego odmienność i indywidualność – jest to spowodowane przypadkowymi oddziaływaniami środowiska), założeniu o selekcji (w naturze działają mechanizmy regulacji i kontroli wśród rodzących się nowych pokoleń każdego gatunku – eliminowane są mutanty znacznie różniące się od swoich rodziców). Ogromną zaletą akceptowanej przez Poppera teorii ewolucji Darwina jest to, że całkowicie zrezygnowała ona z teleologiczności w próbach zrozumienia zmienności świata istot żywych⁶.

Istnieje wiele podobieństw między przypominaną wyżej koncepcją ewolucjonizmu darwinowskiego a niektórymi twierdzeniami filozoficznymi Poppera. Największe podobieństwa widoczne są w jego teorii wiedzy, gdzie ewolucjonistyczny schemat Poppera, tj. metoda stawiania hipotez, ich krytyki i eliminacji błędów, w oczywisty sposób podobny jest do ewolucjonizmu Darwina.

Można to wyrazić mówiąc, że rozwój naszej wiedzy jest rezultatem procesu ściśle przypominającego darwinowski „dobór naturalny”, to znaczy *naturalny dobór hipotez*. Nasza wiedza w każdym swym momencie składa się z hipotez, które wykazały swoje (względne) przystosowanie przeżywszy w walce o byt, w konkurencyjnej walce eliminującej te hipotezy, które nie są dostosowane.

Interpretację tę można odnieść w równej mierze do wiedzy zwierząt, wiedzy prenaukowej, jak i do wiedzy naukowej. Wiedzę naukową wyróżnia to, że walka o byt w jej ramach jest trudniejsza wskutek świadomej i systematycznej krytyki naszych teorii. Tak więc, gdy wiedza zwierząt i wiedza prenaukowa rozwija się głównie przez eliminację jednostek wyznających te nieprzystosowane hipotezy, naukowa krytyka unicestwia nasze teorie zamiast nas samych, eliminując błędne przekonania, zanim one doprowadzą nas do zguby.

Powyższy opis sytuacji uzmysławia nam, w jaki sposób wiedza naprawdę się rozwija. Nie jest to opis metaforyczny, choć oczywiście posługuje się metaforami. Teoria wiedzy, którą przedstawiam, jest zasadniczo darwinowską teorią rozwoju wiedzy. Od ameby do

⁵ Por. A. Chmielewski, *Filozofia Poppera. Analiza krytyczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1995, s. 112–116.

⁶ Por. tamże.

Einsteina rozwój wiedzy postępuje zawsze tak samo: próbujemy rozwiązywać problemy i poprzez eliminację uzyskać próbne rozwiązanie zbliżone do adekwatnego⁷.

Warto także dodać, że Popper akceptuje i utożsamia ze sobą dwa różne rozumienia idei ewolucjonizmu epistemologicznego (co ilustruje powyższy cytat), tj. przekonanie, że racjonalność ludzka służy wykrywaniu prawdy o świecie oraz że racjonalność ta jest czynnikiem sprzyjającym przetrwaniu⁸. Gdyby w długim procesie ewolucyjnym nie wykształcił się nam mózg, nie byłoby istot zdolnych do racjonalnego myślenia i niemożliwa byłaby wiedza o świecie. Poczynając od ameby, a kończąc na Einsteinie, według Poppera, wszystkie istoty żywe stawiają hipotezy i w zależności od tego, czy są one trafne, czy błędne, hipotezy te przedłużają istotom życie lub eliminują je z tego świata. Epistemologię ewolucyjną Poppera można również, o czym wspomniałem wyżej, interpretować jako teorię, według której racjonalność ludzka jest zdolnością wykrywania prawdy.

Dla Poppera obie te interpretacje twierdzeń epistemologii ewolucjonistycznej są tożsame: jeśli jakieś twierdzenie jest prawdziwe, to z pewnością sprzyja przetrwaniu zarówno ameby, jak i Einsteina, oraz odwrotnie, jeśli jakiś element wiedzy sprzyja przetrwaniu, to jest przekonaniem prawdziwym⁹.

Czy tak rozumiana ewolucyjna teoria epistemologiczna jest jeszcze poznawczo aktualna? Odpowiedź na to pytanie będzie możliwa po omówieniu problematyki związanej z algorytmami genetycznymi.

Algorytmy genetyczne

Przed omówieniem sposobu działania algorytmu genetycznego warto przypomnieć sobie pojęcie algorytmu. Jest to ciąg jasno zdefiniowanych czynności, koniecznych do wykonania pewnego rodzaju zadań (np. algorytm sortujący). Algorytm może zostać uruchomiony na komputerze, jeśli zostanie zapisany w postaci programu komputerowego. Algorytm ewolucyjny to natomiast algorytm, który wykorzystuje schemat działania wzorowany na czynnikach i mechanizmach ewolucji. Algorytmy ewolucyjne, w ramach których następujące pokolenia są udoskonalonymi wersjami poprzednich pokoleń, nazywane są algorytmami genetycznymi. W kolejnych pokoleniach modyfikowany jest ich kod genetyczny, tj. przepis na konstrukcję programu, np. poprzez muta-

⁷ K. Popper, *Wiedza obiektywna*, dz. cyt., s. 307–308.

⁸ Por. A. Chmielewski, *Filozofia Poppera*, dz. cyt., s. 171–173.

⁹ Tamże, s. 178.

cję i krzyżowanie się osobników. Jest to kolejna – po sieciach neuronowych – technika informatyczna inspirowana analogiami biologicznymi.

Algorytmy genetyczne, tj. konkretne rozwiązania jakichś problemów obliczeniowych, mogą konkurować ze sobą, mutować, krzyżować się i rozmnażać tworząc kolejne pokolenia algorytmów, coraz lepiej przystosowane do danego środowiska, tj. w taki sposób, abyśmy uzyskiwali coraz lepsze rozwiązania jakichś problemów (np. coraz szybsze sortowanie danych).

Twórcą idei algorytmów genetycznych jest John Holland z Uniwersytetu Michigan. Swoją ideę przedstawił w 1975 roku¹⁰. Jego celem było stworzenie programu komputerowego rozwiązującego problemy w sposób naśladowujący biologiczne procesy ewolucyjne. Jednakże aby zrozumieć, jak działają algorytmy genetyczne, warto porównać ze sobą pojęcia z syntetycznej teorii ewolucji¹¹ z podstawowymi pojęciami dotyczącymi algorytmów genetycznych¹².

Osobnik to podstawowa jednostka podlegająca ewolucji. Przebywa on w pewnym środowisku, do którego może być lepiej lub gorzej przystosowany. „Celem” ewolucji jest stworzenie osobnika dobrze przystosowanego do danego środowiska. W przypadku algorytmów genetycznych osobnik to po prostu przykładowe rozwiązanie danego problemu, które może ewoluować.

Populacja natomiast to zbiór osobników zamieszkujących wspólne środowisko (tę samą symulację komputerową) i konkurujących ze sobą o jego zasoby (tzn. które najlepiej rozwiąże dany problem). Fenotyp to ujawniające się „na zewnątrz” cechy danego osobnika. W przypadku algorytmów ewolucyjnych są to te parametry (cechy) rozwiązania, które podlegają ocenie (np. dokładność i szybkość sortowania). Genotyp to „plan konstrukcyjny” rozwiązania zakodowany w ciągach bitów. Chromosom natomiast to miejsce przechowywania genotypu, czyli pamięć komputera.

¹⁰ Por. J. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Michigan 1975.

¹¹ Warto przypomnieć kilka podstawowych tez syntetycznej teorii ewolucji (tj. połączenia osiągnięć genetyki i ustaleń Darwina), gdyż będą one konieczne do zrozumienia zasad działania algorytmów genetycznych:

- dziedziczenie cech odbywa się w oparciu o zasady i prawa genetyki,
- proces dziedziczenia nie jest dokładny, czego skutkiem jest zmienność organizmów i w konsekwencji – ich ewolucja,
- za zmienność organizmów odpowiadają głównie mutacje, ale również rekombinacje i transfer genów,
- selekcja jest konsekwencją ograniczonych zasobów środowiska, w których żyją organizmy,
- dobór naturalny to czynnik stabilizujący, który powoduje, że przeżywają i wydają potomstwo osobniki najlepiej przystosowane do danego środowiska,
- w populacji utrwalają się cechy tych osobników.

¹² Por. Z. Michalewicz, *Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.

Kodowanie rozwiązań to sposób zapisania rozwiązania problemu w postaci genotypu osobnika, tj. w postaci np. ciągu bitów. Warto dodać, że kodowanie musi zapewnić jednoznaczność dekodowania, tzn. że każdemu genotypowi (np. każdej kombinacji bitów) musi odpowiadać pewne rozwiązanie zadania. Innymi słowy, każde rozwiązanie musi dać się zapisać w postaci genotypu.

Bardzo ważna dla funkcjonowania algorytmów genetycznych jest tzw. funkcja przystosowania, która pozwala dla danego osobnika określić, czy i jak dobrze rozwiązuje dany problem (np. jak dokładnie i jak szybko sortuje dane). Funkcja przystosowania odpowiada za porównanie przystosowania danego osobnika do założonego dla tej elektronicznej ewolucji celu (np. czy jest w stanie na komputerze PC posortować alfabetycznie milion nazwisk w 30 sekund).

Główna zasada ewolucji w ramach algorytmów genetycznych mówi, że genotyp danego osobnika w czasie rozmnażania może ulegać modyfikacjom, które są konsekwencją bądź mutacji, bądź zmieszania cech osobników rodzicielskich. Drugą ważną zasadą ewolucji w ramach algorytmów genetycznych jest ta, że zmiany w genotypie powodują zmiany fenotypów osobników potomnych (jakość rozwiązań danego problemu, którą sprawdza się przez porównanie z funkcją celu). Zmiany te mają charakter przypadkowy (mogą być zarówno korzystne, jak i niekorzystne). Osobniki lepiej spełniające funkcję celu mają szanse się rozmnażać, a osobniki kiepsko rozwiązujące dany problem obliczeniowy są kasowane. Warto dopowiedzieć także i to, że zmianom (mutacji i krzyżowaniu) podlegają genotypy, a selekcji poddawane są fenotypy, tzn. cechy rozwiązania problemu.

Klasyczny algorytm genetyczny działa następująco (zasadę działania algorytmu genetycznego przedstawię jako „pętlę”, która składa się z sześciu punktów):¹³

- 0. Etap wstępny: kodowanie problemu.** W przypadku algorytmu genetycznego genotyp osobnika jest ciągiem binarnym stałej długości. Aby rozwiązać konkretne zadanie, musimy zakodować przestrzeń stanów (czyli wszystkie potencjalne rozwiązania) w języku binarnym.
- 1. Konstruujemy populację początkową składającą się z N osobników całkowicie losowych.** Liczbę N dobieramy w zależności od czasu, jakim dysponujemy, oraz stopnia złożoności problemu. Typowe wartości to 20–50 osobników.
- 2. Stosujemy operatory genetyczne, czyli pewne przekształcenia kodu genetycznego osobników.** Wyróżniamy dwa podstawowe operatory genetycz-

¹³ Por. T.D. Gwiazda, *Algorytmy genetyczne. Kompendium*, Tom I, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, s. 9–40.

ne: mutację i krzyżowanie. Mutacja działa następująco: losujemy osobnika, następnie jeden z jego bitów. Zamieniamy wartość tego bitu na przeciwną. Mutacja dotyka średnio 0,1% bitów w populacji. Krzyżowanie (*crossing-over*) polega natomiast na tym, że łączymy osobniki losowo w pary. Dla każdej pary ustalamy (w drodze losowania, prawdopodobieństwo rzędu 20–50%), czy dojdzie do ich skrzyżowania. Jeśli tak, losujemy miejsce (bit) w chromosomie jednego z rodziców, po czym zamieniamy miejscami fragmenty chromosomów poczynając od wylosowanego miejsca.

3. **Liczmy wartości funkcji celu osobników.** Odczytujemy kod genetyczny każdego osobnika i odkodowujemy go (interpretujemy) jako element przestrzeni stanów, czyli przykładowe rozwiązanie zadania. Następnie oceniamy to rozwiązanie funkcją celu.
4. **Dokonyjemy selekcji:** zamieniamy wartości policzonej wcześniej funkcji celu na wartości przystosowania (często jest to ta sama funkcja). Następnie spośród N osobników populacji pośredniej losujemy N osobników populacji końcowej, głównie z tych, które najlepiej spełniają funkcję celu.
5. **Populacja końcowa staje się populacją bieżącą.** Wówczas wracamy do punktu 2, aby od tego miejsca kontynuować działanie algorytmu genetycznego.

Algorytm zatrzymuje się na żądanie użytkownika: po określonym czasie lub po osiągnięciu określonego progu jakości rozwiązania. Dane te (czas lub jakość rozwiązania) ustala programista. Warto także dodać, że algorytm ten jest niedeterministyczny, gdyż mamy do czynienia z losowym działaniem mutacji, krzyżowania i selekcji. Konsekwencją tego jest fakt, że nigdy nie mamy gwarancji, że znalezione rozwiązanie jest optymalne.

Takiego sposobu rozwiązywania problemów optymalizacyjnych i obliczeniowych używać można w wielu dziedzinach: naukach inżynierskich (projektowanie maszyn i obwodów elektrycznych, np.: anteny, regulatory, ogniwa słoneczne, roboty), edukacji (układanie planów zajęć), ekonomii (prognozowanie popytu), multimediami (bezstratna kompresja obrazu), naukach empirycznych (znajdowanie przybliżeń ekstremów funkcji, których nie da się obliczyć analitycznie) i wszędzie tam, gdzie nie jest znany sposób rozwiązania problemu, ale znany jest sposób oceny jakości rozwiązania, np. problem komiwojażera (dotyczący poszukiwania najkrótszej drogi łączącej N punktów)¹⁴.

W problemie komiwojażera ilość operacji, które musimy wykonać, aby uzyskać rozwiązanie, wynosi N -silnia danych wejściowych. Rozwiązanie klasyczne, tj. przeszukanie wszystkich możliwości, aby znaleźć najkrótszą drogę,

¹⁴ Por. D.E. Goldberg, *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995.

zajmuje dla 30 miast ponad 15 mld lat. Ile zajmie dla algorytmu genetycznego? Mniej niż minutę!

Warto zatem podkreślić, że algorytmy genetyczne mają wiele zalet. Metoda ta jest: szybka (co widać np. na przykładzie rozwiązania problemu komiwojażera), uniwersalna (można użyć tego samego programu do rozwiązywania innego problemu zmieniając tylko funkcję celu), powtarzalna w celu uzyskania lepszych wyników (algorytm genetyczny jest algorytmem randomizowanym, zatem możemy wielokrotnie powtarzać obliczenia w nadziei otrzymania lepszych wyników).

Algorytmy genetyczne, oprócz wielu zalet, mają także swoje wady i ograniczenia epistemologiczne. Po pierwsze, aby uzyskać wynik, trzeba określić funkcję celu, a nie ma algorytmu mówiącego, jak to zrobić. Zwykle wynik zależy od doświadczenia danego programisty. Po drugie, nigdy nie mamy pewności, że rozwiązanie problemu jest optymalne (zwykle jest to rozwiązanie przybliżone, gdyż algorytm genetyczny jest algorytmem randomizowanym).

Na zakończenie tego rozdziału przedstawię kilka wniosków dotyczących relacji między teorią ewolucji i algorytmami genetycznymi. Po pierwsze, jak wspomniałem, algorytmy genetyczne korzystają z ustaleń teorii ewolucji, ale jest między nimi jedna podstawowa różnica: ewolucja biologiczna jest ateleologiczna (brak funkcji celu!), a algorytmy genetyczne są teleologiczne (zawsze obecna jest funkcja celu).

Po drugie, algorytmy ewolucyjne i genetyczne są ważne dla biologii, gdyż w trybie symulacyjnym pozwalają testować postulaty teorii ewolucji, tzn. czy np. mutacje i krzyżowanie osobników może prowadzić do zmienności, która pozwala im być lepiej przystosowanymi do danego środowiska. Tego typu procedury, w trybie symulacji komputerowych, są możliwe do realizacji przy użyciu algorytmów genetycznych.

Po trzecie, algorytmy ewolucyjne i genetyczne są istotne dla informatyki, gdyż pozwalają uzyskiwać dobre wyniki w krótkim czasie i stanowią przybliżone rozwiązanie wielu problemów z zakresu algorytmiki. Na przykład w zagadnieniu komiwojażera, jak wspomniałem wyżej, najkrótszą trasę między 30 miastami uzyskuje się przy pomocy algorytmów genetycznych w mniej niż minutę. W algorytmach klasycznych obliczających wszystkie możliwe trasy (tj. $N!$ -silnia możliwości) dla 7 miast czas rozwiązania na komputerze PC wynosi mniej niż minutę; dla 10 miast – około 10 godzin, a dla 15 miast – już około 414 lat.

Po czwarte, algorytmy ewolucyjne i genetyczne są także ważne dla metodologii, co widać na przykładzie zastosowania elementów cyfrowych w badaniach naukowych. W swojej książce *Cyfrowa rewolucja w badaniach eksperymentalnych* stawiałem w kontekście zastosowania przetworników analogowo-cyfrowych w układach eksperymentalnych taką oto tezę, ideowo

nawiązującą do zasady nieoznaczoności Heisenberga: przetwornik analogowo-cyfrowy jest szybki, ale niedokładny, lub wolny, ale za to przetwarza dane dokładnie¹⁵. W kontekście algorytmów genetycznych mamy do czynienia z czymś podobnym: dane o dużej pewności możemy uzyskiwać najczęściej w bardzo długim czasie (np. algorytmy klasyczne służące do rozwiązania problemu komiwojażera – dla 30 miast czas rozwiązania problemu liczony jest w miliardach lat), dane przybliżone uzyskiwane są bardzo szybko (np. algorytmy genetyczne służące do rozwiązania problemu komiwojażera).

Po piąte, algorytmy ewolucyjne i genetyczne są ważne również dla epistemologii, gdyż zasada ich działania, tj. sposób uzyskiwania rozwiązań problemów informatycznych, jest analogiczna do sposobów dochodzenia do wiedzy i jej rozwoju, jaki postulują zwolennicy epistemologii ewolucyjnych (w stylu Poppera). Najlepiej widać to, gdy porówna się sposób działania algorytmów genetycznych z tym, co postuluje Popper, a co znajdziemy w jego książce *Wiedza obiektywna* i co zostało opisane w poprzednim rozdziale. Zagadnieniu temu poświęcona zostanie ostaniam część niniejszego artykułu¹⁶.

Porównanie

Popper twierdził m.in., że „rozwój naszej wiedzy jest rezultatem procesu ściśle przypominającego darwinowski «dobór naturalny», to znaczy *naturalny dobór hipotez*. Nasza wiedza w każdym swym momencie składa się z hipotez, które wykazały swoje (względne) przystosowanie przeżywszy w walce o byt, w konkurencyjnej walce eliminującej te hipotezy, które nie są dostosowane”¹⁷. Z podobnym sposobem dochodzenia do wiedzy (rozwiązań konkretnych problemów) mamy współcześnie do czynienia przy zastosowaniu komputerowych algorytmów genetycznych. Algorytm ten wykorzystuje schemat działania wzorowany na czynnikach i mechanizmach ewolucji (zmiennosc genetyczna, dobór naturalny). Algorytmy takie modelują „kod genetyczny”, tak aby zapewnić,

¹⁵ Por. S. Leciejewski, *Cyfrowa rewolucja...*, dz. cyt., s. 64–67.

¹⁶ Coraz częściej, także w polskiej literaturze przedmiotu, pojawiają się filozoficzne dyskusje dotyczące problemów z zakresu informatyki. Dobrym tego przykładem jest monografia: R. Murawski, *Filozofia informatyki. Antologia*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2014. W książce tej pokazano panoramę pytań natury filozoficznej (pytań o charakterze ontologicznym i epistemologicznym) odnoszących się do informatyki oraz to, jakie odpowiedzi pojawiały się w takiej refleksji filozoficznej. Monografia porusza główne problemy filozofii informatyki, tj.: czym jest informatyka jako dyscyplina, co to jest komputer, czym jest algorytm, natura programu komputerowego, problem weryfikowalności programów (rozważania niniejszego artykułu zaliczyć można do tej grupy problemów), filozofia sztucznej inteligencji, epistemologia informatyki, teza Churcha-Turinga.

¹⁷ K. Popper, *Wiedza obiektywna*, dz. cyt., s. 307–308.

że następne pokolenia będą udoskonalonymi wersjami poprzednich pokoleń. Stosowane są tam, gdzie naukowcy nie zdołali znaleźć dobrego rozwiązania danego problemu i próbują wygenerować takie rozwiązanie przy pomocy komputera. Pozwalamy, aby losowo wybrane rozwiązania „konkurowały” ze sobą, „krzyżowały się” i „rozmnażały” naśladując mechanizmy odpowiadające za coraz lepsze dostosowanie organizmów żywych do środowiska. W ten sposób tworzy się program komputerowy rozwiązujący problemy w sposób naśladujący biologiczne procesy ewolucyjne.

Jeśli dokonamy porównania klasycznego algorytmu genetycznego z falsyfikacjonizmem Poppera, co przedstawia poniższa tabela, to bez trudu dostrzeżemy, że schemat Popperowski bardzo przypomina schemat działania algorytmu genetycznego.

Epistemologia Poppera	Algorytmy genetyczne
1. Proponujemy śmiało hipotezy teoretyczne (i przechodzimy do punktu 3).	1. Tworzymy N osobników losowych (i przechodzimy do punktu 3).
2. Modyfikujemy hipotezę teoretyczną.	2. Stosujemy operacje mutacji i krzyżowania.
3. Z hipotez wyprowadzamy dedukcyjnie wnioski obserwacyjne.	3. Liczymy wartości funkcji celu (przystosowania).
4. Sprawdzamy, czy hipoteza sprostała surowym testom empirycznym.	4. Dokonujemy selekcji.
5. Jeśli hipoteza została sfalsyfikowana, przechodzimy do punktu 2.	5. Przechodzimy do punktu 2.

Tabela. Klasyczny algorytm genetyczny a falsyfikacjonizm Poppera (opracowanie własne).

Popper w *Wiedzy obiektywnej* wymienia dwa podstawowe zadania nauki. „Zadanie nauki jest częściowo teoretyczne – *wyjaśnianie* – a częściowo praktyczne – *przewidywanie i zastosowania techniczne*”¹⁸. Jeśli zestawimy ze sobą „prostą sekwencję ewolucyjną” Poppera¹⁹ z ewolucją rozwiązań problemów praktycznych przy użyciu algorytmów genetycznych²⁰, to oprócz strukturalnego podobieństwa widać jedną ważną różnicę: epistemologia ewolucyjna Poppera prowadzi od P_1 do P_2 (eksponuje teoretyczne zadanie nauki), algorytmy

¹⁸ Tamże, s. 412.

¹⁹ $P_1 \rightarrow PT \rightarrow EB \rightarrow P_2$ („ P ” – problem, „ PT ” – próbna teoria, „ EB ” – eliminacja błędów). Por. K. Popper, *Wiedza obiektywna*, dz. cyt., s. 287.

²⁰ $P_1 \rightarrow PR \rightarrow EB \rightarrow RP_1$ („ PR ” – próbne rozwiązanie, „ RP ” – „rozwiązany” problem, tzn. przybliżone rozwiązanie problemu uzyskane z zadanymi kryteriami dokładności).

genetyczne prowadzą od P_1 do przybliżonego rozwiązania RP_1 (eksponując praktyczne zadanie nauki – zastosowania techniczne).

Zasada działania algorytmów genetycznych, tj. sposób uzyskiwania rozwiązań problemów informatycznych, jest analogiczna do sposobów dochodzenia do wiedzy i jej rozwoju, jaki postulują zwolennicy epistemologii ewolucyjnych (w stylu Poppera). Rozwój naszej wiedzy, tak jak to widzi Popper, przypomina ewolucyjne sposoby dochodzenia do wiedzy stosowane w ramach algorytmów genetycznych. Widać to dobrze, gdy zestawia się ze sobą tezy Poppera i sposób działania algorytmów genetycznych, w ramach których dochodzimy do rozwiązań problemów poprzez symulowaną konkurencję wśród rozwiązań, aby dojść przez eliminację rozwiązań nieoptymalnych do tych optymalnych, które są lepiej przystosowane w kontekście funkcji celu.

Tak więc algorytmy genetyczne w pewien sposób realizują postulaty popperowskiej epistemologii ewolucyjnej. Niektóre ustalenia Poppera, m.in. z jego *Wiedzy obiektywnej* (w szczególności dotyczące sposobów dochodzenia do wiedzy i jej rozwoju), są cały czas poznawczo aktualne (jednakże głównie w zakresie praktycznych zadań nauki). Widać to w sposób oczywisty, gdy zestawia się darwinowską teorię rozwoju wiedzy Poppera²¹ ze sposobem działania algorytmów genetycznych. Można zatem symulować ewolucyjne sposoby dochodzenia do wiedzy przy użyciu algorytmów genetycznych.

Streszczenie

Teoria ewolucji była i jest stosowana do wyjaśniania, proponowania rozwiązań i konceptualizacji m.in. zagadnień informatycznych (Holland) i epistemologicznych (Popper). W swoim artykule nawiązuję do ustaleń Hollanda (algorytmy genetyczne) i Poppera (ewolucyjna teoria epistemologiczna), aby argumentować na rzecz tezy, że algorytmy genetyczne są ważne dla epistemologii, ponieważ przy ich użyciu można podejmować próby komputerowego symulowania sposobów dochodzenia do wiedzy i jej rozwoju postulowane przez epistemologię ewolucyjną (w stylu Poppera).

²¹ „Teoria wiedzy, którą przedstawiam, jest zasadniczo darwinowską teorią rozwoju wiedzy. Od ameby do Einsteina rozwój wiedzy postępuje zawsze tak samo: próbujemy rozwiązywać problemy i poprzez eliminację uzyskać próbne rozwiązanie zbliżone do adekwatnego”, K. Popper, *Wiedza obiektywna*, dz. cyt., s. 308.

